

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA



Nitratos en Lechugas (*Lactuca sativa* L. Var Great Lakes) abonadas con Orgánicos y Fertilizantes Químicos

Por:

**PEDRO CRUZ DOMÍNGUEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA**

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

Nitratos en Lechugas (*Lactuca sativa* L. Var Great Lakes) abonadas con Orgánicos y Fertilizantes Químicos

Por:

**PEDRO CRUZ DOMÍNGUEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA**

*Aprobada*

Dr. Alejandro Hernández Herrera

Asesor Principal

M.C. Sofía Comparán Sánchez

Coasesor

BIOL. Sergio Antonio Pérez Mata

Coasesor

Dr. Leobardo Bañuelos Herrera  
Coordinación  
División de Agronomía

Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2015

## *AGRADECIMIENTOS*

*A Dios, por permitirme concluir mi carrera profesional y todo lo que me ha dado.*

*A mis padres y hermanos, por su apoyo incondicional y esfuerzo durante todos estos años de estudios.*

*A mi hijo y a Rosario que me dan las fuerzas de luchar cada día y aspirar a muchas cosas más.*

*Al Dr. Alejandro Hernández herrera, por darme la oportunidad de trabajar a su lado por mucho tiempo y brindarme sus conocimientos así como ética y valores con la agricultura orgánica.*

*Al + Dr. José Francisco Rodríguez Martínez, por compartir su conocimiento de la agricultura alternativa y su amistad.*

*A mis coasesores por el gran apoyo brindado en este trabajo.*

*A mis amigos mi compa Aldo, Araceli, en especial a Lara la mejor amiga que tengo.*

## Índice

### RESUMEN

|  |    |
|--|----|
| I.- INTRODUCCIÓN   | 1  |
| II.- OBJETIVO  | 3  |
| Objetivos específicos                                      |    |
| III.- HIPÓTESIS  | 3  |
| IV.- ANTECEDENTES  | 4  |
| Los nitratos ( $\text{NO}_3^{-1}$ )                        | 4  |
| Fertilizaciones nitrogenadas inorgánicas en la agricultura | 8  |
| Fertilización con abonos orgánicos                         | 13 |
| Fertilización en lechuga                                   | 19 |
| Nitratos en alimentos                                      | 25 |
| Nitratos en lechuga  | 28 |
| Efecto del exceso de nitratos en el hombre                 | 30 |
| V.- MATERIALES Y MÉTODOS                                   | 37 |
| VI.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN                                | 39 |

|                     |    |
|---------------------|----|
| VII.- CONCLUSIÓN    | 46 |
| VIII.- BIBLIOGRAFÍA | 47 |

## Índice de cuadros

|  |    |
|--|----|
| Cuadro 1. Solubilidad y fertilizantes más utilizados en la agricultura   | 10 |
| Cuadro 2. Fertilización en el cultivo de lechuga   | 22 |
| Cuadro 3. Programa de fertilización  | 24 |
| Cuadro 4. Contenido de nitratos en vegetales de hoja   | 26 |
| Cuadro 5. Contenidos máximo de nitratos en hortalizas y productos alimenticios   | 29 |
| Cuadro 6. Análisis de varianza y comparación de medias del contenido de nitratos (PPM $\text{NO}_3^{-1}$ ) en hojas externas (H.E.) e internas (H.I.) de lechuga | 42 |

## Índice de figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Productividad del fertilizante/ $\text{m}^3$ de agua utilizado en un sistema de riego por gravedad y por goteo  | 21 |
| Figura 2. Comportamiento promedio del contenido de nitratos ( $\text{NO}_3^{-1}$ ) en hojas verde fuerte de lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L. var. Great lakes) fertilizadas con abonos orgánicos y químicos | 40 |
| Figura 3. Comportamiento promedio del contenido de nitratos ( $\text{NO}_3^{-3}$ ) en hojas verde pálido de lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L. var. Great lakes) fertilizadas con abonos orgánicos y químicos | 41 |
| Figura 4. Comportamiento promedio de los datos experimentales, en la variable respuesta PPM nitratos en los tratamientos  | 43 |

## RESUMEN

Las lechugas tienden a acumular nitratos por diferentes causas ya sea por condiciones ambientales o por fertilización, en este estudio se estableció un cultivo donde fueron fertilizadas con diferentes abonos, para disminuir el contenido de nitratos. Este trabajo se realizó en el invernadero del área orgánica de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, durante el año 2013-2014. Se sembró lechuga var. gread lakes en macetas de 4 kg en invernadero, las cuales fueron abonadas con orgánicos y químicos para evaluar el contenido de nitratos. Se hizo un análisis de varianza con un diseño completamente al azar con 12 tratamientos y 4 repeticiones, analizándose el contenido de nitratos en hojas externas e internas de la lechuga. Se encontró que la composta de frutas en hoja interna fue menor que el testigo por 106.25 ppm  $\text{NO}_3^{-1}$ , y en hoja externa también menor por 284.37 ppm  $\text{NO}_3^{-1}$ , el fertilizante químico supero al testigo por 802.5 ppm  $\text{NO}_3^{-1}$  en hoja interna de igual manera por 800 ppm  $\text{NO}_3^{-1}$  en hoja externa. Se concluye que los abonos orgánicos aportaron menos cantidad de nitratos a la lechuga así mismo la cantidad de nitratos disminuyó en las hojas externas y tendieron a acumularse más en las internas.

Palabras clave: ppm, composta, fertilizantes

## I. INTRODUCCION

Los nitratos son compuestos iónicos que se encuentran en la naturaleza, formando parte del ciclo del nitrógeno. A pesar de su baja reactividad química puede ser reducido por acción microbiana. El nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), es oxidado con facilidad por procesos químicos o biológicos a nitrato, o bien reducido originando diversos compuestos (Lizaso y Almudena, 2001). Las bacterias nitrificantes, que pueden estar presentes en alimentos, saliva y tracto gastrointestinal son las que pueden reducir los nitratos a nitritos.

Parks, (2008) hizo un estudio de hortalizas de hoja en el mercado (acelga, lechuga, arúgula, endivia) y mostro que el 27% de las muestras estaba por encima de 700mg de Nitratos/kg de peso fresco y/o por encima de 1.2mg de Nitritos/kg de peso fresco. Dentro de cada planta la acumulación de nitratos no es uniforme, la lechuga concentra los nitratos en las hojas exteriores y la espinaca en el peciolo. La acelga presenta valores muy superiores en la penca que en el limbo (Merino y Ansorena, 1990).

Valdez *et al*; (2003) mencionaron que el contenido de  $\text{NO}_3^{-1}$  varía según la especie, variedad, parte de la planta comestible, etc. La lechuga (*Lactuca sativa* L.), consumida en ensaladas, es una de las especies con mayor tendencia a alcanzar alta concentración en hojas y nervaduras. Por tal causa, en varios países europeos se ha fijado límite para comercialización: 2 500 - 4 500 mg  $\text{NO}_3^{-1}$ /kg peso fresco, Gaviola (1996), menciona que las excesivas fertilizaciones a base de nitrógeno muchas veces utilizadas en forma ineficiente juegan un rol muy importante en la concentración de nitratos en las hojas de lechuga y para eso es necesario saber los



requerimientos del cultivo, el momento apropiado y los niveles de nitrógeno en el suelo a la hora de la aplicación.

El exceso de nitrógeno puede causar acumulación de nitratos en hortalizas de hojas anchas, entre otras cosas esto depende de los abonos que se utilizan en la fertilización del cultivo ya sean orgánicos o químicos; los nitratos en si no son peligrosos sino que estos en la digestión se convierten en nitritos pudiendo de esta forma causar daño a la salud de los consumidores sobre todo en los lactantes; los límites de nitratos en lechuga se basan en el reglamento de la legislación europea.

Con este trabajo se pretendió estudiar el comportamiento de nitratos en un cultivo de lechugas y como las diferentes aplicaciones de abonos orgánicos y químicos pueden afectar a este comportamiento, a manera de producir lechugas de mejor calidad nutricional para el consumidor.

## II. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el contenido de nitratos en las hojas de lechugas para determinar cuál tratamiento es el que aporta menos cantidad de nitratos a la planta y si hay algún tratamiento que sobre pase los límites de seguridad de la legislación europea.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Demostrar que la fertilización con los sustratos orgánicos acumulan menos nitratos en las hojas de lechuga para poder recomendar estos sustratos en la fertilización del cultivo de lechugas.
- Analizar el contenido de nitratos en hojas internas y externas para determinar cuáles hojas son las que acumulan más nitratos.
- Analizar el contenido de nitratos en los perfiles de la hoja (parte distal y parte proximal de la hoja) para saber en qué parte se acumulan más nitratos.

## III. HIPÓTESIS

Al menos uno de los tratamientos de fertilizantes orgánicos aportará menor cantidad de nitratos a la lechuga.

## IV. ANTECEDENTES

## 1.- LOS NITRATOS ( $\text{NO}_3^-$ )

Lizaso y Almudena (2001), mencionan que los nitratos y nitritos son compuestos iónicos que se encuentran en la naturaleza, formando parte del ciclo del nitrógeno. A pesar de su baja reactividad química puede ser reducido por acción microbiológica. El nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), es oxidado con facilidad por procesos químicos o biológicos a nitrato, o bien reducido originando diversos compuestos

En los suelos, los fertilizantes y vertidos residuales que contienen nitrógeno orgánico son descompuestos para dar en un primer paso amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), que a continuación es oxidado a nitrito y a nitrato. Parte de este nitrato es absorbido por las plantas, que lo emplean en la síntesis de proteínas vegetales, pudiendo el resto pasar a las aguas subterráneas.

En la atmósfera, la formación de compuestos nitrogenados tiene lugar como consecuencia de la combinación de nitrógeno y oxígeno molecular a altas temperaturas producidas por fenómenos naturales como las descargas eléctricas durante las tormentas o la actividad volcánica, o bien producidas por combustiones de vehículos y procesos industriales. Los óxidos de nitrógeno así formados se oxidan dando lugar a nitratos. Los niveles de concentración de nitrato en la atmósfera varían enormemente de unas zonas a otras del planeta, encontrándose en las zonas de menor concentración un rango de 0.1-0.4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y en las zonas de mayor concentración valores de 1-40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . En zonas industriales se han encontrado valores de hasta 5 mg/litro en agua de lluvia.

La concentración de nitratos en aguas superficiales normalmente es baja (0-18 mg/Litro), pero puede llegar a alcanzar elevados niveles como consecuencia de las prácticas agrícolas o residuos urbanos y ganaderos (especialmente granjas), o por la aportación de aguas subterráneas ricas en nitratos (éstas con concentraciones cada vez más elevadas).

El nitrato se emplea principalmente en la industria de los fertilizantes, así como agente oxidante en explosivos y como sal potásica purificada en la fabricación de cristal. El nitrito fundamentalmente se emplea como aditivo alimentario (E-249 nitrito potásico, E-250 nitrito sódico), especialmente en carnes curadas. El nitrato es añadido en ocasiones junto con el nitrito como conservante (E-251 nitrato sódico, E-252 nitrato potásico), ya que sirve como reserva de éste al ir transformándose lentamente en nitrito.

La principal preocupación derivada de la presencia de nitratos en alimentos o en agua potable tiene dos motivos: por un lado, los efectos tóxicos producidos por un exceso de nitratos en la dieta; por otra parte, pueden causar la formación endógena de N-nitrosocompuestos, de efectos cancerígenos (como las nitrosaminas).

Los N-nitrosocompuestos son agentes teratógenos, mutágenos y probables carcinógenos, altamente peligrosos para la salud humana. Se originan como consecuencia de la reacción de las aminas secundarias (aromáticas y alifáticas) con el ácido nitroso HONO.

Pérez y Pacheco (2004), mencionan que 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 además de ser muy móviles 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 en la salud.

Pacheco *et al.*, (2002), mencionaron que las actividades humanas modifican sus concentraciones y pueden hacer que estos compuestos sean potencialmente peligrosos para la salud humana y animal. Los nitratos en el suelo y en las aguas subterráneas se originan de la descomposición natural por microorganismos de materiales nitrogenados orgánicos como las proteínas de las plantas, animales y excretas de humanos y de animales. Las fuentes ambientales más importantes son el uso de fertilizantes nitrogenados, la disposición de excretas y la disposición de desechos municipales e industriales El contaminante inorgánico más común identificado en agua subterránea es el Nitrógeno disuelto en la forma de nitrato, debido a que es la forma más estable en que puede encontrarse el Nitrógeno y su presencia en concentraciones no deseables (mayor a 45 mg/l) es potencialmente peligrosa en los sistemas acuíferos. Aunque el nitrato es la forma principal en que el Nitrógeno está en el agua subterránea, también puede estar presente en la forma de amonio, amoníaco, nitrito, óxido nitroso y nitrógeno orgánico incorporado a sustancias orgánicas.

El nitrato, nitrito y el ion amonio son formas inorgánicas de nitrógeno que se encuentran en combinación con iones bivalentes y monovalentes. Por lo que se refiere al ion amonio, solamente a un pH superior a 9 se puede encontrar en

concentraciones importantes. En concentraciones normales, la fracción de amonio es muy pequeña y puede ser oxidado por acción química, fotoquímica y bacteriana. En las aguas, este proceso se acelera por la actividad de las bacterias.

Los suelos de bajo pH son más eficientes en el proceso de adsorción del ion amonio que aquellos de pH elevado y los suelos con alto contenido orgánico son menos eficientes que los suelos minerales con una capacidad similar de intercambio catiónico.

El nitrógeno orgánico no ha recibido mucha atención como una fuente potencial de contaminación pero la presencia de éste debe de esperarse en el agua subterránea ya que puede provenir de rellenos sanitarios, desechos de ganadería y plantas de tratamiento de aguas residuales.

Puede moverse a través del medio poroso por algunos métodos. Estos métodos pueden operar independientemente o en conjunto. Los compuestos de nitrógeno pueden moverse a través del suelo como gases o como solutos en soluciones acuosas.

Cuando está presente en la materia orgánica insoluble o en forma mineral puede ser transportado a través del perfil del suelo por organismos (a través de excreción o transporte mecánico) o por suspensión de partículas en suelo y agua. La distancia, dirección y cantidad de nitrógeno transportados varía con el tiempo y con las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo.

Los microorganismos juegan un papel importante en el ciclo del nitrógeno. Alrededor del 90% del nitrógeno total en suelos está en forma orgánica no disponible. El

nitrógeno orgánico en el suelo puede ser convertido por actividad microbiana a ion amonio por el proceso de amonificación.

Los niveles de reducción-oxidación de las especies del nitrógeno en el agua subterránea, son determinados esencialmente por la introducción de oxígeno en los cuerpos de agua subterránea ocasionada por la circulación y por el consumo de oxígeno debido a la descomposición de materia orgánica.

## 2.- FERTILIZACIONES NITROGENADAS INORGÁNICAS EN LA AGRICULTURA

Bethencourt *et al*, (2004) mencionaron que la aparición de zonas vulnerables con elevados índices de nitratos en sus aguas subterráneas en las comarcas de producción hortícola de carácter intensivo, ha llevado consigo la exigencia de una limitación de las aportaciones nitrogenadas, orgánicas o de otra naturaleza, para reducir los riesgos de contaminación. Del mismo modo, las normativas existentes en todas las Comunidades Autónomas del territorio nacional de España sobre Producción Integrada, contienen recomendaciones muy claras sobre la utilización de las aportaciones de nutrientes a utilizar en los distintos cultivos. La fertilización tradicional supone un aporte excesivo de nitrógeno, produciéndose grandes pérdidas de hasta un 30% por lixiviación y volatización; lo que provoca necesidades de mayores aportes de nitrógeno, para compensar las pérdidas por estos mecanismos; así como, una nutrición deficiente que disminuye los rendimientos, y un mayor número de aplicaciones y por lo tanto un incremento de costo por hectárea y la contaminación de los acuíferos.

Villablanca y Villavicencio (2010), mencionaron que la fertilización o abonado consiste en aplicar fertilizantes o elementos nutritivos que necesita la planta, incorporados de forma directa al suelo, o también disueltos en el agua de riego, como por ejemplo las aplicaciones a través de un sistema de riego por goteo.

Para cada cultivo y etapa de desarrollo, es necesario determinar un plan de fertilización, de acuerdo a lo siguiente:

- Dosis de nutrientes que demanda el cultivo, según etapa de desarrollo (kg/ha).
- Fertilizante más apropiado (kg/ha fertilizante).
- Momento de la aplicación.
- Forma de incorporación.

Las recomendaciones técnicas deben considerar aspectos tales como:

1.- Las necesidades del cultivo a lo largo de su ciclo vegetativo; en los estados iniciales se recomienda aplicar fertilizantes con altos contenidos de Fósforo y Nitrógeno, en cambio, para períodos cercanos a la cosecha se recomienda incorporar fertilizantes que contengan un alto contenido de Potasio, para incrementar el llenado de granos y frutos.

2.- Determinar el grado en que el suelo es capaz de cubrir dichas necesidades.

3.- La eficiencia en la fertilización se encuentra directamente relacionada con el sistema de riego utilizado y la forma de aplicación de los fertilizantes.

Es recomendable, que la dosis de fertilización se determine mediante la elaboración de un balance nutricional completo, el cual depende en gran medida de los



antecedentes culturales: fertilización del cultivo anterior, enmiendas orgánicas, tipo de cultivo anterior y residuos del mismo, etc. Además del clima y su influencia sobre la mineralización del nitrógeno.

Es aquí, donde se incorpora la fertilización mineral, en donde los distintos fertilizantes disponibles en el mercado, se utilizan para complementar los aportes del suelo. En el Cuadro 1, se presenta un listado de los fertilizantes más utilizados en la agricultura. Donde cabe resaltar que los fertilizantes nitrogenados son los más solubles de todos por lo cual se necesitan más aplicaciones del mismo.

| Tipo de fertilizante      | Composición % |    |    |         | Solubilidad       |
|---------------------------|---------------|----|----|---------|-------------------|
|                           | N             | P  | K  | Otro    |                   |
| <b>Nitrogenados</b>       |               |    |    |         |                   |
| Nitrato de amonio         | 34            | 0  | 0  | 0       | Solubilidad media |
| Sulfato de amonio         | 21            | 0  | 0  | 0       | Muy soluble       |
| Nitrato de calcio         | 15,5          | 0  | 0  | Ca (26) | Muy soluble       |
| Urea perlada              | 46            | 0  | 0  | 0       | Muy soluble       |
| Nitrato de magnesio       | 27            | 0  | 0  | Mg (4)  | Solubilidad media |
| <b>Fosfatados</b>         |               |    |    |         |                   |
| Ácido fosfórico           | 0             | 52 | 0  | 0       | Muy soluble       |
| Fosfato monoamónico       | 10            | 50 | 0  | 0       | Solubilidad media |
| Fosfato diamónico         | 18            | 46 | 0  | 0       | Solubilidad media |
| Superfosfato triple       | 0             | 46 | 0  | 0       | Poco soluble      |
| <b>Potásicos</b>          |               |    |    |         |                   |
| Cloruro de potasio        | 0             | 0  | 60 | 0       | Solubilidad media |
| Nitrato de potasio Crist. | 13            | 0  | 44 | 0       | Muy soluble       |
| Sulfato de potasio        | 0             | 0  | 50 | 0       | Solubilidad media |

Cuadro 1. Solubilidad y fertilizantes más utilizados en la agricultura. Villablanca y Villavicencio (2010).

Gros (1976), mencionó que de todos los elementos nutritivos, el nitrógeno es el único que no existe en la roca madre. Aquel que se encuentra en el suelo procede de la atmosfera, tras haber seguido uno de los procesos del su ciclo (microbiano o industrial).

Durante mucho tiempo, el agricultor ha tenido a su disposición únicamente los depósitos fósiles de nitrato sódico de Chile y el sulfato amónico obtenido como subproducto de la destilación de la hulla. Sin embargo, actualmente las considerables necesidades de este elemento se cubren, en su mayoría, con abonos de síntesis fabricados a partir del nitrógeno del aire, obteniéndose amoníaco como producto intermedio básico, a partir del cual se producen la mayor parte de los abonos nitrogenados.

La eficiente utilización de fertilizantes es de importancia vital para mantener o elevar la productividad de los suelos, generalmente deficientes en nutrientes esenciales.

Constantini *et al.*, (1998), dijeron que la mayor disponibilidad, y un costo más accesible después de la segunda guerra, tornó practicable el uso de abonos minerales, los cuales sustituyeron en buena parte a la fertilización orgánica que era recomendada y practicada hasta entonces, por la facilidad de aplicación, transporte más fácil, y un aumento de la producción que compensaba los costos.

Sin embargo el exceso del uso de fertilizantes nitrogenados en la agricultura no es solo un problema que afecta a la economía desde el punto de vista de adquisición de los mismos, sino también un problema que puede traer asociado desequilibrios en el suelo que perjudiquen su fertilidad además de provocar contaminación en el medio ambiente, donde las aguas utilizadas para el consumo humano, animal y vegetal pueden estar afectadas.

Yupis *et al.*, (1999) descubrieron que con el transcurso del tiempo las formas nítricas predominan sobre las amoniacales por la acción de los microorganismos, lavándose

hacia abajo. Se considera óptima la dosis de 120 kg N/Ha. Cuando las dosis son excesivas, como las de 180 kg/Ha aparece una acumulación de nitratos de 10 mg de  $\text{NO}_3/100\text{g}$ , lo que podría ser alarmante.

Además la aplicación de estos fertilizantes a modificado el balance de nitrógeno, que se puede calcular por la diferencia entre las entradas y salidas en las superficies de cultivos (herbáceos y leñosos) y en las zonas de pastoreo exclusivo. Un balance positivo, supone que las entradas superan a las salidas de nitrógeno, y que podría derivar en algún caso en una ruptura del equilibrio natural del sistema.

Orús y Sin (2006), dijeron que no solo son los fertilizantes los que aumentan el nivel de nitrógeno en el sistema sino también pero en menos cantidades la producción de subproductos orgánicos con alto contenido de nitrógeno presenta una tendencia creciente. Además de los estiércoles, particularmente el del porcino ("purín"), los lodos de depuradoras, compost, harinas animales y otros, vienen a aumentar la cantidad de subproductos que es preciso reciclar. La agricultura ha sido tradicionalmente la opción más económica para acoger a estos productos y utilizarlos como fertilizantes pero, debido a los volúmenes producidos, en determinados territorios la capacidad de absorción agrícola es insuficiente y se han impuesto restricciones al desarrollo de actividades que puedan poner en peligro el mantenimiento de un balance de N equilibrado

Las recomendaciones de N normalmente se basan en la historia del lote que toma en cuenta el cultivo anterior y una meta de rendimiento establecida. En algunos sitios se usan también fórmulas para estimar la capacidad del suelo para mineralizar N de la materia orgánica. Sin embargo, las necesidades de fertilizante nitrogenado

son también afectadas por otros factores como las prácticas culturales utilizadas y la relación costo/beneficio del fertilizante. Los problemas con las recomendaciones de fertilización con N pueden surgir de metas irreales de rendimiento o de la errónea evaluación de la capacidad del suelo para sostener el cultivo.

Además, es un hecho conocido que las recomendaciones de N pueden variar considerablemente de zona a zona, en algunos casos en zonas adyacentes sin razón o explicación aparente. Encuestas recientes indican que muchos productores aplican más N que la recomendación habitual. Estas aplicaciones excesivas ocurren por varias razones, principalmente por el deseo de buscar altos rendimientos y por aplicar N extra por seguridad (Below, 2002).

### 3.- FERTILIZACIÓN CON ABONOS ORGÁNICOS

Los abonos orgánicos son todos aquellos residuos de origen animal y vegetal de los que las plantas pueden obtener importantes cantidades de nutrimentos; el suelo, con la descomposición de estos abonos, se ve enriquecido con carbono orgánico y mejora sus características físicas, químicas y biológicas; el uso de los abonos orgánicos para mantener y mejorar la disponibilidad de los nutrimentos en el suelo y obtener mayores rendimientos en el cultivo de las cosechas, se conoce desde la antigüedad. Entre los abonos orgánicos se incluyen los estiércoles, compostas, vermicompostas, abonos verdes, residuos de las cosechas, residuos orgánicos industriales, aguas negras y sedimentos orgánicos (SAGARPA, 2010).

Existen dos tipos de abonos orgánicos: líquidos de uso directo y abonos sólidos que deben ser disueltos en agua, mezclados con la tierra o pueden ser aplicados en forma directa.

Los terrenos cultivados sufren la pérdida de gran cantidad de nutrientes, lo que agota la materia orgánica del suelo por esta razón se debe proceder, permanentemente, a restituir los nutrientes perdidos, abonos orgánicos como el estiércol animal u otro tipo de materia del medio son importantes.

El contenido de nutrientes en los abonos orgánicos está en función de las concentraciones de estos en los residuos utilizados. Estos productos básicamente actúan en el suelo sobre tres propiedades: físicas, químicas y biológicas (FONAG, 2010).

Restrepo, (2007) menciona que la gallinaza o los estiércoles son la principal fuente de nitrógeno en la elaboración de los abonos orgánicos fermentados su buena calidad depende de muchos factores, como el origen, la forma de recolección, el almacenamiento y la humedad de los estiércoles. Estos deben ser lo más naturales posible, ya que la actividad microbiana será mayor. Su aporte básico consiste en mejorar las características vitales y la fertilidad de la tierra con algunos nutrientes, principalmente con fósforo, potasio, calcio, magnesio, zinc, cobre y boro, entre otros elementos. Dependiendo de su origen, puede aportar inóculo microbiano y otros materiales orgánicos en mayor o menor cantidad, los cuales mejoran las condiciones biológicas, químicas y físicas del terreno donde se aplicaran los abonos.

La SEMARNAT, (2010) menciona que los abonos orgánicos también se conocen como fertilizantes orgánicos de origen natural. Que proporcionan nitrógeno, para producir las proteínas que la planta requiere para su crecimiento; fosforo, para que la planta aproveche los nutrientes del suelo; y potación para transportar adecuadamente los nutrientes en la planta y recomienda suministrar o formular los abonos en base a lo siguiente:

- Para nitrógeno: alfalfa molida o harina de pescado.
- Para fosforo: harina de hueso, roca fosfórica, excremento de murciélago (guano).
- Para potasio: cenizas de madera o leña o granito triturado (polvo).

Cubero y Vieira (1999), hicieron una comparación entre fertilización química y fertilización orgánica, según algunos indicadores y se han encontrado las siguientes diferencias

1.-En cuanto a la dependencia de la finca por los insumos:

a) Fertilizante Químico (F. Q.)

-Los fertilizantes químicos son preparados sobre la base de materias primas importadas y su procesamiento es altamente dependiente de energía.

-Tanto las materias primas como los productos terminados están controlados por muy pocas empresas a nivel mundial, lo que crea una dependencia un tanto riesgosa para los agricultores y en última instancia para el país que basa su desarrollo agrícola en estos insumos.

-adquirir materias primas y productos importados, significa entre otros costos basados en moneda extranjera, salida de divisas y la necesidad de mantener subsidios para equilibrar el desfase entre los precios internos de los productos y los precios externos de los insumos.

b) Fertilizante Orgánico (A.O.)

-Los subproductos de origen vegetal y animal (abonos orgánicos) para que sean baratos en el mercado y puedan competir ventajosamente ante los fertilizantes químicos (tomando en cuenta la relación de contenidos nutricionales de ambos productos) deben de estar en una situación de exceso de oferta y demanda. Para que tal situación ocurra, implica que un número grande de fincas que estén generando estos subproductos no los están reciclando y utilizando como deberían.

2.-En cuanto al origen de los insumos:

a) Fertilizante Químico

-Las materias primas para la producción de fertilizantes químicos provienen principalmente de yacimientos mineros, cuyas extensiones son relativamente pequeñas, su extracción no afecta directamente las áreas de producción agrícola, lo cual constituye una fortaleza. Su debilidad es que estas fuentes son irrenovables.

b) Abono Orgánico (A.O.)

-Los nutrientes contenidos en los materiales orgánicos provienen del mismo suelo agrícola, excepto en aquellos casos relacionados con los depósitos de Turba y otros cuyas fuentes son procesos químico-biológicos. Lo anterior conlleva a que su

utilización para enriquecer nutricionalmente un suelo de un área determinada hay que empobrecer el suelo de otra área.

3.- En cuanto a la concentración de nutrientes y humedad:

a) Fertilizante Químico

. La elevada concentración de nutrientes y la baja humedad en los fertilizantes químicos, se constituyen en una de las fortalezas de estos productos. Estos dos factores generan una reducción de los costos para el transporte, su aplicación y manejo de forma general.

b) Abono Orgánico

La baja concentración de nutrientes y los elevados niveles de humedad presentes en los abonos orgánicos es una de las desventajas de estos productos. Este hecho genera costos más elevados de transporte, aplicación y manejo, sobre todo en áreas de ladera.

-Para mantener una productividad competitiva las cantidades de abonos orgánicos a utilizar deben ser elevados, como elevada es la extracción de nutrientes con la cosecha.

4.- En cuanto a los aspectos de contenido, formulación y riesgos de contaminación:

a) Fertilizante Químico

En la mayoría de los países las formulaciones de los fertilizantes químicos no atienden a las necesidades específicas de la finca, sino más bien a situaciones promedio muy generales.



Lo que conlleva a que la eficiencia de estos no sea la más adecuada para situaciones específicas y se produzca un desperdicio o deficiencia de ciertos nutrientes.

-Si la situación anterior ocurre año tras año, se ocurrirían deficiencias muy fuertes de ciertos nutrientes y exceso de otros, produciéndose lo que se llama comúnmente fertilidad del suelo en desequilibrio. Los nutrientes que se acumulan en el suelo, más allá de ciertos niveles pueden definirse como una contaminación.

-Por otro lado los contenidos de nutrientes en los fertilizantes químicos son más fácilmente conocidos, fijables y controlables. Además, se pueden manejar más racionalmente ya sea industrialmente o en mezclas, a nivel del productor y así tener en los suelos concentraciones adecuadas de nutrientes que respondan a necesidades específicas.

#### b) Abono orgánico (A.O.)

-Los abonos orgánicos presentan un contenido más variado de nutrientes, a pesar de sus bajas concentraciones. Esto puede ser considerado como una ventaja. Por ejemplo, el suministro de abonos orgánicos puede eliminar las deficiencias de micronutrientes. Por otro lado, ciertos abonos orgánicos, principalmente los derivados de residuos urbanos (compost de basureros, residuos del tratamiento de aguas negras, etc.), suelen presentar concentraciones peligrosas de metales pesados como el plomo, cadmio, estaño y mercurio, elementos altamente contaminantes.

-Por otro lado, los contenidos de nutrientes en los abonos orgánicos son poco manejables y están en función de sus concentraciones en los residuos utilizados. Por ejemplo, la concentración de P en los residuos orgánicos es generalmente baja. En los suelos tropicales pobres en P. las necesidades de fertilización con P son más elevadas que de las cantidades que pueden ser suministradas por un abono orgánico, esto si se utilizan cantidades factibles de ser manejadas. Esta desventaja se podría suplirse aumentando la eficiencia de suministro de P a las plantas de forma químico-biológica, aunque esta tecnología no utilizada del todo por la mayoría de los productores.

-El contenido y el comportamiento de los abonos orgánicos es muy variable de acuerdo a los materiales que se utilizan para producirlo, además existen muy pocas posibilidades de ejercer un control de su calidad a nivel de finca y a gran escala, esto si se quiere realizar un abonamiento racional y controlado.

-La utilización de los residuos orgánicos generados por la actividad agrícola y por el procesamiento de sus productos, es vital para el control de una fuente importante de contaminación de las aguas superficiales.

#### 4.- FERTILIZACIÓN EN LECHUGA

(Febronio *et al*, 2011) Con la finalidad de obtener un buen rendimiento y calidad de producto, es importante que la planta a los treinta días ya haya formado un esqueleto robusto, lo cual se logra realizando una buena fertilización; en caso contrario se afectará drásticamente el potencial de rendimiento de las variedades.

Cabe mencionar que al aplicar los fertilizantes en el agua de riego, su distribución es mejor, de acuerdo con la demanda fisiológica de las plantas, lo que le permite alcanzar mejor desarrollo y producción.

La máxima demanda de fertilizante durante el verano es a los 25 días, y en el invierno a los 30 días, etapa en la que debe estar formado el esqueleto de la lechuga. El resto de los fertilizantes, satisface los requerimientos de la planta para el llenado y la calidad de la cabeza de la lechuga, dejando un espacio inocuo de 10 días.

En la figura 1, se compara la productividad del fertilizante por metro cubico ( $m^3$ ) de agua utilizado entre un sistema de riego por gravedad realizado inadecuadamente por el agricultor y un sistema de riego por goteo, en las cuales observa la diferencia. En el de gravedad el índice es de 0.019 kg/ha de lechuga por cada kilogramo de fertilizante en 1  $m^3$  de agua y en el de goteo es de 0.12, lo cual significa una diferencia de 631% al aplicar el fertilizante por fertirrigación. Estos datos confirman la conveniencia de adoptar los sistemas de fertirrigación en vez de utilizar el sistema tradicional de fertilizar y regar el cultivo, que al comienzo talvez se tenga que invertir en el sistema de riego pero que a corto tiempo se verá reflejado en la productividad del cultivo, por el contrario con el riego por gravedad se gasta mucha agua y además disminuye la productividad en el caso de este cultivo.

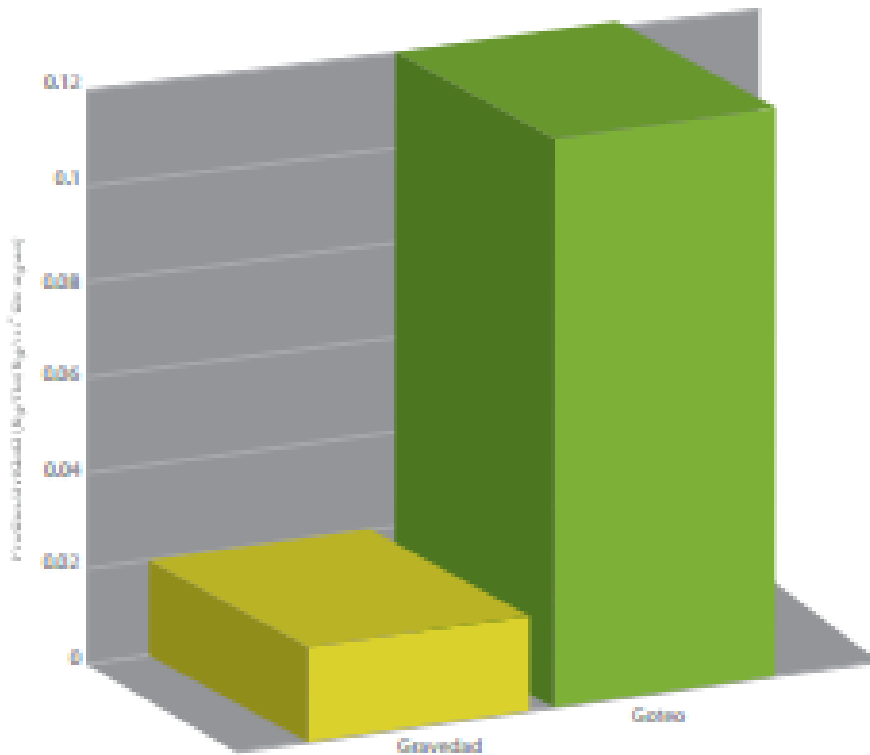


Figura 1. Productividad del fertilizante/m<sup>3</sup> de agua utilizado en un sistema de riego por gravedad y por goteo (Febronio *et al*, 2011).

Para optimizar el uso de los fertilizantes en riego por goteo es recomendable utilizar fuentes altamente solubles, de exacta concentración y pureza.

A continuación se mencionan los más comunes: nitrato de amonio, sulfato de amonio, polifosfato de amonio, cloruro de potasio, sulfato de magnesio, ácido nítrico, sulfato de zinc, urea, ácido fosfórico, nitrato de potasio, nitrato de calcio, ácido sulfúrico y sulfato ferroso.

En el cuadro 2, se presentan las dosis recomendadas para la fertilización en el cultivo de lechuga, con los elementos principales para su nutrición.

| Elemento | N            | P            | K             | Ca       |
|----------|--------------|--------------|---------------|----------|
| Dosis    | 30-160 kg/ha | 95-130 kg/ha | 160-195 kg/ha | 50 kg/ha |

Cuadro 2. Fertilización en el cultivo de lechuga Lardizábal (2005).

La primera fertilización debe llevarse a cabo justo antes de trasplantar. La segunda fertilización 15-20 días después, y la tercera 15-20 días después de la segunda.

Por otro lado Casaca (2005), menciona que el 60-65% de todos los nutrientes son absorbidos en el periodo de formación del cogollo, por lo que la aplicación de nutrientes, se deben suspender al menos una semana antes de la recolección.

El aporte de estiércol en el cultivo de lechuga se realiza a razón de 3Kg. /m<sup>2</sup>, cuando se trata de un cultivo principal desarrollado de forma independiente de otros. No obstante, cuando se cultiva en invernadero, puede no ser necesaria la estercoladura, si ya se aportó estiércol en los cultivos anteriores.

La lechuga es una planta exigente en abonado potásico, debiendo cuidar los aportes de este elemento, especialmente en épocas de bajas temperaturas; y al consumir más potasio absorberá más magnesio, por lo que habrá que tenerlo en cuenta a la hora de equilibrar esta posible deficiencia.

En suelos ácidos, el nitrato amónico puede ser sustituido por nitrato de cal a razón de unos 30 gr. /m<sup>2</sup>, aportados en cada riego, sin superar el total de 50 gr. /m<sup>2</sup>. También son comunes las aplicaciones de nitrógeno vía foliar, en forma de urea, cuando los riegos son interrumpidos y las necesidades de nitrógeno elevadas.

El cultivo de Lechuga extrae del suelo las siguientes cantidades de nutrientes /Mz.:

50 Kg. de Nitrógeno (N2), 25 Kg. de Fósforo (P2), 130 Kg. de Potasio (K).

Requerimientos nutricionales de la Lechuga / Manzana:

70 Kg. de Nitrógeno (N2), 35 Kg. de Fósforo (P2), 35 Kg. de Potasio (K).

En el cuadro 3, se presenta un calendario para la fertilización de lechuga con sus debidas dosis de fertilizaciones. Donde se puede observar que la aplicación de nitrógeno se debe hacer en todo el ciclo del cultivo esto se debe a la gran necesidad nutricional de la lechuga.

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| Al momento de preparar el suelo | <ul style="list-style-type: none"><li>Se recomienda hacer una aplicación de materia orgánica y se puede usar 200 qq. De estiércol seco y/o gallinaza / Mz.</li></ul> |
| 8 días después del trasplante   | Aplicar 3.5 qq. de la fórmula 12-24-12 / Mz.   |
| 20 días después del trasplante  | Aplicar 1 qq. de Urea / Mz.  |
| 30 días después del trasplante  | Aplicar 1.5 qq. de Urea más 1 qq. de cal / Mz.   |
| 45 días después del trasplante  | Aplicar 1 qq. de Urea / Mz.  |

|                      |  |
|----------------------|--|
| Fertilización foliar | A los 15 días después del trasplante, iniciar las aplicaciones de abono foliar usando Crecifol o Multi Feed. |
|----------------------|--|

Cuadro 3. Programa de Fertilización, (Casaca 2005).

En lechuga, el rendimiento máximo se alcanza con dosis entre 158 y 167 Kg de N/Ha, para esas cantidades de fertilizante la absorción estimada de N se situó entre 121 y 136 Kg/Ha. El N dejado en el suelo al final del ciclo del cultivo se estimó entre 90 y 101 Kg/Ha.

Los datos técnicos disponibles para recomendaciones de fertilizantes en cultivos orgánicos de hortalizas son todavía escasos. Una aplicación anual de 50 t/ha, de estiércol, equivalente a 1.4 t/Ha de materia orgánica seca, se recomienda solo para sustento de la biomasa del suelo, necesidades de N y K requeridas por las plantas de cultivo (Añez y Espinoza, 2001).

Para la fertilización de lechuga se utiliza urea en dosis de 150 y 300 kg N/Ha y lombricompuestos principalmente con estiércol de bovinos en cantidades de 6 t/ha. Los fertilizantes se incorporan en los primeros 5 cm de suelo. (SAGARPA, 2010).

Constantini *et al.*, (1998) demostró que los rendimientos de materia seca de la parte aérea de la planta son mayores en presencia de las mayores dosis de urea. Sin embargo no se encuentran diferencias significativas en el rendimiento de materia seca aérea comparado con el agregado de lombricompuestos

El manejo del agua de riego y la distribución de fertilizantes influyen significativamente en la eficiencia del uso del nitrógeno, por lo tanto es necesario considerar la cantidad a emplear y fecha de aplicación de riego.

Aruani *et al.*, (2008) encontraron que las aplicaciones de estiércol deben ser cercanas al trasplante de la lechuga, ya que si se aplica con anterioridad, el nitrógeno se pierde por lavado y alcanzan los estratos subsuperficiales del suelo donde las raíces de lechuga no aseguran su absorción.

Los síntomas de deficiencia de Nitrógeno en lechuga en medios carentes del elemento, ocurren una semana después de la emergencia.

Los síntomas que se observan son: el follaje se torna verde pálido y las hojas son anormalmente lisas, y en las variedades “de cabezas”, la formación de ésta se retarda. Cuando la deficiencia es severa las hojas son pequeñas y amarillentas, especialmente en las puntas, y las hojas más viejas se amarillean prematuramente, se secan y no se forman cabezas. (Alcalá *et al.*, 2000)

## 5.- NITRATOS EN ALIMENTOS

Se ha establecido una ingesta diaria aceptable (IDA) de nitratos de 0 – 3.7 mg ion nitrato/kg de peso corporal, siendo segura para neonatos, niños y adultos; para nitritos y de 0 – 0.07 mg nitrito/kg de peso corporal (JECFA, 2002).

La principal vía de exposición en humanos a los nitratos es a través de la dieta, siendo las hortalizas la principal fuente dietética pues proporcionan entre el 80% y 85% de la ingesta diaria. Destacan las concentraciones relativamente elevadas encontradas en hortalizas, como rúcula, lechuga y espinacas.



A partir de los datos proporcionados por la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) correspondientes a la concentraciones de nitratos en acelgas durante los años 2000-2009, de un total de 1.018 muestras, se observa una gran variabilidad en los contenidos, con una concentración mediana de 1.562 mg nitrato/kg acelgas, siendo superiores a los contenidos de nitratos en espinacas (mediana: 816 mg/kg) publicados por EFSA a nivel europeo (AESAN, 2011).

En el cuadro 4, se observan las principales hortalizas de hoja y el contenido de nitratos en mg por cada kg de hortaliza, se observa que la rúcula es la hortaliza con más nitratos alcanzando 4677 mg NO<sub>3</sub><sup>-1</sup>/kg y la que más bajo contenido de nitratos obtuvo fue el berro con 136 mg NO<sub>3</sub><sup>-1</sup>/kg

| Verdura de hoja         | Contenido medio (mg/kg) | Verdura de hoja | Contenido medio (mg/kg) |
|-------------------------|-------------------------|-----------------|-------------------------|
| Rúcula                  | 4.677                   | Endibia belga   | 1.465                   |
| Amaranto                | 2.167                   | Lechuga         | 1.324                   |
| Hierba de los canónigos | 2.104                   | Lechuga romana  | 1.105                   |
| Mezcla de lechugas      | 2.062                   | Espinacas       | 1.066                   |
| Lechuga mantecosa       | 2.026                   | Lechuga iceberg | 875                     |
| Remolacha               | 1.852                   | Diente de león  | 605                     |
| Acelga                  | 1.690                   | Escarola        | 523                     |
| Lechuga rizada          | 1.601                   | Achicoria       | 355                     |
| Lechuga hoja de roble   | 1.534                   | Berro           | 136                     |

Cuadro 4. Contenido de nitratos en vegetales de hoja (AESAN, 2011)

Además de como aditivos, los nitratos como sustancias de origen natural pueden encontrarse en productos cárnicos frescos, leche y productos lácteos, cereales, frutas, bebidas alcohólicas y verduras. En la mayoría de estos alimentos se encuentran en bajas concentraciones, generalmente inferiores a 10 mg/kg y rara

vez exceden de 100 mg/kg. Sin embargo, las verduras, principal aporte de estos compuestos en la dieta junto con los embutidos presentan unos contenidos que oscilan entre 200 y 2500 mg/kg, variando en función del procesado del alimento, uso de fertilizantes y condiciones de crecimiento (Lizaso y Almudena, 2001).

La carne puede protegerse de la putrefacción bacteriana mediante la adición de soluciones concentradas de sal común. Pero la carne que está conservada únicamente con cloruro sódico toma un color pardo-verdoso atribuible a la conversión de la hemoglobina en metahemoglobina. Para que se mantenga el color rojo se añade al cloruro sódico para salazones una pequeña cantidad de nitrito o nitrato, parte del cual se transforma lentamente en nitrito. El nitrito forma nitrosohemoglobina o nitrosohemocromógeno, de color rojo oscuro. Las concentraciones de nitrito sódico en salazones varían del 0.04 al 10%, dependiendo del tratamiento que se dé y del tipo de carne.

Los nitratos se emplean como aditivos en la fabricación de productos cárnicos curados y, en menor medida, en la conservación del pescado y en la producción de queso. Además de proporcionar color adecuado a la carne, los nitritos tienen otros efectos sobre los alimentos: retrasa el proceso de oxidación de los lípidos, con la consecuente disminución del característico olor de enranciamiento, produce una mayor firmeza en la textura, y provee a los alimentos de un importante efecto antimicrobiano (especialmente frente a *Clostridium botulinum* y sus toxinas).

La demanda de alimentos orgánicos sin aditivos químicos e inocuos para la salud por parte de los consumidores ha incrementado la investigación y elaboración de alimentos cárnicos con colorantes naturales y reducidos o sin nitratos o nitritos.

En vegetales se han estudiado unos 42000 resultados analíticos correspondientes a 92 variedades de vegetales, y declarados por 20 estados miembros de la comunidad europea y noruega (EFSA, 2008), evidencia una gran variación en la concentración mediana de nitratos, desde 1mg/kg en los guisantes y las coles de Bruselas, hasta 4800 mg/kg en la rúcula, encontrándose en general los mayores niveles en hortalizas de hoja contribuyendo con un 75% a la ingesta diaria (Hill, 1990).

Debido a esto el contenido de nitratos aceptable en la ingesta diaria corresponde a 3,65 mg/kg de peso vivo (Ministry of Agriculture y Food and Fishries, 1999). Es decir, la ingesta de nitratos diaria de una persona con un peso corporal de 70 kg no debería superar los 259 mg.

#### 5.1.- NITRATOS EN LECHUGAS

La lechuga (*Lactuca sativa* L.), es una hortaliza de consumo mundial y su producción ha ido en aumento. El contenido de nitratos en hojas es un aspecto importante de su calidad, íntimamente relacionada con la salud del consumidor.

Las hortalizas, en particular las de hoja ancha acumulan contenidos de nitratos mayores a otros tipo de alimentos contribuyendo con un 75% a la ingesta diaria (Hill, 1990).

Cuando la absorción de nitratos en la planta excede a la asimilación, los iones nitratos se pueden acumular en las vacuolas de las células (Granstedt y Huffaker, 1982).

Por lo anterior, la Comisión Europea ha legislado indicando los contenidos máximos de nitratos permitidos para la lechuga cultivada en invernadero y al aire libre en diferentes épocas del año (Diario Oficial de las Comunidades Europeas, 2011)

En el cuadro 5, se observa que el contenido de nitratos en lechugas que está regido por factores climáticos, ya sea al aire libre o en invernadero, por estación del año en que es cultivada por lo cual se establecen límites máximos de nitratos en primavera e invierno, que van de los 2000 mg de  $\text{NO}_3^{-1}$  a 3000 mg de  $\text{NO}_3^{-1}$ , además de diferentes variedades de lechuga, así como alimentos para lactantes de corta edad, también se observan cantidades de nitratos para espinaca otra hortaliza que también tiene alto contenido de nitratos.

| Productos alimenticios (¹) | Contenidos máximos (mg $\text{NO}_3/\text{kg}$ )   |   |       |
|----------------------------|--|---|-------|
| 1.1                        | Espinacas frescas ( <i>Spinacia oleracea</i> ) (²)   | Recolectadas entre el 1 de octubre y el 31 de marzo     | 3 000 |
|                            |  | Recolectadas entre el 1 de abril y el 30 de septiembre  | 2 500 |
| 1.2                        | Espinacas en conserva, refrigeradas o congeladas   |   | 2 000 |
| 1.3                        | Lechuga fresca ( <i>Lactuca sativa</i> L.) (lechugas de invernadero y cultivadas al aire libre) excepto las lechugas mencionadas en el punto 1.4 | Recolectadas entre el 1 de octubre y el 31 de marzo:    |       |
|                            |  | lechugas cultivadas en invernadero                      | 4 500 |
|                            |  | lechugas cultivadas al aire libre                       | 4 000 |
|                            |  | Recolectadas entre el 1 de abril y el 30 de septiembre: |       |

|     |   |                                    |       |
|-----|---|------------------------------------|-------|
|     |   | lechugas cultivadas en invernadero | 3 500 |
|     |   | lechugas cultivadas al aire libre  | 2 500 |
| 1.4 | Lechugas del tipo «Iceberg»   | Lechugas cultivadas en invernadero | 2 500 |
|     |   | Lechugas cultivadas al aire libre  | 2 000 |
| 1.5 | Alimentos elaborados a base de cereales y alimentos infantiles para lactantes y niños de corta edad <sup>(3)</sup> <sup>(4)</sup> |                                    | 200   |

Cuadro 5. Contenidos máximos de nitratos en hortalizas y productos alimenticios.

Fuente: Diario Oficial de las Comunidades Europeas. 2011

Los países que tienen la misma legislación que la UE: Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumania y Suecia.

## 5.2.- EFECTO DEL EXCESO DE LOS NITRATOS EN EL HOMBRE

La mayoría de los compuestos N-nitroso de interés en toxicología alimentaria son probables o posibles carcinógenos en humanos. En animales de experimentación son potentes carcinógenos, en todas las especies ensayadas, y tiene amplia organotropidad, según donde se biotransforma para dar radicales libres alquilantes (alquildiazonio y alquilcarbonio). En los estudios epidemiológicos se ha sugerido su intervención en el desarrollo del cáncer nasofaríngeo, esofágico y gástrico.

Las nitrosaminas generadas ejercen sus efectos carcinógenos mediante este poder alquilante: la unión de los grupos alquilo (incluso los metilo, de pequeño tamaño) es

suficiente para interferir en el apareamiento de las bases en la doble hélice de ADN. Este daño conlleva mutaciones y, con éstas, una probabilidad mayor de carcinogénesis.

Por todo ello, las exposiciones a compuestos N-nitroso y sus precursores deben mantenerse en el nivel más reducido posible, siguiendo las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud. (Lizaso y Almudena, 2001)

El nitrato está muy distribuido entre los alimentos, siendo las principales fuentes de exposición humana exógenas los productos vegetales y el agua de bebida. Algunas especies vegetales tienen gran capacidad de acumulación de nitrato, como son las hortalizas de hoja fundamentalmente, por lo que suele ser frecuente encontrar en este tipo de productos cantidades elevadas de nitrato. El grado de acumulación depende de factores genéticos, climáticos y nutricionales siendo el contenido de nitratos presente en las plantas el balance entre la absorción de los nitratos del suelo y la reducción de estos en la planta, ya que el excedente que no aprovechan no pueden eliminarlo, y lo acumulan en los órganos de tránsito, las raíces y las hojas.

Los bebés, especialmente menores de seis meses, corren un mayor riesgo de desarrollar problemas de salud al ingerir agua con niveles elevados de nitratos/nitritos. Esto se debe a las diferencias entre los cuerpos y las actividades de los bebés y los de los adultos y niños mayores.

Los bebés tienen relativamente poca acidez en sus estómagos comparados con los estómagos de los adultos. Esto permite que crezcan las bacterias que pueden transformar rápidamente los nitratos en nitritos, que son los que causan la

metamoglobinemia. En los bebés, a esta condición se le llama Síndrome del Niño Azul, porque la deficiencia de oxígeno causa que la piel del bebé se vuelva de un color azulado, particularmente alrededor de los ojos y la boca. Si no se atiende al bebé a tiempo, esta condición puede causarle la muerte.

Durante el embarazo, es común que los niveles de metamoglobina suban del nivel normal (de 0.5% a 2.5%) hasta un 10% en la semana número 30 del embarazo. Los niveles de metamoglobina vuelven a bajar a su nivel normal después del parto. Por lo tanto, las mujeres embarazadas son particularmente susceptibles a la metamoglobinemia y deben asegurarse que los nitratos/nitritos en el agua de sus pozos se encuentren a niveles que no presenten riesgo.

No existe evidencia que indique que las cantidades de nitratos presentes en el cuerpo de una mujer embarazada puedan transferirse a su feto. Aunque la madre pueda padecer metamoglobinemia, su feto no necesariamente será afectado. No se han realizado muchos estudios relacionados a los efectos de nitratos/nitritos sobre el embarazo o el desarrollo normal del feto. En algunos estudios realizados en animales con niveles elevados de nitratos/nitritos, se encontraron efectos adversos en sus sistemas de reproducción y su desarrollo.

Asimismo, hay poca indicación que los niños que son amamantados puedan desarrollar metamoglobinemia por la exposición de nitratos/nitritos a través de la leche materna (rama de investigaciones de salud ambiental, 2006)

El mecanismo de formación de la metahemoglobina es el siguiente: la hemoglobina (Hb) es una proteína conjugada cuyo grupo posee cuatro átomos de hierro, y el

estado de oxidación es  $Fe^{2+}$ . En la metahemoglobina (MetHb) el hierro se encuentra en su forma oxidada  $Fe^{3+}$ . Los eritrocitos contienen normalmente pequeñas cantidades de MetHb, que resultan de la oxidación espontánea de la Hb a diferencia de la Hb, la MetHb no transporta oxígeno; por lo tanto su presencia en cantidades elevadas es incompatible con la vida.

Los eritrocitos poseen dos sistemas enzimáticos que reducen la MetHb a Hb; ellos son: la diaforasa I, que utiliza el dinucleótido de nicotinamida y adenina reducida (NADH) como coenzima, y la diaforasa II, que utiliza el fosfato de NADH (NADPH) como coenzima. El primer sistema mantiene el nivel de MetHb entre 1 y 2% (Pacheco *et al* 2002)

El agua de bebida, aun estando dentro de los límites legales permitidos de 50 mg de nitrato/L de agua, puede contribuir de forma importante a la ingesta total de nitrato en algunas zonas.

El nitrato puede transformarse en nitrito por reducción bacteriana tanto en los alimentos (Durante el procesado y almacenamiento), como en 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, ya que la presencia de nitrito en los alimentos es poco significativa.

La absorción de los nitratos y nitritos varía entre las especies siendo relativamente alta en humanos. Es absorbido por el estómago y la parte superior del intestino, se ha estimado que aproximadamente en los seres humanos el 25% de una dosis de



nitrato ingerido se secreta en la saliva, y que del 20% al 46% de este, el 25% se reduce a nitrito por microorganismos orales.

Cuando altos niveles de nitrato son ingeridos, la conversión microbiana normal de nitrato a nitrito y la asimilación post-absorción puede saturarse resultando un exceso de nitritos absorbidos y por consiguiente se forma metHb (metahemoglobina).

Una vez absorbido, el nitrito se distribuye rápidamente en el plasma con una rápida unión a los eritrocitos. Excesivos niveles de absorción o formación nitritos y la formación de óxido nítrico también puede resultar en metahemoglobinemia (ELIKA, 2009).

Estudios efectuados por la Organización Mundial de la Salud (Norma Internacional para Calidad del Agua Potable, 1972) y otras instituciones de la salud, se ha detectado que los nitratos son perjudiciales para los niños, sobre todo para los lactantes, cuando su concentración en el agua es mayor de 45mg/L, pues al reducirse a nitritos, puede provocar la enfermedad conocida como metahemoglobinemia, que es una intoxicación de la sangre, pudiendo alcanzar consecuencias fatales en muchos casos. Mayor perjuicio en la población infantil causa aún el consumo de aguas contaminadas directamente por nitrito.

Al reaccionar los nitritos con bacterias intestinales, pueden llegar a formarse nitrosaminas, las cuales a causa de su posible acción cancerígena, resultan peligrosas al hombre, en general las afectaciones que los nitratos y nitritos pueden provocar en el ser humano, están mejor definidas para la población infantil y sobre todo para los niños lactantes, mientras que para los adultos aún no está totalmente

esclarecido el grado de afectación, prueba de ello es que en distintos países las normas de consumo de estos elementos varían (Constantino y Vázquez, 2006)

Puente *et al.*, (2008) menciona que la metahemoglobinemia es una causa de cianosis una enfermedad en lactantes pequeños, a causa del consumo de alimentos con alto contenido de nitratos, como acelgas, espinacas, col y remolacha y que no deben de introducirse en la dieta del lactante hasta después del noveno mes por su potencial oxidante.

La cianosis central alude a un color azulado de la piel o de las mucosas. Es secundaria a un grado importante de desaturación arterial de oxígeno o a la presencia de hemoglobinas anormales, que impiden la adecuada unión del oxígeno a la hemoglobina. Para que la cianosis sea visible es necesario que los niveles de hemoglobina reducida sean superiores a 3 g/dl, o que los niveles de metahemoglobina en sangre sean superiores al 15% del total de hemoglobina.

El diagnóstico diferencial del niño con cianosis central comprende, fundamentalmente, anomalías cardiopulmonares, neuromusculares o hematológicas.

La metahemoglobina es un derivado de la hemoglobina obtenido por la oxidación del hierro del grupo HEM, que se convierte en ión férrico, siendo incapaz de captar oxígeno y, por tanto, de transportarlo, originándose hipoxia hística.

La metahemoglobinemia puede clasificarse según la etiología en congénita o secundaria a la acción oxidante inducida por ciertas sustancias. Para aclarar su etiología es preciso descartar episodios similares familiares y personales debidos a

formas hereditarias (hemoglobinopatía, enzimopenias) y antecedentes de ingesta o exposición a productos oxidantes. Clínicamente se manifiesta con cianosis progresiva de tono gris pizarroso, de instauración rápida (30-60 minutos), más visible en mucosas, cara y extremidades, que se acentúa con el llanto y no responde a oxigenoterapia, unida a taquicardia y polipnea. En los casos graves se llega a un estado de delirio, somnolencia o agitación psicomotriz, convulsiones y coma. Las concentraciones de metahemoglobina del 70% son letales.

Aunque la formación de metahemoglobina es un proceso reversible, sí puede llegar a provocar la muerte, especialmente en niños ("síndrome del bebé azul"). La población de alto riesgo son los lactantes que tienen una acidez estomacal baja, lo que permite el crecimiento de ciertos tipos de bacterias en el estómago y los intestinos, y si se alimenta a un niño con fórmula preparada con agua contaminada con nitratos, estas bacterias pueden convertir los nitratos en nitritos. También los nitratos pueden formar nitrosaminas y nitrosamidas compuestos que pueden ser cancerígenos. (Leanza y Parente, 2005)

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en el periodo de octubre a febrero del 2014, en el invernadero del área de agricultura orgánica, ubicado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, calzada Antonio, El invernadero cuenta con una orientación Norte-Sur. Tiene una temperatura mínima de 12°C y una máxima de 35°C, la humedad relativa es de 45%.

Se estableció un almacigo en una charola de unicel que contuvo lombricomposta mezclada con suelo (2:1), se colocaron las semillas a una profundidad de 5 mm y se regaron. Cuando las plántulas tuvieron una altura de 10 cm se trasplantaron en macetas que contenían 4 kg de suelo cada una, con el suelo que hay en el área orgánica (feozem calcárico) y previamente regadas, las macetas se colocaron dentro del invernadero. Después de 2 días de haber regado se aplicaron las fertilizaciones correspondientes. Las lechugas tratadas con abonos orgánicos se le aplicaron 20cm<sup>3</sup> a cada maceta con las diferentes compostas y el tratamiento de fertilizantes químicos se aplicaron con una solución Steiner para maceta que contuvo: KNO<sub>3</sub> 18.19 gr, Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 21.23 gr, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 4.08 gr, Ácido sulfúrico 4.96 ml, Micronutrientes (Ultrasol micromix) 2.1 gr.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, que contó con 6 tratamientos y 3 repeticiones los cuales fueron los siguientes:

- Tratamiento 1: 20cm<sup>3</sup> de composta de residuos de cocina.

- Tratamiento 2: 20cm<sup>3</sup> de lombricomposta de bobino de leche.
- Tratamiento 3: 20cm<sup>3</sup> de composta de frutas.
- Tratamiento 4: testigo suelo feozem calcárico)
- Tratamiento 5: solución nutritiva Steiner para maceta.
- Tratamiento 6: 20cm<sup>3</sup> de lombricomposta y 20cm<sup>3</sup> de líquido de lombriz

La aplicación de la solución Steiner fue cada semana durante todo el ciclo del cultivo, al igual que la aplicación del líquido de lombriz, mientras que los demás tratamientos eran únicamente regados (todos con la misma cantidad de agua).

Las variables que se evaluaron fueron las siguientes: contenido de nitratos en partes por millón (PPM): en la hoja y en los perfiles de la hoja (parte inferior y superior de la hoja).

El análisis se hizo en el laboratorio de pedología del departamento de ciencias del suelo, con el medidor de nitratos TwinNO<sup>-3</sup> marca HORIBA, el cual mide la cantidad de nitratos en ppm colocando la savia de la planta, la lectura la hace en aproximadamente 30 segundos después de haber colocado la savia en el medidor. Se tomaron 2 hojas exteriores de la lechuga (hojas de afuera) y dos hojas interiores (hojas de adentro), cada hoja fue dividida por el color verde fuerte de la hoja (parte superior de la hoja) y verde pálido (parte inferior de la hoja) para estimar en qué parte de la hoja se encontraban más nitratos, se lavaron con agua destilada y se cortaron con un cuchillo de plástico y una plataforma de vidrio de 20cm x 20cm, después de esto se introdujeron las hojas cortadas en una jeringa desechable de 60mm para extraer la savia de la lechuga, después se colocó esta savia en el medidor de nitratos. Una vez teniendo los datos de la cantidad de nitratos en las

hojas de lechuga sirvieron para saber cuál tratamiento es el que aportó menos cantidad de nitratos.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se evaluó el comportamiento promedio de nitratos del cual se encontraron diferencias altamente significativas.

### *Contenido de nitratos*

De los resultados obtenidos en cuanto al contenido de nitratos en materia fresca encontrados en hojas externas e internas de la lechuga se observaron diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) para el contenido de nitratos

En la figura 2 y 3, se presentan los valores de contenidos de nitratos (PPM  $\text{NO}_3^{-1}$ ) estos oscilaron entre 245-1302.75 en hoja verde fuerte y 262.5-1523 en hoja verde pálido esto porque la actividad de la nitrato reductasa que trabaja con la radiación solar es menor en hojas internas donde llega menos.

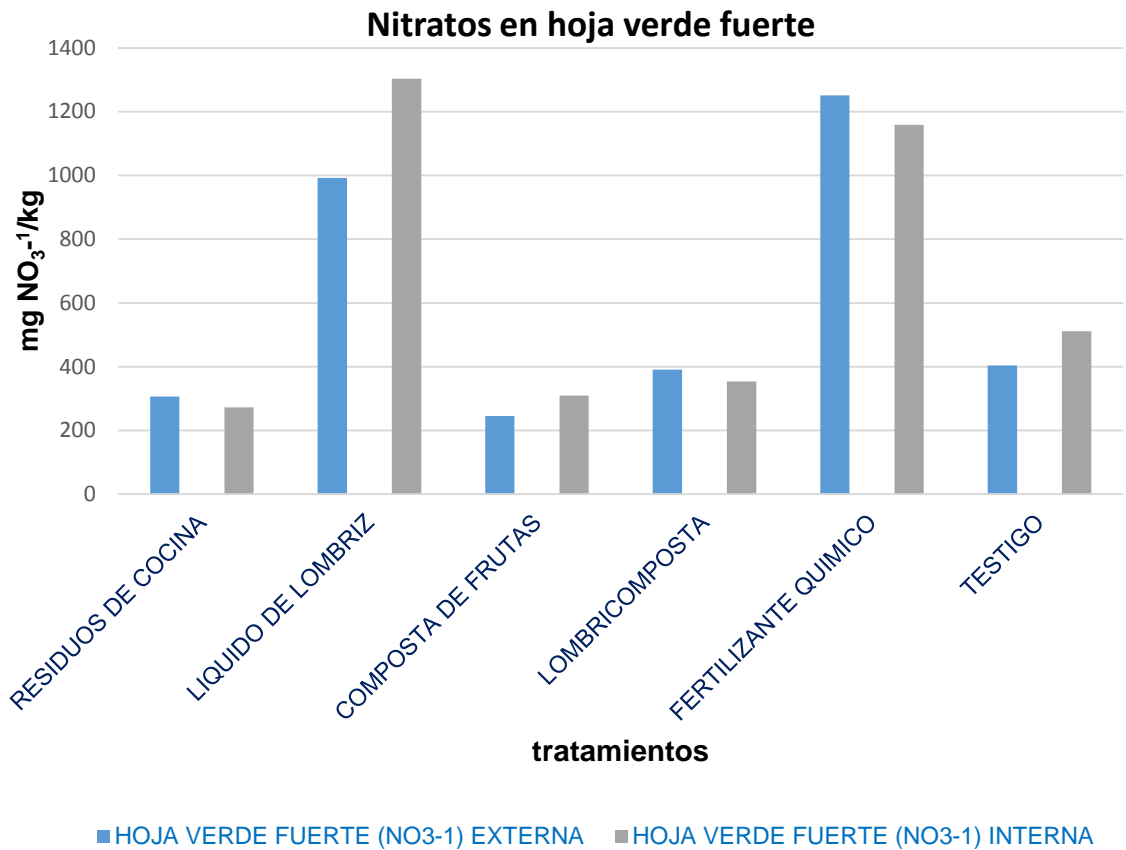


Figura 2. Comportamiento promedio del contenido de nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-1</sup>) en hojas verde fuerte de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Great lakes) fertilizadas con abonos orgánicos y químicos.

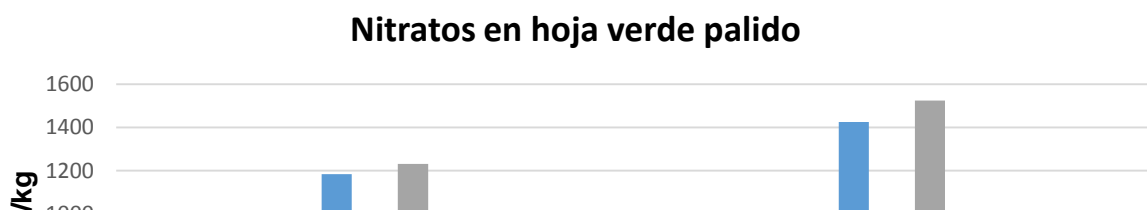


Figura 3. Comportamiento promedio del contenido de nitratos ( $\text{NO}_3^{-3}$ ) en hojas verde pálido de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Great lakes) fertilizadas con abonos orgánicos y químicos.

En cuanto a la localización de la hoja se encuentran valores de 245-1251.25 para hoja externa y 265-1523 en hoja interna, los cuales concuerdan con lo encontrado por Torregrosa *et al.*, (2002) donde observaron 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 (iluminación). Carrasco *et al.*, (2006) encontraron valores de 2089 mg/kg de nitratos en hojas viejas y 2203 mg/kg de nitratos en hojas nuevas de lechuga mantecosa.

Al analizar el test de comparación de medias de tukey ( $\geq 0.01$ ) para los valores promedios de las 12 observaciones de cada tratamiento se observa que los valores



con el más bajo contenido de nitratos fue el de composta de frutas y el más alto fue el fertilizante químico, observándose diferencias significativas entre estos dos tratamientos. (Cuadro 6).

| Tratamientos                | Nitratos en hoja verde fuerte | Nitratos en hoja verde pálido |
|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Residuos de cocina (H.E.)   | 307.5 C                       | 486.25 CDE                    |
| Residuos de cocina (H.I.)   | 272.5 C                       | 366.25 DE                     |
| Líquido de lombriz (H.E.)   | 992.5 AB                      | 1182.5 ABCD                   |
| Líquido de lombriz (H.I.)   | 1303.75 A                     | 1231.25 ABC                   |
| Composta de frutas (H.E.)   | 245 C                         | 262.5 E                       |
| Composta de frutas (H.I.)   | 310 C                         | 265 E                         |
| Lombricomposta (H.E.)       | 391.25 BC                     | 676.25 BCDE                   |
| Lombricomposta (H.I.)       | 353.75 C                      | 302.5 E                       |
| Fertilizante químico (H.E.) | 1251.25 A                     | 1425 AB                       |
| Fertilizante químico (H.I.) | 1158.75 A                     | 1523.75 A                     |
| Testigo (H.E.)              | 403.75 BC                     | 672.5 BCDE                    |
| Testigo (H.I.)              | 511.25 BC                     | 586.25 BCDE                   |
| C.V.                        | 51.91%                        | 58.29%                        |

Cuadro 6. Análisis de varianza y comparación de medias del contenido de nitratos (PPM  $\text{NO}_3^{-1}$ ) en hojas externas (H.E.) e internas (H.I.) de lechuga.

\*\* Diferencia altamente significativa a una  $P \geq 0.01$

† Medias seguidas con la misma letra, dentro del mismo tratamiento y etapa no difieren estadísticamente (Tukey,  $P \geq 0.01$ )

C.V. Coeficiente de Variación

Ansoreta *et al.*,(1994) en un experimento de lechugas fertilizadas con abonos nitrogenados encontraron que los abonos químicos superaron al testigo por 240

mg/kg de nitratos y los abonos orgánicos fueron similares al testigo con 98 mg/kg de nitratos más.

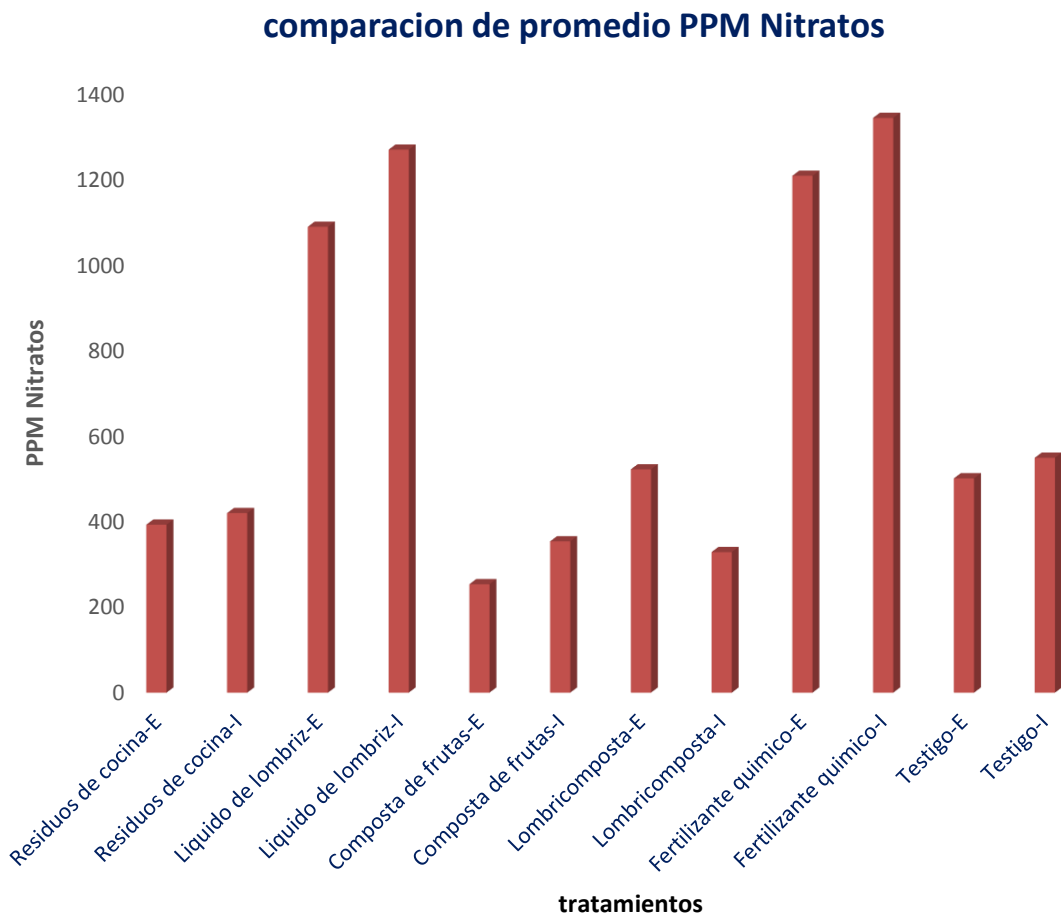


Figura 4. Comportamiento promedio de los datos experimentales, en la variable respuesta PPM nitratos en los tratamientos.

La figura 4, representa los valores promedios de los contenidos de nitratos estos

oscilaron entre 253 y 1206 ppm  $\text{NO}_3^{-1}$  en hoja externa, donde las plantas muestreadas pertenecientes al testigo en hoja externa fue de 500 ppm  $\text{NO}_3^{-1}$ , del cual se registró una diferencia de 706 ppm  $\text{NO}_3^{-1}$ , al compararlo con los valores obtenidos de las lechugas fertilizadas con fertilizante químico las cuales registraron el valor más alto de 1206 ppm  $\text{NO}_3^{-1}$ , en hoja interna los valores fueron de 328 y 1341 ppm  $\text{NO}_3^{-1}$ , siendo en el testigo 548, la diferencia fue de 793 ppm  $\text{NO}_3^{-1}$ , al compararlo con los valores obtenidos de las lechugas fertilizadas con fertilizante químico el cual tuvo el valor más alto de 1341 ppm  $\text{NO}_3^{-1}$ . Cabe destacar que este tratamiento fue el que más nitratos aportó a las lechugas.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Escalona *et al.*, (2009), quien encontró valores mayores en las lechugas fertilizadas con nitrato de calcio comparado con el testigo donde encontró valores menores, sin embargo no coincide en cuanto a que encontraron más nitratos en hojas externas que en internas. De igual manera Rincón *et al.*, (2002), encontraron que cuando la disponibilidad de  $\text{NO}_3^{-1}$  fue igual o superior a las extracciones del cultivo, el contenido de  $\text{NO}_3^{-1}$  en las hojas se incrementó durante todo el ciclo del cultivo, ya que en los tratamientos donde aplicaron más nitrógeno fue mayor la acumulación de nitratos.

Hill (1990), menciona que se han estudiado unos 4200 resultados analíticos correspondientes a 92 variedades de vegetales, las cuales evidencian una gran variación en la concentración mediana de nitratos, desde 1mg/kg en los gisantes y las coles de brucas, hasta 4800 mg/kg en la rúcula, encontrándose en general los mayores niveles en hortalizas de hoja contribuyendo con un 75% de nitratos en la ingesta diaria.

Por lo anterior, la comisión europea ha legislado indicando los contenidos máximos de nitratos permitidos para la lechuga cultivada en invernadero y al aire libre en diferentes épocas del año, para su comercialización (diario oficial de las comunidades europeas, 2011).

## VII.- CONCLUSIÓN

En este trabajo se observó que los abonos orgánicos aportaron cantidades de

nitratos muy por debajo de los límites establecidos para lechugas en el reglamento europeo, por lo que se puede recomendar a los productores de lechuga que se emplee esta forma de producción.

Así mismo se demuestra que con la aplicación de abonos orgánicos y la agricultura protegida se pueden producir lechugas sin ningún tipo de riesgo para la salud del consumidor, además de ser una manera más ecológica para producir.

## VIII.-BIBLIOGRAFÍA

AESAN. 2011. Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. Evaluación de riesgo de la exposición de lactantes y niños de corta edad a nitratos por consumo de acelga en España. Madrid, España. 88pp.

Alcalá A., N. Fernández y C. Aguirre. 2000. Respuesta del cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.) a la fertilización nitrogenada. Instituto agrotécnico “pedro fuentes godó”. Facultad de ciencias agrarias, UNNE, argentina.4pp.

Ansoreta M., E. Fernández, N. Darlás, R. Larrañaga y M. Erreguerena. 1994. Influencia del abonado nitrogenado en el contenido de nitratos en lechuga de verano. Universidad Pública de Navarra. 21pp.

Añez B. y Espinoza W. 2001. Respuestas de la lechuga y del repollo a la fertilización química y orgánica. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (I.I.A.P.). Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.82pp.

Aruani, M., P. Gili, L. Fernández, R. González, P. Reeb y E. Sánchez. 2008. Utilización del nitrógeno en diferentes manejos de fertilización en lechuga (Lactuca sativa L.) y su efecto sobre algunas variables biológicas del suelo. Rio Negro, Argentina. 11pp

Below, E. 2002. Fisiología, nutrición y fertilización nitrogenada del maíz. Informaciones agronómicas No. 54. Brasil. 7pp.

- Bethencourt, N., O. Pérez, M. Berenguer, G. Benavente, L: Marín y H. Chemicals. 2004. Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario (IMIDA).7pp.
- Carrasco G., J. Tapia, y M. Urrestarazu. 2006. Contenido de nitratos en lechugas cultivadas en sistemas hidropónicos. IDESIA, Chile. Vol. 24 N° 1. 30pp.
- Casaca D. 2005. El cultivo de lechuga. Guías tecnológicas de frutas y vegetales. Banco interamericano de desarrollo. Documento técnico.11pp.
- Constantini, A., A. Segat, D. López y H. polli. 1998. Efecto de diferentes fertilizantes sobre el carbono de biomasa microbiana, respiración y rendimiento, bajo cultivo de lechuga. Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiología (embrapa-CNPAB). Brasil. 76pp.
- Constantino, F. y Vázquez T. 2006. Origen de los nitratos y nitritos y su influencia en la potabilidad de las aguas subterránea. Cuba. 10pp.
- Cubero D. y Vieira J. 1999. Abonos orgánicos y fertilizantes químicos. ¿son compatibles con la agricultura?. XI congreso nacional agronómico. III. congreso nacional de suelos.67pp.
- Diario oficial de las comunidades europeas. 2011. Reglamento (CE) n o 1881/2006. Contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. Europa. 20pp.
- EFSA. European Food Safety Authority. 2008. INFORME ANUAL 2008. Parma, Italia. 105pp.

- ELIKA. 2009. Fundación Vasca para la Seguridad Agroalimentaria. Álava, España. 11pp.
- Escalona A., M. Santana, I. Acevedo, V. Rodríguez y L. Merú. 2009. Efecto de las fuentes nitrogenadas sobre el contenido de nitratos y lecturas "spad" en el cultivo de lechuga. *Agronomía tropical* v.59 n.I Maracay.1992. 192pp.
- Febronio D., A. Valenzuela, G. Leños y B. Muñiz. 2011. Fertirrigacion en el cultivo de lechuga en Guanajuato. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Centro Campo Experimental Bajío, Folleto para productores No. 3. Guanajuato, Mexico.32pp.
- FONAG. 2010. Fondo para la Protección del Agua. Abonos orgánico, protegen el suelo y garantizan la alimentación sana. Ecuador. 25pp.
- Gaviola, S. 1996. Factores de manejo que inciden sobre la calidad de las hortalizas. UNC. Mendoza, Argentina. 15pp.
- Granstedt, R. y Huffaker R. 1982. Identification of the leaf vacuole as major nitrate storage pool. *Plant physiology*. Montgomery, USA. 413pp.
- Gros, A. 1976. Abonos, guía práctica de la fertilización. Vol. 1. Edición 6. Ediciones mundi-prensa, Madrid, Francia. 585pp.
- Hill, M. J. 1990. Nitrates and nitrites from food and water in relation to human disease. En: Ellis wood (ed.) *food science and technology*. London. 193pp.



- JECFA, 2002. Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios. Nitrate and Nitrite. Evaluation of Certain Food Additives. Fitty-ninth report of the joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Who Technical Report. 75pp
- Lardizábal R. 2005. Manual de producción #1 lechuga. Sistemas de Información de Agro-Negocios: Análisis y Diseminación. Jamaica.5pp
- Leanza, N. y Parente R. 2005. Presencia de nitratos en el agua subterránea del norte de Bonaerense. UTNFRD. Centro de investigación y desarrollo en energía y ambiente. Buenos aires, Argentina.55pp.
- Lizaso, J. y Almudena A. 2001. Nitritos, nitratos y nitrosaminas. Fundación Ibérica para la seguridad alimentaria. Tres cantos, parís. 7pp.
- Merino D. y Ansorena J. 1990. Recomendaciones para el cultivo de hortalizas con bajo contenido de nitratos. Horticultura. España. 21pp.
- Ministry of Agriculture, Food and Fisheries, MAFF. 1999. Nitrate in lettuce and spinach. Food surveillance information sheet 177. 11pp.
- Orús, P. y Sin L. 2006. Fertilización nitrogenada. Gobierno de Aragón, agricultura y alimentación. Talleres editoriales cometa S.A. Aragón, España. 197pp.
- Pacheco, A., R. Pat, y A. Cabrera. 2002. Análisis del ciclo del nitrógeno en el medio ambiente con relación al agua subterránea y su efecto en los seres vivos. FIUADY. Brasil. 9pp.

- Parks, S. 2008. Nitratos y nitritos en hortalizas. Red hidroponía. Boletín No. 39. Lima, Perú. 5pp.
- Pérez, C. y Pacheco A. 2004. Vulnerabilidad del agua subterránea a la contaminación de nitratos en el estado de Yucatán. FIUADY. Yucatán, México.10pp.
- Puente, S., C. Reig, C. Santana, J. Casso y M. Penela. 2008. Crisis aguda de cianosis en un lactante. Servicio de pediatría. Hospital general de Segovia. Madrid, España. 127pp.
- Rama de investigaciones de salud ambiental. 2006. Posibles efectos en la salud relacionados con nitratos y nitritos en agua de pozos privados. Departamento de servicios de salud de california. Boletín informativo. California.4pp.
- Restrepo J. 2007. Manual práctico: el A, B, C, de la agricultura orgánica y harina de rocas. Managua, Nicaragua. 260pp.
- Rincón, S., A. Pérez, C. Pellicer, J. Sáez y A. Abadía. 2002. Influencia de la fertilización nitrogenada en la absorción de nitrógeno y acumulación de nitratos en la lechuga iceberg. Centro de investigación y desarrollo agroalimentario (CIDA). Murcia, España. 318pp.
- SAGARPA, 2010. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Abonos orgánicos. Ficha técnica. No. 6. Texcoco, México.8pp.

SEMARNAT, 2010. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Huerto familiar biointensivo. Tlalpan, México, D.F. 44pp.

Torregrosa S., M. D. Raigón, A. Domínguez, J. M. Carot. 2002. Ralacio sol-planta en sistemas de producción ecológica i convencional en función del tipo de reg en conreu de l' encisam romá. Trabajo final de carrera. Escuela Técnica Superior del Medio Rural y Enología. Universidad Politécnica de Valencia. 159pp.

Valdez A., F. Filippini, L. Martí y C. Salcedo. 2003. Determinación de nitratos en vegetales. Comparación de cuatro métodos analíticos. Departamento de ingeniería agrícola. Facultad de ciencias agrarias. Mendoza, Argentina. 28pp.

Villablanca F. y Villavicencio P. 2010. Los fertilizantes en la agricultura. instituto de investigaciones agropecuarias, centro de investigación especializado en agricultura del desierto y altiplano (cie),. ministerio de agricultura. informativo nº 16. inia ururi, región de arica y parinacota, Chile. 2pp.

Yupis, V., O. Fundora, C. Pereira y T. Crespo. 1999. La contaminación ambiental por el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados en el cultivo de tomate. Facultad de ciencias agropecuarias "Félix Varela". Villa clara, Chile. 8pp

