

ROYECTO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO INGENIERO DE PROCESOS

**Evaluación de un programa de fertilización orgánica en cultivos de *Lactuca Sativa*
en la finca *Orgaenik*.**

Estudiantes:
Melissa Vélez
Cod:201120004004
Mónica Mejía
Cod:201027000004

Estudiantes de Ingeniería de Procesos

Asesora:
Laura Sierra Zapata
Msc. Cand. Phd en Ingeniería

Universidad EAFIT
Escuela de Ingeniería
Ingeniería de Procesos
2016

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	5
ABSTRACT	5
1. AGRADECIMIENTOS	6
2. INTRODUCCIÓN.....	6
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
4. JUSTIFICACIÓN	9
5.2. Importancia del proyecto	9
5. OBJETIVOS	10
5.1. Objetivo general.....	10
5.2. Objetivos específicos	10
6. HIPOTESIS	10
7. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	10
8. MARCO TEÓRICO.....	10
8.1. Agricultura como fuente de alimentos.....	10
8.2. Métodos de agricultura convencional	12
8.3. Métodos de agricultura sostenible	15
8.4. Proceso de agricultura sostenible en Orgaenik.....	20
8.5. Los minerales en plantas y en seres humanos.....	24
8.6. Métodos analíticos de cuantificación de minerales.....	27
8.7. Diseño factorial	31
9. METODOLOGÍA.....	32
9.1. Metodología para objetivo 6.2.1	32
9.2. Metodología para el objetivo 6.2.2	35
9.3. Metodología para el objetivo 6.2.3	36
10. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
10.1. Resultados del objetivo 1: Estandarización del método de Kjeldahl y del XRF 37	
10.2. Resultados de los objetivos 2 y 3: Medición de nutrientes, análisis estadístico y curvas de absorción de nutrientes.....	39
11. CONCLUSIONES	57
12. RECOMENDACIONES	58
13. ANEXOS.....	58
14. BIBLIOGRAFIA	67

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de fertilizantes multinutrientes.	14
Tabla 2. Ficha técnica fertilizante edáfico convencional Plantosan®.....	15
Tabla 3. Componentes, ingredientes y aportes nutricionales de los Biofertilizantes empleados en el cultivo Orgaenik.....	21

<i>Tabla 4. Propiedades del fertilizante orgánico Multimineral.</i>	22
Tabla 5. Propiedades del fertilizante orgánico Engruese.	23
Tabla 6. Propiedades del fertilizante orgánico Tropical.	23
Tabla 7. Composición nutricional en 100g de Lechuga	27
<i>Tabla 8. Programa de fertilización orgánica foliar.</i>	35
<i>Tabla 9. Modelo experimental para análisis de fertilización orgánica foliar.</i>	36
Tabla 10. Nutrientes de los tratamientos orgánicos y convencional en los tiempos a analizar	43
Tabla 11. Promedio de productividad en dos lechugas cultivadas para cada tratamiento.	43
Tabla 12. Tabla ANOVA para el Nitrógeno	44
Tabla 13. Supuestos de la ANOVA para el Nitrógeno	44
Tabla 14. Tabla ANOVA para el Calcio	45
Tabla 15. Supuestos de la ANOVA para el Calcio	46
Tabla 16. Análisis no paramétrico (Kruskal-Wallis) para el Fósforo, Potasio, Magnesio, Hierro y Zinc	47

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Funcionamiento de la técnica WDXRF	30
Figura 2. Errores analíticos del método de perla fundida.	30
Figura 3. Estructura del diseño factorial.	31
Figura 4. Interacción entre factores positiva.	31
Figura 5. Interacción entre factores nula.	31
Figura 6. Interacción entre factores negativa	32
Figura 7. Interacción entre factores inversa.	32
Figura 8. PFD del proceso de medición de nutrientes de las lechugas orgánicas y convencionales.	38
Figura 9. Semana de siembra de ambos cultivos (08/08/16).	39
Figura 10. Evolución de ambos cultivos Semana 1 (8/08/16-15/08/16).	40
Figura 11. Evolución de ambos cultivos semana 2 (15/08/16-22/08/16).	40
Figura 12. Evolución de ambos cultivos semana 3 (22/08/16-29/08/16).	41
Figura 13. Evolución de ambos cultivos semana 4 (29/08/16-5/09/16).	41
Figura 14. Evolución de ambos cultivos semana 5 (5/09/16-12/09/16).	42
Figura 15. Tiempo de cosecha de ambos cultivos (16/09/16).	42
Figura 16. Supuesto de independencia de los residuales para el Nitrógeno.	44
Figura 17. Grafica LSD de los tratamientos para el Nitrógeno.	44
Figura 18. Grafica de LSD del tiempo para el Nitrógeno.	45
Figura 19. Supuesto de independencia de los residuales para el Calcio.	46
Figura 20. Grafica de LSD de los tratamientos para el Calcio.	46
Figura 21. Grafica de LSD del tiempo para el Calcio.	47
Figura 22. Diagrama de caja y bigotes de los tratamientos y el tiempo para el Fosforo. .	48
Figura 23. Diagrama de caja y bigotes de los tratamientos y el tiempo para el Potasio. .	49
Figura 24. Diagrama de caja y bigotes de los tratamientos y el tiempo para el Magnesio.	49
Figura 25. Diagrama de caja y bigotes de los tratamientos y el tiempo para el Hierro.	50
Figura 26. Diagrama de caja y bigotes de los tratamientos y el tiempo para el Zinc. .	50

Figura 22. Curvas de absorción de Nitrógeno para los tratamientos orgánico y convencional.....	51
Figura 23. Curvas de absorción de Calcio para los tratamientos orgánico y convencional.	52
Figura 24. Curvas de absorción de Fósforo para los tratamientos orgánico y convencional.	53
Figura 25. Curvas de absorción de Potasio para los tratamientos orgánico y convencional.	54
Figura 26. Curvas de absorción de Magnesio para los tratamientos orgánico y convencional.....	55
Figura 27. Curvas de absorción de Hierro para los tratamientos orgánico y convencional.	55
Figura 28. Curvas de absorción de Zinc para los tratamientos orgánico y convencional. .	56

RESUMEN

Se cultivaron lechugas de variedad crespa verde bajo programas de fertilización orgánica y convencional a los que se le midieron macro y micronutrientes (N, P, K Fe, Mg, Ca, Zn) por metodologías de análisis clásico (Kjeldahl) e instrumentales (fluorescencia de rayos X XRF) en 4 etapas de crecimiento (semanas 3, 4, 5 y 6). El método de análisis clásico de Kjeldahl se estandarizó a escala de laboratorio en la Universidad EAFIT para futuras mediciones en alimentos. El análisis estadístico de los resultados de contenido de nutrientes arrojó que los tratamientos orgánico y convencional no tuvieron diferencias significativas, sin embargo, el tiempo afectó los niveles de N, Ca y Mg. Se obtuvieron rangos de N desde 0,59% hasta 3,21%, P 0,5%-0,9%, K 4,4%-5,8%, Mg 0,2%-0,4%, Fe 0,02%-0,2%, de Ca 0,8%-1,2% y de Zn 0,002%-0,02% para ambos cultivos. Se realizaron curvas de absorción en el tiempo para evaluar el comportamiento de los minerales con tendencia polinomial de grado 3 y se analizó la conducta de cada tipo de curva para cada tratamiento, encontrando que si bien los valores nutricionales no son estadísticamente diferentes, las curvas de absorción de nutrientes en las lechugas cultivadas bajo el programa orgánico, especialmente las de los elementos P, K y Mg presentan una tendencia más estable de asimilación que las cultivadas bajo métodos tradicionales, en las cuales los contenidos de nutrientes evidencian incrementos y descensos sujetos principalmente a la aplicación puntual del fertilizantes de origen químico. Esta mayor estabilidad en la asimilación de nutrientes por parte del alimento cultivado bajo prácticas orgánicas se traduce en un mayor valor nutricional en el momento de cosecha y sugiere un mayor potencial de nutrición para el consumidor final

ABSTRACT

Green leaf lettuce plants were grown under organic and conventional fertilization programs with the aim of determining macro and micronutrients (N, P, K Fe, Mg, Ca, Zn) contents, through classical analysis (Kjeldahl method) and instrumental techniques (X ray fluorescence), during four growth stages (weeks 3,4,5 and 6). The classical analysis method of Kjeldahl was standardized at a laboratory scale at EAFIT University, for further implementation on future food analysis. The statistical analysis of nutritional content evidenced that organical and conventional treatments did not have significant differences; otherwise, the time did affect levels of N, Ca and Mg. Ranges of N ranged between 0,59%-3,21%, of P between 0,5%-0,9%, of K between 4,4%-5,8%, of Mg between 0,2%-0,4%, of Fe between 0,02%-0,2%, of Ca between 0,8%-1,2% and of Zn between 0,002%-0,02% for both crops. Absorption curves over time were developed, in order to evaluate the behavior of minerals with third degree polynomial tendency and the pattern of each curve for each treatment was analyzed, finding that even if the values of the nutrients are not statistically different, the nutritional absorption curves in lettuce plants grown under the organic program, specially for P, K and Mg, presented a more stable assimilation tendency than the ones grown under conventional methods, in which the nutritional content showed increasement and decreasement due to the punctual application of fertilizers of chemical origin. This stability in the nutrient assimilation observed in the food cultivated under organic practices suggests that this can be translated into a major nutritional value at the time of harvest and into a major nutritional potential for the final consumer.

1. AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecerles principalmente a la asesora, Laura Sierra, quien fue de vital importancia para el planteamiento, desarrollo y conclusión de este proyecto y a Sebastián Hernández quien puso a disponibilidad sus terrenos, tecnologías y conocimientos (finca Orgaenik) para la ejecución del cultivo. Igualmente a Guillermo, actual agricultor de la finca Orgaenik el cual colaboró con la implementación de ambos cultivos y facilitó un terreno en su casa para el desarrollo del cultivo convencional. También a la dirección de Investigación de la Universidad EAFIT por brindar el presupuesto necesario para realizar las mediciones con la metodología XRF. Al laboratorio Alpha 1 ubicado en la ciudad de Bogotá por realizar las mediciones de la mayoría de los nutrientes requeridos para esta investigación y finalmente a John Jairo, asistente de laboratorio de Ingeniería de Procesos.

2. INTRODUCCIÓN

El surgimiento durante las últimas décadas de diversos acontecimientos mundiales como la globalización, las cadenas de valor integradas, las rápidas innovaciones tecnológicas e institucionales, las restricciones ambientales y el aumento del precio de los bienes agrícolas, han tenido como consecuencia que la agricultura retorne a la agenda mundial, al tiempo que le ha proveído un renovado papel en el desarrollo de los países.

Este nuevo rol reconoce en la agricultura la capacidad de ejercer múltiples funciones para el desarrollo. Dichas funciones tienen que ver con el crecimiento económico, la sostenibilidad ambiental, la reducción de la pobreza y el hambre, y el logro de mayores niveles de equidad y de seguridad alimentaria. Igualmente, se destaca el hecho de que el sector no sólo contribuye a la producción de alimentos y materias primas sino que también lo hace a la nutrición y a la salud de las personas (Perfetti, Balcázar, Hernández, & Leibovich, 2013).

La agricultura provee las fuentes de energías necesarias para que los seres humanos puedan suplir sus demandas energéticas a partir de los contenidos nutricionales de los alimentos, por esta razón es tan importante la calidad de estos, la cual está condicionada por las prácticas empleadas para los cultivos. Es así como la salud y la agricultura se encuentran directamente relacionadas; la agricultura puede asociarse a problemas de salud como malnutrición, malaria, enfermedades transmitidas por alimentos, enfermedades crónicas, entre otras. A su vez la salud, muchas veces evidenciada en la situación sanitaria de la población influye en la demanda de los productos agrícolas, lo que a su vez reduce el rendimiento en el trabajo, reduce los ingresos y la productividad y perpetúa un espiral de deterioro (Hawkes & Ruel, 2006).

La búsqueda por rendimientos cada vez mayores, sin consideración por la naturaleza y sus procesos, ni por las personas que trabajan en los campos, ha hecho que esa antigua vinculación entre agricultura y salud se haya debilitado críticamente. La agricultura moderna, con el uso intensivo de moléculas de síntesis química, impacta de manera negativa el medio ambiente. Suelos, lagos y aguas subterráneas sufren los impactos de la contaminación. El contenido de químicos dañinos en los productos agrícolas, por la

aplicación desmedida de plaguicidas, es una amenaza en aumento para la salud de los consumidores y a su vez los trabajadores agrícolas, quienes se ven expuestos a poderosos venenos (Agricultures Network, 2007).

Abordando directamente estos problemas, la agricultura orgánica busca mantener un equilibrio entre la salud del suelo, de la planta, del animal, de la persona y del planeta, tomando en cuenta los efectos a mediano y largo plazo de las intervenciones agrícolas en el agro ecosistema. Particularmente, tiene la finalidad de producir alimentos nutritivos de alta calidad que promuevan un cuidado preventivo de la salud y el bienestar, eliminando en el proceso de cultivo el uso de fertilizantes, plaguicidas, productos químicos y aditivos que puedan ocasionar efectos negativos en quienes los consumen y el ecosistema (FAO, Necesidades y Recursos, 1992).

La agricultura orgánica se fundamenta en las prácticas de enriquecimiento de suelos, como la rotación de cultivos, los cultivos mixtos, las asociaciones simbióticas, los cultivos de cubierta, los fertilizantes orgánicos y biológicos, y la labranza mínima, que benefician a la fauna y la flora del suelo, mejoran la formación de este y su estructura, propiciando sistemas más estables. Con estas prácticas se incrementa la circulación de los nutrientes en el suelo, se mejora su estructura y filtración del agua, ayuda a mitigar el efecto invernadero y el calentamiento del planeta mediante su capacidad de retención de Carbono y evita la contaminación de las corrientes de agua subterráneas con fertilizantes y plaguicidas sintéticos; como consecuencia de eliminar el empleo de sustancias agroquímicas se reduce el uso de energía no renovable necesaria para la creación de estos productos (OA-FAO, 2016). El propósito de este trabajo es mostrar una alternativa agrícola acorde con el medio ambiente, cuantificando nutrientes (N, P, K, Ca, Fe, Mg, Zn) en los tejidos de lechuga cressa verde y de esta forma poder entregar un producto competitivo al consumidor, brindándole mayor información sobre su nivel nutricional y al mismo tiempo fomentando la activación de pequeños productores.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La producción a nivel mundial de hortalizas está en el rango de los 650 a los 760 millones de toneladas por año, los cuales ocupan entre 40 y 47 millones de hectáreas de tierra cultivada, reportadas durante el año 2000-2005. El consumo per cápita promedio mundial de hortalizas paso de 78.6 kilogramos a 117 kilogramos al año entre 1992 y 2005, según cifras de la FAO con un incremento de 3.7% el cual supera al aumento de consumo de frutas. En Colombia se produce alrededor de 1.5 millones de toneladas al año el cual representa solo el 0,2% de la producción mundial de hortalizas, y el consumo per cápita día corresponde a 190 gramos entre frutas y hortalizas, siendo un país con un bajo consumo de estas, según lo establecido por la Organización Mundial de la Salud, la cual estipula que se debe consumir al menos 400 gramos diarios de hortalizas y frutas para prevenir enfermedades crónicas , incluyendo cardiovasculares, el cáncer, la diabetes tipo 2 y la obesidad. Según la OMS el déficit de consumo de frutas y hortalizas ocasiona 2.7 millones de muertes al año. (Internacional, 2006)

Por esto en Colombia se ven problemas de desnutrición crónica debido a la prevalencia de anemia e insuficiencia de macro y micro nutrientes, especialmente los micro como

yodo, hierro, zinc, ácido fólico, vitamina A, vitamina C, calcio, entre otros, los cuales deben ser consumidos en cantidades apropiadas en la etapa crítica de crecimiento y desarrollo (hasta los 2 años de edad). Estos problemas traen consecuencias graves para la salud, crecimiento y desarrollo de los niños el cual resulta con trastornos graves e irreversibles, principalmente para el desarrollo cognitivo, motor y del sistema inmune, presentando una menor resistencia a las infecciones. (Neufeld, Rubio , Pinzon, & Tolentino, 2010)

Por otro lado también se encuentra los daños ocasionados por los fertilizantes químicos como lo son la contaminación de fuentes de agua. Estas se producen por las lluvias, que provocan que agentes contaminantes que se acumulan en la superficie del suelo se escurran hacia las aguas superficiales (ríos, arroyos, lagos) o se lixivien a las aguas subterráneas. Por lo anterior se dan efectos nocivos del fosforo (eutrofización) y nitratos (acumulación de nitrógeno) (Melgar, 2012).

Adicionalmente, las sustancias utilizadas en la agricultura convencional durante largos periodos de tiempo pueden tener efectos tóxicos adversos para la producción y para el consumidor final. En países como USA, UK, Canadá, Australia, India y en el continente de Europa es preocupante la cantidad de residuos tóxicos en la dieta diaria de una persona ya que se reporta alrededor de 102 mg/día/persona de residuos de pesticidas, siendo India la más perjudicada con 356 mg/día/persona. Algunos de los efectos que pueden causar la residualidad o acumulación de estas toxinas en las personas son: afectación del sistema nervioso central, sistema respiratorio y gastrointestinal en seres humanos. Algunos pesticidas pueden generar irritación en los pulmones cuando se inhala en grandes cantidades, además de haberse identificado como posibles causantes de patologías como la depresión, el insomnio, entre otros. Las aplicaciones excesivas de fertilizantes potásicos disminuyen el contenido de vitamina C y caroteno en los vegetales, y el exceso de fertilizantes nitrogenados incrementa la incidencia de plagas y enfermedades en cultivos de plantas. El 60 % de herbicidas, 90 % de fungicidas y 30 % de insecticidas son potencialmente causantes del cáncer (Kumari, Kumar, & Rao, 2014).

Otro de los principales problemas de la agricultura tradicional son los monocultivos y la producción de biocombustibles que avanzan a expensas de bosque y otros hábitats, convirtiendo áreas dedicadas a producir alimentos en desiertos de etanol y biodiesel para la producción masiva de energía. Además, los monocultivos al simplificar el hábitat han reducido las oportunidades ambientales de los enemigos naturales (polinizadores), interfiriendo en el proceso biológico y permitiendo así la invasión de plagas y enfermedades. Los monocultivos homogéneos carecen de mecanismos de compensación frente a eventos climáticos extremos (sequias, huracanes, etc), y la agricultura convencional contribuye hoy con más de 1/3 de las emisiones globales de gases de efecto invernadero en especial metano y óxidos nitrosos (Altieri, 2010).

Por todo lo anterior se hace necesario promover la agricultura orgánica ya que excluye el uso de fertilizantes sintéticos, pesticidas, reguladores de crecimiento entre otros. El sistema orgánico se basa en la rotación de cultivo, residuos de cosecha, abonos de animales, abonos verdes, residuos orgánicos, cultivación mecánica, rocas minerales, y productos de control biológico de plagas para mantener la productividad y labrado del

suelo, para suplir con los nutrientes que requiere la plantas y el control de insectos, malezas y otras plagas (Kumari, Kumar, & Rao, 2014).

4. JUSTIFICACIÓN

5.1. Impactos generales de proyectos

A nivel ambiental la agricultura orgánica ofrece el esquema o proceso de obtención de alimentos mediante granjas mixtas en donde interactúen la crianza de animales y la producción de cultivos, además de zonas de rotación amplias y diversas, intercultivos y coberturas verdes, que mantienen la fertilidad del suelo por medio del cultivo de leguminosas que fijan el nitrógeno (FAO, 2002). Por este motivo, para muchos cultivos es necesario establecer el programa de fertilización orgánica que sea más adecuado y promoverlo a través de la determinación de sus niveles óptimos de aplicación. En este estudio se realizará en particular para el cultivo de lechuga.

Y por último, además de la problemática que la agricultura convencional genera a nivel de la salud anteriormente mencionada, se quiere ayudar a mejorar el nivel de vida del pequeño agricultor motivándolo a cambiar el modelo de cultivo tradicional hacia uno orgánico, para llegar a ser competitivos a nivel nacional con miras a la inclusión de un mercado internacional y con este modelo poder generar al menos un 30% más de empleo en el país y lograr la soberanía alimentaria (Sicard, 2013).

Esta investigación quiere beneficiar la producción de hortalizas a nivel económico, ya que el consumo de alimentos orgánicos ha aumentado en grandes cantidades en los últimos 10 años. Activando al pequeño productor para trabajar con toda la cadena de valor, partiendo de la producción, organización de la oferta, certificación, hasta la distribución, promoción y venta de los alimentos, desarrollando un modelo de gestión productiva y comercial eficaz y eficiente y así poder llegar a precios justos, no solo para el productor sino también para el consumidor final, sin que esto repercuta en la rentabilidad (Maureira, 2013), además de fortalecer la calidad nutricional de los alimentos al ser estos cultivados bajo prácticas orgánicas.

5.2. Importancia del proyecto

Teniendo en cuenta la problemática enunciada con anterioridad se busca evaluar un programa de cultivo orgánico para la lechuga, con el fin de encontrar una alternativa más acorde con el medio ambiente. Dicha evaluación se realizará por medio de la determinación de los niveles de saturación de los nutrientes que registran las plantas en los distintos ciclos de cultivo, todo esto con el fin de reducir los costos de producción, determinar los contenidos nutricionales al momento de la cosecha y poder compararlos con los de un cultivo convencional, para llegar al mercado con más información útil para el cliente consciente y con productos más competitivos y atractivos, adicional a lograr activar a pequeños productores con precios justos.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

Evaluar la efectividad de un programa de fertilización orgánica en cultivos de Lechuga crespa verde (*Lactuca Sativa*) en la finca comercial Orgaenik.

5.2. Objetivos específicos

- 5.2.1.** Estandarizar métodos químicos y/o instrumentales de cuantificación de Nitrógeno en los laboratorios de EAFIT y establecer una metodología para análisis de micro (Zn, Fe, Ca, Mg) y macronutrientes (K, P) con la técnica instrumental WXRf.
- 5.2.2.** Medir la cantidad relativa de micro y macro nutrientes en tejidos de lechuga crespa verde bajo los programas de fertilización orgánica y convencional durante diferentes tiempos del cultivo.
- 5.2.3.** Comparar los niveles o cantidades relativas de micro y macro nutrientes en lechugas tratadas con dos programas de fertilización, uno orgánico y otro convencional, y entre los diferentes tiempos de cultivo de un mismo tratamiento.

6. HIPOTESIS

Los niveles de saturación de los micro y macro nutrientes en las muestras de lechuga orgánica se alcanzan antes de su tiempo de cosecha y las cantidades y proporciones de dichos nutrientes son equilibrados con respecto a los hallados en las muestras de lechuga provenientes de tratamientos convencionales (control positivo).

7. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

Con esta investigación se pretende analizar el programa de fertilización orgánica existente en la finca de producción comercial de hortalizas Orgaenik en Llanogrande, Antioquia, con el fin de conocer la efectividad de su programa de cultivo de lechuga orgánica. Asimismo, se pretende establecer un método válido y confiable para la medición de trazas de Nitrógeno en muestras vegetales en los laboratorios de la Universidad EAFIT y determinar el nivel de K, P, Mg, He, Ca, Zn por medio de la técnica instrumental WDXRF.

8. MARCO TEÓRICO

8.1. Agricultura como fuente de alimentos

La agricultura ha acompañado a la humanidad desde sus orígenes, durante su evolución y progreso, encargándose de suministrar alimentos a partir del suelo. Como consecuencia, la cuna de la civilización es la agricultura, que es tan importante hoy en día como cuando nació hace 10.000 años (Srivastava, Singh, Trupathi, & Raghubanashi, 2016). En ese entonces los primeros recolectores y cazadores se asentaron en grupos,

sembraron sus primeros cultivos silvestres y domesticaron animales salvajes; fue en ese momento donde la sociedad empezó a evolucionar rápidamente y la agricultura más allá de ser una herramienta para suplir una necesidad básica del ser humano, el alimento, se transformó en un sello de cada cultura asociado con sus valores. Entre los factores importantes que ha aportado la agricultura se encuentran sus contribuciones como forma de vida, patrimonio, identidad cultural, pacto ancestral con la naturaleza, el hábitat y el paisaje, la conservación del suelo, la ordenación de las cuencas hidrográficas, la retención de carbono y la conservación de la biodiversidad (Departamento de Servicios Internos, 2005).

Puede definirse la función principal de la agricultura como la de producir los alimentos necesarios para que los seres humanos puedan nutrirse adecuadamente y a partir de ellos, suplan las necesidades energéticas del día a día. Cuando se habla de nutrición y agricultura debe hablarse de seguridad alimentaria; de acuerdo a la FAO, la seguridad alimentaria existe cuando una población puede acceder en cualquier momento a alimentos seguros, saludables y nutritivos (Rezai, Shamsudin, & Mohamed, 2016), sin embargo, la realidad está muy lejos de esta definición sobre todo en los países en vía de desarrollo donde hay altos índices de desnutrición y donde gran parte de la población vive en zonas rurales y subsisten del sistema agrícola. Las estimaciones de la FAO indican que 868 millones de personas (el 12,5 % de la población mundial) están desnutridas en cuanto al consumo de energía alimentaria (FAO, 2013).

Entre las causas inmediatas de la malnutrición figuran la insuficiente disponibilidad de alimentos inocuos, variados y nutritivos, o el insuficiente acceso a ellos; la falta de acceso a agua salubre, saneamiento y atención sanitaria; y formas de alimentación infantil y dietas de los adultos inapropiadas (FAO, Sistemas alimentarios para una nutrición mejor, 2013). Para contrarrestar estas amenazas y mejorar la nutrición en la población mundial, se pueden utilizar como herramientas: la tecnología, la investigación agronómica aplicada y las estrategias de comercialización y comunicación de las diversas partes implicadas en los programas agrícolas debido a que el reto del sector agrícola está en implementar un modelo de desarrollo que garantice que la sociedad rural se vuelva más incluyente, reduciendo la pobreza y la desnutrición y mejorando la situación de inequidad que se vive en la actualidad (FAO, 2012).

Por otro lado, la producción agrícola no sólo es importante para asegurar suficientes alimentos disponibles para el consumo, sino que también constituye una importante fuente de medios de subsistencia para muchas personas en todo el mundo (FAO, Foro global sobre seguridad alimentaria y nutrición, 2012). Desde el punto de vista histórico, la agricultura ha jugado un papel fundamental en el proceso de desarrollo económico de las naciones. Tanto en los países desarrollados como en muchas de las economías emergentes se ha visto cómo la agricultura ha sido el motor del crecimiento de los demás sectores y, en general, de los países. En este sentido, el Banco Mundial destaca que la agricultura contribuye al desarrollo general de las naciones de tres formas: como actividad económica, como medio de subsistencia y como proveedor de servicios ambientales (Perfetti, Balcázar, Hernández, & Leibovich, 2013).

La agricultura comenzó como una actividad primaria que aseguraba el alimento en la mesa; en la actualidad se ha transformado en una importante actividad económica de la

cual dependen muchas personas en el mundo, tomando cada una de las partes de la cadena de suministros. Por lo tanto, no basta con asegurar alimentos disponibles sino además asegurar un buen nivel nutricional y mejores políticas agrícolas que garanticen equidad para quienes cultivan los alimentos.

8.1.1. La agricultura en Colombia

En Colombia el sector agropecuario ha sido tradicionalmente uno de los principales sectores productivos del país, al contar con ventajas comparativas relacionadas a su condición de país tropical, lo que le permite beneficiarse de una luminosidad permanente durante todo el año. Además, dispone de una gran variedad de pisos térmicos que van desde los nevados y los valles hasta las sabanas y los desiertos. Gracias a este potencial, y según un estudio de la FAO que evalúa el potencial de expansión del área agrícola en el mundo sin afectar el área de bosque natural, Colombia se ubica en el puesto 25 entre 223 países, lo que hace del país una de las naciones con mayor potencial de expansión de tierras para uso agrícola a nivel planetario (Perfetti, Balcázar, Hernández, & Leibovich, 2013).

A pesar de que el territorio colombiano cuenta con tantas ventajas, la productividad de sus cultivos es muy baja, situándose como decimonoveno en el escalafón de la productividad agrícola de América Latina y el Caribe, el cual comprende a 30 países de la región. Según las cifras oficiales del IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi) en el 2012, de los 22,1 millones de hectáreas con vocación para uso agrícola, Colombia sólo utiliza 5,3 millones, en otras palabras, únicamente se emplea el 24,1% del potencial. Adicionalmente, el potencial agropecuario del país se aproxima al 36,2% del territorio, comprendido por los sistemas tradicionales, en donde a la agricultura le corresponde el 19,3%, a la ganadería el 13,3% y a los integrados con el bosque, es decir, el agrosilvopastoril el 3,55%²¹ (Parra Peña, 2012).

8.2. Métodos de agricultura convencional

8.2.1. Agricultura convencional

La agricultura se ha ido ramificando en varias vertientes y en cada una de ellas cambia la concepción que se tiene sobre el suelo y los microorganismos que le dan vida, los métodos de fertilización, los ciclos de cultivo y de riego, las necesidades biológicas y físicas de la planta, entre otros.

La agricultura tradicional es erróneamente relacionada con la agricultura convencional. Esta se encuentra arraigada en la cultura en la que se desarrolla, su base, es el conocimiento que se va acumulando y pasando de generación en generación en los campesinos, quienes a través de la práctica durante años de experiencia manejan con habilidad su suelo y sus cultivos sin uso de fertilizantes ni pesticidas. Una de sus características principales es la poca tecnificación y uso de tecnología, por lo que su producción no es a escala y suele alcanzar para el consumo del agricultor y algunas personas aledañas. Al ser una técnica que se desarrolló estrechamente con las necesidades de una sociedad que dependía de la naturaleza, el manejo adecuado del medio ambiente se transformó en una forma de vida. Es también conocida como

agricultura de subsistencia y sus elementos centrales son la diversidad biológica, el control sobre el proceso de producción y la experimentación. Es implementada principalmente en países en vía de desarrollo en América Latina, Asia y África (Remmers, 1993).

La agroquímica o agricultura química estudia las causas y efectos de las reacciones bioquímicas que afectan el crecimiento vegetal y animal. Actualmente es llamada agricultura convencional, moderna o industrial. En esta rama se incluyen los fertilizantes, sustancias fitosanitarias como herbicidas, insecticidas o fungicidas y fitohormonas o reguladores de crecimiento. La agroquímica ha permitido grandes avances en la productividad de los cultivos, pero las sustancias que se introducen en el medio ambiente pueden resultar perjudiciales (EcuRed, 2015).

Después de la segunda guerra mundial, Estados Unidos y Europa promocionaron la industrialización del sector agrícola con el objetivo de crear un nuevo mercado internacional, garantizar provisión de alimentos a nivel mundial, dar salida a la industria de armamentos y reconvertirla en industria química y de maquinaria. Se rompía entonces con el anterior sistema de policultivos y la agricultura tradicional, desarrollando lo que hoy es llamado agricultura convencional (El Papel de la Agricultura, 2006).

La agricultura convencional es un sistema de producción agropecuaria basado en el alto consumo de insumos externos al sistema productivo natural, como energía fósil, abonos químicos sintéticos y pesticidas. La agricultura convencional no toma en cuenta el medio ambiente, sus ciclos naturales, ni el uso racional de los recursos naturales (EcuRed, 2015). Esta agricultura moderna provoca una contaminación del suelo y las aguas debido al uso de abonos químicos y pesticidas, al mismo tiempo crea un desequilibrio en los nutrientes disponibles que ofrece el suelo y elimina los microorganismos que le facilitan a la planta su alimentación. Por otro lado interfiere con la calidad de los alimentos mediante la presencia de tóxicos y la ausencia de ciertos nutrientes por causa de una fertilización deficiente (Grandal, 2011).

Debido a la demanda continua de alimentos que el mundo precisa como consecuencia del progresivo aumento de su población, los fertilizantes nitrogenados inorgánicos han mostrado ser una opción competitiva en cuanto a los rendimientos en productividad, incrementándose constantemente su demanda en el mercado; sin embargo, han mostrado deficiencias en cuanto calidad y contenido nutricional de los alimentos. (Navarro García & Navarro García, 2014).

8.2.2. Tipologías de fertilizantes convencionales

Un fertilizante es cualquier material natural o industrializado que en su composición tenga al menos el 5% de uno o más de los tres nutrientes primarios: nitrógeno, fósforo y potasio (N, P, K). Aquellos que son fabricados industrialmente son llamados fertilizantes minerales y pueden ser de diferentes tamaños y formas: gránulos, píldoras, perlas, cristales, polvo de grano grueso, compacto o fino y aunque son menos utilizados, están también los fertilizantes líquidos.

Los fertilizantes minerales se caracterizan por tener un bajo costo y al ser solubles en la solución del suelo, proporcionan una rápida disponibilidad de nutrientes para la planta. Esta pronta disponibilidad favorece el rápido desarrollo de biomasa; no obstante, a su vez

prolifera malas hierbas y genera pérdidas de alrededor del 70% por lixiviación y volatilización lo que minimiza la eficacia de la fertilización y obliga a aplicar cantidades cada vez mayores de fertilizante. Este tipo de fertilizantes debilitan la resistencia natural de las plantas a enfermedades y plagas dado que la planta crece con deficiencias nutricionales y al combatir las plagas con herbicidas y plaguicidas se provocan más ataques parasitarios que obligan a optar por aumentar la cantidad de sustancias químicas; como consecuencia se destruye la vida microbiana que le da la flora al suelo (Nolasco Bethencourt & Outeiriño Pérez, 2002).

Los fertilizantes aportan los macronutrientes que son aquellos que se necesitan en grandes cantidades en la planta, que a su vez se dividen en macronutrientes primarios: N, P y K y macronutrientes secundarios: Magnesio (Mg), Azufre (S) y Calcio (Ca). También aporta los micronutrientes que son los elementos requeridos en menores cantidades: hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), molibdeno (Mo), cloro (Cl) y boro(B). Los fertilizantes pueden ser simples o multinutrientes. Los fertilizantes simples son aquellos que contienen un único nutriente primario (N, P o K) por lo que pueden dividirse en fertilizantes nitrogenados, fosfatados y potásicos. Los dos últimos son aplicados con mayor frecuencia en forma de fertilizantes multinutrientes como NP (nitrofosfato, fosfato monoamónico y fosfato diamónico) PK y NPK. Los fertilizantes simples están compuestos por el macronutriente que tiene mayor composición y por algún o algunos macronutrientes secundarios y/o micronutrientes presentes en menor cantidad. los más utilizados son: urea con un contenido de N del 46%, sulfato amónico ($(NH_4)_2SO_4$) con el 21% de nitrógeno (N), nitrosulfato de amonio con el 26% de nitrógeno (N), nitrato amónico cálcico con 27% de nitrógeno (N), superfosfato simple con entre 16 y 20% de P_2O_5 , superfosfato simple con 46% de P_2O_5 , cloruro potásico con hasta 60% de K_2P y sulfato potásico con el 50% K_2P . En cuanto a los fertilizantes con contenido de micronutrientes secundarios están el yeso que contiene azufre (S), sulfato potásico de magnesio (6% de Mg y 16-22% de S) (FAO A. I., 2002).

Tabla 1. Tipos de fertilizantes multinutrientes.

Tipo de Fertilizante	%N	%P	%K
NPK	5-26	5-35	5-26
Fosfato diamónico (DAP)	16-18	42-48	-
Fosfato moniamónico (MAP)	11	52	-
Nitrofosfatos-NP	20-26	6-34	-

Los fertilizantes multinutrientes que se muestran en la Tabla 1 son lo más conocidos y utilizados por los agricultores, además de contener los macronutrientes primarios, tienen pequeñas proporciones de los micronutrientes. En general hay tres tipos de estos fertilizantes: complejos donde cada gránulo contiene la fórmula declarada de nutrientes compuestos, donde los gránulos contienen los nutrientes en diferentes proporciones y mixtos que son mezclas de fertilizantes simples (FAO A. I., 2002).

Por último, están los fertilizantes de liberación lenta y los inhibidores de nitrificación y de ureasa, quienes contienen el nutriente, normalmente N, en una forma que después de la aplicación demora en estar disponible para la absorción de la planta. Los inhibidores son

compuestos que cuando son agregados a los fertilizantes nitrogenados, retrasan la transformación de los iones amoníaco, de este modo se previene la lixiviación del nitrato no absorbido inmediatamente por el cultivo (Infojardín, 2016).

En esta investigación se utiliza fertilizante Planto San ® compuesto N, P, K (20-10-15-5 + microelementos) de liberación lenta para aplicar al suelo. Estimula producción de hojas, flores y frutos. Por su recubrimiento con hollín vegetal evita pérdidas por evaporación y lavado. Especialmente indicado para áreas verdes y cultivo ornamental. Mejora la actividad biológica del suelo.

El fertilizante foliar líquido es un bioregulador de extracto vegetal y marino que contiene moléculas, hormonas y nutrientes esenciales. Aumenta tamaño de hojas, flores y frutos. Aumenta y fija color en flores y hojas. Evita caída temprana de flores y frutos.

El programa de fertilización convencional se hace de acuerdo al tratamiento utilizado por una finca aledaña a Orgaenik donde todos sus cultivos son manipulados bajo este tipo de fertilización. Se optó por utilizar este método dado que se lleva a cabo bajo las mismas condiciones climatológicas, de altura, fauna y flora determinadas por el lugar de cultivo (Oriente Antioqueño).

Tabla 2. Ficha técnica fertilizante edáfico convencional Plantosan®.

Elemento	Contenido (%)
Nitrógeno Total	19,46
Nitrógeno amoniacal	2,1
Nitrógeno nítrico	1,03
Nitrógeno uréico	16,33
Fósforo asimilable	10,88
Potasio soluble en agua	14,32
Magnesio	4,72
Azufre soluble en HCl	1,01
Boro soluble en HCl	0,17
Cobre soluble en HCl	0,08
Hierro soluble en HCl	0,57
Manganeso soluble en HCl	0,12
Molibdeno soluble en HCl	0,08
Zinc soluble en HCl	0,03

8.3. Métodos de agricultura sostenible

8.3.1. Evolución de la Agricultura Sostenible o Ecológica

El concepto de agricultura sostenible o ecológica como es llamada en varios países, fue un concepto que se fue nutriendo de las tradiciones antiguas de diferentes agricultores, haciendo uso de sus conocimientos acerca del funcionamiento de la naturaleza las cuales fueron obtenidas por la transmisión generacional. Además de contar con el conocimiento sobre las interacciones biológicas y ecológicas, ciclos de nutrientes, y sistemas de manejo sustentados en la maximización de los residuos internos. Por esto vemos que la

agricultura sostenible ha tenido diferentes influencias para lograr su evolución (Ecológica, 2006).

Esta corriente comenzó con las teorías del británico Sir Albert Howard en 1940, llamada "Agricultura orgánica-biológica", la cual muestra la gran preocupación por la degradación del suelo ante la intensificación agraria con la que inicio la revolución industrial. En su libro muestra la investigación de cuarenta años en donde habla acerca del compostaje de residuos orgánicos y su utilidad para restaurar y mantener la fertilidad de los suelos, ya que se consideran la base de la salud de las plantas, de los animales y del ser humano. Esta idea se convertiría en uno de los pilares centrales de la agricultura ecológica (Ecológica, 2006).

Este concepto también fue influenciado por la "Agricultura biodinámica" la cual está basada en las enseñanzas de Rudolf Steiner a finales del siglo XIX y principios XX donde se desea rescatar al ser humano de las consecuencias del materialismo y el pesimismo que se vivía en la sociedad industrial de la época. Fundamentado en la teoría de que nada se debe oponer a la acción del cosmos (todo), con el fin de evitar la degeneración de los alimentos, permitiendo al organismo vivo tener la capacidad de autorregularse, crecer, desarrollarse y reproducirse (Ecológica, 2006).

Otro pensamiento que ayudo fue el de la "Agricultura natural" el cual fue difundido por el japonés Masanobu Fukuoka, su teoría se fundamenta en cinco principios básicos: no labrar, no emplear fertilizantes, ni plaguicidas, no desyerbar, y no podar, es decir el método de "no hacer nada". Este técnica consiste en conocer las épocas del año en que los cultivos son más aptos para la siembra, utilizando abonos básicos como paja del cultivo anterior, cubierta de trébol blanco y estiércol de aves como fertilizante, donde las semillas están contenidas en comprimidos de barro en un terreno sin arar, y para el control de malezas se esparce la paja del cultivo anterior formando un acolchado, el cual se inunda durante las épocas de lluvia para debilitar el trébol y las malas hierbas, y dejar que la semilla brote a través de la capa vegetal que cubre el suelo (Ecológica, 2006).

Y por último está el concepto de "Agricultura permanente" o permacultura planteada por el australiano Bill Mollinson en 1975, la cual es similar a la natural, pero quiere diseñar sistemas de producción agrícola en los cuales estén integrados tanto en la ciudad como en zonas marginales (montañas), donde se instalan grupos para vivir en comunidad. Se trata de grupos culturalmente urbanos que pretenden dedicarse a la agricultura solo una parte del tiempo y lograr ser autosuficientes. Esta corriente propone que los terrenos sean llanuras de cultivo cerca de ríos, en donde se den sistemas integrados de alta biodiversidad, donde se encuentren especies de animales y vegetales en constante relación y sean capaz de auto subsistir, siendo mínima la intervención del hombre (Ecológica, 2006).

8.3.2. Definición de agricultura sostenible

La agricultura sostenible hace referencia a la creación de un nuevo modelo agrícola, más complejo y exigente en conocimientos, este tipo de agricultura no requiere tanta cantidad de gasto de energía física y química, garantiza la conservación del suelo, del aire puro, del bosque, de los animales, del desarrollo y de la salud del hombre.

Cuando se desea intervenir un terreno nuevo hay que tener en cuenta diversos factores que puede afectar la productividad del cultivo, por esto hay que fijarse cierto tipo de metas, objetivos y metodologías teniendo en cuenta las proyecciones que se deben hacer a largo plazo para buscar una rentabilidad fija, ya que la agricultura convencional se rige por el rendimiento de un producto por unidad de terreno, en cambio la agricultura sostenible busca tener en cuenta otros factores como la degradación o mejoramiento del suelo, disminución de volumen de agua requerido, aumento o reducción del bosque, inversión, costo de producción, precio de venta entre otros (Condiza, 1998)

Debido al crecimiento poblacional que incrementa exponencialmente aumentará la demanda de carne, derivados de la leche, vegetales y frutas, por lo que para el año 2050 se deberá duplicar la producción de comida, pero el problema es que hoy en día ya se ocupa la mitad de la tierra habitable en la agricultura, por esto se desea fomentar la agricultura sostenible la cual plantea una solución en aspectos económicos, medio ambientales y sociales. Plantea proteger y mejorar el medio ambiente ya que es fundamental, y problemas como el calentamiento global, energético, escases de agua, biodiversidad y degradación del suelo necesitan ser abordados. Las dimensiones sociales cubren los derechos laborales, y la salud de la comunidad. La calidad de los alimentos, seguridad y bienestar de los animales también son aspectos sociales importantes. Y por el lado económico, la agricultura sostenible es productiva, eficiente y competitiva. Los beneficios deben ser vistos en rentabilidad de la granja, en prosperar en las economías locales, y a través de toda la cadena de valor. Por esto la industria alimenticia necesita un programa a largo plazo, mejorando la calidad de los proveedores de materias primas para abastecer la creciente demanda, pero factores ambientales están generando que la producción y los precios se vuelvan más volátiles. Los programas y prácticas de agricultura sostenible ayudan a que los negocios de comida tengan un proveedor confiable que generen nuevas oportunidades y a conocer nuevas demandas del mercado. Hoy en día la gente se ha vuelto más consiente en obtener productos sostenibles en el mercado, ya que les preocupa saber de dónde viene la comida por la que pagan, si es producida de una forma responsable, del cultivo a la mesa (Halliday, 2009).

8.3.3. Agricultura orgánica

La agricultura orgánica consiste tomar en cuenta las posibles repercusiones ambientales y sociales, eliminando la utilización de insumos, como fertilizantes y plaguicidas sintéticos, medicamentos veterinarios, semillas y especies genéticamente modificadas, preservativos, aditivos e irradiación. En vez de todo esto se lleva a cabo prácticas de gestión específicas para el sitio específico de cultivo, que mantienen e incrementan la fertilidad del suelo a largo plazo y evitan la propagación de plagas y enfermedades (OA, 2016). Aunque para realizar la implementación de un sistema orgánico se debe tener en cuenta muchos retos que esta conlleva, como incentivar a los agricultores a cambiar los métodos de cultivo ya que requiere de varias capacitaciones para el manejo de compostaje, insumos, manejo de plagas y enfermedades y conservación de suelos, además mostrarle los rendimientos y beneficios económicos que tiene ya que él no esta tan interesado en generar beneficios ambientales, fertilidad del suelo y salud. Los beneficios se ven a largo plazo ya que al cambiar de un sistema convencional con el uso

frecuente de fertilizantes y plaguicidas inicialmente los rendimientos podrían ser inferiores, al menos durante los primeros dos a tres años del proceso de conversión, para lo cual se requiere de una inversión inicial alta para generar fertilidad en el suelo y aumentar hasta casi igualar el rendimiento de la agricultura convencional (Elzakker & Eyhorn, 2010).

Colombia cuenta con 37 mil hectáreas de productos sembrados ecológicamente (orgánico). Se ha ido incursionando en este sistema a partir de 1998 y ha tenido un crecimiento anual del 20%. Colombia certifica los alimentos como ecológicos a los más competitivos en el mercado internacional como lo son: café, banano, panela, aceite de palma, azúcar, bananito entre otros. En el caso de frutas y hortalizas, se generó una “Asociación de productores de hortalizas y frutas colombianas” para aumentar la comercialización y la productividad en el país, implementando las técnicas de: fertirrigación orgánica, monitoreo del estado de los nutrientes del suelo, el agua y las plantas, utilización de plántulas, alelopatía y productos botánicos, control biológico, lombricultura, compostaje, uniformidad del producto y valor agregado en la presentación física final (Agricultura ecológica en Colombia, 2016).

8.3.4. Certificación de productos orgánicos

Las fincas que deseen ser certificadas orgánicamente deben comenzar por un periodo de transición si es que antes cultivaba de manera convencional, esta transición puede durar de 2 a 3 años, entre los requisitos se encuentra la selección de semillas y materiales vegetales, método del mejoramiento de plantas, mantenimiento y fertilidad del suelo, reciclaje de materias orgánicas, métodos de labranza, conservación de fuentes de agua, control de plagas, enfermedades y malezas. Con respecto a la crianza de animales, normalmente hay requisitos sobre la sanidad, alimentación, reproducción, condiciones de vida, transporte y procedimientos para sacrificarlos (FAO, RUTA, 2003).

No existen muchas normas universales que digan cómo debe ser la producción y manipulación de alimentos orgánicos. Al comienzo las normas orgánicas fueron establecidas por asociaciones privadas, que habilitaban a miembros a utilizar sus marcas y sus etiquetas al comercializar productos. La federación internacional de los movimientos de agricultura biológica (IOFAM), es una organización no gubernamental que promueve la agricultura orgánica a nivel internacional, ha establecido directrices que han sido ampliamente adoptadas para la producción y elaboración orgánica (FAO, Los Mercados Mundiales de Frutas y Verduras Orgánicas, 2004). Las normas orgánicas y sistemas de certificación muy elaborados, es uno de los sectores que más crece en el mercado de alimentos. Hay más de 100 países exportando productos orgánicos certificados, y el comercio ha aumentado en un 15-20% anual, lo cual se han creado alrededor de 500 organismos de certificación públicos y privados en 70 países diferentes, por esto en el mundo hay más de 100 normas diferentes para certificar los productos orgánicos y por esto se creó el movimiento orgánico internacional el cual ha elaborado referencias internacionales como los estándares básicos de IFOAM para la producción y el procesamiento de orgánicos, así como los principios de la agricultura orgánica, las cuales son una base para el desarrollo de normas nacionales e internacionales (IFOAM, 2012).

A medida que la agricultura orgánica se ha ido generalizando, cada país ha desarrollado sus propias normas orgánicas, desde principios de los noventa los países del comité

Europeo ratificaron una normativa orgánica común expresada en el reglamento 2092/91. Luego, Canadá, Estados Unidos y Japón aprobaron sus propias normas y reglamentos orgánicos. El comité para el etiquetado de alimentos de la Comisión del Codex Alimentarius de la FAO/OMS aprobó en 1999 las directrices para la producción, elaboración, etiquetado y comercialización de alimentos producidos orgánicamente. Todas estas normas son derivadas de las directrices de la IFOAM, en general es obligatorio el uso de métodos que ayuden al mantenimiento o mejoramiento de la fertilidad del suelo. Otra característica en común es que se prohíben los insumos naturales y se prohíben los sintéticos, pero por ejemplo en el reglamento 2092/91 CE permite el uso de determinados fertilizantes y sistemas de conservantes para las plantas. Todos los programas de certificación contienen listas de determinados insumos sintéticos aprobados y de insumos naturales prohibidos (FAO, Los Mercados Mundiales de Frutas y Verduras Orgánicas, 2004).

Cuando se desea exportar cierto tipo de alimentos hay que tener en cuenta las normas que tienen los países interesados en importar, los más grandes mercados se ven en Estados Unidos los cuales exigen una certificación a partir del 2002 por el Programa Nacional Orgánico (NOP) y con el sello orgánico USDA se le permite al productor comercializar sus productos como orgánicos. Además, está la comunidad europea fundamentada por el reglamento 2092/91, que especifica la producción, elaboración, importación, inspección y certificación, comercialización y etiquetado de productos, con los cuales los países que no pertenecen a la CE pueden importar y comercializar en Europa con una etiqueta orgánica si se acepta que los productos han sido producidos y certificados conforme a procedimientos equivalentes al sello europeo. Y por último está Japón que se rige por la ley de Normas Agrícolas Japonesas (JAS) para el etiquetado de los productos, con esta ley todos los productos etiquetados como orgánicos deben ser certificados por la organización de certificación registrada (OCR) y debe mostrar el logotipo de JAS (FAO, Los Mercados Mundiales de Frutas y Verduras Orgánicas, 2004). Como estas hay muchas alrededor del mundo ya que cada país tiene sus propias normas para aceptar productos como orgánicos. En Colombia se encuentran las normas CERES, esta se encuentra regida por los sellos anteriormente mencionados y por la Resolución 0187/06 del ministerio de agricultura y desarrollo rural, que además rige a certificadoras tales como SGS la cual certifica a productores, comerciantes agricultores y revisa cualquier operación de la cadena de producción ecológica haciendo una inspección y certificación cada año, y también a la certificadora Biotrópico la cual es un estándar que se aplica en todos los países miembros de la CAN (Comunidad Andina de Naciones). Como estas hay muchas otras organizaciones que ayudan a certificar productos orgánicos en Colombia las cuales le permiten a los pequeños y grandes productores apuntar a la inclusión de un mercado internacional, en donde las asociaciones de agricultores con la certificación, buscan obtener un comercio justo que les establezca unos precios fijos y estables.

8.4. Proceso de agricultura sostenible en Orgaenik

8.4.1. Origen de los fertilizantes

El programa de fertilización orgánico que se empleará para esta investigación es el que actualmente utilizan en la finca Orgaenik. El cual está compuesto por los siguientes componentes:

Abonos fermentados: se realizan por procesos de semi-descomposición aeróbica (presencia de oxígeno) de residuos orgánicos por medio de poblaciones de microorganismos, quimioorganotróficos, que existen en los residuos, con condiciones reguladas, y que producen un material parcialmente estable de lenta descomposición en condiciones favorables y que son capaces de fertilizar a las plantas y al mismo tiempo nutrir la tierra. Algunas de las ventajas que presenta el proceso de elaboración del abono orgánico fermentado tipo Bocashi son: no se forman gases tóxicos y malos olores al realizar el proceso de fermentación, se puede realizar en la mayoría de ambientes y climas donde se realicen actividades agropecuarias, autorregulan los agentes patógenos en la tierra por medio de la inoculación biológica natural, principalmente de bacterias, actinomicetos, hongos y levaduras, entre otros. Por medio de la inoculación y reproducción de microorganismos nativos presentes en los suelos locales y levaduras, los materiales se transforman gradualmente en nutrientes de excelente calidad disponibles para la tierra, las plantas y la propia retroalimentación de la actividad biológica (Rivera, 2007).

Biofertilizantes: Son abonos líquidos preparados a base de excremento de vaca, disuelta en agua y disuelta en leche, melaza y cenizas, que se colocan a fermentar por días en toneles y tanques de plástico, bajo el sistema anaeróbico (sin oxígeno), y enriquecido con harina de rocas molidas o algunas sales minerales; como lo son los sulfatos de magnesio, zinc, cobre, etc. Estos son utilizados para nutrir, recuperar, y reactivar la vida del suelo, fortalecer la fertilidad de las plantas y la salud de los animales, al mismo tiempo sirve para estimular la protección de los cultivos contra ataque de insectos y enfermedades.

Funcionan principalmente al interior de las plantas, activando el fortalecimiento del equilibrio nutricional como un mecanismo de defensa de las mismas, a través de los ácidos orgánicos, las hormonas de crecimiento, antibióticos, vitaminas, minerales, enzimas y co-enzimas, carbohidratos, aminoácidos y azúcares complejas, entre otros, presentes en la complejidad de las relaciones biológicas, químicas, físicas y energéticas que se establecen entre las plantas y la vida del suelo. Los biofertilizantes enriquecidos con cenizas o sales minerales, o con harina de rocas molidas, después de su periodo de fermentación (30 a 90 días), estarán listos y equilibrados en una solución tampón y coloidal, donde sus efectos pueden ser superiores de 10 a 100.000 veces las cantidades de los micronutrientes técnicamente recomendados por la agroindustria para ser aplicados foliarmente al suelo y a los cultivos (Rivera, 2007).

Caldos minerales

A base de cobre: entre estos está el caldo bordelés, el cual consiste en una preparación a base de sulfato de cobre y óxido de calcio o cal viva o hidróxido de calcio o cal apagada. Se trata de un excelente producto como “fungicida y acaricida”, pero que también puede actuar como repelente contra algunos coleópteros de la papa, insectos del tabaco y algunos cicadélidos de varios cultivos (Rivera, 2007).

A base de azufre: el azufre es muy utilizado en los cultivos para tratar enfermedades tales como el mildew y el oidio, conocidos como cenicillas, además de controlar varios insectos, ácaros, trips, cochinilla, brocas, sarnas, royas, algunos gusanos masticadores, huevos y algunas especies de pulgones.

El azufre se usa de diferentes formas, en polvo y en varios compuestos a base de calcio. A pesar de que el azufre no es soluble en agua al hacer una mezcla de 2:1 de azufre con cal, disuelta en agua y aplicándole calor se genera el poli sulfuro de calcio el cual permite que el azufre se solubilice en el agua, el producto final es un líquido de color amarillo naranjado que funciona como fungicida (Rivera, 2007).

Visosa: El caldo de visosa es una suspensión coloidal, compuesta de complejos minerales con cal hidratada (hidróxido de calcio), desarrollado para el control de la roya del café. Además de controlar esta plaga, suple al café de micronutrientes, con repercusiones altamente positivas en la producción. Un grupo de profesores del departamento de fitopatología, del centro de ciencias agrarias de la Universidad Federal de Visosa en Brasil, comprobaron los beneficios de esta para controlar la roya y la cercospora del café. Además, mejoró las deficiencias de minerales, lo que retardo la caída de las hojas y mantuvo las plantas más vigorosas para la producción del año siguiente. Los investigadores concluyeron que este producto es un fungicida eficiente, el cual aumenta la productividad del cultivo y es un producto más económico para los agricultores.

Este producto está constituido de urea la cual es un componente que no es permitido, bajo ninguna circunstancia en las practicas básicas de la agricultura orgánica, por esto muchos agricultores lo sustituyeron por cinco minerales (cobre, zinc, magnesio, bórax, y cal) eliminando totalmente la urea de la receta original, obtenido muy buenos resultados para el control de enfermedades del café, plátano, hortalizas, plantas ornamentales, frutales y la parra, entre otros cultivos (Rivera, 2007).

A base de zinc: el sulfato de zinc es una mezcla con azufre, muy útil para corregir las deficiencias de muchos cultivos con carencia de este nutriente, en especial en la citricultura. El zinc ayuda a la producción de la hormona de crecimiento y el alargamiento de entrenudos y cuando hay deficiencia de este nutriente el rendimiento del cultivo puede bajar en un 20% (Rivera, 2007).

8.4.2. Fichas técnicas de fertilizantes.

Este cuenta con diferentes ingredientes que le aportan varios nutrientes y propiedades a la planta como se encuentran descritos en la Tabla 3:

Tabla 3. Componentes, ingredientes y aportes nutricionales de los Biofertilizantes empleados en el cultivo Orgaenik

Nombre del componente	Ingredientes	Aportes nutricionales
Apiche	Ajo, pimienta, ají, alcohol y MM	Fungicida e insecticida (ácaros, araña roja, mosca blanca, gusanos).
Bioestimulante	Ortiga, melaza y MM	Estimula el desarrollo de la planta
Caldo Sulfocálcico	Cal viva y Azufre	Fungicida e insecticida

Engruese	Fósforo, Potasio, Boro, Magnesio y Calcio	Ayuda al buen desarrollo de tallos (engruesa y da volumen a cultivos de hoja)
M5	Ajo, pimienta, ají, alcohol, cebolla, plantas aromáticas, jengibre, sábila, melaza, vinagre, MM.	Utilizado como fungicida, nematocida, y fortalecimiento de las plantas.
MM	Hojarasca (bosque), salvado de arroz y Melaza	Aumenta la vida microbiológica del suelo
Multimineral	Roca fosfórica, Magnesio, Manganeso, Potasio, Boro y Calcio	Aporta principalmente los elementos primarios
Tropical	Magnesio, manganeso, Zinc, Boro, Calcio	Aporta principalmente los elementos secundarios.
Viagra	Flor de azufre, Cal viva, ceniza, harina de roca y sal mineral	Roya (café).

De estos se analizarán los fertilizantes Bocashi, Multimineral, Tropical y Engruese, los otros compuestos serán agregados para repeler y prever ataques de plagas y enfermedades por lo que su aplicación se alterna semanalmente: Apiche, M5, y Bioestimulante una semana y la semana siguiente sulfocálcico, protecto zinc y viagra; las hierbas amargas se aplican una vez al mes.

8.4.3. Fichas técnicas de fertilizantes a analizar

Tabla 4. Propiedades del fertilizante orgánico Multimineral.

Parámetro	Resultado	Unidad
Calcio total (CaO)	31,45	g/L
Magnesio total (MgO)	5,84	g/L
Potasio total (K ₂ O)	3,62	g/L
Sodio total (Na)	1,7	g/L
Zinc total (Zn)	N.D	g/L
Cobre (Cu)	<0,01	g/L
Hierro (Fe)	0,427	g/L
Manganeso (Mn)	0,0775	g/L
Azufre (S)	0,38	g/L
Carbono orgánico	9,3	g/L
Conductividad eléctrica	0,33	dS/m
Densidad (20°C)	1,05	g/ml
Fosforo total (P ₂ O ₅)	3,5	g/L
Solidos suspendidos totales (SST)	63800	g/L
Nitrógeno orgánico total (N)	1,7	g/L
pH (10%)	3,75	-
Relación C/N	5,5	-

Tabla 5. Propiedades del fertilizante orgánico Engruese.

Parámetro	Resultado	Unidad
Calcio total (CaO)	1,738	g/L
Magnesio total (MgO)	5,22	g/L
Potasio total (K ₂ O)	1,65	g/L
Sodio total (Na)	1,452	g/L
Zinc total (Zn)	0,841	g/L
Cobre (Cu)	<0,01	g/L
Hierro (Fe)	0,299	g/L
Manganeso (Mn)	2,258	g/L
Cadmio total (Cd)	N.D	ppm
Cromo total (Cr)	<0,02	ppm
Niquel total (Ni)	<0,003	ppm
Plomo total (Pb)	N.D	ppm
Mercurio (Hg)	0,0768	ppm
Arsénico (As)	N.D	ppm
Azufre (S)	0,39	g/L
Carbono orgánico	7,93	g/L
Conductividad eléctrica	0,3	dS/m
Densidad (20°C)	1,03	g/ml
Fosforo total (P ₂ O ₅)	0,64	g/L
Solidos suspendidos totales (SST)	10	g/L
Nitrógeno orgánico total (N)	2,472	g/L
pH (10%)	5,32	-
Relación C/N	3,2	-

Tabla 6. Propiedades del fertilizante orgánico Tropical.

Parámetro	Resultado	Unidad
Calcio total (CaO)	1,551	g/L
Magnesio total (MgO)	3,2	g/L
Potasio total (K ₂ O)	7,23	g/L
Sodio total (Na)	1,672	g/L
Zinc total (Zn)	0,137	g/L
Cobre (Cu)	<0,01	g/L
Hierro (Fe)	0,314	g/L
Manganeso (Mn)	0,279	g/L
Azufre (S)	0,33	g/L
Carbono orgánico	16,6	g/L
Conductividad eléctrica	0,31	dS/m
Densidad (20°C)	1,03	g/ml
Fosforo total (P ₂ O ₅)	4,63	g/L
Solidos suspendidos totales (SST)	11,9	g/L
Nitrógeno orgánico total (N)	1,75	g/L
pH (10%)	4,03	-

Relación C/N	9,3	-
--------------	-----	---

8.5. Los minerales en plantas y en seres humanos

8.5.1. Los minerales en el crecimiento de las plantas

Las plantas necesitan los 16 nutrientes esenciales para un óptimo crecimiento y los toman del aire, el suelo y el agua. Del aire toman el carbono en forma de dióxido de carbono, del agua, el hidrógeno y el oxígeno en forma de agua y del suelo absorben a través de pequeños pelos que tienen en las raíces los siguientes minerales: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, hierro, manganeso, zinc, cobre, boro, molibdeno y cloro (FAO A. I., 2002).

El suelo es la capa superficial de la tierra, que ha sido transformada muy despacio por la descomposición a través de la acción meteorológica, la acción de la vegetación y el ser humano. Se encarga de dar soporte a las plantas en forma de una capa permeable para las raíces y es una especie de depósito para nutrientes y agua. En otras cosas, almacena nutrientes que son retenidos por las arcillas y la materia orgánica en forma disponible para las plantas, a esto se le llama complejo de adsorción y su capacidad para almacenar nutrientes determina que tan fértil es el suelo. La solución del suelo es donde se hallan aquellos nutrientes que fueron liberados del complejo de adsorción y se encuentran en forma disuelta en el agua disponibles para ser absorbidos por las plantas. (FAO A. I., 2002).

Los nutrientes disponibles en el suelo se dividen en macronutrientes y micronutrientes. Los macronutrientes son el Nitrógeno, Fósforo y Potasio que se necesitan en grandes cantidades en las plantas y son su motor de crecimiento. El N es el constituyente esencial de proteínas, ácidos nucleicos, clorofilas y coenzimas, asimismo está involucrado en los procesos principales de desarrollo y crecimiento de las plantas; el P es un componente de los ácidos nucleicos, fosfolípidos, ATP, estimula el crecimiento en la raíz, promueve el vigor en la planta, acelera la maduración e influye en la floración y por último, el K activa más de 60 enzimas, participa en la síntesis de carbohidratos y proteínas y mejora el régimen hídrico de la planta, mejorando su tolerancia a condiciones extremas y brinda una mayor calidad del fruto. Los micronutrientes son requeridos en pequeñas cantidades para el crecimiento de las plantas. El Mg es el constituyente central de la clorofila, tiene un papel importante en las reacciones enzimáticas que participan en la fotosíntesis, respiración y síntesis de ADN y ARN; el Ca es el componente cementante de las paredes celulares, ayuda en el crecimiento de los vellos radiculares, mejora el vigor de la planta y da consistencia al tallo; el Zn es un elemento necesario para la producción de clorofila y fotosíntesis; el Cu es clave en reacciones de reducción y oxidación y el Fe está asociado con los procesos de respiración y fotosíntesis al igual que con reacciones de óxido-reducción (Sierra, Simonne, & Treadwell, 2010).

8.5.2. Importancia de los minerales en la nutrición humana

La alimentación es la ciencia que se ocupa de como suministrar al individuo los requerimientos nutricionales. Consiste en la búsqueda y selección de una serie de productos naturales o transformados que aportan los elementos necesarios para el

funcionamiento normal del organismo. Una adecuada alimentación conduce a un satisfactorio nivel nutricional y a una mayor calidad de vida; es así como los alimentos proporcionan energía y sustancias necesarias para las funciones vitales como el metabolismo, crecimiento, entre otros. Los hábitos inadecuados de alimentación se relacionan con numerosas enfermedades de elevada incidencia y mortalidad; las enfermedades por defectos en la alimentación son debidas a ingestas insuficientes de energía y/o de alguno o algunos de los nutrientes esenciales, siendo las mayores causas de mortalidad la desnutrición, anemia, bocio endémico y avitaminosis (Mahan, 2001).

Las sustancias contenidas en los alimentos son los nutrientes que el organismo puede utilizar en su metabolismo para regular funciones energéticas, estructurales, plásticas y reguladoras. Existen alrededor de 50 nutrientes esenciales en los seres humanos que se distribuyen en ácidos grasos, aminoácidos, vitamina y minerales. Los minerales están formados por un gran número de aniones y cationes presentes en los organismos y participan en un elevado número de funciones biológicas de gran importancia. Son elementos exógenos al organismo, el cuerpo no es capaz de biosintetizarlos y por lo tanto deben ser obtenidos a partir de los alimentos. Los minerales se pueden clasificar de acuerdo a su función en: elementos plásticos como el calcio, fósforo, magnesio y azufre; electrolitos como el sodio, potasio y cloruro y en oligoelementos como el hierro, cobre, yodo, zinc, manganeso, flúor, selenio, cromo, cobalto, molibdeno y estaño. Estos elementos cumplen funciones importantes en el organismo tales como formar la estructura del organismo (Ca, S, P); son reguladores de procesos como la coagulación de la sangre, contracción muscular (Ca, Mg, P); participan en la formación de potenciales eléctricos en las células de los tejidos, son elementos osmóticamente activos que regulan el contenido de agua en los tejidos, tanto dentro como fuera de las células (Pérez Llamas & Zamora Navarro, 2002).

El P es el segundo mineral más abundante en el organismo, del total del fósforo el 85% forma parte estructural de los huesos y el resto está disuelto en la sangre y otros líquidos tisulares, también es necesarios para multitud de reacciones en las que se requiere energía y forma parte de las moléculas que se encuentran en las membranas de las células, así como del ADN. Se recomienda un consumo de 800 mg de P al día, este elemento se encuentra especialmente en carnes, pescados, leche, legumbres etc y es absorbido en un 70% por el intestino. En caso de deficiencias en este mineral no se producirá correctamente la contracción de los músculos y los nervios y el cerebro no funcionarán adecuadamente (Pérez Llamas & Zamora Navarro, 2002).

El K se encuentra mayoritariamente dentro de las células, constituyendo el principal catión intracelular, donde cumple la función de regulación del contenido de agua y participa en la transmisión de los impulsos nerviosos. No tiene muchos problemas para su aporte y absorción porque se encuentra fácilmente en frutas y verduras; sin embargo, en el caso de que existan deficiencias (hipopotasemia) son evidenciadas con trastornos nerviosos, musculares, depresión y fatiga (Pérez Llamas & Zamora Navarro, 2002).

El Mg se encuentra un 60% en los huesos y el resto está en el interior de las células de otros tejidos donde participa en la utilización de la energía metabólica como contracción e músculos, secreciones de glándulas y transmisión de impulsos nerviosos. La falta de Mg (hipomagnesemia) ocasiona alteraciones en la contracción muscular, decaimiento, fatiga y

trastornos digestivos. Un aporte diario de 200-500 mg es suficiente para cubrir los requerimientos diarios y puede encontrarse principalmente en vegetales, frutos secos y cereales (Pérez Llamas & Zamora Navarro, 2002).

El Fe está en el organismo formando parte del grupo hemo de moléculas implicadas en la respiración vía oxidativa de las células, por eso es tan importante para la hemoglobina de la sangre, la mioglobina de los músculos y las enzimas que participan en las vías oxidativas. Se recomienda un aporte diario de 10-15 mg al día para los hombres y de 10-18 mg al día para las mujeres que se puede encontrar en productos animales como la carne y también en las verduras. La baja ingesta de Fe provoca anemia y sus síntomas principales son la debilidad y el deterioro de la función en todos los tejidos (Pérez Llamas & Zamora Navarro, 2002).

El 50% del Zn está localizado en los huesos, el resto se encuentra en los músculos, piel, genitales, hígado entre otros. Es un mineral que defiende nuestras células del daño de radicales libres, es necesario para que el cuerpo pueda aprovechar la vitamina A y para la función de la testosterona. La falta de Zn puede ocasionar enanismo de tipo nutricional, retraso en la cicatrización, ceguera nocturna e hipogonadismo masculino. El Zn está presente en vegetales, en ostras y moluscos y deben ser ingeridos 15 mg diarios (Pérez Llamas & Zamora Navarro, 2002).

El Ca es el catión más abundante del organismo, la mayor parte se encuentra en el hueso formando su estructura y el resto se encuentra disuelto en líquidos corporales. El Ca disuelto y el contenido en el hueso son intercambiables, de forma que el hueso actúa como una reserva de este. Además, también hace parte de funciones como la coagulación de la sangre, la contracción de los músculos, la secreción de jugos y hormonas, el funcionamiento del sistema nervioso entre otros. Una deficiencia en Ca se evidencia con descalcificación de los huesos. Se deben consumir entre 800-1200 mg diarios de este mineral y se encuentra principalmente en los lácteos, pescados y legumbres (Pérez Llamas & Zamora Navarro, 2002).

8.5.3. Hortalizas

Las hortalizas constituyen un complemento necesario en la alimentación del hombre, proporcionando elementos minerales que son indispensables para el organismo y brindando nutrientes que regulan la digestión intestinal (Tamaro, 1988). Las hortalizas son plantas herbáceas cuyo tallo, hojas, raíz, flores o fruto se usan como alimento crudo, cocido o preservado. Las verduras son plantas pertenecientes al grupo de las hortalizas, cuya característica distintiva es conservar su color verde antes y después de su madurez fisiológica; entre ellas se encuentran la lechuga, el cilantro, la acelga y la espinaca (Valadez, 1990).

Las lechugas forman el género *Lactuca* y pertenecen a la familia *Asteraceae*. Se caracterizan porque sus flores están compuestas por la fusión de cientos de flores diminutas. Las cuatro variedades hortícolas se derivan de la *Lactuca Sativa* siendo estas: la lechuga de cogollo, la romana, la rizada y la de tallo. La de interés es la rizada que es conocida de forma común como lechuga crespada verde. Sus hojas son rígidas, crujientes, erectas, reunidas en cogollos alargados, frecuentemente voluminosas (Goites, 2008).

La lechuga es una planta propia de regiones semi-templadas, donde se aprovechan las hojas con fines alimentarios; se desarrolla bien en climas templados frescos, con temperaturas promedio mensuales comprendidas entre 13° y 18°C, con un rango que puede oscilar entre 7° y 24°, variación que permite su cultivo durante todo el año, utilizando las variedades adecuadas. En cuanto a la caracterización del suelo, los que mejor se adaptan son los de alta fertilidad (alto contenido de materia orgánica, relación carbono/nitrógeno), de buen drenaje con alta capacidad de retención de humedad y una acidez neutra. (Goites, 2008).

Esta hortaliza es un alimento que aporta muy pocas calorías por su alto contenido en agua y su escasa cantidad de hidratos de carbono, proteínas y grasas. En cuanto a aporte de vitaminas que es poco relevante, está la vitamina C, folatos, beta carotenos, tiamina y vitamina E. El aporte de minerales tampoco es muy significativo, aunque sí posee pequeñas cantidades de P, K, Fe y Ca. Sin embargo hay que tener en cuenta que las hojas de color verde intenso, son precisamente las más ricas en vitaminas y minerales (Fundación española de la nutrición, 2016).

Tabla 7. Composición nutricional en 100g de Lechuga

Elemento (mg)	Por 100g de porción comestible
Calcio	40
Hierro	0,6
Yodo	5
Magnesio	12
Zinc	0,3
Sodio	9
Potasio	240
Fósforo	30

(Moreiras, 2013)

8.6. Métodos analíticos de cuantificación de minerales

8.6.1. Métodos analíticos para cuantificación de minerales

En el análisis de material vegetal hay una variedad de métodos y procedimientos de extracción y determinación. Una técnica analítica bien desarrollada y validada debería proporcionar resultados exactos y precisos; los métodos absolutos como volumetría, gravimetría, electrogravedad, colorimetría y dilución isotópica cumplen por lo general con estas características, pero a menudo no pueden aplicarse a análisis de minerales o elementos traza. Por otro lado, los métodos espectroquímicos requieren de calibración contra estándares conocidos para obtener resultados cuantitativamente exactos. La elección del método analítico depende de la instrumentación disponible, la experiencia del laboratorio y los niveles de concentración del analito (Departamento de agricultura FAO, 1997).

La colorimetría consiste en pasar un haz de luz blanca a través de una solución coloreada, parte de la luz es absorbida de manera que la intensidad de la luz transmitida disminuye en intensidad, esto sucede por dispersión de las partículas o reflexión en las

interfaces, pero principalmente por la absorción de la solución. La espectrofotometría es una técnica más sofisticada que la colorimetría; la luz monocromática se obtiene mediante una rejilla o prisma, en este caso, el espectrofotómetro puede separar dos picos de absorción con longitud de onda similar. La fluorimetría o espectrofotometría de fluorescencia es un proceso de emisión en el cual las moléculas son excitadas por la absorción de radiación electromagnética (ultravioleta u otras radiaciones intensas) y al relajarse al estado basal liberan el exceso de energía en forma de fotones. Para determinar la concentración del mineral, se utilizan las curvas patrones de concentraciones. La desventaja de estas técnicas es que puede haber problemas con la interferencia de metales. (Plummer, 2002).

La espectrofotometría de absorción atómica (AAS) es una de las técnicas más empleadas para la cuantificación de más de 60 elementos, su notoriedad se debe a su especificidad, sensibilidad y facilidad de operación. En este método la solución muestra es aspirada por una llama de flujo laminar, la llama tiene como función generar átomos en su estado fundamental de los elementos presentes en la muestra, los que absorberán parte de la radiación de la fuente luminosa; la concentración del elemento se determina por comparación de la absorbancia de la solución muestra con la absorbancia de soluciones estándar de concentración conocida (Razmilic, 1993). Existen varios tipos de AAS, entre ellos están: espectrofotometría de absorción atómica de llama, por generación de hidruros, de horno de grafito, espectrofotometría de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente, espectrometría de masa de plasma acoplado inductivamente, entre otros (Departamento de agricultura FAO, 1997)

Por último, se encuentra el análisis bromatológico, esta ciencia estudia los alimentos de forma integral, abarcando su producción, manipulación, conservación, elaboración y distribución y su relación con la sanidad. Se hace con la finalidad de conocer la composición cualitativa y cuantitativa del alimento, su estado higiénico y toxicológico, propiedades adulterantes y contaminantes perjudiciales para la salud y para la determinación de una dieta adecuada de acuerdo a los regímenes alimenticios específicos de cada ser. El análisis bromatológico incluye: análisis microbiológico, toxicológico, químico y evaluación organoléptica (Instituto de tecnología ORT, 2009).

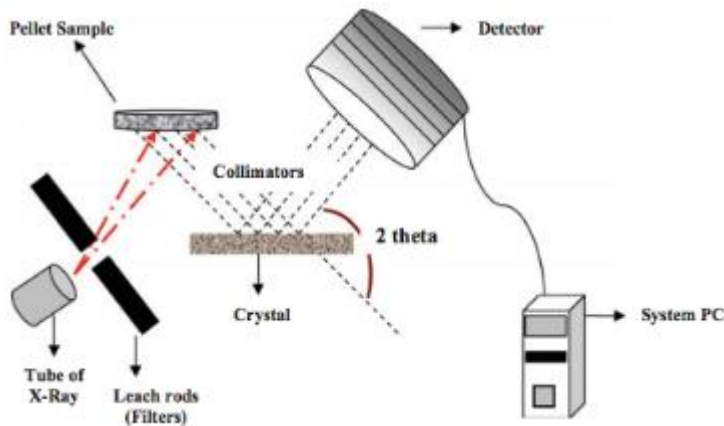
8.6.2. Método XRF y técnica WDXRF.

La fluorescencia de rayos x (XRF) es una técnica analítica que puede ser utilizada para determinar la composición química de una amplia variedad de muestras, incluyendo sólidos, líquidos, suspensiones y polvos sueltos. XRF también se utiliza para determinar el espesor y las composiciones de capas y recubrimientos. Es capaz de analizar los elementos desde el berilio hasta el uranio en intervalos de concentración de 100% en peso a niveles inferiores en ppm (PANanalytical, 2016).

Este método depende de principios fundamentales que son comunes a varios métodos instrumentales, incluyendo espectroscopia de rayos x (SEM, EDS), difracción de rayos x (XRD), y espectroscopia de dispersión por longitud de onda (WDS). El análisis de los elementos mayores y materiales geológicos se hace posible por el comportamiento de los átomos cuando interactúan con la radiación. Cuando los materiales son excitados con alta energía, y con corta radiación de longitud de onda (rayos X), pueden llegar a ser

ionizados. Si la energía de radiación es suficiente para desalojar un electrón interno herméticamente ajustado, el átomo se vuelve inestable y un electrón exterior sustituye al electrón interno que falta. Debido a este fenómeno se libera energía, debido a la disminución de energía de unión del orbital del electrón interno en comparación con el exterior. La radiación emitida es de menor energía que la de los rayos x de incidencia primarios y se denomina radiación de fluorescencia. Debido a que la energía del fotón emitido es característico de una transición de los orbitales de electrones específicos de un elemento en particular, los resultados de la fluorescencia de rayos x pueden ser utilizados para medir la abundancia de elementos que están presentes en una muestra (Wirth & Barth, 2001).

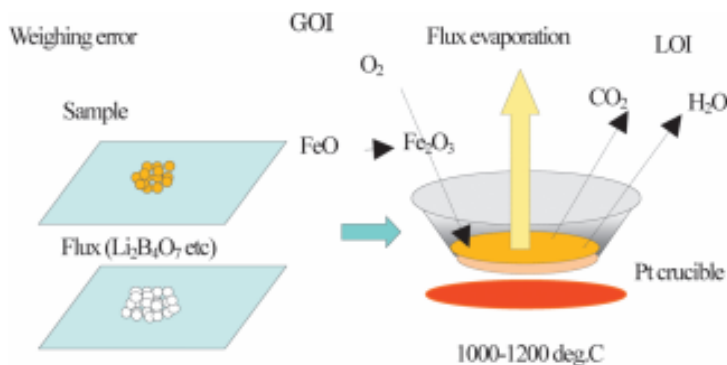
Para las mediciones en el equipo de WDXRF (fluorescencia de rayos x por longitud de onda dispersiva) se han hecho varios ensayos en donde utilizan distintos tipos de técnicas y preparaciones de las muestras para medir los nutrientes, por ejemplo en la investigación realizada por Marguí, Hidalgo, & Queralt, 2005, las plantas son llevadas al laboratorio en donde se lavan con agua desionizada, y secadas en un horno a 55°C por 24 horas, luego se introducen en un molino de bolas por 2-5 min para ser pulverizadas. Con 2 gramos de este polvo se elabora una píldora, en este caso no se utilizó un aglutinante, se le aplicó una presión de 20 Tm por 60 s para obtener una pastilla cilíndrica de 40mm de diámetro. Las muestras fueron analizadas en un equipo de WDXRF (Bruker S4 Explorer), equipado con un ánodo de Rh (50 kV, 20 mA), con un analizador de cuatro cristales (OVO-B, OVO-55, LiF 200 and PET), un contador proporcional de flujo para la detección de elementos ligeros y un contador de centello para elementos más pesados. Primero se midieron todas las muestras para obtener todo el espectro y las condiciones estándar para determinar la composición de los elementos, después se diseñó un modelo cuantitativo para mejorar la señal de los elementos que aparecen en el espectro y poder determinar cada uno. Por otro lado se encuentra en la investigación realiza por (Shaltout, Moharram, & Mostafa, 2012) la cual fue realizada en un espectrómetro secuencial WDXRF con un solo goniómetro (Axios 2005, PANalytical, Netherlands), para análisis cuantitativo el cual cuenta con cinco cristales de dispersión (LiF200, curva PE, PXI, LiF220 y curva Ge). Cada escaneo cubre el número de elementos esperados y las áreas de los picos de la radiación de los elementos fueron registrados, esto fue analizado en por un programa de análisis (SuperQ-IQ+software) que depende de parámetros fundamentales. Además, a la muestra se le midió su comportamiento en función de la temperatura y la pérdida de peso de las especies orgánicas a una temperatura de 1000°C. También se hizo el procedimiento del anterior artículo, pero en este caso para la formación de la pastilla se le agrego una cera a la cual se le aplicó una presión de 120 KN/cm² por 3 min para la obtención de una pastilla de 3mm de grueso y 40mm de diámetro. Como estas hay muchas investigaciones que utilizan este método de manera similar, pero la técnica de los equipos que utilizan WDXRF se basan en la preparación del experimento mostrada en la Figura 1



(Korkut, Korkut, Karabulut, & Budak, 2010)

Figura 1. Funcionamiento de la técnica WDXRF.

Para realizar estas mediciones se debe tener en cuenta que el método de perla fundida sirve para remover las partes no similares de las muestras de polvo. Es un método de análisis avanzado, el cual tiene ventajas como, la eliminación del efecto mineralógico y el efecto de tamaño de grano, reduce el efecto de componente coexistente por efecto de dilución y es posible hacer muestras estándares para óxidos sintéticos. Además de estar registrado internacionalmente como un método de análisis estándar para materiales resistentes al calor y mineral de hierro. Al utilizar este método se debe tener en cuenta los errores que pueden ocurrir, como fallas en el pesado (error del factor de dilución) en donde la muestra en polvo debe ser pesada con mucha precisión, pero la magnitud del error depende solo del operario. También están las pérdidas por ignición (LOI) y ganancias por ignición (GOI), las cuales consisten en que, si hay agua de cristalización o un carbonato presente en la muestra, la volatilización de estos compuestos genera un error analítico debido a las pérdidas de estos componentes en las altas temperaturas alcanzadas en la fusión. Por ejemplo, en el caso del mineral de hierro, la reacción de oxidación de Fe^{2+} a Fe^{3+} cuando la fusión ocurre genera una ganancia de peso (GOI), el cual se vuelve en una fuente de error. Y por último se encuentra la evaporación del flujo (error del factor de dilución) el cual ocurre cuando se utiliza un punto de fusión bajo por un largo periodo de tiempo. Estos errores se pueden ver descritos en la Figura 2 (Yamada, 2010).



(Yamada, 2010)

Figura 2. Errores analíticos del método de perla fundida.

8.7. Diseño factorial

Es una metodología que permite analizar los efectos que pueden tener varios factores sobre diferentes variables de respuesta. Si se varía los niveles de todos los factores al mismo tiempo en lugar de uno a la vez (Soporte de Minitab 17, 2016). Hay dos tipos de efectos a evaluar, los efectos de cada variable independiente, llamado efectos principales, y los efectos de interacción entre dos o más variables independientes. Para este caso tenemos lo siguiente:

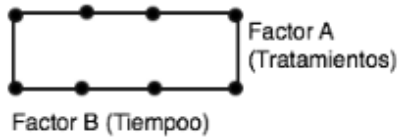


Figura 3. Estructura del diseño factorial.

El cual resulta un diseño 2x4 con toma de muestras aleatorias y dos replicas para un total de 16 corridas.

Las interacciones dobles y los factores primarios son los que gobiernan el sistema. Cuando no hay interacciones entre los factores se analizan los factores solos, pero si existen interacciones estas van a primar sobre los factores solos. Las interacciones pueden ser la siguiente manera:

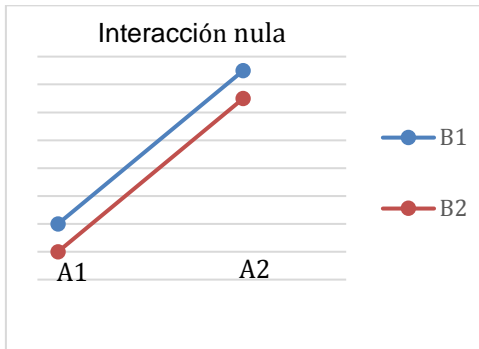


Figura 4. Interacción entre factores positiva.

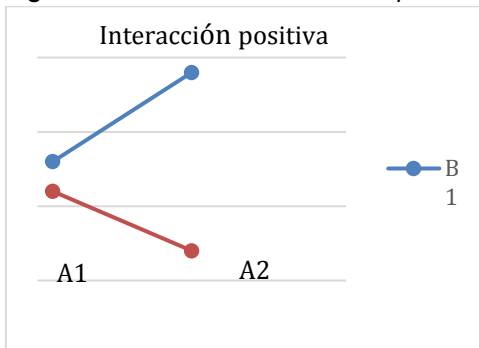


Figura 5. Interacción entre factores nula.

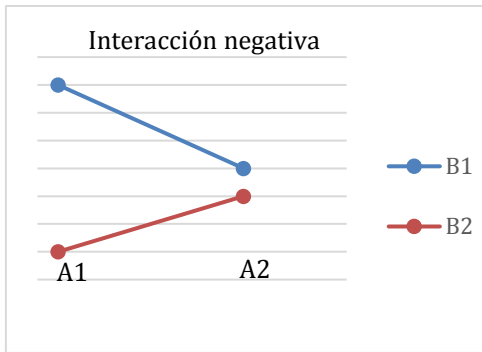


Figura 6. Interacción entre factores negativa

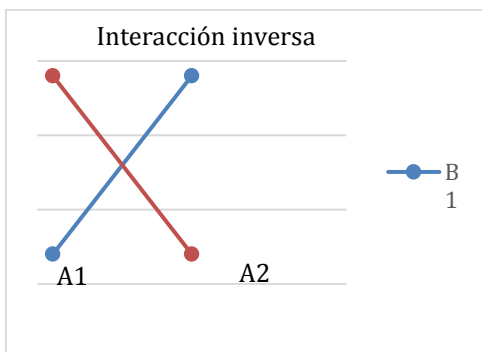


Figura 7. Interacción entre factores inversa.

Además, se tiene un modelo de regresión representado con la siguiente ecuación:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \tau_i\beta_j + \varepsilon_{ijk} \quad (1)$$

Donde:

Y_{ij} = Variable de respuesta.

μ = Media global.

τ_i = Efecto factor 1.

β_j = Efecto factor 2.

$\tau_i\beta_j$ = Efecto interacción.

ε_{ijk} = Error aleatorio.

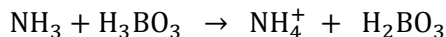
9. METODOLOGÍA

9.1. Metodología para objetivo 6.2.1

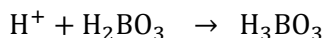
9.1.1. Determinación de nitrógeno por el método de Kjeldahl

Para comenzar este método se requiere de una digestión a una temperatura alta con ácido sulfúrico en la presencia de unos reactivos que promueven la conversión de nitrógeno orgánico, en la muestra, a amonio (NH_4^+) inorganico formando sulfato de amonio. El segundo paso es la determinación del NH_4^+ después de la digestión. Esto se hace midiendo la cantidad de amoniaco (NH_3) liberado de la solución digestada por

destilación álcali. El NH_3 liberado es retenido en la solución de ácido bórico (H_3BO_3) que contiene un indicador universal:



La solución se titula con ácido (HCl):



El nitrógeno presente en la muestra se mide por medio de la cantidad de ácido usado para la titulación.

Reactivos:

- Tejido.
- Ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado. Se necesita 3.5 ml por cada muestra.
- Mezcla catalizadora de sulfato de sodio (Na_2SO_4) y sulfato de cobre (CuO_4). Se pesaron 40g de Na_2SO_4 anhidro y se agregaron 0,5 g de CuSO_4 seco y pulverizado. Se necesitó 1.5 g de esta mezcla por cada muestra.
- Alcohol etílico 96%.
- Fenolftaleína 1 %. Se pesaron 10 g de fenolftaleína y se completó a un volumen de 1L, con alcohol etílico (96 %). Se necesitaron 5 gotas por cada muestra.
- Indicador universal. Se pesaron 0,0125 g de verde de bromocresol y 0,0025 g de rojo de metilo. Se Mezclaron y disolvieron con 2,5 ml de alcohol etílico (96 %).
- Ácido bórico (H_3BO_3) 4%. Se Pesaron 20g de H_3BO_3 y se agregaron 2,5 ml de indicador universal. Se Completó a un volumen de 500 ml con agua. Se necesitaron 10 ml de esta solución por cada muestra.
- Ácido clorhídrico (HCl) 0.1 M. Se midieron 16 ml de HCl (37%) Y se completó a un volumen de 20 L con agua.
- Hidróxido de sodio (NaOH) 33 %. Se pesaron 10 g de NaOH y se disolvieron en 30 ml de agua.

Procedimiento:

- Se pesó 0.1 g de muestra.
- Se puso la muestra en un tubo digestor de 200ml.
- Se agregaron 1-1.5 g de la mezcla catalizador más 3.5 ml de H_2SO_4 .
- Se digesto a una temperatura de 400°C por 45 minutos.
- Se dejó enfriar, se agregaron 5 gotas de fenolftaleína al 1 % y 40 ml de agua, con el fin de disolver los cristales que se forman en la muestra.
- Se preparó el destilador. Se estableció una duración optima de aproximadamente una hora.
- Se destiló la muestra recogiendo el volumen obtenido en un Erlenmeyer que contiene 10 ml de la solución de H_3BO_3 4 %. Esta solución debe tener un pH entre 4 y 4.5.
- Se titula el volumen obtenido de la destilación con una solución de HCl 0.02 M hasta lograr un cambio de color apreciable entre el azul y el rojizo mate de la solución H_3BO_3 .
- Se prepara un blanco con todos los reactivos necesarios menos la muestra, este se titula y su volumen se resta a las demás muestras en la titulación. De lo cual resulta la siguiente fórmula para calcular la cantidad de N en la muestra:

$$N \% = \frac{((V - B) * N * 0.014 * 100)}{g \text{ muestra}}$$

V = Volumen de HCl gastado en la titulación de la muestra.

B = Volumen de HCl gastado en la titulación del blanco.

N = normalidad del HCl.

0.014 = Peso mili equivalente de nitrógeno.

(McKean, 1993)

9.1.2. Fluorescencia de rayos x por dispersión de longitud de onda (WDXRF)

Para el análisis foliar y el análisis de suelos se utilizó la siguiente metodología para medir los micro (Zn, Mg, Ca, Fe) y macro (N, P, K) nutrientes:

Las muestras de lechuga se secaron a una temperatura de 60°C por 24 horas. Luego se trituraron hasta obtener un tamaño de partícula de alrededor de 75µm (debe pasar por malla 200). Estas muestras se introdujeron en un horno a 105°C para analizar la humedad. Después se tomaron 7,4 g de un fundente a base de litio, que evita que se calcinen los elementos presentes en la muestra, y 0,3 g de muestra, esto se sometió a pruebas por ignición a 1000°C para eliminar todos los elementos relacionados con el azufre, agua y alcoholes con el fin de poder cuantificar los elementos metálicos. Al ingresarlo al equipo WDXRF se pueden usar dos programas, el Workshop y el Omnio (cuantitativos); estos están calibrados con unas curvas estándar certificadas por estándares americanos para cada elemento, los cuales miden desde el sodio hasta el uranio excluyendo los elementos como oro, plata, platino y mercurio. Se realizaron las curvas de la muestra las cuales por medio de procesos estadísticos y matemáticos generan una regresión lineal, en donde se acercan los puntos de los diferentes estándares a una línea recta, con esto se calibra y se cuantifican los elementos en la muestra.

Para realizar la pastilla se tomaron 2 g de la muestra pulverizada y 2 g de un copolímero, estos fueron sometidos a una presión de 100 kN para obtener una pastilla de 20-30 mm de diámetro y se ingresó al equipo con las mismas condiciones mencionadas anteriormente, pero cambiando la configuración a EDXRF (fluorescencia de rayos x por energía dispersiva).

Cada semana se debe calibrar el equipo con determinadas muestras las cuales tienen una concentración conocida de cada elemento.

El equipo para realizar estas mediciones fue un espectrofotómetro de fluorescencia de rayos x simultáneo Axios Fast, el cual permite la medición de 28 elementos en simultáneo, con una medición de 2 seg por muestra, además cuenta con canales de alta sensibilidad (HiPer) para análisis de elementos de luz, con flexibilidad analítica con la opción de hasta 4 goniómetros y con una gama de ánodos de rayos x (Rh, Cr, Mo, Au) para aplicaciones específicas (PANalytical, 2016).

9.2. Metodología para el objetivo 6.2.2

9.2.1. Replicación de cultivo de lechuga crespa verde convencional y orgánica.

Para implementación de un cultivo de lechuga crespa verde orgánico en la finca Orgaenik en el oriente Antioqueño, el terreno contó con las curvas a nivel, de acuerdo a lo establecido por Martínez, 2013. Para la preparación inicial del terreno se comenzó a abonar el suelo con los sustratos necesarios como lo son, Bocashi ($0,83 \text{ kg/m}^2$), cascarilla de arroz ($0,83 \text{ kg/m}^2$), carbón vegetal ($0,83 \text{ kg/m}^2$), gallinaza ($0,83 \text{ kg/m}^2$) y microorganismos de montaña (1-2 L/bomba de espalda de 20 L), con ayuda de una pica o azadón se homogenizó la mezcla y se fue formando la cama de siembra, luego de este abono se esperó una semana para comenzar la siembra.

La plántula se dejó crecer durante cuatro semanas bajo invernadero para luego ser trasplantadas a aproximadamente 5 cm de profundidad, fijándola en la tierra, y a partir de ese día se esperó una semana para comenzar hacer las aplicaciones semanales del programa de fertilización orgánica.

A continuación, se encuentra descrito como se realizaron estas aplicaciones durante la semana.

Tabla 8. Programa de fertilización orgánica foliar producidos en la finca Orgaenik.

	Sustancia	Cantidad (cm ³)
Día 1	Engruese	200
	M5	60
	Bioestimulante	500
	Microorganismos de montaña	1500
	Caldo sulfocálcico	250
	Viagra	250
	Protecto zinc	250
	Multimineral	150
	Engruese	200
Día 2 (Debe ser después de 3 días del día 1)	Apiche	60
	Bioestimulante	500
	MM	1500
	Caldo sulfocálcico	250
	Viagra	250
	Protecto zinc	250
	Tropical	150

La preparación del terreno para el tratamiento convencional se comenzó con la misma formación de la cama explicada anteriormente; las plántulas trasplantadas fueron tratadas bajo tratamientos convencionales en invernadero. A la hora de realizar la siembra se aplicó el fertilizante edáfico (PlantoSan®, Tabla 2) en coronas alrededor de la planta, y el fertilizante foliar (PlantoSan®) fue aplicado luego de 20 días de la siembra.

Durante el tiempo de cultivo se tomaron muestras en las semanas 3, 4, 5 y 6, para un total de 6 semanas en campo. Posteriormente fueron llevadas al laboratorio para hacer los análisis descritos en el literal anterior, determinando la cantidad de nutrientes tanto para el cultivo orgánico, como para el convencional.

9.2.2. Análisis de tejido vegetal

Muestreo

La hoja es el sitio donde se da la mayoría de las transformaciones bioquímicas de la planta las cuales son esenciales para su vida. Se muestrearon las hojas maduras evitando las hojas que estén infectadas, muertas etc. El análisis de la hoja generalmente incluye el peciolo.

Estas hojas muestreadas fueron llevadas posteriormente al laboratorio en el menor tiempo posible para evitar cambios químicos en la muestra. La preparación incluyó descontaminar la muestra de polvo, o químicos lo cual se realizó con agua desionizada. (McKean, 1993)

Luego de tomar las muestras del cultivo se procedió a realizar las mediciones de micro y macronutrientes con la metodología descrita en el punto anterior.

9.3. Metodología para el objetivo 6.2.3

9.3.1. Modelo estadístico

El modelo experimental es un diseño completamente aleatorio, consta de dos tratamientos: el control positivo, siendo un programa de fertilización convencional, y el tratamiento a analizar que es el programa de fertilización orgánica. Para cada uno de estos se tomaron 2 muestras en cada ciclo de medición y para cada una de estas muestras se sacrificaron varias lechugas, generando una muestra compuesta, para la aleatorización del experimento, con un total de 16 corridas en todo el análisis experimental. En este caso las variables de respuesta son las mediciones de micro y macro nutrientes, uno de los factores es el tiempo y los niveles son 1, 2, 3, 4 (diferentes semanas de cultivo correspondientes al tiempo de muestreo de lechugas) y el otro factor es el tratamiento de fertilización, este consta de dos niveles (Programa de fertilización orgánica y programa de fertilización convencional).

Tabla 9. Modelo experimental para análisis de fertilización orgánica foliar.

Tratamientos	Ciclos de medición				Total corridas
	1	2	3	4	
Programa Orgánico	2	2	2	2	
Programa Convencional	2	2	2	2	
Total	4	4	4	4	16

9.3.2. Curvas de saturación de nutrientes

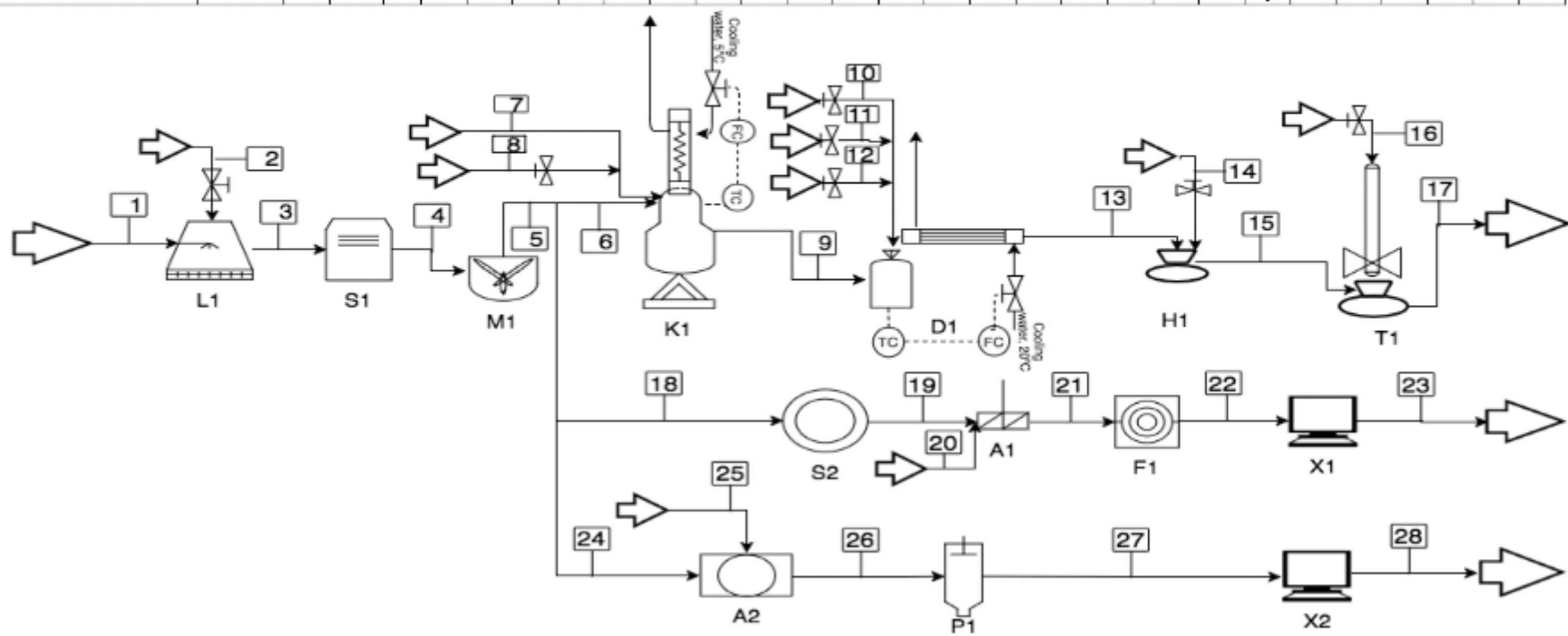
Las curvas de saturación se construyeron a partir de los datos obtenidos en el literal 10.1 durante el período de cultivo de las Lechugas. Estas fueron elaboradas para analizar dos variables, el tiempo como la variable independiente y los micro y macro nutrientes como la

variable dependiente con la finalidad de ajustarlas a un modelo que se ajuste correctamente como pueden serlo el modelo lineal o el logarítmico (Garber, 2000).

10. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

10.1. Resultados del objetivo 1: Estandarización del método de Kjeldahl y del XRF

Productos/Corrientes	Unidad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
Lechugas	g	600		800	30	30	0,1			0,1				0,1		0,1		0,1	0,4	0,3		0,3	0,3	0,3	2		2	2	2	
Agua desionizada	m		3000								40			20		20		20												
Acido sulfúrico 98%	ml								3,5	3,5				3,5		3,5		3,5												
Catalizador (Na2SO4 y CuSO4)	g							1,5		1,5				1,5		1,5		1,5												
Sulfato de amonio	-									NA																				
NH3	-													NA		NA		NA												
Solución NaOH (30%)	ml											20		20		20		20												
Fenolftaleína 1%	Gota												a	b		b		a												
Solución H3BO3 (1%) y solución de etanol con rojo de metilo (0,127%) y verde de bromocresol (0,834%)	ml														10	10		10												
Solución HCl a 0,1M	ml																20	0,5-2												
Fuente de fijo	g																				7,4	7,4	7,4	7,4			2	2	2	2
Copolimero	g																													
Temperatura	°C	25	18	20	60					400					150		25						25	100	25		25	25		



Identificación	L1	S1	M1	K1	D1	H1	T1	S2	A1	F1	A2	P1	X1	X2
Denominación	Lavador	Horno	Picadora	Montaje Kjeldahl	Montaje de destilación	Destilado	Montaje de titulación	Secador	Mezclador	Instrumento de fusión	Mezclador	Presna hidráulica	XRF	XRF

Metodología de medición de nutrientes para lechugas orgánicas y convencionales
 Elaborado por: Mónica Mejía y Melissa Vélez
 20/09/16

Figura 8. PFD del proceso de medición de nutrientes de las lechugas orgánicas y convencionales.

En la Figura 8 se puede ver el diagrama de flujo (PFD) de los dos procesos de medición de los nutrientes de las lechugas cultivadas bajo un programa de fertilización orgánica y convencional, tanto la medición de nitrógeno con Kjeldahl como método analítico, como la medición por el método XRF, anteriormente explicado en el literal 10.1.1. y 10.1.2, respectivamente. En el Anexo A se logra ver el registro fotográfico de las distintas etapas del método Kjeldahl.

10.2. Resultados de los objetivos 2 y 3: Medición de nutrientes, análisis estadístico y curvas de absorción de nutrientes

10.2.1. Tabla de evolución fotográfica de los cultivos



Figura 9. Semana de siembra de ambos cultivos (08/08/16).

Semana 0 (Figura 9)

En la semana de siembra se hizo un abono del suelo de acuerdo a lo establecido por el programa de fertilización orgánica de la finca Orgaenik descrito anteriormente en el literal 9.2.1. Para el cultivo convencional se hizo uso del fertilizante granulado Plantosan®, mencionado también anteriormente en el literal 8.2.2; la forma de disponerlo en el suelo fue en coronas alrededor de la plántula, cuidando que no fuera a tocar las hojas de la misma. Las plántulas convencionales fueron adquiridas en el vivero Tecniplantas ubicado en Llanogrande y las orgánicas en el vivero de la finca Orgaenik. Se puede evidenciar que hay una gran diferencia en el desarrollo radicular, y tamaño de hojas entre ambas, estando en mejores condiciones las orgánicas, lo que le da a la planta la capacidad de desarrollarse con mejores propiedades.

El suelo convencional tiene una textura arcillosa y un color más naranjado, lo que sugiere una presencia alta de Potasio por fertilizantes químicos aplicados anteriormente, además al hacer el trasplante se pudo observar que salían zancudos de su interior. Por otro lado el suelo orgánico era más saludable con un color café oscuro que afirma la fertilidad del mismo.

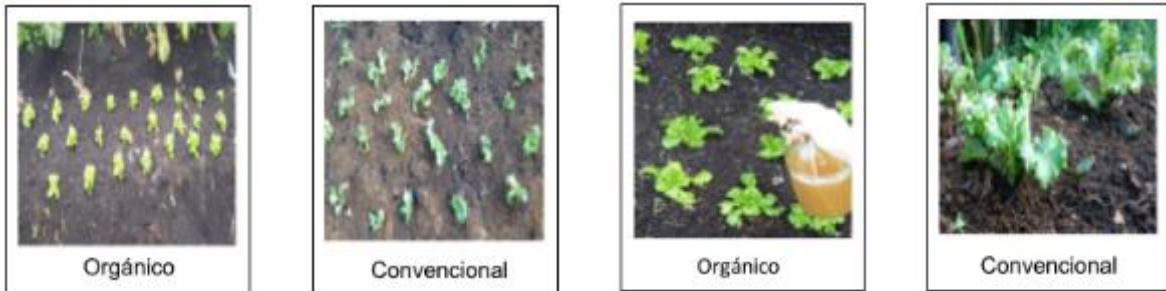


Figura 10. Evolución de ambos cultivos Semana 1 (8/08/16-15/08/16).

Semana 1 (Figura 10)

Durante esta semana no se requirió riego de las plantas con frecuencia debido a que en las noches hubo lluvias y esto permitía mantener la tierra húmeda y con suficiente agua disponible para las plantas. Las temperaturas eran de alrededor de 16°C en las mañanas y en el transcurso del día había suficiente luz solar. Se notó que el color de las lechugas orgánicas se tornó verde-amarilloso y esto pudo deberse a la presencia superficial de la harina de roca que hacía que estas se decolorarían un poco, en cuanto al crecimiento de sus hojas, estas lo hacían al centro, comenzando a formar el cogollo. Las lechugas convencionales por el contrario eran de un verde más vivo y sus hojas alargadas hacia el suelo.



Figura 11. Evolución de ambos cultivos semana 2 (15/08/16-22/08/16).

Semana 2 (Figura 11)

En el transcurso de esta semana los días fueron más calurosos por lo que las plantas requirieron de un riego continuo. Se observó que el color de las lechugas orgánicas fue tornándose más oscuro, casi igualando el de las convencionales. Se notó un cambio en el tamaño de las orgánicas especialmente, dado que hubo crecimiento foliar, evidenciándose mayor densidad en las plantas. En las lechugas convencionales no se observaron cambios significativos en el tamaño de sus hojas, estas seguían siendo alargadas y abiertas; su color continuo siendo verde oscuro.



Figura 12. Evolución de ambos cultivos semana 3 (22/08/16-29/08/16).

Semana 3 (Figura 12)

Esta semana continuó siendo calurosa con temperaturas promedio de 25°C durante el día, con muy pocas lluvias por lo que los cultivos necesitaron riego constante. Las lechugas orgánicas tienen apariencia vigorosa, con un color verde vivo, hojas amplias que continúan formando el cogollo, con una forma más definida. Las lechugas convencionales crecieron muy poco, tenían pocas hojas, pero éstas eran muy largas y distribuidas hacia los lados, además continuaron con su color verde oscuro, aunque por efectos de la luz en la foto superior se vean decoloradas. Fue durante esta semana cuando se tomó la primera muestra. En cada cultivo se sacrificaron 20 lechugas para ser analizadas en el laboratorio. Luego de tomar la muestra se re-fertilizaron ambos suelos, de forma edáfica el orgánico. y foliar el convencional.



Figura 13. Evolución de ambos cultivos semana 4 (29/08/16-5/09/16).

Semana 4 (Figura 13)

En este tiempo hubo un cambio notorio con respecto a la semana anterior y puede ser a causa de la re-fertilización, que le dio un impulso a las plantas y las ayudó en su crecimiento y en su coloración. Las lechugas orgánicas mantuvieron su forma en cogollos, con hojas grandes en la base que se expande, dándole mayor densidad a la planta. La lechuga convencional tuvo un cambio muy positivo, las hojas alargadas quedaron en la base y florecieron nuevas hojas más pequeñas y en mayor cantidad, reuniéndose para formar también un pequeño cogollo. Algo que favoreció mucho esta semana fueron las noches lluviosas, mañanas frías y tardes con luz solar abundante para las plantas. En esta etapa se recolectaron 7 lechugas de cada cultivo de muestra para ser analizadas y posteriormente se les realizó la re-fertilización pertinente al suelo convencional, donde se

introdujo el fertilizante granulado en cantidades pequeñas a profundidad, al lado de cada planta.



Figura 14. Evolución de ambos cultivos semana 5 (5/09/16-12/09/16).

Semana 5 (Figura 14)

Esta semana es muy similar a la semana anterior en cuanto al clima y al crecimiento de las plantas. Ambas prosiguen con un crecimiento exponencial y con un color verde vivo, aunque es de notar que el verde de las lechugas cultivadas químicamente se haya vuelto más amarilloso y sus hojas sean más rizadas en sus puntas. Las plantas se evidencian más vigorosas que las semanas anteriores debido al impulso que ejercen las re-fertilizaciones. En esta semana se toman 4 lechugas de cada cultivo para el muestreo.



Figura 15. Tiempo de cosecha de ambos cultivos (16/09/16).

Semana 6 (Figura 15)

Esta semana también estuvo muy lluviosa por lo que los requerimientos de agua adicional de las plantas fueron muy bajos. En la semana de cosecha las lechugas llegaron al tamaño adecuado esperado. Ambos tratamientos mostraron buenos resultados con respecto al tamaño de las plantas. Las lechugas convencionales conservaron el color verde con una tonalidad un poco amarillosa de la semana anterior y sus hojas a pesar de estar reunidas en cogollo, no se mostraron tan orientadas y organizadas al centro como las orgánicas, con algunas hojas retomando su forma alargada de las primeras semanas. También se notó que perduraron los rizos marcados en las puntas en las lechugas con tratamiento convencional. Las orgánicas permanecieron con su color verde brillante y su forma de cogollos donde las hojas se desplegaron como flores. Fueron suficientes 2 lechugas por cultivo para tomar la muestra para el análisis, también se tomaron otras dos para medir la productividad de cada cultivo.

10.2.2. Resultados y análisis estadístico

Tabla 10. Nutrientes de los tratamientos orgánicos y convencional en los tiempos a analizar

		% Nutrientes						
Tiempo de cultivo	Tratamiento	N	P	K	Mg	Fe	Ca	Zn
Semana 3 (1)	O1	2,57	0,5	5,1	0,3	0,04	1,1	0,003
	O2	3,21	0,5	5,1	0,3	0,04	1,1	0,002
	C1	3,21	0,5	4,6	0,2	0,2	1,2	0,005
	C2	2,47	0,5	4,4	0,3	0,2	1,2	0,005
Semana 4 (2)	O1	2,34	0,6	5,6	0,3	0,04	0,8	0,006
	O2	1,55	0,7	5,3	0,4	0,05	1,1	0,02
	C1	1,42	0,8	5	0,4	0,02	1	0,004
	C2	1,29	0,8	5	0,4	0,02	1	0,004
Semana 5 (3)	O1	0,588	0,9	5,3	0,4	0,05	0,9	0,004
	O2	0,45	0,8	5,1	0,4	0,05	1	0,004
	C1	0,979	0,6	5,8	0,3	0,05	0,8	0,006
	C2	1,02	0,6	5,8	0,3	0,05	0,8	0,006
Semana 6 (4)	O1	1,27	0,9	5,2	0,4	0,05	1,1	0,004
	O2	1,9	0,9	5,3	0,4	0,05	1,1	0,005
	C1	0,886	0,5	5,4	0,4	0,1	0,9	0,005
	C2	0,76	0,6	5,5	0,4	0,1	0,8	0,004

O1= Tratamiento orgánico replica 1, O2= Tratamiento orgánico replica 2, C1= Tratamiento convencional replica 1, C2= Tratamiento convencional replica 2.

En la Tabla 10 se observa la evolución nutricional de los tratamientos orgánico y convencional en los diferentes tiempos evaluados.

Tabla 11. Promedio de peso en dos lechugas cultivadas para cada tratamiento

Tratamientos	Peso 1 (g)	Peso 2 (g)	Promedio
Orgánico	365,62	280,38	323,0
Convencional	373,8	265	319,4

La Tabla 11 registra los pesos obtenidos para dos lechugas escogidas aleatoriamente en los cultivos orgánico y convencional; donde el orgánico muestra una leve superioridad frente al convencional. El cual se le realizó un análisis estadístico de t-student donde muestra diferencias significativas entre tratamientos, obteniendo un valor p de 0,003568.

Tabla 12. Tabla ANOVA para el Nitrógeno

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-p
Efectos principales	-	-	-	-	-
A: Ttos	0,212291	1	0,212291	1,67	0,2321
B: Tiempo	9,85948	3	3,28649	25,88	0,0002
Interacciones	-	-	-	-	-
AB	0,949834	3	0,316611	2,49	0,1341
Residuos	1,01585	8	0,126981	-	-
Total (corregido)	12,0375	15	-	-	-

Tabla 13. Supuestos de la ANOVA para el Nitrógeno

Supuestos	Test	Estadístico	Valor-p
Normalidad	Shapiro-Wilk	0,9192	0,1637
Varianza Ttos	Levene	-	0,5718
Varianza tiempo	Levene	-	0,8598

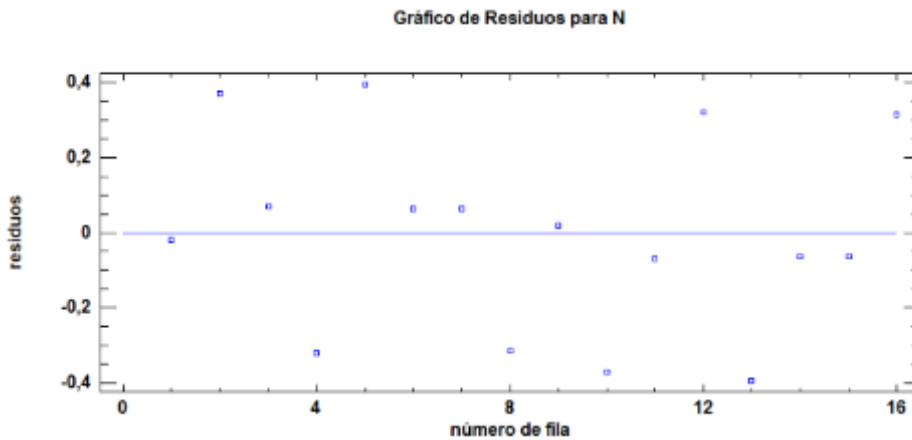


Figura 16. Supuesto de independencia de los residuales para el Nitrógeno.

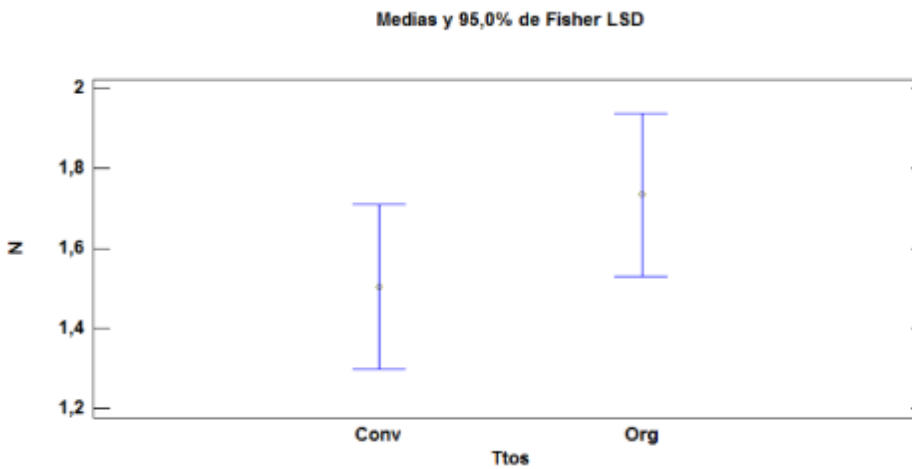


Figura 17. Grafica LSD de los tratamientos para el Nitrógeno.

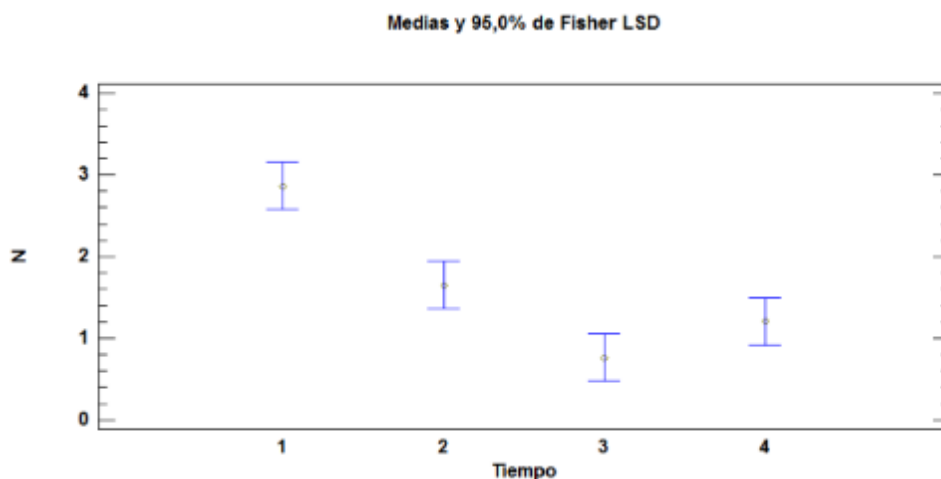


Figura 18. Grafica de LSD del tiempo para el Nitrógeno

De acuerdo a la información de la ANOVA ilustrada en la Tabla 12 se puede observar que debido a que el valor-p es mayor a 0,05, no hay diferencias significativas ni para los tratamientos ni para la interacción (tratamientos-tiempo). Los supuestos de la ANOVA fueron verificados en las Tabla 13 y en la Figura 16. En el caso del tiempo, se evidencia una diferencia significativa ya que se obtuvo un valor-p de 0,0002. Estas diferencias están también exhibidas en la Figura 18, donde el tiempo 1 muestra diferencia estadísticamente significativa con los demás tiempos ya que las líneas de error no se traslapan entre sí. También se observa esta misma situación para los tiempos 2 y 3; esto puede deberse a que la planta requiere del Nitrógeno en la etapa temprana de cultivo para procesos celulares y metabólicos, donde se deben fabricar una cantidad elevada de las proteínas y enzimas para transformar la energía en producción de biomasa y utilizar dichos metabolitos en producción de azúcares, proteínas transportadoras y canales iónicos (Archila P., Contreras N., Pinzon, & Laverde P., 1997). En las etapas posteriores de crecimiento, disminuye la absorción de este elemento dado que es enviado a las hojas y tallos. Según esto se puede ver que el ciclo de cultivo se divide en una primera etapa donde se da la formación de las hojas internas, momento en el que la planta necesita mayor cantidad de Nitrógeno y en una segunda fase hasta el final del cultivo donde se absorbe el 50% de los nutrientes totales y se obtiene mayor producción de materia seca (Tarigo, Repetto, & Acosta, 2004).

Tabla 14. Tabla ANOVA para el Calcio

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-p
Efectos principales	-	-	-	-	-
A: Ttos	0,015625	1	0,015625	2,27	0,1701
B: Tiempo	0,156875	3	0,0522917	7,61	0,0099
Interacciones	-	-	-	-	-
AB	0,081875	3	0,0272917	3,97	0,0528
Residuos	0,055	8	0,006875	-	-
Total (corregido)	0,309375	15	-	-	-

Tabla 15. Supuestos de la ANOVA para el Calcio

Supuestos	Test	Estadístico	Valor-p
Normalidad	Pearson chi-cuadrado	9,375	0,05238
	Cramer-Von Mises	0,10769	0,07938
	Shapiro-Francia	0,90523	0,08916
	Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov)	0,2078	0,06314
Varianza Ttos	Levene	-	0,2377
Varianza Tiempo	Levene	-	0,3804

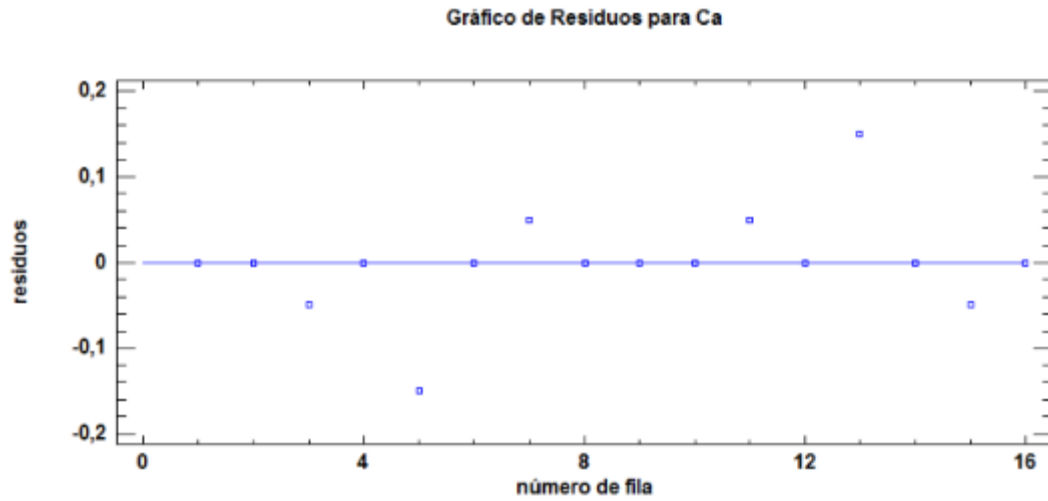


Figura 19. Supuesto de independencia de los residuales para el Calcio.

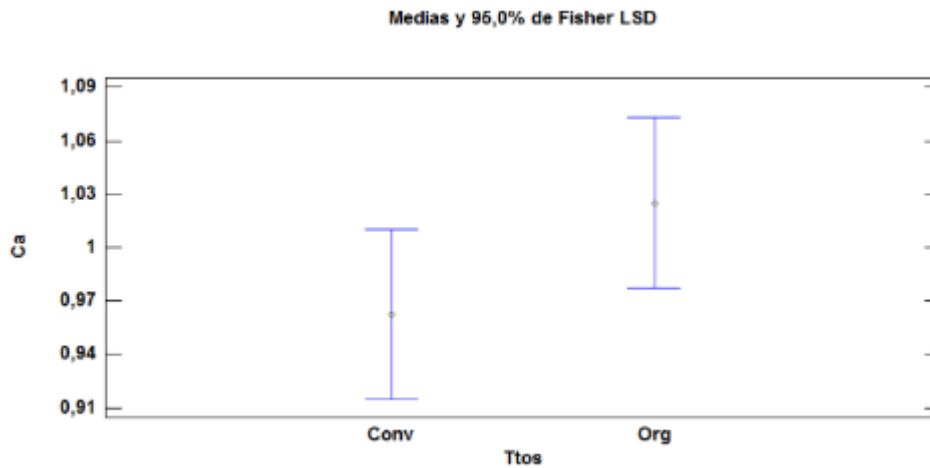


Figura 20. Grafica de LSD de los tratamientos para el Calcio.

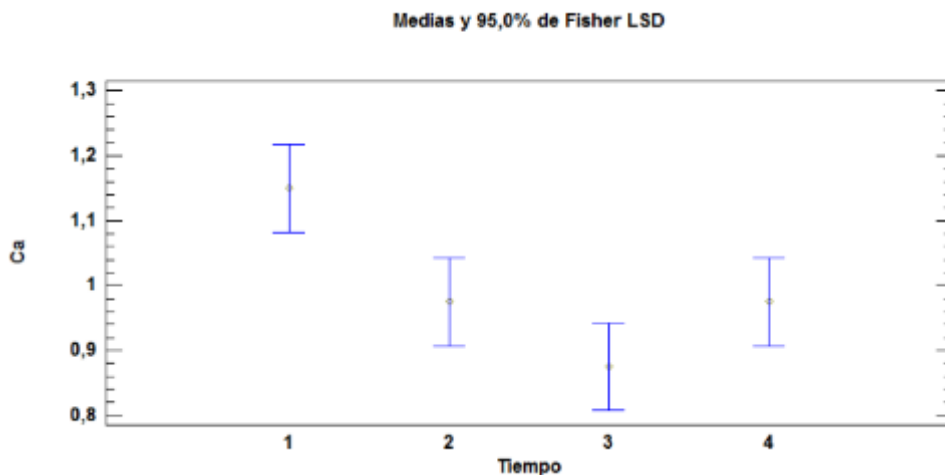


Figura 21. Grafica de LSD del tiempo para el Calcio.

La tabla ANOVA del Calcio (Tabla 14) muestra que no hay diferencias significativas en los tratamientos y en las interacciones; sin embargo, el valor-p obtenido para las interacciones es muy cercano al nivel de significancia establecido para este diseño. Asimismo, el tiempo reporta un valor-p menor a 0,05, lo que lo hace un factor significativo. En la Tabla 15 se observa que el supuesto de normalidad fue corroborado por varios test debido a la cercanía del valor-p a 0,05 y a que el test de Shapiro-Wilks siendo uno de los más utilizados para comprobar este supuesto, arrojó un resultado menor al nivel de significancia. Los otros supuestos fueron verificados por el test de Levene y por la gráfica de residuales ilustrado en la Figura 19. Al igual que el Nitrógeno, el Calcio muestra diferencias entre los tiempos, donde el tiempo 1 diverge con respecto a los demás. Se evalúa la concentración de Calcio en el tiempo a partir del promedio de los tratamientos puesto que no hay diferencias significativas entre estos.

La absorción de Calcio más alta se dio en el tiempo 1, esto puede deberse a que el elemento se encuentra retenido en el ápice de las hojas cuando estas son aún pequeñas. Posteriormente al crecer la planta, las hojas externas tienen mayor concentración de Ca con relación a las hojas internas que tienen restringida la transpiración y como consecuencia el movimiento del agua para la acumulación del Calcio (Barta & Tibbits, 2001)

Tabla 16. Análisis no paramétrico (Kruskal-Wallis) para el Fósforo, Potasio, Magnesio, Hierro y Zinc

Nutriente	Tratamiento			Tiempo		
	Chi-cuadrado	df	Valor-p	Chi-cuadrado	df	Valor-p
P	1,8254	1	0,1767	7,5526	3	0,05622
K	0,044776	1	0,8324	6,9403	3	0,07383
Mg	0,43214	1	0,5109	8,85	3	0,03135
Fe	1,4708	1	0,2252	5,7618	3	0,1238
Zn	0,7607	1	0,3831	2,1157	3	0,5497

El modelo no paramétrico de Kruskal-Wallis se utilizó para los nutrientes que no cumplieron los supuestos de la ANOVA. Esto puede ser consecuencia de que el nivel de

significancia del modelo utilizado es muy bajo con respecto a la magnitud y la variación mínima de las variables de respuesta según los tratamientos en el tiempo. Por lo que es aconsejable para este conjunto de datos hacer uso de un nivel de significancia mayor, conservando un nivel de confianza apropiado.

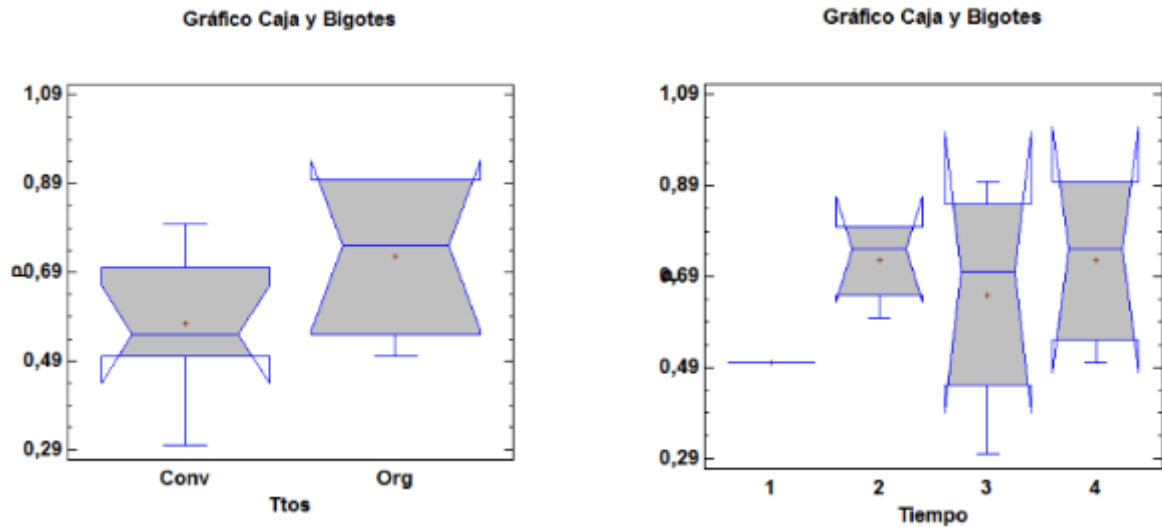


Figura 22. Diagrama de caja y bigotes de los tratamientos y el tiempo para el Fosforo.

Al analizar el Fósforo por medio de la tabla ANOVA, los resultados no fueron concluyentes debido a que no se cumplió el supuesto de normalidad. Por esto se implementó el modelo no paramétrico de Kruskal-Wallis donde ningún factor fue significativo, aunque ocurre el mismo evento, donde el valor-p del tiempo es muy cercano a 0,05. En la Figura 22 para el tiempo puede comprobarse este fenómeno viéndose una diferencia significativa entre el tiempo 1 y 2.

El Fósforo presenta una absorción importante en los cultivos de lechuga, para realizar procesos celulares, fotosintéticos, respiración y síntesis de proteínas y enzimas (Melendez & Molina, 2002)

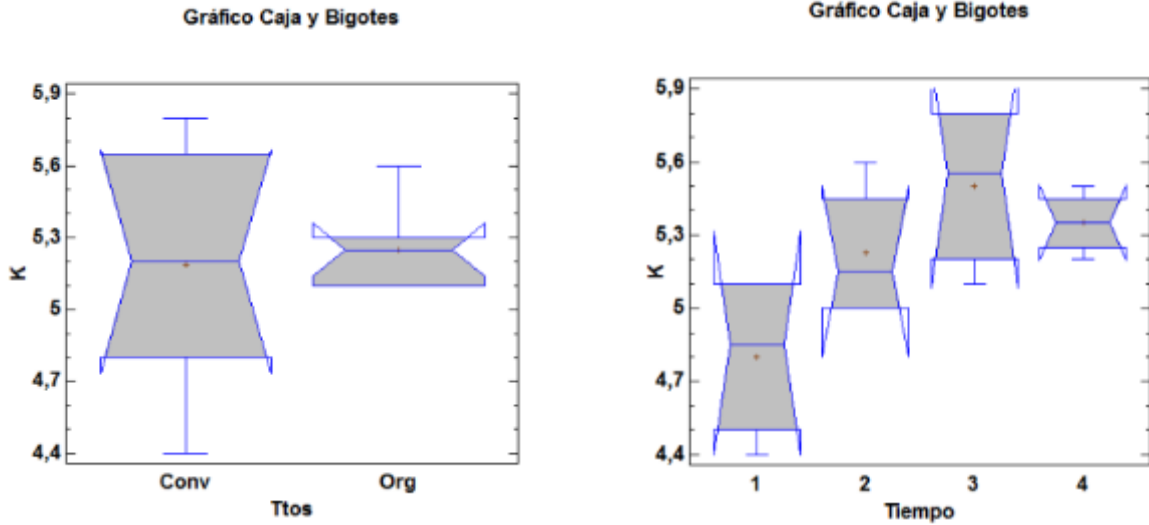


Figura 23. Diagrama de caja y bigotes de los tratamientos y el tiempo para el Potasio.

El potasio se analizó por métodos no paramétricos debido al incumplimiento de todos los supuestos de la ANOVA. En la Tabla 16 no se observan diferencias significativas para tiempo, ni para tratamientos. En la Figura 23 se confirma este hecho porque el diagrama de muestras evidencia como se traslapan todos los tiempos entre sí. El Potasio necesita ser absorbido desde etapas tempranas para desplazar los azúcares que son producidos en la fotosíntesis hacia las hojas (Tarigo, Repetto, & Acosta, 2004).

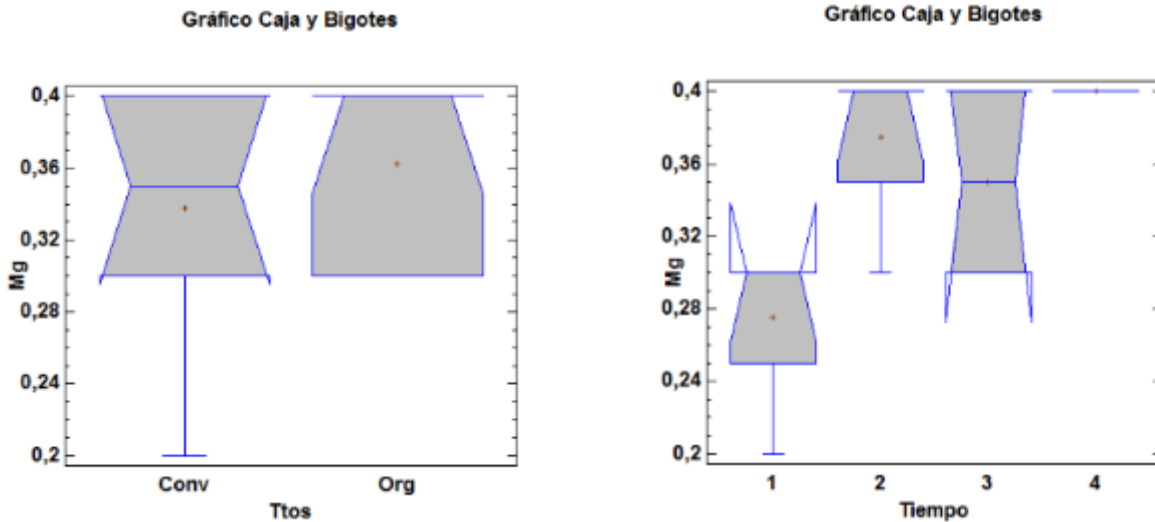


Figura 24. Diagrama de caja y bigotes de los tratamientos y el tiempo para el Magnesio.

El Magnesio no cumplió el supuesto de independencia debido a que los datos se alineaban en una línea recta siguiendo un patrón, por esta razón se utilizó el modelo de Kruskal-Wallis. Esta muestra una diferencia significativa con respecto al tiempo (Tabla 16) que puede ser ratificada en la Figura 24 donde el tiempo 4 no coincide con el 1. El Magnesio es absorbido proporcionalmente en el tiempo durante el ciclo de cultivo y se encuentra ubicado en partes iguales a lo largo de la hoja; además es un componente

fundamental en los procesos metabólicos interviniendo como catión en la reacciones con ATP (Vega Villalobos & Salas Camacho, 2012).

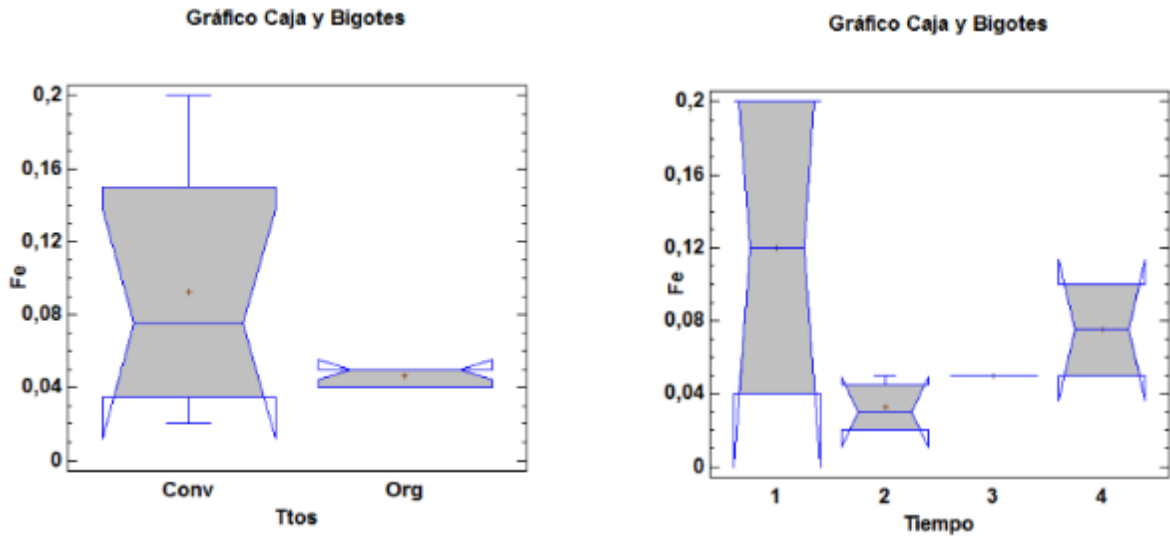


Figura 25. Diagrama de caja y bigotes de los tratamientos y el tiempo para el Hierro.

Los elementos que se encuentran en bajas proporciones en la planta son menos variables en el ciclo de cultivo, lo que genera homogeneidad de los datos por lo que los métodos estadísticos con dicha significancia no logran cumplir los supuestos de la ANOVA y deben ser analizados por métodos no paramétricos como el caso del Hierro. En este caso no se presentan diferencias significativas ni en los tratamientos ni en el tiempo, esto se encuentra ilustrado en la Figura 25, en la que las cajas y bigotes se traslapan entre sí. Las concentraciones de Hierro en la planta dependen directamente del pH del suelo donde crecen; para alcanzar niveles adecuados de los micronutrientes el pH debe estar entre 4-5 y el suelo donde se llevaron a cabo los tratamientos tenía un pH entre 6 y 5 por lo que esto explicar la poca variación de Hierro presente en las lechugas (Juarez, Cerdan, & Sanchez-Sanchez, 2008).

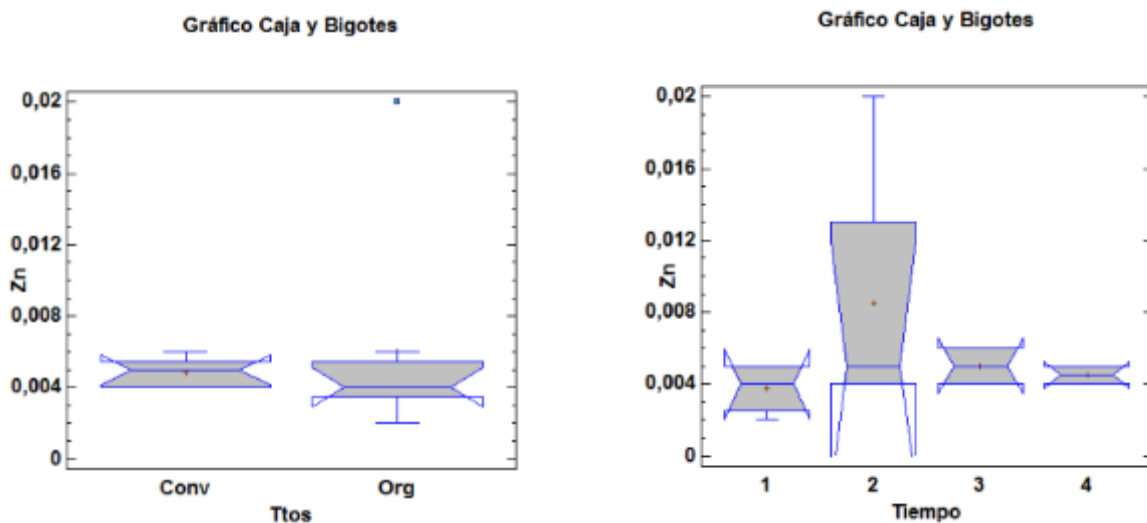


Figura 26. Diagrama de caja y bigotes de los tratamientos y el tiempo para el Zinc.

El Zinc se encuentra en bajas cantidades en la lechuga, por lo que la magnitud de los datos obtenidos fue muy pequeña y las variaciones entre tratamientos y tiempo fueron mínimas, obteniendo en ambos casos un valor-p menor a 0,05. Estos resultados se hallan en la Tabla 16 y la Figura 26. El Zinc es importante para la elongación del tallo, es utilizado para formación de clorofila, carbohidratos y en la síntesis de ciertas proteínas y se encuentra altamente concentrado en la raíz, y en el actual experimento solo se tomaron muestras foliares (Marego, 2009).

Al no encontrar diferencias significativas entre los tratamientos se realizó un análisis para cada nutriente utilizando como único factor el tipo de fertilización en cada tiempo, pero se obtuvo un valor de cero para los residuales de cada uno de estos por lo que el valor p no podía ser calculado.

10.2.3. Curvas de absorción de nutrientes

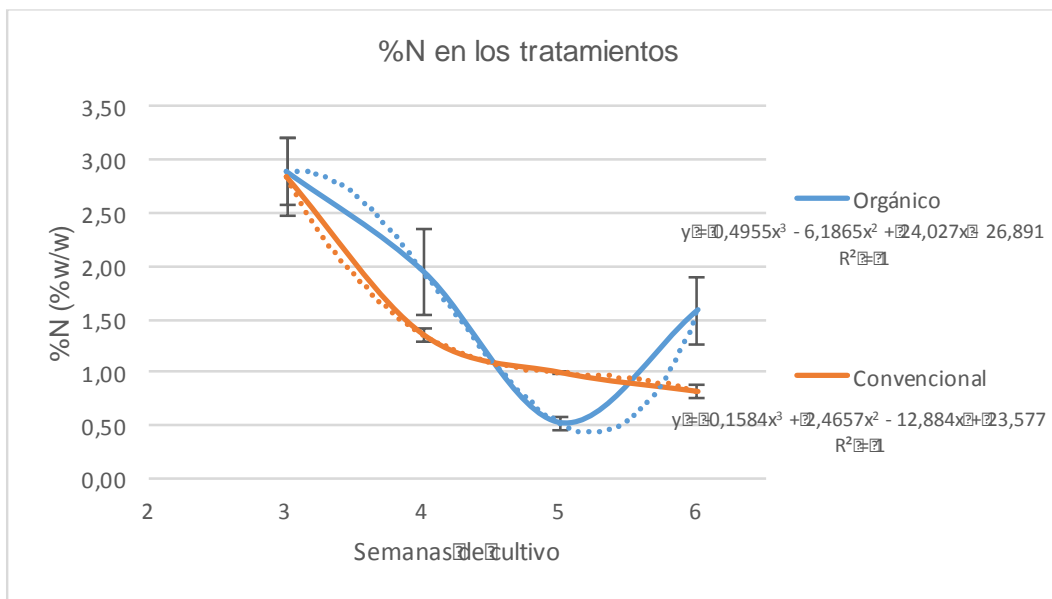


Figura 27. Curvas de absorción de Nitrógeno para los tratamientos orgánico y convencional.

La actividad biológica del suelo impacta en la absorción del Nitrógeno en las lechugas, esto se da porque las bacterias y hongos permiten transformar el amonio (NH_4^+) a la forma soluble del Nitrógeno, el nitrato (NO_3^-) con la finalidad de que la planta lo pueda asimilar. Los procesos biológicos se desarrollan con mayor rendimiento en los suelos orgánicos ya que al evitar la erosión de estos y al promover prácticas que fomentan la vida en el mismo, se impulsa la absorción de este elemento en mayores cantidades para las lechugas tratadas bajo el programa de fertilización orgánica durante algunas etapas del cultivo y al momento de la cosecha (Iñon, 2002).

Los mayores porcentajes de Nitrógeno se dan en la primera etapa de medición con un valor de 2,89% para el cultivo orgánico y 2,84% para el convencional (Figura 22), a partir de ese momento el elemento empieza a decrecer. El Nitrógeno es absorbido en

abundancia en un inicio para formar las proteínas y enzimas necesarias para el crecimiento y vigor adecuado de la planta. La presencia del elemento en cantidades apropiadas se puede ver evidenciada en el registro fotográfico donde las lechugas orgánicas evolucionaron de forma más rápida y con un color más vivo a comparación de las convencionales que tuvieron un crecimiento paulatino y un color menos intenso.

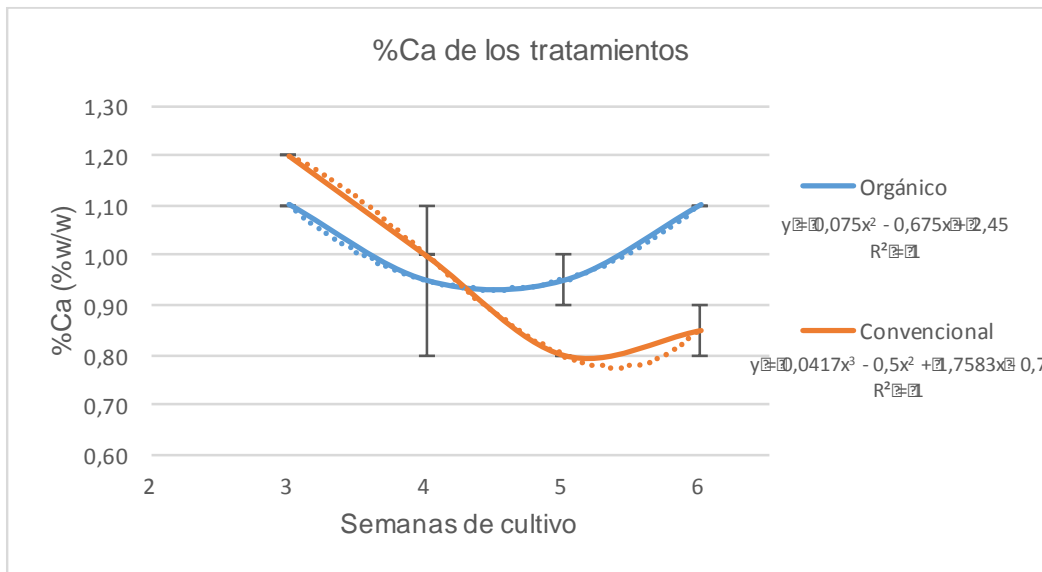


Figura 28. Curvas de absorción de Calcio para los tratamientos orgánico y convencional.

Las cantidades de Calcio en las lechugas orgánicas tuvieron pequeñas fluctuaciones en el tiempo, comenzando con un porcentaje de 1,1% y finalizando con el mismo valor; para el tratamiento convencional comenzó con mayores proporciones (1,2%) pero fue decayendo en el transcurso del cultivo, terminando en su tiempo de cosecha con un valor de 0,85%. La disminución de Calcio al final del período vegetativo provoca deterioro en el follaje en el ápice de las hojas, situación que fue evidenciada al momento de la cosecha, donde algunas hojas de ambos cultivos de lechugas tenían pequeños huecos con quemaduras en su contorno.

El Calcio permite consolidar las células y sostiene la estructura de los tejidos de las plantas, sin este no hay desarrollo de nuevo tejido de raíces ni brotes y se deterioran las hojas que se mantienen a lo largo del tiempo en la planta, responsables de los procesos fotosintéticos. Este mineral ayuda en los mecanismos de defensa de la planta frente a cambios de temperatura extrema, la protege además del ataque de agentes patógenos (Tarigo, Repetto, & Acosta, 2004).

Esto se observó en el cultivo convencional, en el que las hojas de las lechugas eran alargadas y sin una estructura firme a lo largo de su crecimiento; también en el momento de la cosecha se vio mayor desarrollo radicular y estabilidad en las hojas en las lechugas orgánicas. Con respecto al cultivo convencional también cabe anotar que requería grandes cantidades de agua, y la suministrada no le era suficiente por lo que es probable que inhibiera el movimiento de Calcio a través de la planta.

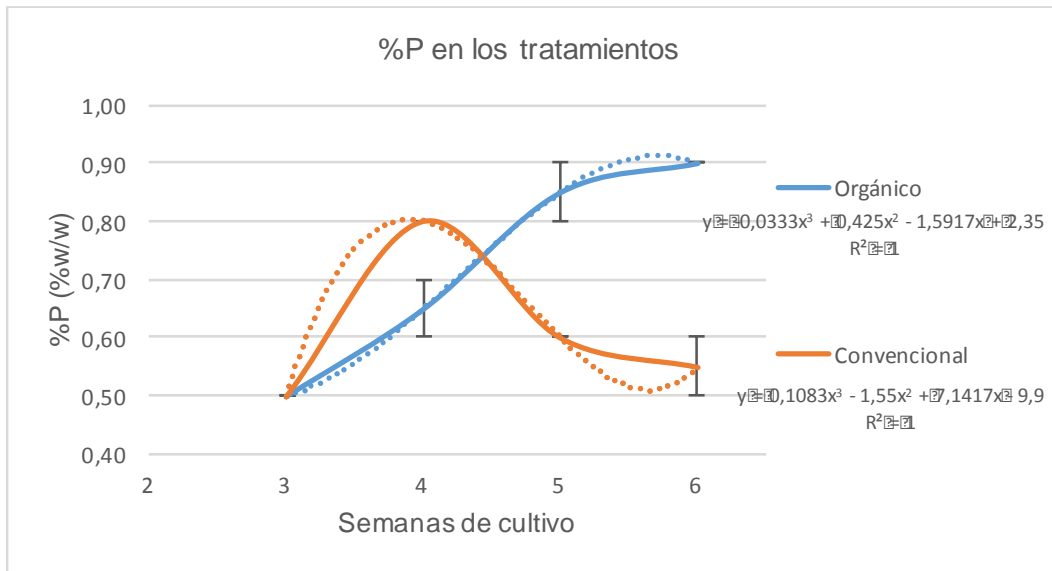


Figura 29. Curvas de absorción de Fósforo para los tratamientos orgánico y convencional.

El Fósforo presenta picos de absorción debido a su lenta asimilación, requiriendo alrededor de 10 días a partir del trasplante para que el 50% sea tomado por la planta. La baja concentración de fósforo en la primera semana de medición también puede deberse al efecto esterilizante en el suelo que produjo la aplicación de pesticidas que tuvo lugar en ese momento.

En la Figura 24 se ilustra como la absorción de este nutriente comienza siendo la misma para ambos cultivos (0,5%) y luego en la semana 5 se torna inversamente proporcional, aumentando la concentración de Fósforo (0,9%) en las lechugas orgánicas y disminuyendo para las convencionales (0,45%).

El Fósforo absorbido por el cultivo proviene de fertilizantes edáficos, este es retenido en la raíz y de manera paulatina va transportándose hacia las partes superiores de las plantas donde está disponible para formar ácidos nucleicos, fosfolípidos y enzimas, útiles para el transporte de energía en la planta (Archila P., Contreras N., Pinzon, & Laverde P., 1997).

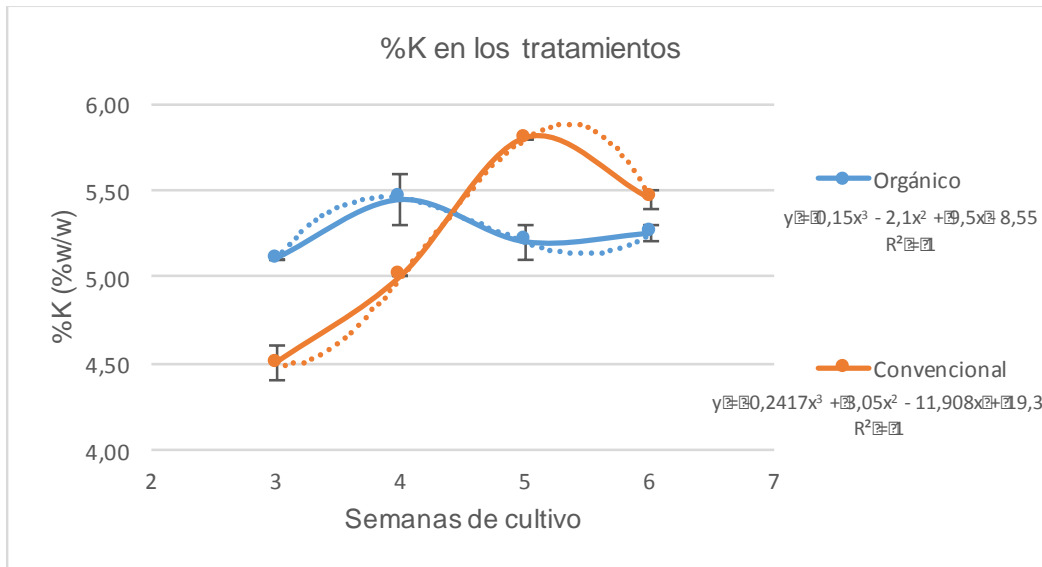


Figura 30. Curvas de absorción de Potasio para los tratamientos orgánico y convencional.

El Potasio es el mineral que se encuentra en mayores proporciones en la lechuga, capaz de influenciar la productividad del cultivo. Este elemento no es muy requerido en las primeras etapas de crecimiento; sin embargo, luego la absorción se incrementa hasta alcanzar su máximo pico en la semana 4 y 5 para el cultivo orgánico y convencional respectivamente. Al aumentar la cantidad de Potasio, las plantas aumentan su capacidad para retener agua volviéndolas más turgentes (mayor presión osmótica en las células). En la Figura 25 la composición de Potasio del cultivo convencional tiene una tendencia a disminuir más allá de su tiempo de cosecha y el cultivo orgánico a aumentar, esto puede contribuir a que las lechugas cosechadas si se les deja 1 o 2 semanas más tengan composiciones del nutriente que ayuden a mejorar la calidad de la cosecha y a tener un mejor sabor. Además, el contenido apto de Potasio en la planta, puede mejorar la vida útil de la lechuga en la poscosecha.

La disponibilidad del nutriente en el cultivo tiene una tendencia constante, ya que el rango de composición para las lechugas orgánicas está entre 5% y 5,5%; para las convencionales hay una disponibilidad marcada durante la semana 5 del cultivo que puede ser producto del tipo de fertilización implementada (Vega Villalobos & Salas Camacho, 2012).

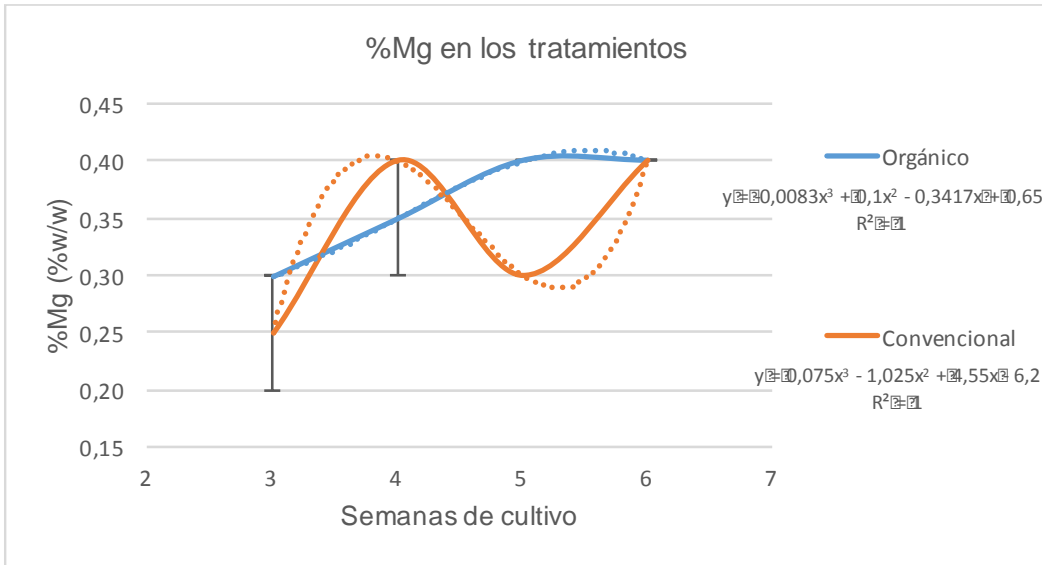


Figura 31. Curvas de absorción de Magnesio para los tratamientos orgánico y convencional.

El Magnesio se encarga de capturar la energía suplida por el proceso fotosintético lo que le permite desarrollar la clorofila. A lo largo del registro fotográfico se muestran los cambios de tonalidad que sufrieron ambos cultivos; en el cultivo orgánico se vio un aumento en su coloración en el transcurso de las semanas llegando a un punto donde se estabilizaba, esto se evidencia en la Figura 26 donde el Magnesio tomó un valor inicial de 0,3% y alcanzó un valor de 0,4%. En el cultivo convencional las lechugas fueron decolorándose con relación al tiempo, generando una curva inestable con picos de Magnesio en el tiempo 4 (0,4%) y en el 5 (0,3%), mostrando inestabilidad en el color de la planta. La inestabilidad del mineral en el cultivo convencional puede ser causada porque el Magnesio al ser un elemento móvil en el suelo puede ser lixiviado debido a la polaridad de los fertilizantes químicos en presencia de agua (Holwerda, 2006).

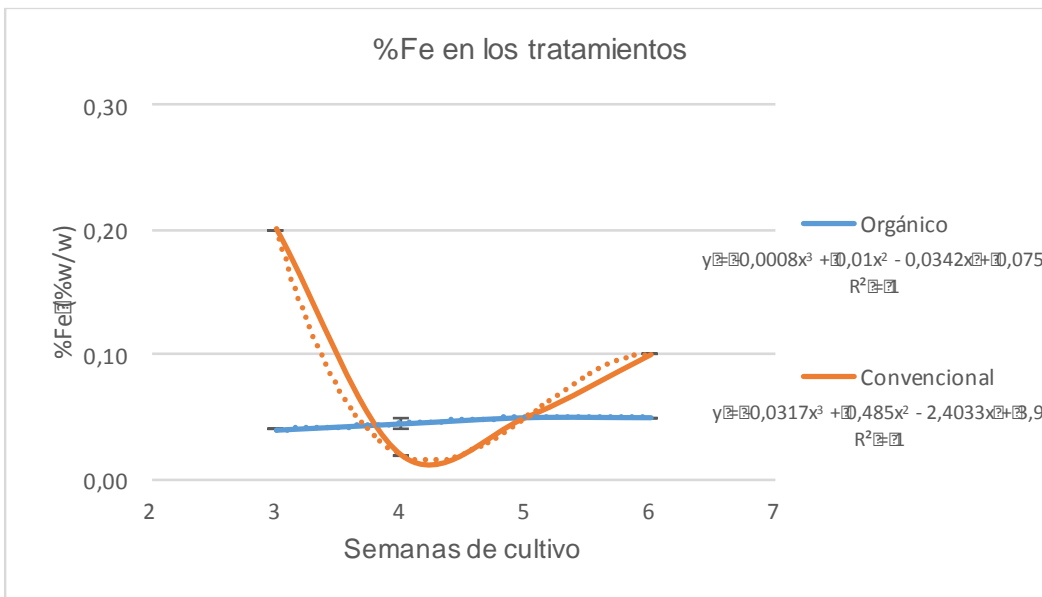


Figura 32. Curvas de absorción de Hierro para los tratamientos orgánico y convencional.

La absorción de Hierro depende de los mecanismos que tenga cada tipo de planta para asimilarlo, puesto que, aunque la corteza terrestre tiene un contenido importante del elemento, este no es soluble en el suelo y por lo tanto no es de fácil captación para la planta; esto explica las pequeñas cantidades de Hierro en ambos tratamientos mostradas en la Figura 27.

Las lechugas convencionales provienen de un mismo patrón de semilla, lo que hace no se diversifiquen genéticamente y todas tengan un comportamiento similar en su crecimiento; en el caso de las orgánicas, existen mayores diferencias genéticas entre ellas causando variación en los mecanismos de absorción de Hierro y provocando deficiencias.

Al observar que la cantidad de Fósforo es mayor en las lechugas orgánicas, se puede deducir que la cantidad disponible en el suelo era mayor; esto es un factor que promueve la escasez de este nutriente en este tipo de cultivo (Holwerda, 2006).

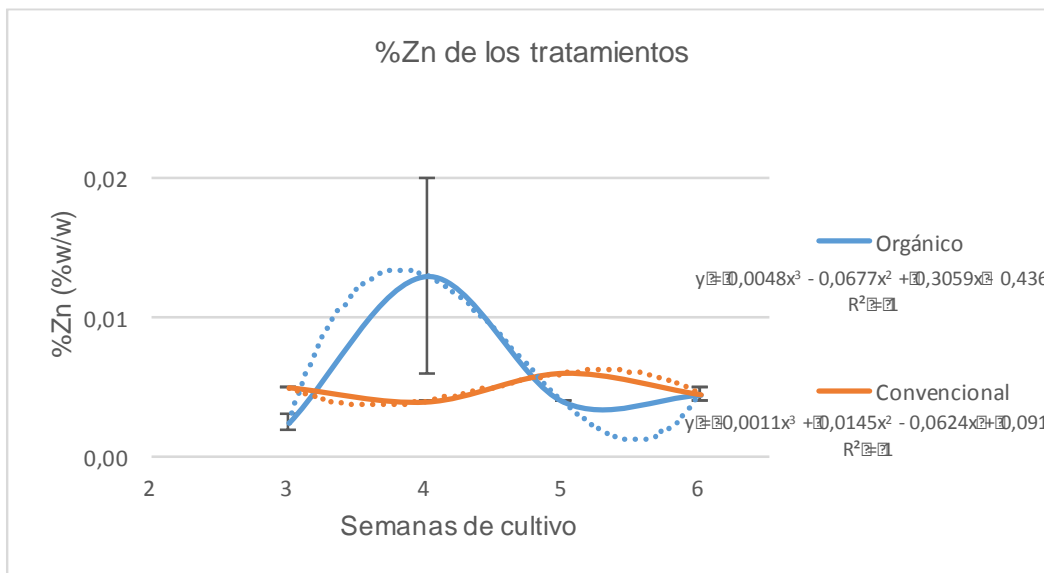


Figura 33. Curvas de absorción de Zinc para los tratamientos orgánico y convencional.

El Zinc se encuentra en pequeñas proporciones en la planta, como se muestra en la Figura 28, en la que la composición oscila entre 0,0025% y 0,013%, alcanzando un pico (0,013%) en el tiempo 4 para el cultivo orgánico y mostrando cierta estabilidad para el cultivo convencional (0,004%-0,006%).

Este nutriente es suministrado a la planta de forma foliar como causa de su deficiencia en el suelo; es muy importante para reacciones enzimáticas, procesos fotosintéticos, transporte de electrones e interviene en el crecimiento vegetal, promoviendo brotes nuevos.

Se puede observar como las gráficas de las Figuras 24 y 28 se comportan de forma inversamente proporcional. Al aumentar las concentraciones de fósforo en las dos últimas semanas, disminuye las concentraciones de Zinc en el cultivo orgánico (Holwerda, 2006).

11. CONCLUSIONES

- Para la medición de los macro y micronutrientes se estableció una metodología de cuantificación instrumental. El Nitrógeno se midió con el método del Kjeldahl ajustado a las condiciones del experimento, haciendo uso de las herramientas e instalaciones proporcionadas por la Universidad EAFIT; el método utilizado puede ser replicado para muestras de origen vegetal ya que los resultados obtenidos fueron precisos y cercanos a los reportados en la bibliografía.
- En el desarrollo del cultivo se observó que el crecimiento y la vigorosidad de las lechugas orgánicas se evidencian desde etapas tempranas con hojas más amplias que favorecían la formación del cogollo, además de su color verde intenso, que es un indicador de vigorosidad.
- Las lechugas convencionales tenían hojas largas que se alejaban del centro y tomaron más tiempo en aumentar su volumen, su color fue de un verde más pálido hasta evolucionar a un verde más intenso para el tiempo de cosecha, lo cual es indicador de su baja absorción de nutrientes a lo largo del cultivo,
- A pesar de que no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, cabe resaltar que la proveniencia de los minerales que conforman cada tipo de lechuga son de fuentes distintas. Para el orgánico los elementos que alimentan a la planta vienen de residuos animales, vegetales y fermentación de materia orgánica, mientras que las materias primas que conforman los fertilizantes químicos proceden de productos derivados del petróleo, gas natural, nafta y carbón.
- En las curvas de absorción de nutrientes se percibe una tendencia polinómica de grado 3 para la mayoría de estas.
- Aun cuando no se cumplió con la hipótesis propuesta inicialmente donde se asumió que los nutrientes iban concentrándose en la planta a lo largo del cultivo hasta el tiempo de cosecha, se observaron fluctuaciones a lo largo de este que van más acordes a la forma como la planta asimila cada uno de ellos. En algunos se presenta un decrecimiento en el tiempo, como lo es el caso del Nitrógeno y el Calcio. Estas fluctuaciones son más concurrentes en el cultivo convencional donde se presentan alteraciones en la planta que pueden llegar a desestabilizarla. Lo anterior puede generarse por la forma como se le suministra el alimento a la lechuga; en el cultivo convencional se le brindan dos dosis de fertilizante en su crecimiento, ella absorbe en inicio a su mayor capacidad, saturándose del nutriente en etapas específicas lo que puede ocasionar escasez en otras. Desde otro ángulo, a las orgánicas se les suministra el alimento de manera paulatina asegurando la disponibilidad de los nutrientes en las etapas que las que la planta lo requiera.

12. RECOMENDACIONES

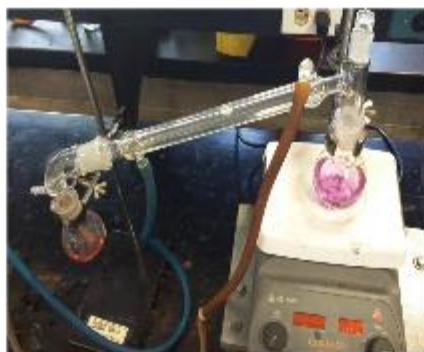
- La cuantificación del Potasio, Fósforo, Magnesio, Hierro, Calcio y Zinc se realizó bajo la metodología XRF en el laboratorio Alpha 1, siendo este un servicio externo prestado a la Universidad EAFIT; la magnitud de los resultados obtenidos fue similar a la proyectada, pero el análisis bromatológico podría ser una metodología más exacta para la medición de este tipo de muestras orgánicas, pues es la más empleada para analizar la composición elemental de los alimentos; esta metodología no fue utilizada debido a la falta de presupuesto del proyecto.
- El nivel de significancia para realizar el análisis estadístico fue de 0,05, lo que generaba mucha cercanía de los resultados obtenidos a dicho valor; se recomienda ajustar este valor según la densidad de los datos en una gráfica de distribución de medias. El p-valor se ajusta de acuerdo a la rigurosidad del experimento que se quiere analizar, en este caso no era necesario ser tan estricto ya que la variación entre datos es muy pequeña. Como consecuencia de seguir un alto rigor estadístico (reportando significancia solo para valores p inferiores a 0,05), en el análisis de este proyecto no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (convencional y orgánico); sin embargo, el factor tiempo influyó en las variables de respuesta Nitrógeno, Calcio y Magnesio. También se debe analizar las cifras significativas para cada uno de los resultados, ya que la magnitud es muy pequeña y debería tener más de estas. Al tener más decimales por cada dato se puede reconsiderar el cambio del valor p ya que aumentaría la precisión de estos.

13. ANEXOS

Anexo A: Etapas del método de Kjeldahl para la medición de Nitrógeno.



Digestión



Destilación



Titulación

Anexo B. Análisis del laboratorio Alpha 1 para el tiempo 1.



REPORTE DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X

Identificación : 1 REPLICA ORGANICA TIEMPO 1	Consecutivo muestra: EAF 20953
Tipo de muestra: COMPUESTO ORGANICO	Responsable del muestreo: CLIENTE
Procedencia : ORGANICA	Plan/Procedimiento muestra: NO PRESENTA
Cliente: UNIVERSIDAD EAFIT	Fecha Ingreso: 22/06/2016
Contacto: DANIELA SOTO MARTINEZ	Fecha Análisis: 26/06/2016
Dirección: CRA 49 # 7 SUR - 50	Fecha Informe: 28/06/2016
Ciudad: MEDELLIN - ANTIOQUIA	Solicitud Análisis: SAS830
Teléfono: (07-4)2619500 EXT. 9615 - 9642	Consecutivo Informe: 20953-RE-XXX
Método de análisis: PRT-GT-01 MDXRF-OMNIAN PASTILLA	Aplicación: 1.1 AQ 2016 27M

11-02-06 Versión 1 Página 1 de 1

VER OBSERVACIONES	
Elemento	Composición (%)
Na ₂ O	0.7
MgO	0.3
Al ₂ O ₃	0.10
SiO ₂	0.3
P ₂ O ₅	0.5
SO ₃	0.7
K ₂ O	5.1
CaO	1.1
ZnO	0.002
Fe ₂ O ₃	0.04
Cl	1.3
LOI	89.78

Observaciones:
 N.D. : NO detectable. LOI : (LOI) (MATERIA) Pérdida por ignición a 1000°C durante una hora.
 El análisis corresponde a un programa certificado. El resultado se reporta en base seca a 100°C.
 Este método de análisis no detecta presencia de elementos NO reportados en concentraciones menores a 100 ppm.
 Para la validez y la aplicación de resultados con fines comerciales, el laboratorio Beta se responsabiliza por la representatividad/trazabilidad de la muestra y los resultados al Plan y los procedimientos de nuestros referenciados.

Humedad de la muestra	0.27	%
Óxido Reductor Beta/Gama	NO PRESENTA	µtch
Cantidad de muestra recibida	7.5 gr	gramos
Calcular magnético	NO PRESENTA	

Revisó y aprobó Ing. Jairo Torres
 Gerente

Elaboró Juan Sebastian Betancourt
 Analista



REPORTE DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X

Identificación : 2 REPLICA ORGANICA TIEMPO 1	Consecutivo muestra: EAF 20954
Tipo de muestra: COMPUESTO ORGANICO	Responsable del muestreo: CLIENTE
Procedencia : ORGANICA	Plan/Procedimiento muestra: NO PRESENTA
Cliente: UNIVERSIDAD EAFIT	Fecha Ingreso: 22/06/2016
Contacto: DANIELA SOTO MARTINEZ	Fecha Análisis: 26/06/2016
Dirección: CRA 49 # 7 SUR - 50	Fecha Informe: 28/06/2016
Ciudad: MEDELLIN - ANTIOQUIA	Solicitud Análisis: SAS830
Teléfono: (07-4)2619500 EXT. 9613 - 9642	Consecutivo Informe: 20954-RE-XXX
Método de análisis: PRT-GT-01 MDXRF-OMNIAN PASTILLA	Aplicación: 1.1 AQ 2016 27M

11-02-06 Versión 1 Página 1 de 1

VER OBSERVACIONES	
Elemento	Composición (%)
Na ₂ O	0.7
MgO	0.3
Al ₂ O ₃	0.10
SiO ₂	0.3
P ₂ O ₅	0.5
SO ₃	0.7
K ₂ O	5.1
CaO	1.1
ZnO	0.003
Fe ₂ O ₃	0.04
Cl	1.3
LOI	89.78

Observaciones:
 N.D. : NO detectable. LOI : (LOI) (MATERIA) Pérdida por ignición a 1000°C durante una hora.
 El análisis corresponde a un programa certificado. El resultado se reporta en base seca a 100°C.
 Este método de análisis no detecta presencia de elementos NO reportados en concentraciones menores a 100 ppm.
 Para la validez y la aplicación de resultados con fines comerciales, el laboratorio Beta se responsabiliza por la representatividad/trazabilidad de la muestra y los resultados al Plan y los procedimientos de nuestros referenciados.

Humedad de la muestra	0.24	%
Óxido Reductor Beta/Gama	NO PRESENTA	µtch
Cantidad de muestra recibida	7.5 gr	gramos
Calcular magnético	NO PRESENTA	

Revisó y aprobó Ing. Jairo Torres
 Gerente

Elaboró Juan Sebastian Betancourt
 Analista

REPORTE DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X

Identificación : 1 REPLICA CONVENCIONAL TIEMPO 1	Consecutivo muestra: EAF 20951
Tipo de muestra: COMPUESTO ORGANICO	Responsable del muestreo: CLIENTE
Procedencia : ORGANICA	Plan/Procedimiento muestreo: NO PRESENTA
Cliente: UNIVERSIDAD EAFIT	Fecha Ingreso: 22/09/2016
Contacto: DANIELA SOTO MARTINEZ	Fecha Análisis: 23/09/2016
Dirección: CRA 49 # 7 SUR - 50	Fecha Informe: 23/09/2016
Ciudad: MEDELLIN - ANTIOQUIA	Solicitud Análisis: SAS830
Teléfono: (07-4)2619500 EXT. 9613 - 9642	Consecutivo Informe: 20951-RE 385
Método de análisis: PRT-GT-01 MOXRF-OMNIA PASTILLA	Aplicación: 1.1 AQ 2016.27H

11/2/16 Versión 1

Página 1 de 1

VER OBSERVACIONES	
Elemento	Composición (%)
Na ₂ O	0.3
MgO	0.2
Al ₂ O ₃	0.4
SiO ₂	0.5
P ₂ O ₅	0.5
SO ₃	0.9
K ₂ O	4.6
CaO	1.2
ZnO	0.005
Fe ₂ O ₃	0.2
Cl	1.2
LOI	89.78

Observaciones:
 4.3 : NO detectado (LOI : 100.00 OF 100.00) Pérdida por ignición a 1000°C durante una hora.
 El análisis corresponde a un programa semi-automático. El resultado se reporta en base seca a 100°C.
 Este método de análisis no detecta presencia de elementos NO reportados en concentraciones menores a 100 ppm.
 Para la validez o la aplicación de resultados con fines comerciales, el laboratorio tiene su responsabilidad por la representatividad, integridad de la muestra y los métodos de Plan y los procedimientos de muestreo referenciados.
 Cantidad de la muestra: 4.46 g
 Tipo de Reducción: Betancourt NO PRESENTA g/veh
 Cantidad de muestra recibida: 7.5 g gramos
 Caracter magnético: NO PRESENTA

Revisó y aprobó Ing. Jairo Torres
Gerente

Elaboró Juan Sebastian Betancourt
Analista

REPORTE DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X

Identificación : 2 REPLICA CONVENCIONAL TIEMPO 1	Consecutivo muestra: EAF 20952
Tipo de muestra: COMPUESTO ORGANICO	Responsable del muestreo: CLIENTE
Procedencia : ORGANICA	Plan/Procedimiento muestreo: NO PRESENTA
Cliente: UNIVERSIDAD EAFIT	Fecha Ingreso: 22/09/2016
Contacto: DANIELA SOTO MARTINEZ	Fecha Análisis: 23/09/2016
Dirección: CRA 49 # 7 SUR - 50	Fecha Informe: 23/09/2016
Ciudad: MEDELLIN - ANTIOQUIA	Solicitud Análisis: SAS830
Teléfono: (07-4)2619500 EXT. 9613 - 9642	Consecutivo Informe: 20952-RE 385
Método de análisis: PRT-GT-01 MOXRF-OMNIA PASTILLA	Aplicación: 1.1 AQ 2016.27H

11/2/16 Versión 1

Página 1 de 1

VER OBSERVACIONES	
Elemento	Composición (%)
Na ₂ O	0.4
MgO	0.3
Al ₂ O ₃	0.4
SiO ₂	0.5
P ₂ O ₅	0.5
SO ₃	0.9
K ₂ O	4.4
CaO	1.2
ZnO	0.005
Fe ₂ O ₃	0.2
Cl	1.3
LOI	89.78

Observaciones:
 4.3 : NO detectado (LOI : 100.00 OF 100.00) Pérdida por ignición a 1000°C durante una hora.
 El análisis corresponde a un programa semi-automático. El resultado se reporta en base seca a 100°C.
 Este método de análisis no detecta presencia de elementos NO reportados en concentraciones menores a 100 ppm.
 Para la validez o la aplicación de resultados con fines comerciales, el laboratorio tiene su responsabilidad por la representatividad, integridad de la muestra y los métodos de Plan y los procedimientos de muestreo referenciados.
 Cantidad de la muestra: 4.46 g
 Tipo de Reducción: Betancourt NO PRESENTA g/veh
 Cantidad de muestra recibida: 7.5 g gramos
 Caracter magnético: NO PRESENTA

Revisó y aprobó Ing. Jairo Torres
Gerente

Elaboró Juan Sebastian Betancourt
Analista

Anexo C. Análisis del laboratorio Alpha a 1 para el tiempo 2.



REPORTE DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X

Identificación: TIEMPO 2 NO ORGANICO 2 REPLICA	Consecutivo muestra: EAJ 20987
Tipo de muestra: COMPUESTO ORGANICO	Responsable del muestreo: CLIENTE
Procedencia: ORGANICA	Plan/Procedimiento muestreo: NO PRESENTA
Cliente: UNIVERSIDAD EAFIT	Fecha Ingreso: 29/06/2016
Contacto: DANIELA SOTO MARTINEZ	Fecha Analiza: 27/09/2016
Dirección: CUA 49 # 7 SUR - 50	Fecha Informe: 27/09/2016
Ciudad: MEDELLIN - ANTIOQUIA	Solicitud Analisis: SA5837
Teléfono: (07-4)2619500 EXT. 9613 - 9642	Consecutivo Informe: 20987-NE XRF
Método de análisis: PRT-GT-01 MODIF-OMNIAH PASTILLA	Aplicación: 1.1 Aq 2016 2TM

Fig. 01 Versión 3 Página 1 de 1

VER OBSERVACIONES

Elemento	Composición (%)
Na ₂ O	0.4
MgO	0.3
Al ₂ O ₃	0.13
SiO ₂	0.2
P ₂ O ₅	0.6
SO ₃	0.8
K ₂ O	5.6
CaO	0.8
ZnO	0.006
Fe ₂ O ₃	0.04
Cl	1.3
LOI	89.78

Observaciones:
 N.D.: NO detectado. LOI: (LOSS OF WEIGHT) Pérdida por ignición a 200°C durante una hora.
 El análisis corresponde a un programa ambiental. El resultado se reporta en base seca a 102°C.
 Esta técnica de análisis no detecta presencia de elementos NO reportados en concentraciones menores al 0.01 ppm.
 Para la validación y aplicación de resultados con fines comerciales, el laboratorio libera su responsabilidad por la representatividad, exactitud de la muestra y las variaciones al Plan y los procedimientos de muestreo referenciados.

Humedad de la muestra	7.30	%
Estado Radiación Beta/Gamma	NO PRESENTA	µS/h
Cantidad de muestra recibida	14 gr	gramos
Caracterización	NO PRESENTA	

Revisó y aprobó Ing. Jairo Torres
 Gerente

Elaboró Juan Sebastian Betancourt
 Analista



REPORTE DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X

Identificación: TIEMPO 2 NO ORGANICO 1 REPLICA	Consecutivo muestra: EAJ 20985
Tipo de muestra: COMPUESTO ORGANICO	Responsable del muestreo: CLIENTE
Procedencia: ORGANICA	Plan/Procedimiento muestreo: NO PRESENTA
Cliente: UNIVERSIDAD EAFIT	Fecha Ingreso: 29/06/2016
Contacto: DANIELA SOTO MARTINEZ	Fecha Analiza: 27/09/2016
Dirección: CUA 49 # 7 SUR - 50	Fecha Informe: 27/09/2016
Ciudad: MEDELLIN - ANTIOQUIA	Solicitud Analisis: SA5837
Teléfono: (07-4)2619500 EXT. 9613 - 9642	Consecutivo Informe: 20985-NE XRF
Método de análisis: PRT-GT-01 MODIF-OMNIAH PASTILLA	Aplicación: 1.1 Aq 2016 2TM

Fig. 02 Versión 2 Página 1 de 1

VER OBSERVACIONES

Elemento	Composición (%)
Na ₂ O	0.7
MgO	0.4
Al ₂ O ₃	0.04
SiO ₂	0.1
P ₂ O ₅	0.7
SO ₃	0.7
K ₂ O	5.3
CaO	1.1
ZnO	0.02
Fe ₂ O ₃	0.05
Cl	1.0
LOI	89.78

Observaciones:
 N.D.: NO detectado. LOI: (LOSS OF WEIGHT) Pérdida por ignición a 200°C durante una hora.
 El análisis corresponde a un programa ambiental. El resultado se reporta en base seca a 110°C.
 Esta técnica de análisis no detecta presencia de elementos NO reportados en concentraciones menores al 0.01 ppm.
 Para la validación y aplicación de resultados con fines comerciales, el laboratorio libera su responsabilidad por la representatividad, exactitud de la muestra y las variaciones al Plan y los procedimientos de muestreo referenciados.

Humedad de la muestra	7.67	%
Estado Radiación Beta/Gamma	NO PRESENTA	µS/h
Cantidad de muestra recibida	14 gr	gramos
Caracterización	NO PRESENTA	

Revisó y aprobó Ing. Jairo Torres
 Gerente

Elaboró Juan Sebastian Betancourt
 Analista



REPORTE DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X

Identificación : TIEMPO 2 HO QUIMICO 1 REPLICA
 Tipo de muestra: COMPUESTO ORGANICO
 Procedencia : ORGANICA

Cliente: UNIVERSIDAD EAFIT
 Contacto: DANIELA SOTO MARTINEZ
 Dirección: CRA 49 # 7 SUR - 50
 Ciudad: MODELLIN - ANTIQUIA
 Teléfonos: (07-4)2619500 EXT. 9613 - 9642
 Método de análisis: PRT-GT-01 WDRF-ORNIAN PASTILLA

Consecutivo muestra: **EAF 20986**
 Responsable del muestreo: CLIENTE
 Plan/Procedimiento muestreo: NO PRESENTA
 Fecha Ingreso: 29/09/2016
 Fecha Análisis: 27/09/2016
 Fecha Informe: 27/09/2016

Solicitud Análisis: **SAS837**
 Consecutivo Informe: **20986-RE XRF**
 Aplicación: 1.1 NQ 2016 27M

1742-0 Versión 1

Página 1 de 1

VER OBSERVACIONES

Elemento	Composición (%)
Na ₂ O	0.8
HgO	0.4
Al ₂ O ₃	0.04
SiO ₂	0.2
P ₂ O ₅	0.8
SO ₃	0.8
K ₂ O	5.0
CaO	1.0
ZnO	0.004
Fe ₂ O ₃	0.02
Cl	1.0
LOI	89.78

Observaciones:

N.D. : NO detectado. (D) : (DIFÍCIL IDENTIFICAR) Método por ignición a 1000°C durante una hora.
 El análisis corresponde a un programa semi-cuantitativo. El resultado se reporta en base seca a 100°C.
 Esta técnica de análisis no detecta presencia de elementos NO reportados en concentraciones menores a 0.05 ppm.
 Para la validez o la aplicación de resultados con fines comerciales, el laboratorio libera su responsabilidad por la representatividad/fiabilidad de la muestra y los resultados al Plan y los procedimientos de muestreo establecidos.

Revisó y aprobó Ing. Jairo Torres
Gerente

Humedad de la muestra	5.13	%
Índice Refracción Bragg/Sumas	NO PRESENTA	µm/h
Cantidad de muestra recibida	14 gr	gramos
Carácter magnético	NO PRESENTA	

Elaboró Juan Sebastian Betancourt
Analista



REPORTE DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X

Identificación : TIEMPO 2 HO QUIMICO 2 REPLICA
 Tipo de muestra: COMPUESTO ORGANICO
 Procedencia : ORGANICA

Cliente: UNIVERSIDAD EAFIT
 Contacto: DANIELA SOTO MARTINEZ
 Dirección: CRA 49 # 7 SUR - 50
 Ciudad: MODELLIN - ANTIQUIA
 Teléfonos: (07-4)2619500 EXT. 9613 - 9642
 Método de análisis: PRT-GT-01 WDRF-ORNIAN PASTILLA

Consecutivo muestra: **EAF 20984**
 Responsable del muestreo: CLIENTE
 Plan/Procedimiento muestreo: NO PRESENTA
 Fecha Ingreso: 29/09/2016
 Fecha Análisis: 27/09/2016
 Fecha Informe: 27/09/2016

Solicitud Análisis: **SAS837**
 Consecutivo Informe: **20984-RE XRF**
 Aplicación: 1.1 NQ 2016 27M

1742-0 Versión 1

Página 1 de 1

VER OBSERVACIONES

Elemento	Composición (%)
Na ₂ O	0.5
HgO	0.4
Al ₂ O ₃	0.1
SiO ₂	0.3
P ₂ O ₅	0.6
SO ₃	0.8
K ₂ O	5.4
CaO	0.8
ZnO	0.005
Fe ₂ O ₃	0.04
Cl	1.2
LOI	89.78

Observaciones:

N.D. : NO detectado. (D) : (DIFÍCIL IDENTIFICAR) Método por ignición a 1000°C durante una hora.
 El análisis corresponde a un programa semi-cuantitativo. El resultado se reporta en base seca a 100°C.
 Esta técnica de análisis no detecta presencia de elementos NO reportados en concentraciones menores a 0.05 ppm.
 Para la validez o la aplicación de resultados con fines comerciales, el laboratorio libera su responsabilidad por la representatividad/fiabilidad de la muestra y los resultados al Plan y los procedimientos de muestreo establecidos.

Revisó y aprobó Ing. Jairo Torres
Gerente

Humedad de la muestra	5.17	%
Índice Refracción Bragg/Sumas	NO PRESENTA	µm/h
Cantidad de muestra recibida	14 gr	gramos
Carácter magnético	NO PRESENTA	

Elaboró Juan Sebastian Betancourt
Analista

Anexo D. Análisis del laboratorio Alpha a 1 para el tiempo 3.



REPORTE DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X

Identificación : 1 ORGANICO TIEMPO 3	Consecutivo muestra: EAF 21034
Tipo de muestra: COMUESTO ORGANICO	Responsable del muestreo: CLIENTE
Procedencia : ORGANICA	Plan/Procedimiento muestreo: NO PRESENTA
Cliente: UNIVERSIDAD EAFIT	Fecha Ingreso: 13/09/2016
Contacto: DANIELA SOTO MARTINEZ	Fecha Análisis: 19/09/2016
Dirección: CRA 48 # 7 SUR - 50	Fecha Informe: 19/09/2016
Ciudad: MEDELLIN - ANTOQUIA	Solicitud Análisis: SAS051
Teléfono: (07-4)2619500 EXT. 9613 - 9642	Consecutivo Informe: 21034-RE XRF
Método de análisis: PRT-GT-01 MCAFF-OMNIAN PASTILLA	Aplicación: 1.1 AQ 2016 ZYM

VER OBSERVACIONES

Elemento	Composición (%)
Na ₂ O	0.5
MgO	0.4
Ni ₂ O ₃	< 0.05
SiO ₂	0.2
P ₂ O ₅	0.8
SO ₃	0.7
K ₂ O	5.1
CaO	1.0
ZnO	0.004
Fe ₂ O ₃	< 0.05
Cl	1.3
LOI	89.78

Observaciones:
 M.D. - Método de análisis: LDI - (000) CP 894736. Método por ignición a 1000°C durante una hora.
 El análisis corresponde a un programa analítico. El resultado se reporta en base seca a 100°C.
 Este método de análisis no detecta presencia de elementos NO reportados en concentraciones menores a 100 ppm.
 Para la validez y la aplicación de resultados con fines comerciales, el laboratorio tiene su responsabilidad por la representatividad y fiabilidad de la muestra y los resultados al Plan y los procedimientos de muestreo informados.
 Cantidad de la muestra: 0.22 g %
 Tipo de muestra: (Sólido/Líquido) NO PRESENTA g/lech
 Cantidad de muestra recibida: 15 g gramos
 Caracter magnético: NO PRESENTA

Revisó y aprobó Ing. Jaime Torres
 Gerente
 CESORD JOAN SERRANO SERRANO
 Analista



REPORTE DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X

Identificación : 2 ORGANICO TIEMPO 3	Consecutivo muestra: EAF 21033
Tipo de muestra: COMUESTO ORGANICO	Responsable del muestreo: CLIENTE
Procedencia : ORGANICA	Plan/Procedimiento muestreo: NO PRESENTA
Cliente: UNIVERSIDAD EAFIT	Fecha Ingreso: 13/09/2016
Contacto: DANIELA SOTO MARTINEZ	Fecha Análisis: 19/09/2016
Dirección: CRA 48 # 7 SUR - 50	Fecha Informe: 19/09/2016
Ciudad: MEDELLIN - ANTOQUIA	Solicitud Análisis: SAS051
Teléfono: (07-4)2619500 EXT. 9613 - 9642	Consecutivo Informe: 21033-RE XRF
Método de análisis: PRT-GT-01 MCAFF-OMNIAN PASTILLA	Aplicación: 1.1 AQ 2016 ZYM

VER OBSERVACIONES

Elemento	Composición (%)
Na ₂ O	0.6
MgO	0.4
Ni ₂ O ₃	< 0.1
SiO ₂	0.2
P ₂ O ₅	0.9
SO ₃	0.6
K ₂ O	5.3
CaO	0.9
ZnO	0.004
Fe ₂ O ₃	< 0.05
Cl	1.2
LOI	89.78

Observaciones:
 M.D. - Método de análisis: LDI - (000) CP 894736. Método por ignición a 1000°C durante una hora.
 El análisis corresponde a un programa analítico. El resultado se reporta en base seca a 100°C.
 Este método de análisis no detecta presencia de elementos NO reportados en concentraciones menores a 100 ppm.
 Para la validez y la aplicación de resultados con fines comerciales, el laboratorio tiene su responsabilidad por la representatividad y fiabilidad de la muestra y los resultados al Plan y los procedimientos de muestreo informados.
 Cantidad de la muestra: 7.66 g %
 Tipo de muestra: (Sólido/Líquido) NO PRESENTA g/lech
 Cantidad de muestra recibida: 15 g gramos
 Caracter magnético: NO PRESENTA

Revisó y aprobó Ing. Jaime Torres
 Gerente
 CESORD JOAN SERRANO SERRANO
 Analista

REPORTE DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X

Identificación: 1 QUIMICO TIEMPO 3	Consecutivo muestra: EAF 21006
Tipo de muestra: COMPUESTO ORGANICO	Responsable del muestreo: CLIENTE
Procedencia: ORGANICA	Plan/Procedimiento muestreo: NO PRESENTA
Cliente: UNIVERSIDAD EAFIT	Fecha Ingreso: 13/09/2016
Contacto: DANIELA SOTO MARTINEZ	Fecha Análisis: 19/09/2016
Dirección: CRA 49 # 7 SUR - 50	Fecha Informe: 19/09/2016
Ciudad: MEDELLIN - ANTIOQUIA	Solicitud Análisis: SAS951
Teléfono: (07-4)2619500 EXT. 9613 - 9642	Consecutivo Informe: 21006-RE XRF
Método de análisis: PRT-01-01 WDRF-OPMAN PASTILLA	Aplicación: 1.1 Aq 2016 ZTN

PR-01 Versión 1

Página 1 de 1

VER OBSERVACIONES

Elemento	Composición (%)
Na ₂ O	0.2
MgO	0.3
Al ₂ O ₃	0.2
SiO ₂	0.3
P ₂ O ₅	0.6
SO ₃	0.8
K ₂ O	5.8
CaO	0.8
ZnO	0.006
Fe ₂ O ₃	< 0.05
Cl	1.0
LOI	89.78

Observaciones:
 N.D. : NO Detectable LOI : LOSS ON IGNITION Pesado por ignición a 500°C durante 1 hora.
 El análisis corresponde a un programa semi-cuantitativo. El resultado se reporta en base seca a 100°C.
 Este método de análisis no asegura presencia de elementos NO reportados en concentraciones menores a 100 ppm.
 Para la validez de la aplicación de resultados con fines comerciales, el laboratorio libera su responsabilidad por la representatividad y exactitud de la muestra y/o sobre el Plan y los procedimientos de muestreo referenciados.

Quantidad de la muestra	7.05	g
Estado Reducción (Bata/Garra)	NO PRESENTA	g/oth
Cantidad de muestra recibida	15 g	gramos
Carácter magnético	NO PRESENTA	

Revisó y aprobó Ing. Jairo Torres
 Gerente

Elaboró Juan Sebastian Belancourt
 Analista

REPORTE DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X

Identificación: 2 QUIMICO TIEMPO 3	Consecutivo muestra: EAF 21005
Tipo de muestra: COMPUESTO ORGANICO	Responsable del muestreo: CLIENTE
Procedencia: ORGANICA	Plan/Procedimiento muestreo: NO PRESENTA
Cliente: UNIVERSIDAD EAFIT	Fecha Ingreso: 13/09/2016
Contacto: DANIELA SOTO MARTINEZ	Fecha Análisis: 19/09/2016
Dirección: CRA 49 # 7 SUR - 50	Fecha Informe: 19/09/2016
Ciudad: MEDELLIN - ANTIOQUIA	Solicitud Análisis: SAS951
Teléfono: (07-4)2619500 EXT. 9613 - 9642	Consecutivo Informe: 21005-RE XRF
Método de análisis: PRT-01-01 WDRF-OPMAN PASTILLA	Aplicación: 1.1 Aq 2016 ZTN

PR-01 Versión 1

Página 1 de 1

VER OBSERVACIONES

Elemento	Composición (%)
Na ₂ O	0.3
MgO	0.3
Al ₂ O ₃	0.2
SiO ₂	0.3
P ₂ O ₅	0.6
SO ₃	0.9
K ₂ O	5.8
CaO	0.8
ZnO	0.006
Fe ₂ O ₃	< 0.05
Cl	1.0
LOI	89.78

Observaciones:
 N.D. : NO Detectable LOI : LOSS ON IGNITION Pesado por ignición a 500°C durante 1 hora.
 El análisis corresponde a un programa semi-cuantitativo. El resultado se reporta en base seca a 100°C.
 Este método de análisis no asegura presencia de elementos NO reportados en concentraciones menores a 100 ppm.
 Para la validez de la aplicación de resultados con fines comerciales, el laboratorio libera su responsabilidad por la representatividad y exactitud de la muestra y/o sobre el Plan y los procedimientos de muestreo referenciados.

Quantidad de la muestra	7.08	g
Estado Reducción (Bata/Garra)	NO PRESENTA	g/oth
Cantidad de muestra recibida	15 g	gramos
Carácter magnético	NO PRESENTA	

Revisó y aprobó Ing. Jairo Torres
 Gerente

Elaboró Juan Sebastian Belancourt
 Analista

Anexo F. Análisis del laboratorio Alpha a 1 para el tiempo 4.



REPORTE DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X

Identificación : 1 QUÍMICO TIEMPO 4	Consecutivo muestra: EAF 21047
Tipo de muestra: COMPUESTO ORGÁNICO	Responsable del muestreo: CLIENTE
Procedencia : ORGÁNICA	Plan/Procedimiento muestreo: NO PRESENTA
Cliente: UNIVERSIDAD EAFIT	Fecha Ingreso: 21/09/2016
Contacto: DANIELA SOTO MARTINEZ	Fecha Análisis: 26/09/2016
Dirección: CRA 49 # 7 SUR - 50	Fecha Informe: 26/09/2016
Ciudad: MEDELLIN - ANTIOQUIA	Solicitud Análisis: SAS858
Teléfono: (07-4)2619500 EXT. 9613 - 9642	Consecutivo Informe: 21047-RE XRF
Método de análisis: PRT-GT-01 WDXRF-ORNIAN PASTILLA	Aplicación: 1.1 AQ 2016 27M

VER OBSERVACIONES

Elemento	Composición (%)
Na ₂ O	0.1
MgO	0.4
Al ₂ O ₃	0.4
SiO ₂	0.7
P ₂ O ₅	0.5
SO ₃	0.9
K ₂ O	5.4
CaO	0.9
ZnO	0.005
Fe ₂ O ₃	0.1
Cl	0.7
LOI	89.78

Observaciones:
 N.D.: NO detectado. LOI: (LOSS OF WEIGHT) Pérdida por ignición a 1000°C durante una hora.
 El análisis corresponde a un programa semicuantitativo. El resultado se reporta en base seca a 100°C.
 Esta técnica de análisis no detecta presencia de elementos NO reportados en concentraciones menores a 0.005 ppm.
 Para la validación y la aplicación de resultados con fines comerciales, el laboratorio tiene su responsabilidad por la representatividad, exactitud de la muestra y los métodos de Plan y los procedimientos de muestreo referenciados.
 Humedad de la muestra: 36.00 %
 Escala Reducción: Beta/Siemens NO PRESENTA µV/h
 Cantidad de muestra recibida: 15.00 gr. gramos
 Caracter magnético: NO PRESENTA

Revisó y aprobó Ing. Jaime Torres
 Gerente
 Claudio Juan Sebastian Delacourt
 Analista



REPORTE DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X

Identificación : 1 ORGÁNICO TIEMPO 4	Consecutivo muestra: EAF 21050
Tipo de muestra: COMPUESTO ORGÁNICO	Responsable del muestreo: CLIENTE
Procedencia : ORGÁNICA	Plan/Procedimiento muestreo: NO PRESENTA
Cliente: UNIVERSIDAD EAFIT	Fecha Ingreso: 21/09/2016
Contacto: DANIELA SOTO MARTINEZ	Fecha Análisis: 26/09/2016
Dirección: CRA 49 # 7 SUR - 50	Fecha Informe: 26/09/2016
Ciudad: MEDELLIN - ANTIOQUIA	Solicitud Análisis: SAS858
Teléfono: (07-4)2619500 EXT. 9613 - 9642	Consecutivo Informe: 21050-RE XRF
Método de análisis: PRT-GT-01 WDXRF-ORNIAN PASTILLA	Aplicación: 1.1 AQ 2016 27M

VER OBSERVACIONES

Elemento	Composición (%)
Na ₂ O	0.5
MgO	0.4
Al ₂ O ₃	0.05
SiO ₂	0.2
P ₂ O ₅	0.9
SO ₃	0.7
K ₂ O	5.3
CaO	1.1
ZnO	0.005
Fe ₂ O ₃	< 0.05
Cl	1.0
LOI	89.78

Observaciones:
 N.D.: NO detectado. LOI: (LOSS OF WEIGHT) Pérdida por ignición a 1000°C durante una hora.
 El análisis corresponde a un programa semicuantitativo. El resultado se reporta en base seca a 100°C.
 Esta técnica de análisis no detecta presencia de elementos NO reportados en concentraciones menores a 0.005 ppm.
 Para la validación y la aplicación de resultados con fines comerciales, el laboratorio tiene su responsabilidad por la representatividad, exactitud de la muestra y los métodos de Plan y los procedimientos de muestreo referenciados.
 Humedad de la muestra: 4.10 %
 Escala Reducción: Beta/Siemens NO PRESENTA µV/h
 Cantidad de muestra recibida: 15.00 gr. gramos
 Caracter magnético: NO PRESENTA

Revisó y aprobó Ing. Jaime Torres
 Gerente
 Claudio Juan Sebastian Delacourt
 Analista

REPORTE DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X

Identificación : 2 ORGANICO TIEMPO 4	Consecutivo muestra: EAF 21049
Tipo de muestra: COMPUESTO ORGANICO	Responsable del muestreo: CLIENTE
Procedencia : ORGANICA	Plan/Procedimiento muestreo: NO PRESENTA
Cliente: UNIVERSIDAD EAFIT	Fecha Ingreso: 21/09/2016
Contacto: DANIELA SOTO MARTINEZ	Fecha Análisis: 26/09/2016
Dirección: CRA 49 # 7 SUR - 50	Fecha Informe: 26/09/2016
Ciudad: MEDELLIN - ANTIOQUIA	Solicitud Análisis: SAS558
Teléfono: (07-4)2619500 EXT. 9613 - 9642	Consecutivo Informe: 21049-RE-88F
Método de análisis: PET-GT-01 MDRF-OMNIVAN PASTILLA	Aplicación: 1.1 AQ 2016 27H

17.03.05 Versión 1

Página 1 de 1

VER OBSERVACIONES

Elemento	Composición (%)
Na ₂ O	0.5
MgO	0.4
N ₂ O ₃	0.08
SiO ₂	0.2
P ₂ O ₅	0.9
SO ₃	0.8
K ₂ O	5.2
CaO	1.1
ZnO	0.004
Fe ₂ O ₃	< 0.05
Cl	1.0
LOI	89.78

Observaciones:
 N.D.: NO detectable LOI: (LOSS OF IONTON) Pérdida por ignición a 1000°C durante una hora
 El análisis corresponde a un programa semiautomático. El resultado se reporta en base seca a 100°C.
 Esta tabla de análisis se genera gracias a la presencia de elementos NO reportados en concentraciones menores a 0.05 ppm.
 Para la validez o la aplicación de resultados con fines comerciales, el laboratorio lleva su responsabilidad por la representatividad, exactitud de la muestra y los resultados. Para más detalles consulte el manual de instrucciones de muestreo referenciado.

Quantidad de la muestra	0.00	%
Estado Reducción Base/Asesna	NO PRESENTA	µVh
Cantidad de muestra recibida	11 gr	gramos
Calcular magnitud	NO PRESENTA	

Revisó y aprobó Ing. Jaime Torres
Gerente

Elaboró Juan Sebastian Betancourt
Analista

REPORTE DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X

Identificación : 2 QUIMICO TIEMPO 4	Consecutivo muestra: EAF 21048
Tipo de muestra: COMPUESTO ORGANICO	Responsable del muestreo: CLIENTE
Procedencia : ORGANICA	Plan/Procedimiento muestreo: NO PRESENTA
Cliente: UNIVERSIDAD EAFIT	Fecha Ingreso: 21/09/2016
Contacto: DANIELA SOTO MARTINEZ	Fecha Análisis: 26/09/2016
Dirección: CRA 49 # 7 SUR - 50	Fecha Informe: 26/09/2016
Ciudad: MEDELLIN - ANTIOQUIA	Solicitud Análisis: SAS558
Teléfono: (07-4)2619500 EXT. 9613 - 9642	Consecutivo Informe: 21048-RE-88F
Método de análisis: PET-GT-01 MDRF-OMNIVAN PASTILLA	Aplicación: 1.1 AQ 2016 27H

17.03.05 Versión 1

Página 1 de 1

VER OBSERVACIONES

Elemento	Composición (%)
Na ₂ O	0.1
MgO	0.4
N ₂ O ₃	0.4
SiO ₂	0.7
P ₂ O ₅	0.6
SO ₃	0.9
K ₂ O	5.5
CaO	0.8
ZnO	0.004
Fe ₂ O ₃	0.1
Cl	0.8
LOI	89.78

Observaciones:
 N.D.: NO detectable LOI: (LOSS OF IONTON) Pérdida por ignición a 1000°C durante una hora
 El análisis corresponde a un programa semiautomático. El resultado se reporta en base seca a 100°C.
 Esta tabla de análisis se genera gracias a la presencia de elementos NO reportados en concentraciones menores a 0.05 ppm.
 Para la validez o la aplicación de resultados con fines comerciales, el laboratorio lleva su responsabilidad por la representatividad, exactitud de la muestra y los resultados. Para más detalles consulte el manual de instrucciones de muestreo referenciado.

Quantidad de la muestra	4.73	%
Estado Reducción Base/Asesna	NO PRESENTA	µVh
Cantidad de muestra recibida	11 gr	gramos
Calcular magnitud	NO PRESENTA	

Revisó y aprobó Ing. Jaime Torres
Gerente

Elaboró Juan Sebastian Betancourt
Analista

14. BIBLIOGRAFIA

- Agricultura ecológica en Colombia. (2016). *Bioanantial*, 2016.
- Agricultures Network*. (Diciembre de 2007). Obtenido de http://www.agriculturesnetwork.org/magazines/latin-america/3-salud-y-agricultura-diciembre-2007/editorial/at_download/article_pdf
- Altieri, M. A. (2010). *datateca*. Recuperado el 2016, de Desiertos verdes: monocultivos y sus impactos sobre la biodiversidad: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358001/Monocultivos_e_impactos_biodiversidad.pdf
- Anjos, M., Lopes, R., Jesus, E., Simabuco, S., & Cesareo, R. (2001). Quantitative determination of metals in radish using x-ray fluorescence spectrometry. *Wiley InterScience*.
- Archila P., J. A., Contreras N., U. H., Pinzon, H., & Laverde P., H. (1997). Absorción de nutrientes en cuatro materiales de lechuga, *Lactuca Sativa L. Agronomía Colombiana, XIV*, 28-36.
- Barta, D., & Tibbits, T. (2001). *Ipni*. Obtenido de Localización del calcio y desarrollo del "Quemado de punta" en las hojas de lechuga durante los inicios del crecimiento foliar: [http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/\\$webindex/FFECB34B1632B14D06256ABF0059C87F/\\$file/Localizacion+del++calcio+y+desarrollo+del+Quemado+de+punta+e+n+las++hojas++de+lechuga+durante+los+inicios+del+crecimien+to+foliar.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/$webindex/FFECB34B1632B14D06256ABF0059C87F/$file/Localizacion+del++calcio+y+desarrollo+del+Quemado+de+punta+e+n+las++hojas++de+lechuga+durante+los+inicios+del+crecimien+to+foliar.pdf)
- Condiza, C. A. (1998). *Ministerio de Agricultura de Colombia*. Obtenido de Agricultura Sostenible: http://agronet.gov.co/www/docs_si2/20061127145142_Definicion%20de%20agricultura%20sostenible.pdf
- Departamento de agricultura FAO. (1997). *Depósito de documentos de la FAO- Producción y manejo de datos de composición química de alimentos en nutrición*. Obtenido de Análisis de minerales y elementos traza en alimentos: <http://www.fao.org/docrep/010/ah833s/AH833S22.htm>
- Departamento de Servicios Internos, R. H. (2005). *Agricultura y diálogo de culturas: Nuestro patrimonio común*. Roma.
- E. Margui, M. H. (09 de 2005). Multielemental fast analysis of vegetation samples by wavelength dispersive X-ray fluorescence spectrometry: Possibilities and drawbacks. *ElSevier*, 1363 – 1372.
- Ecología, M. B. (2006). *uvigo*. Obtenido de La agricultura ecológica: http://www.ciencias-marinas.uvigo.es/bibliografia_ambiental/agricultura_ecologica/Manual%20Agricultura%20Ecologica.pdf
- ecológica, M. B. (2006). *uvigo*. Obtenido de La agricultura ecológica: http://www.ciencias-marinas.uvigo.es/bibliografia_ambiental/agricultura_ecologica/Manual%20Agricultura%20Ecologica.pdf
- EcuRed*. (2015). Obtenido de http://www.ecured.cu/Agricultura_convencional#Evoluci.C3.B3n
- El Papel de la Agricultura*. (2006). Obtenido de <http://www.edualter.org/material/consumo/sucs1.htm>
- El Papel de la Agricultura*. (2009). Obtenido de <http://www.edualter.org/material/consumo/sucs1.htm>
- Elzakker, B. v., & Eyhorn, F. (2010). *La Guía de Negocios Orgánicos*. Alemania: IFOAM.
- FAO, A. I. (2002). *Los fertilizantes y su uso*. Roma.
- FAO. (1992). *Necesidades y Recursos*. Roma.

- FAO. (2002). *Dposito de documentos de la FAO*. Recuperado el 2016, de Agricultura orgánica y biodiversidad: <http://www.fao.org/docrep/005/y4137s/y4137s06.htmq>
- FAO. (2003). *RUTA*. Recuperado el 2016, de ¿Es la certificación algo para mi?: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/007/ad818s/ad818s00.pdf>
- FAO. (2004). *Los Mercados Mundiales de Frutas y Verduras Orgánicas*. Obtenido de Requisitos para producir y exportar productos orgánicos a los principales mercados: <http://www.fao.org/docrep/004/y1669s/y1669s04.htm>
- FAO. (2012). *Foro global sobre seguridad alimentaria y nutrición*. Obtenido de Vincular agricultura, sistemas alimentarios y nutrición: ¿Cuál es su punto de vista?: <http://www.fao.org/fsnforum/es/activities/discussions/linking-agriculture-nutrition>
- FAO. (2012). *Hacer que la agricultura trabaje para la nutrición: priorizar la acción, la investigación y el apoyo a nivel nacional*.
- FAO. (2013). *Sistemas alimentarios para una nutrición mejor*. Obtenido de El estado mundial de la agricultura y la alimentación: sistemas alimentarios para una mejor nutrición: <http://www.fao.org/docrep/018/i3301s/i3301s.pdf>
- Fundación española de la nutrición. (2016). *Verduras y Hortalizas*. Obtenido de Lechuga: <http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/lechuga.pdf>
- Garber, M. (2000). *Cálculo de los parámetros en el métodos logarítmico del ajustamiento no lineal*. U.N.N.E, Facultad de ciencias económicas.
- García-Ruiz, R., Ochoa, M., Hinojosa, M., & Gómez-Muñoz, B. (2012). Improved soil quality after 16 years of olive mill pomace application in olive oil groves. *Agronomy for Sustainable Development*, 803-810.
- Goites, E. D. (2008). *Manual de Cultivos para la Huerta Orgánica Familiar*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Grandal, A. (2011). *Agricultura industrial, agricultura ecológica y consumo responsable*. Obtenido de http://www.ecoportal.net/Temas-Especiales/Desarrollo-Sustentable/Agricultura_industrial_agricultura_ecologica_y_consumo_responsable
- Halliday, J. (2009). *SAI Platform*. Recuperado el 2016, de Short guide to sustainable agriculture: [http://www.saiplatform.org/uploads/Library/short_guide_to_sa_-_final\[1\].pdf](http://www.saiplatform.org/uploads/Library/short_guide_to_sa_-_final[1].pdf)
- Hawkes, C., & Ruel, M. (2006). The linkage between agriculture and health: an inter-sectoral opportunity to improve the health and livelihoods of poor. *Bulletin of the World Health Organization*.
- Hernández, T., Chocano, C., Moreno, J.-L., & García, C. (2016). Use of compost as an alternative to conventional inorganic fertilizers in intensive lettuce (*Lactuca Sativa* L.) crops-Effects on soil and plant. *Soil and Tillage Research*, 14-22.
- Holwerda, H. T. (2006). *Guía de manejo nutrición vegetal de especialidad*. The Wold wide business formula. Noruega: Sqm.
- IFOAM. (2012). *IFOAM*. Recuperado el 2016, de El sistema de garantía orgánica de IFOAM: http://www.ifoam.bio/sites/default/files/page/files/ogs_brochure_2012_es_web.pdf
- Infojardín. (2016). *Tipologías fertilizantes químicos*. Obtenido de Fertilizantes químicos: http://articulos.infojardin.com/articulos/Tipos_de_abonos_2.htm
- Instituto de tecnología ORT. (2009). *Introducción a la bromatología- Análisis bromatológico*.
- Internacional, C. C. (2006). *Asohofrucol*. Recuperado el 02 de 2016, de Plan Hortícola Nacional : http://asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_28_PHN.pdf
- Iñon, N. (2002). *Unsam*. Obtenido de Ciclo del Nitrogeno: <http://www.iib.unsam.edu.ar/php/docencia/licenciatura/biotecnologia/2010/Quimica Biol/ciclo.pdf>

- Juarez, M., Cerdan, M., & Sanchez-Sanchez, A. (2008). *Unne*. Obtenido de Hierro en el sistema suelo-planta: <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/HIERRO.pdf>
- Kelly, S. D., & Bateman, A. S. (2010). Comparison of mineral concentration in commercially grown organic and conventional crops- Tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) and lettuces (*Lactuca sativa*). *Food Chemistry*, 738-745.
- Korkut, T., Korkut, H., Karabulut, A., & Budak, G. (2010). Determination of elemental concentration of seed coats of different fruits by using WDXRF spectroscopy technique. *J Radioanal Nucl Chem*, 501–504.
- Kumari, A. K., Kumar, R. K., & Rao, N. C. (10 de 2014). ADVERSE EFFECTS OF CHEMICAL FERTILIZERS AND PESTICIDES ON HUMAN HEALTH AND ENVIRONMENT. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences* , 150-151.
- Mahan, L. (2001). *Nutrición y dietoterapia* (10 ed.). México: Mc Graw Hill.
- Marego, A. (2009). *Efecto de la fertilización con Zinc sobre el área foliar y el rendimiento del cultivo de maíz*. Universidad Nacional de Rio Cuarto, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Rio Cuarto.
- Marguí, E., Hidalgo, M., & Queralt, I. (2005). Multielemental fast analysis of vegetation samples by wavelength dispersive X-ray fluorescence spectrometry: Possibilities and drawbacks. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 1363-1372.
- Maureira, M. (11 de 2013). *Vía Orgánica*. Recuperado el 2016, de Beneficios económicos de la agricultura ecológica: <http://viaorganica.org/beneficios-economicos-de-la-agricultura-ecologica/>
- McKean, S. J. (08 de 1993). *MANUAL DE ANALISIS DE SUELOS Y TEJIDO VEGETAL*.
- Melendez, G., & Molina, E. (2002). *Fertilización foliar: principios y aplicaciones*. Costa Rica: Laboratorio de suelos y foliares.
- Melgar, R. (2012). *Fertilizando*. Recuperado el 2016, de Impacto Ambiental de Fertilizantes: <http://www.fertilizando.com/articulos/Impacto%20Ambiental%20de%20Fertilizantes.asp>
- Morata, D., & Nievas, C. (2016). *Departamento de geología, Universidad de Chile*. Recuperado el 2016, de Laboratorio de Espectrometría de Fluorescencia de Rayos-X: <http://www.geologia.uchile.cl/laboratorio-de-espectrometria-de-fluorescencia-de-rayos-x-edx-xrf>
- Moreiras. (2013). *Composición de Alimentos*.
- Navarro García, G., & Navarro García, S. (2014). *Fertilizantes: química y acción*. Mundi-Prensa.
- Neufeld, L., Rubio , M., Pinzon, L., & Tolentino, L. (2010). *Banco Interamericano de desarrollo*. Recuperado el 216, de Nutrición en Colombia: Estrategia de país 2011-2014: <http://www.iadb.org/wmsfiles/products/publications/documents/35791560.pdf>
- Nolasco Bethencourt, J., & Outeiriño Pérez, A. (2002). *Principales tipologías de fertilizantes utilizados en jardinería y paisajismo*.
- OA-FAO. (2016). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de <http://www.fao.org/organicag/oa-faq/oa-faq6/es/>
- OA. (2016). *FAO*. Recuperado el 2016, de Organic Agriculture: <http://www.fao.org/organicag/oa-faq/oa-faq1/es/>
- PANalytical. (2016). Obtenido de X-ray fluorescence: <http://www.panalytical.com/Xray-fluorescence.htm>
- Parra Peña, R. I. (2012). *Productividad agrícola de Colombia: retos y temas pendientes*. Obtenido de CIAT: <http://dapa.ciat.cgiar.org/productividad-agricola-de-colombia-retos-y-temas-pendientes/>

- Pavlou, G. C., Ehaliotis, C. D., & Kavvadias, V. A. (2007). Effect of organic and inorganic fertilizers applied during successive crop seasons on growth and nitrate accumulation in lettuce. *Scientia Horticulturae*, 319-325.
- Pérez Llamas, F., & Zamora Navarro, S. (2002). *Nutrición y alimentación humana*. Aula de mayores. Universidad de Murcia.
- Perfetti, J. J., Balcázar, Á., Hernández, A., & Leibovich, J. (2013). *Políticas para el desarrollo de la agricultura en Colombia*. Bogotá: La Imprenta Editores S.A.
- Plaza, C., García-Gil, J., Hernández, D., & Polo, A. (2004). Microbial activity in pig-slurry amended soils under semiarid conditions. *Soil Biology and Biochemistry*, 1577-1585.
- Plummer, D. T. (2002). Colorimetría y espectrofotometría. En D. T. Plummer, *Inicio a la bioquímica práctica*. Universidad de Barcelona.
- Razmilic, B. (1993). *Depósito documento de la FAO-Control de calidad de insumos y dietas acuícolas*. Obtenido de Espectroscopía de absorción atómica: <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab482s/AB482S04.htm>
- Remmers, G. G. (1993). Agricultura tradicional y agricultura ecológica: vecinos distantes. *Agricultura y sociedad*, 201-220.
- Rezai, G., Shamsudin, M., & Mohamed, Z. (2016). Urban agriculture: A way forward to food and nutrition security in Malaysia. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 39-45.
- Rivera, J. R. (2007). *Manual práctico El A, B, C de la agricultura orgánica y harina de rocas*. Managua, Nicaragua: Servicio de Información Mesoamericano sobre Agricultura Sostenible (SIMAS).
- Shaltout, A., Moharram, M., & Mostafa, N. (06 de 2012). Wavelength dispersive X-ray fluorescence analysis using fundamental parameter approach of *Catha edulis* and other related plant samples. *EISevier*, 74–78.
- Sicard, T. L. (11 de 2013). Agricultura ecológica, opción para un modelo sostenible. *UN Periódico*.
- Sierra, A., Simonne, E., & Treadwell, D. (2010). *Principios y prácticas para el manejo de nutrientes en la producción de hortalizas*. University of Florida.
- Sofo, A., Lundengardh, B., Martensson, A., Manfra, M., Pepe, G., Somella, E., . . . Scopa, A. (2016). Different agronomic and fertilization systems affect polyphenolic profile, antioxidant capacity and mineral composition of lettuce. *Scientia Horticulturae*, 106-115.
- Soporte de Minitab 17*. (2016). Recuperado el 2016, de Diseños factoriales: <http://support.minitab.com/es-mx/minitab/17/topic-library/modeling-statistics/doe/factorial-designs/factorial-designs/>
- Srivastava, P., Singh, R., Trupathi, S., & Raghunashi, A. S. (2016). An urgent need for sustainable thinking in agriculture- An Indian scenario. *Ecological Indicators*, 611-622.
- Tamaro, D. (1988). *Manual de Horticultura*.
- Tarigo, A., Repetto, C., & Acosta, D. (2004). *Evaluación agronómica de biofertilizantes en la producción de lechuga (Lactuca Sativa) a campo*. Tesis, Universidad de la Republica, Facultad de Agronomía, Montevideo.
- Valadez, L. (1990). *Producción de Hortalizas*.
- Vega Villalobos, E. V., & Salas Camacho, R. E. (2012). Curvas de absorción de nutrientes bajo dos métodos de fertilización en sandía en Guanacaste, Costa Rica. *Intersedes, XIII*, 21-46.
- Wirth, K., & Barth, A. (2001). *Carleton*. Obtenido de X-Ray Fluorescence (XRF): http://serc.carleton.edu/research_education/geochemsheets/techniques/XRF.html
- Yamada, Y. (2010). X-ray fluorescence analysis by fusion bead method for ores and rocks. *The Rigaku Journal*, 15-23.

