Universidad de La Salle
Ciencia Unisalle

Ingeniería Ambiental y Sanitaria | Facultad de Ingeniería

2015

Determinación de toxicidad, por la presencia o ausencia de mercurio, plomo y cromo+3, en cultivos de lechuga y repollo de la Finca San Jerónimo en Madrid, Cundinamarca

Mónica Patricia Jiménez Peláez
Universidad de La Salle, Bogotá

María Camila Roldán Garay
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria

Part of the Environmental Engineering Commons

Citación recomendada

Jiménez Peláez, M. P., & Roldán Garay, M. C. (2015). Determinación de toxicidad, por la presencia o ausencia de mercurio, plomo y cromo+3, en cultivos de lechuga y repollo de la Finca San Jerónimo en Madrid, Cundinamarca. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/987

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería Ambiental y Sanitaria by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

DETERMINACIÓN DE TOXICIDAD, POR LA PRESENCIA O AUSENCIA DE MERCURIO, PLOMO Y CROMO^{+3}, EN CULTIVOS DE LECHUGA Y REPOLLO DE LA FINCA SAN JERÓNIMO EN MADRID, CUNDINAMARCA.

MONICA PATRICIA JIMENEZ PELAEZ COD. 41091081

MARÍA CAMILA ROLDÁN GARAY COD. 41091028

UNIVERSIDAD DE LA SALLE

FACULTAD DE INGENIERA

PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA

BOGOTA

2015

DETERMINACIÓN DE TOXICIDAD, POR LA PRESENCIA O AUSENCIA DE MERCURIO, PLOMO Y CROMO^{+3}, EN CULTIVOS DE LECHUGA Y REPOLLO DE LA FINCA SAN JERÓNIMO EN MADRID, CUNDINAMARCA.

MONICA PATRICIA JIMENEZ PELAEZ COD. 41091081

MARÍA CAMILA ROLDÁN GARAY COD. 41091028

TRABAJO DE GRADO

DIRECTOR

PEDRO MIGUEL ESCOBAR MALAVER
QUÍMICO INDUSTRIAL
MSC ALTA GESTION AMBIENTAL
MSC GESTION RESIDUOS INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE LA SALLE

FACULTAD DE INGENIERA

PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA

BOGOTA

2015

NOTA DE ACEPTACIÓN

_____
_____
_____
_____
_____
_____

_____

Firma Director

_____

Firma Jurado

_____

Firma Jurado

Bogotá D.C. Marzo de 2015

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios todo poderoso que junto a nuestros padres nos han enseñado ese gran amor por la vida y por ser una mejor persona día a día.

A nuestras familias que a lo largo de este camino que llamamos vida nos han ofrecido su apoyo incondicional, en los proyectos que se han presentado a lo largo de nuestra vida estudiantil y profesional.

A los profesores de la Universidad de la Salle por darnos las herramientas necesarias para formarnos como profesionales. En especial al profesor Pedro Miguel Escobar, nuestro director de proyecto, por su apoyo, dirección y acompañamiento.

RESUMEN

Los efectos tóxicos de los metales pesados como Mercurio, Plomo y Cromo^{+3} presentes en los cultivos de Lechuga y Repollo representan un deterioro en la calidad del producto y de los consumidores. El riesgo radica principalmente en la acumulación de estos metales. Por su carácter no biodegradable, es importante conocer la concentración de estos metales que está siendo ingerida y compararla con los límites máximos permisibles establecidos por la Unión Europea para el consumo humano. (Díaz, 2014)

Con el desarrollo de la presente investigación se determinaron las concentraciones de Mercurio, Plomo y Cromo^{+3} en cultivos de Lechuga y Repollo en el municipio de Madrid, Cundinamarca.

Inicialmente se realizó una evaluación de las condiciones bajo las cuales se cultiva la materia prima, dentro de lo que se incluirá el análisis del suelo y el agua de riego empleada en el proceso, con los resultados se podrá determinar la fuente de origen de la posible acumulación de metales pesados. Adicionalmente se hicieron pruebas a las hojas de las hortalizas (repollo y lechuga) con las que se determinaron las concentraciones de metales pesados en ellas.

La metodología utilizada para el desarrollo de la investigación fué experimental se dividirá en 5 etapas. La determinación logística como primera etapa, seguida por la realización del muestreo como segunda etapa, el análisis fisicoquímico realizado en el laboratorio Ivonne Bernier como tercera etapa, la comparación con los límites máximos permisibles establecidos por la Unión Europea junto con la

realización del análisis estadístico como cuarta etapa y finalmente el análisis de los resultados, la realización de recomendaciones y conclusiones como quinta y última etapa.

En cuanto a los resultados obtenidos la presencia de los metales pesados (mercurio plomo y cromo) fue baja para el mercurio fue <0,001 mg/Kg, el cromo^{+3} <0,007 mg/Kg y el plomo <0,0001 mg/Kg. Sin importar que las concentraciones sean mínimas la presencia de metales pesados en los productos de consumo humano representan un riesgo, por tanto a largo plazo será un problema de salud pública por la biomagnificación de estos elementos, es importante establecer una legislación que controlo el uso de químicos en los cultivos y las fuentes de aguas de riego.

Palabras claves: Metales pesados, toxicidad, hortalizas.

ABSTRACT

The toxic effects of heavy metals such as mercury, lead and chromium^{+3} in crops of lettuce and cabbage are deterioration the quality of the product and consumer. The risk lies mainly in the accumulation, for its non-biodegradable nature, it is important to know the concentration being ingested and compared to the limits set by the European Union which determine the maximum allowable concentration for human consumption.

With the development of this study the concentrations of mercury, lead and chromium^{+3} in lettuce and cabbage crops in the municipality of Madrid, Cundinamarca be determined.

Initially an assessment of the conditions under which the raw material, it is grown in the soil test and the irrigation water used in the process, the results may include determining the source of possible be held accumulation of heavy metals. Further tests being fitted sheets vegetables (cabbage and lettuce) to determine the concentrations of heavy metals in them.

The methodology used for the development of experimental research will be divided into 5 stages. Logistics determination as a first step, followed by the sampling as a second stage, physicochemical analysis in the laboratory Yvonne Bernier as the third stage, the comparison with the limits set by the European Union together with the completion of the statistical analysis as fourth stage and finally the analysis of the results, making recommendations and conclusions as fifth and final stage.

As to the results the presence of heavy metals (lead and chromium mercury) was low for mercury was <0.001 mg / Kg, chromium^{+3} <0.007 mg / Kg and lead <0.0001 mg / Kg. No matter concentrations are minimal presence of heavy metals in consumer products pose a risk, therefore the long term will be a public health problem by the biomagnification of these elements, it is important to establish legislation that controlled use chemicals on crops and sources of irrigation water.

Key words: Heavy metals, toxicity, vegetables.

Contenido

GLOSARIO 14
INTRODUCCIÓN 17
JUSTIFICACIÓN 18
1. MARCO DE REFERENCIA 19
1.1 ANTECEDENTES 19
1.2. PAÍSES DE MAYOR PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE HORTALIZAS 20
1.2.1. Producción de hortalizas en el mundo 20
1.2.2. Países con mayor relevancia 21
2. MARCO TEORICO 23
2.1 HORTALIZAS 23
2.1.1. Generalidades 23
2.1.2. Importancia económica 24
2.1.3. Cadena de producción 24
2.2. **REPOLLO (*Brassica Oleracea*)** 26
2.2.1 Características generales 26
2.3. **LECHUGA (*Lactuca sativa*)** 28
2.3.1 Características generales 28
2.4. METALES PESADOS 30
*2.*4.1 Mercurio 30
2.4.2 Plomo 34
2.4.3 Cromo^{+3} 37
2.5. LIMITES MAXIMOS DE METALES PESADOS EN LECHUGA Y REPOLLO SEGÚN LA UNIÓN EUROPEA 39
2.6. GENERALIDADES DEL CULTIVO 40
2.6.1 Distribuidores 40
2.6.2 Agua de riego 40
2.6.3 Productos químicos 40
2.6.4 Frecuencias 41
2.6.5 Proceso de producción 41
2.7. MARCO LEGAL 42
3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN 47
4. OBJETIVOS 48

4.1. OBJETIVO GENERAL 48
4.2. OBJETIVO ESPECIFICOS 48
5. METODOLOGÍA 49
5.1 DIAGRAMAS DE FLUJO 53
5.1.1 SUELO 53
5.1.2 AGUA 54
5.1.3 HORTALIZA (LECHUGA Y REPOLLO) 55
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS 56
6.1 Diagnóstico 56
6.1.1. Orografía 56
6.1.2 Hidrografía 56
6.1.3 Suelo 57
6.1.4 Productos Químicos 57
6.2 Georreferenciación 58
6.3 Mercurio 62
6.4 Cromo^{+3} 63
6.5 Plomo 64
7. CONCLUSIONES 70
8. RECOMENDACIONES 72
BIBLIOGRAFIA 73
ANEXOS 76
A. ROTULOS 76
B. REGISTRO FOTOGRAFICO 77
C. RESULTADOS DE LABORATORIO 80

Contenido de tablas

Tabla 1. Consumo de hortalizas en el mundo 21
Tabla 2. Tiempo de producción del Repollo y la Lechuga 42
Tabla 3. Límites máximos de metales pesados en Lechuga y Repollo UE. 39
Tabla 4. Legislación 42
Tabla 5. Análisis fisicoquímico Agua, Suelo y Repollo y lechuga.. **¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 6. Análisis fisicoquímico de la lechuga 60
Tabla 7. Análisis fisicoquímico del repollo 60
Tabla 8. Ficha técnica 61
Tabla 9. Mercurio en lechuga y repollo 62
Tabla 10. Cromo+3 en lechuga y repollo..... 63
Tabla 11. Plomo en lechuga y repollo 64
Tabla 12. Comparación Huacho-Madrid lechuga 67
Tabla 13. Comparación Huacho-Madrid repollo 68

Contenido de graficas

Gráfica 1. Mercurio lechuga y repollo 62
Gráfica 2. Cromo+3 en lechuga y repollo 63
Gráfica 3. Plomo en lechuga y repollo 64
Gráfica 4. Comporación Huacho Madrid Lechuga 64
Gráfica 5. Comporación Huacho Madrid Repollo 64

Contenido de ilustraciones

Ilustración 1. Repollo, Hortaliza de estación de fría 28
Ilustración 2. Lechuga, Hortaliza de estación de fría..... 30
Ilustración 3. Ciclo natural del Mercurio 32
Ilustración 4. Imagen satelital finca San Jerónimo Madrid, Cundinamarca 58

GLOSARIO

Cadena productiva: Es un conjunto de agentes económicos interrelacionados por el mercado desde la provisión de insumos, producción, transformación y comercialización hasta el consumidor final. (MINAG, 2008)

Cromo^{+3}: Elemento químico, símbolo Cr, número atómico 24, peso atómico 51.996; metal que es de color blanco plateado, duro y quebradizo. Sin embargo, es relativamente suave y dúctil cuando no está tensionado o cuando está muy puro. (Lenntech, 2008)

Fertilizantes: El concepto se utiliza para hacer referencia a todos aquellos productos que de un modo u otro sirven para dar fertilidad a algún compuesto vivo, normalmente la tierra o alguna otra superficie orgánica. Los fertilizantes pueden ser naturales o artificiales, es decir creados por el hombre a través de compuestos químicos. (FAO, 2002)

Hortalizas: Planta herbácea que puede ser anual o perenne, utilizada en la alimentación humana sin sufrir transformación importante, con bajos niveles de calorías pero con altos contenidos de vitaminas, minerales y agua; son especies perecederas. (Martínez, 2011)

Horticultura: Rama de la agricultura que se orienta hacia el cultivo intensivo de las plantas utilizadas directamente por el hombre, o usadas con miras medicinales u ornamentales. (EcuRed, 2010)

Mercurio: Es un elemento químico de número atómico 80 con una masa atómica de 200.59 g/mol. Su símbolo es Hg. Es un líquido blanco plateado que volatiliza fácilmente a temperatura ambiente. (Martínez, 2011)

Metales pesados: El término de metal pesado refiere a cualquier elemento químico metálico que tenga una relativa alta densidad y sea tóxico o venenoso en concentraciones bajas. (EcuRed, 2010)

OMS: La Organización Mundial de la Salud es la autoridad directiva y coordinadora de la acción sanitaria en el sistema de las Naciones Unidas. Es la responsable de desempeñar una función de liderazgo en los asuntos sanitarios mundiales, configurar la agenda de las investigaciones en salud, establecer normas, articular opciones de política basadas en la evidencia, prestar apoyo técnico a los países y vigilar las tendencias sanitarias mundiales. (OMS, 2014)

Plomo: Elemento químico, Pb, número atómico 82 y peso atómico 207.19. El plomo es un metal pesado (densidad relativa, o gravedad específica, de 11.4 s 16ºC (61ºF)), de color azuloso, que se empaña para adquirir un color gris mate. Es flexible, inelástico, se funde con facilidad, se funde a 327.4ºC (621.3ºF) y hierve a 1725ºC (3164ºF). (Lenntech, 2008)

Riego: El riego consiste en aportar agua al sustrato, para que las plantas (hortalizas, pastos, hierbas, ornamentales, etc.) puedan crecer y/o desarrollarse. (Santos, 2010)

Toxicidad: Capacidad de una sustancia para causar daño a un organismo. Para definir la toxicidad en términos cuantitativos se requiere conocer la cantidad de sustancia administrada o absorbida (la dosis), la vía por la cual se administra la sustancia (inhalación, ingestión, etc.), la distribución y frecuencia en el tiempo de la administración (dosis única o repetida), el tipo y gravedad del daño o los daños y el tiempo necesario para causarlos. (Osam, 2011)

Verdura: Hortaliza cuyas hojas verdes o frescas se aprovechan para consumo directo o preparadas. (Martínez, 2011)

INTRODUCCIÓN

La presencia de metales pesados en las hortalizas se ha convertido en un problema de salud pública, debido a que el consumo regular de estos alimentos incrementa el efecto de biomagnificación de sustancias tóxicas en el cuerpo humano. Esto principalmente sucede por la ausencia de controles en los productos utilizados durante la producción de las hortalizas y la inexistencia de restricciones de uso de ciertas fuentes de agua de riego. (Martínez, 2011)

Según Miranda (2008) en la Sabana de Bogotá las principales fuentes de riego son aguas pertenecientes a la cuenca del río Bogotá, por tanto la carga contaminante absorbida por las hortalizas es significativa. Debido a lo anterior, se hace de vital importancia realizar investigaciones que permitan establecer la presencia o ausencia de sustancias toxicas dentro de los cultivos, como lo son los metales pesados.

Con la presente investigación se determinó la toxicidad, por la presencia o ausencia de Mercurio, Plomo y Cromo^{+3}, en cultivos de Lechuga y Repollo de la finca San Jerónimo en Madrid, Cundinamarca.

JUSTIFICACIÓN

Ambiental

Con la presente investigación se pretende resaltar la importancia de evitar alteraciones en los ciclos biológicos, debido a la contaminación por metales pesados y cambios genéticos reflejados directamente en el hombre, causados por la biomagnificación debido al consumo regular de productos contaminados. (Martínez, 2011)

Social

Al ser las hortalizas producto de alto consumo en nuestro país, se deben desarrollar medidas de control sobre la inocuidad de este tipo de alimentos, de tal forma que minimicen los riesgos causados por el consumo de estas sustancias.

Económico

Con los resultados de la investigación el productor tendrá la posibilidad de identificar las principales necesidades para mejorar la calidad del producto final, aumentando su nivel de competencia respecto al mercado actual.

1. MARCO DE REFERENCIA

1.1 ANTECEDENTES

Estudios realizados por la FAO en el año 2013 para América Latina manifiestan que los puntos críticos en la producción de hortalizas es la manipulación de alimentos de postcosecha, la calidad de agua de riego, el uso de fertilizantes y agroquímicos. (OIRSA, 2001)

Investigaciones previamente realizadas en el año 2008 y 2011 por la Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas y la UCI respectivamente, sobre la presencia y acumulación de metales pesados en cultivos hortícolas, demuestran que metales como el plomo, $Cromo^{+3}$ y mercurio sobrepasan los límites permisibles establecidos por la OMS y metales como el cadmio sobrepasan el nivel máximo permitido por la Unión Europea. (Martínez, 2011)

El estudio realizado a los cultivos de hortalizas de la Sabana de Bogotá, por la Universidad Nacional confirma que las concentraciones sobrepasan los límites permisibles y es considerado como un problema de salud pública debido a que estos cultivos son comercializados en muchos puntos del país. Para el año 2010 la Secretaria Distrital de Salud de Bogotá incorporó el Plan Marco de Gobierno un Plan de Intervenciones Colectivas en donde se determinó la concentración de metales pesados en hortalizas, se encontraron principalmente en cultivos como la acelga, cilantro y brócoli, metales como $Cromo^{+3}$, plomo, mercurio y arsénico. Manifestaron tomar medidas sanitarias y tener un control y vigilancia continua relacionado al origen de enfermedades crónicas por acumulación como

degenerativas, cáncer de piel, hígado o estomago siendo considerado como un problema nacional. (Reyes, 2010)

Como investigación preliminar se acudió a las entidades competentes para este tema, como lo son el ICA, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, la Secretaria Distrital de Salud y al Ministerio de Salud y Protección Social. En estas entidades además de buscar apoyo técnico para la realización de los análisis químicos, se solicitó información sobre la existencia de investigaciones sobre el tema en el país, sin embargo, la respuesta en la totalidad de estas entidades fue nula. Debido a esto se acudió a investigaciones y normatividad internacional como referente, que a pesar que no contemplan las condiciones climáticas de Colombia, servirá como base para la ejecución de la investigación.

1.2. PAÍSES DE MAYOR PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE HORTALIZAS

1.2.1. Producción de hortalizas en el mundo

Desde 1980 a 2005, creció de 324 millones a 881 millones de toneladas, lo que representa una tasa promedio anual de 4,1 %. El crecimiento se debió principalmente al aumento de la producción de China, que creció a un ritmo del 8,6 % anual; la producción de este país representa casi el 50 % de la producción mundial. Otros países, como los de la Unión Europea (UE) tuvieron muy escasa tasa de crecimiento, por ejemplo Francia con 0,6 % anual, mientras que África, América Central y el Caribe y Rusia tuvieron un crecimiento moderado del 3 % por año. (Ferratto, 2008)

Consumo de hortalizas en el mundo

Tabla 1. Consumo de hortalizas en el mundo

PAIS	CONSUMO (Ton/año)
China	378 millones
India	78 millones
Estados Unidos	39,6 millones
Turquía	23,4 millones
Rusia	15,2 millones
Japón	14,8 millones
Egipto	13,7 millones
Irán	13,1 millones
Corea	**11,4 millones**

Fuente: (Ferratto, 2008)

1.2.2. Países con mayor relevancia

La Unión Europea: La principal tendencia del mercado europeo está determinada por el envejecimiento de la población, lo que lleva a un mayor consumo fuera del hogar (restaurantes, etc.). De igual forma el mercado divide en 2 categorías basadas en factores socioeconómicos: países del norte y oeste y países del sur. (Ferratto, 2008)

Los consumidores de los países del norte y oeste están más limitados en el tiempo y prefieren comidas rápidas, productos cortados, cubeteados, empacados y listos para consumir. Los países del sur (en su mayor parte a lo largo del Mediterráneo), consideran las hortalizas frescas como parte esencial de sus dietas, y no están dispuestos a cambiar hábitos de consumo o cantidad cuando cambian factores como precio o niveles de ingreso. Generalmente invierten más tiempo en comprar y preparar los vegetales. (Ferratto, 2008)

Estados Unidos: Los patrones de consumo están cambiando debido al incremento en los ingresos, relacionados a una mayor jornada laboral, menos tiempo libre, mayor costo de oportunidad del tiempo, lo que se traduce en productos que ahorren tiempo en la preparación. Otro factor a tener en cuenta es el envejecimiento de la población blanca y diversidad de razas y personas que comen fuera del hogar con más frecuencia. Actualmente la hortaliza más consumida en los Estados Unidos es la lechuga (2,5 millones de toneladas), seguida por la cebolla (2,1 millones de toneladas), tomate (1,8 millones de toneladas) y melón (1,5 millones de toneladas). (Ferratto, 2008)

China: Siendo el mayor mercado mundial; fue tradicionalmente un gran consumidor de hortalizas, las nuevas variedades y los productos procesados están tomando mayor importancia. La economía China está creciendo de un 7 % a 8 % anual y hubo grandes mejoras en los niveles de vida, resultando en cambios de hábitos de consumo. (Ferratto, 2008)

La composición de la demanda alimenticia está también cambiando, con mayor tendencia al consumo de carnes, aves, pescados, frutas y hortalizas frescas y otros productos de más alto valor, más que el tradicional arroz, trigo y vegetales tradicionales. La población de este país tiene más preocupación por la protección del medio ambiente, la seguridad de los alimentos y la salud. (Ferratto, 2008)

Japón: La producción de frutas y hortalizas en Japón es muy importante dentro de la producción agrícola ocupando un 32 % de la misma. Las explotaciones agropecuarias son pequeñas con un promedio de 2,18 hectáreas, que emplean

2,4 millones de individuos, en su mayoría mayores a 60 años. El gobierno lleva a cabo muchas iniciativas apuntadas al soporte de los productores y la promoción de producción de hortalizas designando zonas de producción, promocionando y financiando la instalación de invernaderos, abasteciendo de semillas y plantines, facilitando tecnología, etc. El sector se encuentra muy protegido lo que hace muy difícil el ingreso de productos de otros países, favoreciendo a los productores locales. (Ferratto, 2008)

2. MARCO TEORICO

2.1 HORTALIZAS

2.1.1. Generalidades

Son plantas herbáceas cultivadas en huertos o regadíos, destinadas para el consumo del ser humano. Son consideradas como fuente de vitaminas, minerales, carbohidratos y fibras, fundamentales en la prevención de enfermedades y desarrollo del mismo. En Colombia la actividad hortícola ocupa una extensión de 95.000 Ha, (Cárdenas, 2005) las hortalizas de mayor producción a nivel nacional son el tomate, la zanahoria y la cebolla cabezona. En cuanto a la sabana de Bogotá las hortalizas de mayor producción son la espinaca, la lechuga, la acelga, el cilantro, entre otras. (Ocampo, 2010)

2.1.2. Importancia económica

La comercializacion de hortalizas produce ingresos monetarios en corto plazo siendo una de las principales ventajas, en Colombia es la actividad mas rentable despues de el cultivo de flores, aproximadamente 105 Ha son destinadas al cultivo de hortalizas**.** (IICA, 2009)

Las hortalizas permiten un mejor aprovechamiento de la tierra, al ser posible que en un mismo campo se recojan hasta 3 cosechas por año y se mejoran los ingresos económico por hectareas tierra-año. (IICA, 2009)

2.1.3. Cadena de producción

2.1.3.1. Semilleros

Inicialmente se preparan los semilleros para la germinación y cuidados de la plántula, pueden ser temporales o transitorios, semipermanentes y permanentes. Los temporales no permiten la acumulación de patógenos, los semipermanentes son preparados con materia orgánica y con bordes de guadua y por último los permanentes requieren de esterilización después de cada siembra y se preparan con una capa de grava de 0.40m, de tierra, abono orgánico y arena. (ASOHOFRUCOL, 2013)

2.1.3.1. Siembra

Existen dos métodos de siembra principalmente de surco directamente en el suelo o sistemas aéreos utilizando cascara de arroz como sustrato. (ASOHOFRUCOL, 2013)

2.1.3.2. Fertilización

Está ligada a la disponibilidad de nutrientes en el suelo, puede ser aplicada dentro del sistema de riego o directamente a las hojas de la planta. (ASOHOFRUCOL, 2013)

2.1.3.3. Riego

Se debe hacer directamente en el suelo para evitar el exceso de humedad causante de enfermedades, puede ser riego por superficie o subfoliar por micro aspersión o goteo. (ASOHOFRUCOL, 2013)

2.1.3.4. Control de malezas

Se hace de forma sistemática e integrada, existen varios tipos de controles como con herramienta manual, implementos acoplados al tractor y con la ayuda de sustancias derivadas de síntesis química. (ASOHOFRUCOL, 2013)

2.1.3.5. Control de plagas

Se realiza mediante prácticas culturas como desyerbas, control químico (plaguicidas), control biológico, insectos que atacan las plagas y control integrado, uso de varios controles simultáneamente. (ASOHOFRUCOL, 2013)

2.1.3.6. Control de enfermedades

Se realizan buenas prácticas culturales o productos de síntesis química. (ASOHOFRUCOL, 2013)

2.1.3.6. Cosecha

Depende del tipo de hortaliza de acuerdo a su color, tamaño, floración, entre otras características que permiten identificar su estado vegetativo. (ASOHOFRUCOL, 2013)

2.2. **REPOLLO (*Brassica Oleracea*)**

2.2.1 Características generales

Origen: Se originó en las regiones mediterráneas y litorales de Europa Occidental. Es la hortaliza más importante dentro de la familia Crucifarae, aunque su mayor difusión e importancia económica se localiza en países fríos y templados, ocupando los primeros lugares de comercialización. (Corzo, 2012)

Botánica: Pertenece a la familia de las Crucíferas, de raíz gruesa, carnosa, con un tallo corto sin ramificaciones, formando una masa terminal de hojas superpuestas, las cuales constituyen el fruto. Se reproduce por semillas. Su cosecha comienza entre 85 y 105 días después de la siembra. Crece mejor en climas fríos y frescos, se cultiva satisfactoriamente a partir de los 500 msnm en suelos limo arenosos, bien drenados y con buen contenido de materia orgánica. Existe gran cantidad de variedades, agrupadas por subvariedad botánica, forma, precocidad y uso. (Bolaños, 2013)

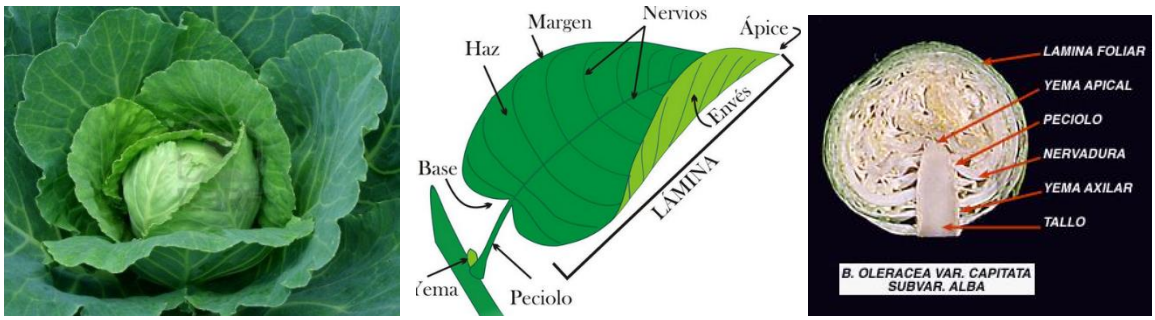
Descripción: El fruto está compuesto por un tallo corto grueso, que sostiene un gran número de hojas desplegadas, formando de esta forma un conjunto más o menos compacto. Las hojas exteriores son más grandes y las interiores poco se pueden expandir. Tiene diversas formas pero por lo general son redondas, ovaladas o cónicas. La superficie es lisa o crespa, su tamaño es variable, normalmente de 20 a 30 cm de diámetro, pero puede llegar a 50 cm. Su color varía entre verde, azul-verdoso y morado. (Bolaños, 2013)

Sistema Radicular: El repollo se caracteriza por tener una gran cantidad de ramificaciones radicales muy finas, con pelos absorbentes en las ramificaciones más jóvenes, lo que favorece su capacidad de absorción.

La mayor parte de las raíces tienen una profundidad de 30 a 45 cm, aunque en algunos casos pueden llegar a medir 1.50 m y lateralmente alcanzar hasta 1.05 m. Por lo anterior es una hortaliza que requiere de grandes cantidades de agua y frecuentes aplicaciones de fertilizantes.

El repollo también puede formar raíces adventicias (raíces originadas en cualquier lugar de la plata, no necesariamente en el embrión), lo que facilita se recuperación durante el trasplante y la posibilidad de la reproducción por vía agámica (asexual). (FDA, 2000)

Ilustración 1. Repollo, Hortaliza de estación de fría



Fuente: (Hortalizas, 2012)

2.3. **LECHUGA (*Lactuca sativa*)**

2.3.1 Características generales

Origen: El cultivo de la lechuga se remonta a la antigüedad de 2.500 años, siendo conocida por griegos y romanos. Las primeras lechugas de las que se tiene referencia son las de hoja suelta, aunque las acogolladas eran conocidas en Europa en el siglo XVI. (Ugarriza, 2009)

Descripción: Hortaliza típica de climas frescos. Los rangos de temperatura donde la planta crece en forma óptima, están entre los 15 °C y 18° C, con temperatura máximas de 21°C - 24 °C y mínima de 7° C, es una planta anual. Las temperaturas altas aceleran el desarrollo del tallo floral y la calidad de la lechuga

se deteriora rápidamente, debido a la acumulación de látex amargo en su sistema vascular.

La lechuga requiere suelos francos, ricos en materia orgánica y con buen drenaje. Se trata de un cultivo que no tolera la acidez y se adapta mejor a suelos ligeramente alcalinos. El pH óptimo se sitúa entre 6,7 y 7,4. Además, es una planta medianamente resistente a la salinidad. La lechuga se propaga por semillas. La siembra se realiza en semilleros. (Agrolanzarote, 2012)

Raíz: No sobrepasa los 25 cm de profundidad, es pivotante (se hunde verticalmente, como una prolongación del tronco), corta y con ramificaciones.

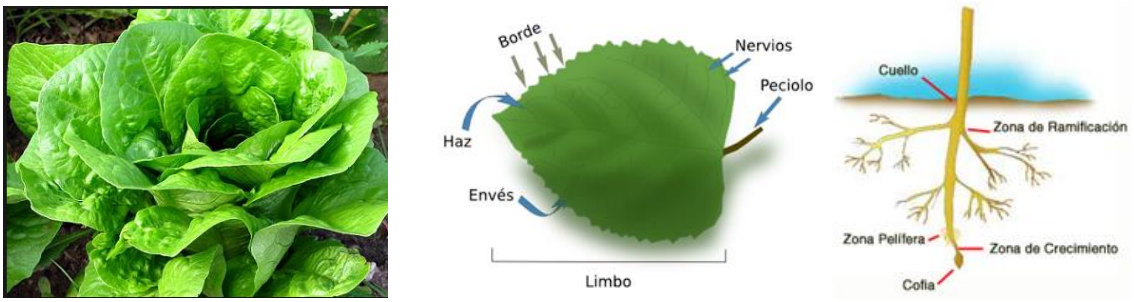
Tallo: De forma cilíndrica y posee ramificaciones.

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

Flores: Cuando la lechuga está madura emite el tallo floral que se ramifica. Las flores de esta planta son autógamas.

Semillas: Están provistas de un vilano plumoso. (Bolaños, 2013)

Ilustración 2. Lechuga, Hortaliza de estación de fría



Fuente: (Galindo, 2011)

2.4. METALES PESADOS

Son elementos metálicos con pesos atómicos altos, pueden ser nocivos a los seres vivientes en pequeñas concentraciones y tienden a acumularse en la cadena alimenticia. (EPA, 2011)

Dentro de todos los elementos químicos que conforman este grupo, los principales contaminantes del medio ambiente son el Mercurio, el Plomo, El Cromo^{+3}, el Arsénico y el Cadmio, sin embargo, se ha comprobado la presencia y acumulación, en cultivos hortícolas, solo de Cromo^{+3}, Mercurio y Plomo, cuyos valores sobrepasan los límites permisibles establecidos por la OMS. (Miranda, 2008)

*2.*4.1 Mercurio

Metal pesado que se acumula en el medio ambiente y es altamente tóxico al ser inhalado o tragado. (EPA, 2011)

2.4.1.1 Efectos del mercurio sobre la salud

Al ser un elemento disponible de forma natural en el medio ambiente, casi la totalidad de la población está expuesta a pequeñas cantidades de mercurio diariamente, sin embargo, si se inhala su vapor pueden haber afectaciones al sistema nervioso e inmunológico, al aparato digestivo, pulmones y riñones, hasta causar la muerte algunas veces. Las sales de mercurio inorgánicas son corrosivas para los ojos, la piel, el tracto intestinal y toxicas, al ser ingeridas, para los riñones.

Si los periodos de exposición (inhalación o ingestión) a los compuestos del mercurio son largos, se pueden hacer visibles trastornos neurológicos y del comportamiento, que se manifiestan con la aparición de temblores, insomnio, perdida de la memoria, alteraciones neuromusculares, cefalea o disfunciones cognitivas y motoras e insuficiencia renal. (OMS, 2014) El nivel permisible según la Union Europea es de 0,01 mg/Kg. (Díaz, 2014)

2.4.1.2 Ciclo Natural del Mercurio

El ciclo del mercurio es un ciclo atmosférico, ya que la principal fuente de incorporacion del mercurio a la atmósfera es por procesos de vulcanismo y desgasificacion del mercurio metal por sublimación. (Villarejo, 2008)

El mercurio es incorporado a las cadenas troficas mediante el ciclo del agua. A continuacion se presenta en la ilustracion 3 el ciclo del mercurio. (Villarejo, 2008)

Ilustración 3. Ciclo natural del Mercurio

Fuente: (Villarejo, 2008)

El mercurio que llega a los cuerpos de agua lo hace en forma de sales y en una pequeña fraccion se introduce a traves de las precipitaciones. (Guzman, 2012) Cuando el mercurio entra en contacto con el agua, las bacterias lo absorben y lo convierten en metilmercurio. Esta transición es muy importante para los seres humanos, ya que este compuesto se absorbe fácilmente en el cuerpo humano. De ahí, el mercurio empieza a viajar a través de la cadena alimenticia cuando los peces grandes se comen a los peces pequeños contaminados. En lugar de disolverse o desintegrarse, el mercurio se acumula a niveles siempre ascendentes. Los peces predadores pueden tener en sus cuerpos concentraciones 10 mil veces superiores a las del hábitat que los rodea. (NRDC, 2013)

En los sedimentos una vez depositados las diferentes variaciones del mercurio experimentan una serie de reacciones químicas y biológicas. Las condiciones de pH, temperatura y la cantidad de sales en los componentes orgánicos favorecen la formación de complejos de mercurio. (Guzman, 2012)

En la atmósfera, el mercurio se encuentra en un 95% en forma de mercurio metal como vapor metálico, mientras que el resto de mercurio aparece como Hg^{+2}. (Guzman, 2012)

2.4.1.3 El mercurio y los alimentos

El mercurio pude expandirse en las cadenas alimentarias por organismos consumidos por los humanos, como lo son por ejemplo los peces. Este elemento también es encontrado en vegetales de alto consumo debido a que los plaguicidas y fertilizantes utilizados contienen mercurio. (Lenntech, 2008)

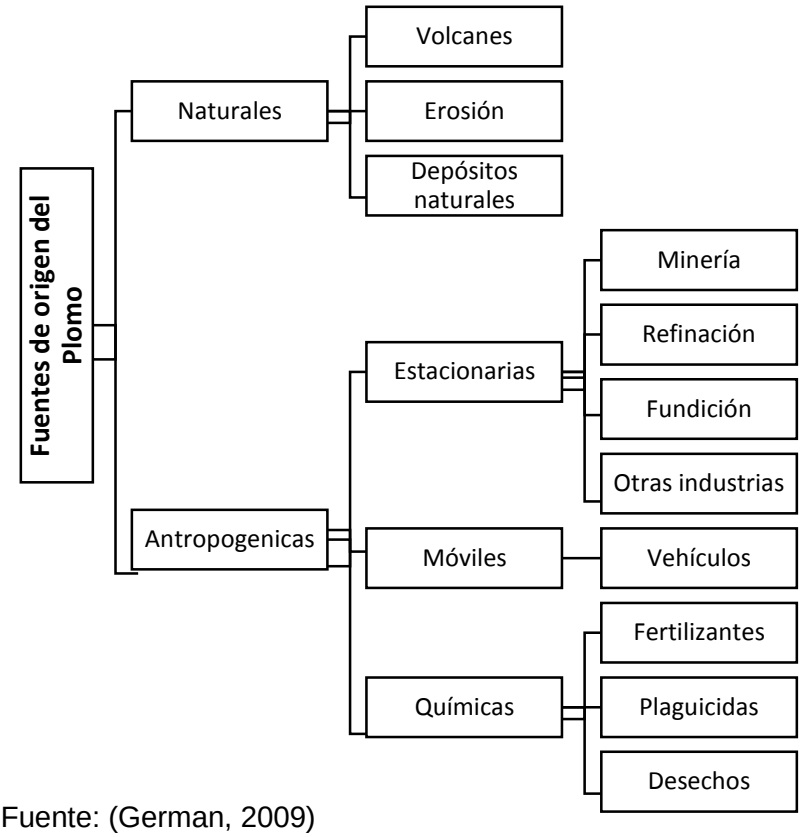
Un ejemplo de los efectos devastadores del consumo de mercurio es la enfermedad de Minamata definida como un desorden neurotóxico causado por la ingesta de productos marinos contaminados con compuestos de metilmercurio vertidos desde la planta de Minamata en Japón. (Hatoyama, 2010)

Entre sus sintomas se incluyen trastornos sensoriales, ataxia, contracción concéntrica del campo visual, y desordenes auditivos. Si una madre es expuesta a altos niveles de metilmercurio durante el embarazo, su bebé puede sufrir de la enfermedad de Minamata fetal, y podrá mostrar síntomas diferentes a la versión adulta de la condición. (Hatoyama, 2010)

2.4.2 Plomo

Un metal pesado que es peligroso para la salud si es aspirado o tragado. Su uso en gasolina, pinturas, y tubería ha sido restringido fuertemente o eliminado por leyes y reglamentaciones federales**.** (EPA, 2011)

2.2.4.2. Fuentes de origen del Plomo



Fuente: (German, 2009)

2.4.2.1. Efectos del plomo sobre la salud

Con el pasar de los años el plomo se ha convertido en un elemento de alto uso a lo largo de todo el mundo, por lo cual la contaminación ambiental producida por éste ha aumentado, al igual que la exposición humana y problemáticas de salud pública. La explotación minera, la metalurgia, las actividades de fabricación y

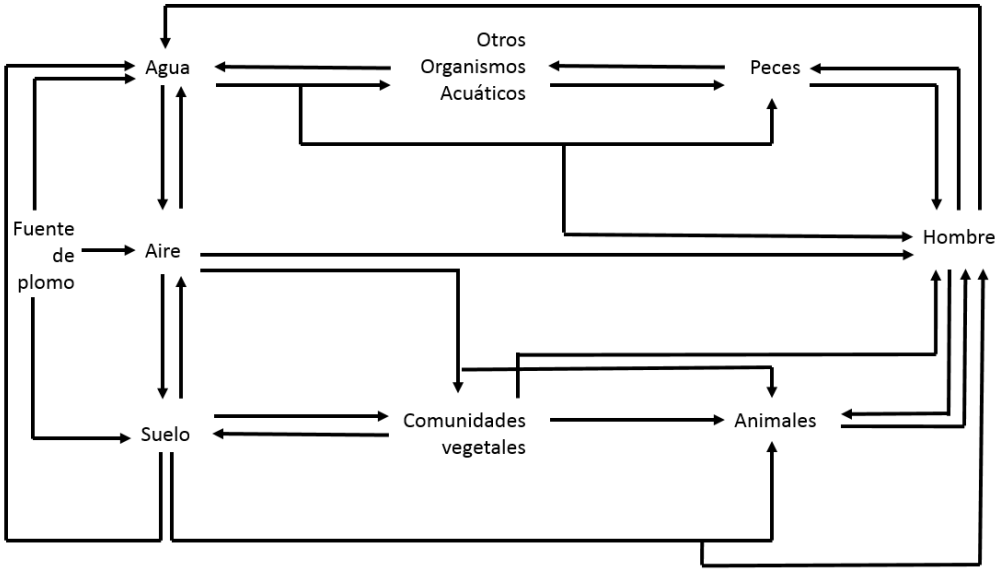
reciclaje, y en algunas partes del mundo el uso de pinturas y gasolinas con plomo son las principales fuentes de contaminación ambiental. (German, 2009)

Los más vulnerables a presentar efectos tóxicos son los niños de corta edad, pueden sufrir afectaciones graves y permanentes en la salud, específicamente fallas en el desarrollo del cerebro y el sistema nervioso. En adultos se aumenta el riesgo de hipertensión arterial y lesiones renales, en mujeres embarazadas puede causar aborto natural, muerte fetal, parto prematuro, bajo peso al nacer y malformaciones leves en el feto. (OMS, 2014). El nivel permisible según la Union Europea es de 0,30 mg/Kg.

2.4.2.2. Ciclo natural del Plomo

El plomo es un elemento relativamente abundante que se encuentra en aire, agua, suelo, plantas y animales. Sus fuentes naturales son la erosión del suelo, el desgaste de los depósitos de los minerales de plomo y las emanaciones volcánicas. Las fuentes de plomo emiten anualmente al ambiente cerca de 200.000 toneladas. A continuacion se presenta en la ilustracion 4 el ciclo del plomo. (German,2009)

Ilustracion 4. Ciclo natural del Plomo



Fuente: (German, 2009)

El Plomo está presente de forma natural en el ambiente, pero las mayores concentraciones son generadas por los seres humanos y la industrialización de las sociedades.

Tras la aplicación del plomo en gasolinas, el ciclo natural del Plomo es afectado, debido a que en los motores de los coches el Plomo es quemado, generando sales de Plomo (cloruros, bromuros, óxidos). Dichas sales de Plomo, entran en el ambiente y son altamente contaminantes, pues las partículas grandes se precipitan, cayendo al suelo o la superficie de aguas, las pequeñas partículas viajarán largas distancias a través del aire y permanecerán en la atmósfera. Otras actividades humanas, como la combustión del petróleo, procesos industriales, combustión de residuos sólidos, también contribuyen. (Navia, 2013)

El Plomo se acumula en los cuerpos de los organismos acuáticos y terrestres. Estos experimentarán efectos en su salud por envenenamiento con Plomo. Los crustáceos son altamente vulnerables al plomo, pues incluso cuando sólo hay pequeñas concentraciones de Plomo presente pueden presentar grandes daños en su salud. (Navia, 2013)

Las funciones del suelo son alteradas por la intervención del Plomo, especialmente en zonas cercanas de las autopistas y tierras de cultivos, donde concentraciones extremas pueden estar presentes. Los organismos del suelo también sufren envenenamiento por Plomo, tras la propagación de las partículas.

En la vegetación el plomo se acumula primariamente en las hojas por deposición atmosférica. El plomo presente en la hoja rompe la cutícula y pasa al interior de la misma, se acumula en las vesículas y puede originar efectos como la inhibición de la mitosis y por tanto del crecimiento de la planta, inhibición de la síntesis del ATP y del rendimiento energético y disminución de la viabilidad de las semillas. (Navia, 2013)

2.4.3 Cromo^{+3}

Metal pesado que se acumula en el ambiente. (EPA, 2011)

2.4.3.1 Efectos del Cromo^{+3} sobre la salud

Los niveles de este metal presentes en el aire y en el agua son casi siempre bajos. La mayor ruta de entrada del Cromo^{+3} al organismo humano es por medio de

comida con Cromo^{+3} III, principalmente presente en vegetales, carnes, frutas, levaduras y granos. El Cromo^{+3} presenta baja toxicidad oral porque su capacidad de absorción es muy baja y tambien presenta baja capacidad de penetración en las celulas. La mayor parte de Cromo^{+6} ingerido se reduce en el estomago a Cromo^{+3}, excretandose por via urina en una semana, pero una mínima parte del Cromo^{+6} es capaz de atravesar las membranas celulares y puede permanecer en las células, tejidos y órganos durante años. (Agroalimentaria, 2014)

2.4.3.2 Vías de transmisión alimentaria

La principal via de transmisión y exposición de la población general a Cromo es por consumo de alimentos y agua con altas concentraciones de dicho metal, bien sea en forma de Cromo^{+3} (alimentos) o en Cromo^{+6} (agua de consumo).

No obstante, otra via importante es por inhalación de aire contaminado con partículas de Cromo, en especial para los trabajadores de industrias metalúrgicas y de curtido. (Agroalimentaria, 2014)

2.4.3.3 Intoxicación alimentaria

El Cromo puede producir tanto intoxicaciones agudas como cronicas. La toxicidad aguada por ingesta de grandes cantidades de Cromo produce sintomas como vomitos, diarrea y anemia. A medio-largo plazo, altas dosis de Cromo provoca efectos graves neurologicos, hepaticos, renales, gastrointestinales, hematologicos, cardiovasculares y respiratorios. Investigaciones preliminares han demostrado su

asociacion con cancer de pulmon y de senos nasales. El nivel permisible según la Union Europea es de Cromo^{+3} 0,10 mg/Kg. (Agroalimentaria, 2014)

2.5. LIMITES MAXIMOS DE METALES PESADOS EN LECHUGA Y REPOLLO SEGÚN LA UNIÓN EUROPEA

Esta organización internacional establece que para el repollo y la lechuga los niveles máximos de Mercurio, Plomo y Cromo^{+3} son los que se encuentran en la tabla 3:

Tabla 2. Límites máximos de metales pesados en Lechuga y Repollo UE.

ELEMENTO	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	UNIDAD
Plomo	0,30	mg/Kg
Mercurio	0,01	mg/Kg
Cromo^{+3}	0,10	mg/Kg

Fuente: (Díaz, 2014)

Con los anteriores valores, al finalizar la investigación se realizara la comparación con los encontrados en los cultivos de Lechuga y Repollo. (Díaz, 2014)

Se tomaron como referencia los valores estimados por la unión europea de niveles máximos permisibles de mercurio, plomo y Cromo^{+3} en Lechuga y Repollo, debido a que en Colombia no existe una legislación que los establezca, por tanto la investigación se considera como un proyecto piloto en la Sabana de Bogotá.

2.6. GENERALIDADES DEL CULTIVO

2.6.1 Distribuidores

La comercialización es directamente con La Central de Abastos de Bogotá, Corabastos.

2.6.2 Agua de riego

Son aguas negras provenientes de la laguna La Herrera, correspondiente al distrito de riego La Ramada. Inicia en Cota, prosigue por Mosquera, Mondoñedo y por último la Laguna La Herrera. (Secretaria Distrital de Hacienda, 2012).

El riego se realiza mediante aspersores, por una semana aproximadamente 50 horas.

2.6.3 Productos químicos

Se utiliza coadyuvantes en el agua de riego para bajar el pH entre 6 o 5, con el fin de mejorar la eficacia de los de aplicación de herbicidas, insecticidas y fungicidas. Manejan DACONIL un fungicida de alta persistencia para el control preventivo de enfermedades fungosas en plantas, inhibiendo la respiración de los hongos. En cuanto a los insecticidas utilizan ROXION 40 EC, un insecticida fosforado, el cual posee un efecto prolongado, es absorbido por las plantas por el follaje y puesto en circulación dentro de la misma. En relación al fertilizante que manejan utilizan Abono triple 15, fertilizante granulado con Nitrógeno 15%, Fosforo 15% y Potasio 15%, el cual aporta los macronutrientes más importantes.

Entre cultivos el proceso que se realiza al suelo es la aplicación de CAL, un poderoso desinfectante de bacterias y virus nocivos, se encarga de regular el pH del suelo y es considerado como un facilitador del empleo de fertilizantes nitrogenados, aporta el calcio necesario para el crecimiento y desarrollo de los cultivos y por ultimo corrige la acidez.

El cultivo de repollo requiere de un proceso extra en donde se aplica una serie de plaguicidas debido a que se ve afectado por la plutela, conocido como el gusano de repollo, es necesario que continuamente se cambie el plaguicida utilizado, de tal manera que se reduzca la probabilidad de generar resistencia debido a que viven más o menos 12 días.

2.6.4 Frecuencias

Aproximadamente entre cada mes o mes y medio se realiza la aplicación de los productos químicos necesarios en el proceso de cultivo.

2.6.5 Proceso de producción

La finca San Jerónimo cuenta con su propio invernadero de plántulas ubicadas en Cajicá, el tiempo que tarda la producción de cada de Repollo y Lechuga está en la Tabla 2. Tiempo de producción.

Tabla 3. Tiempo de producción del Repollo y la Lechuga

CULTIVO	PLÁNTULA	COSECHA
Repollo	25 días	150 días
Lechuga	20 días	75 días

Fuente: Los autores

Las plántulas deben permanecer húmedas hasta que sean cultivadas. Debido que ninguno de los dos cultivos requiere de un proceso posterior a la cosecha son entregados directamente a Corabastos.

2.7. MARCO LEGAL

A continuación se presenta un cuadro resumen de la legislación colombiana existente que se relaciona con la investigación.

Tabla 4. Legislación

LEGISLACIÓN	ENTIDAD	
CONSTITUCIÓN POLITICA DE COLOMBIA 1991	República de Colombia	**Art. 65** La producción de alimentos gozará de la especial protección del Estado. Para tal efecto, se otorgará prioridad al desarrollo integral de las actividades agrícolas, pecuarias, pesqueras, forestales y agroindustriales, así como

		también a la construcción de obras de infraestructura física y adecuación de tierras. De igual manera, el Estado promoverá la investigación y la transferencia de tecnología para la producción de alimentos y materias primas de origen agropecuario, con el propósito de incrementar la productividad.
LEY 9 de 1979	Congreso de Colombia	Código Sanitario Nacional por cuanto dicta medidas sobre las condiciones sanitarias básicas para la protección en el medio ambiente, suministro de agua, saneamiento de edificaciones, alimentos, droga, medicamentos, cosméticos, vigilancia y control epidemiológico, prevención y control de desastres, derechos de los habitantes respecto a la salud.
RESOLUCIÓN 14712 DE 1984	Ministerio de Salud y Protección Social	Por lo cual se reglamenta lo relacionado con producción,

		procesamiento, transporte, almacenamiento y comercialización de vegetales como frutas y hortalizas elaboradas
DECRETO 3075 DE 1997	Ministerio de Salud y Protección Social	Regula las actividades de fabricación, procesamiento, preparación, envase, almacenamiento, transporte, distribución y comercialización de alimentos en el territorio nacional.
CODIGO DE PRACTICAS DE HIGIENE PARA LAS FRUTAS Y HORTALIZAS FRESCAS CAC/RCP 53-2003	Ministerio de Salud y Protección Social	El presente código aborda las buenas prácticas agrícolas (BPA) y las buenas prácticas de fabricación (BPF) que ayudarán a controlar los peligros microbianos, químicos y físicos asociados con todas las etapas de la producción de frutas y hortalizas frescas, desde la producción primaria hasta el envasado. En él se dedica particular atención a reducir al mínimo los

		peligros microbianos. El código es necesariamente flexible a fin de dar cabida a diferentes sistemas de control y prevención de la contaminación para diferentes grupos de productos.
CONPES 3514 2008 POLÍTICA NACIONAL FITOSANITARIA DE INOCUIDAD PARA LAS CADENAS DE FRUTAS Y OTROS VEGETALES	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Contiene los lineamientos de política que permitirán mejorar las condiciones fitosanitarias de las frutas y la inocuidad de producción hortofrutícola con el fin de proteger la salud y vida de las personas, aumentar la competitividad y fortalecer la posibilidad de obtener la admisibilidad de los productos en mercados internacionales.
NTC 756 FRUTAS Y HORTALIZAS FRESCAS. TOMA DE MUESTRAS	ICONTEC	Establece definiciones, procedimientos, tamaño mínimo de muestras de acuerdo al producto.

NTC 5400 BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS PARA FRUTAS, HIERBAS AROMÁTICAS CULINARIAS Y HORTALIZAS, FRUTAS. REQUISITOS GENERALES	ICONTEC	Define los requisitos generales y las recomendaciones de buenas prácticas agrícolas que sirvan de orientación a los productores de frutas, hierbas aromáticas culinarias y hortalizas frescas, tanto para el mercado nacional y el de exportación, como para la agroindustria, con el fin de mejorar las condiciones de la producción agrícola con un enfoque preventivo, en busca de la inocuidad, la competitividad, la seguridad de los trabajadores y el desarrollo sostenible.
NTC 5522 BUENAS PRACTICAS AGRICOLAS. TRAZABILIDAD EN LA CADENA ALIMENTARIA PARA FRUTAS,	ICONTEC	Define los requisitos mínimos para el diseño e implementación de un sistema de trazabilidad que sirvan de orientación a los productos y distribuidores, a través de toda la cadena agroalimentaria de frutas, hierbas aromáticas culinarias y hortalizas frescas.

HIERBAS AROMATICAS CULINARIAS Y HORTALIZAS FRESCAS.		

Fuente: Los autores

3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Existen en los cultivos de Lechuga y Repollo de la finca San Jerónimo de Madrid, Cundinamarca concentraciones de Mercurio, Plomo y Cromo^{+3}?

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la toxicidad, por la presencia o ausencia de Mercurio, Plomo y Cromo^{+3}, en cultivos de Lechuga y Repollo de la finca San Jerónimo en Madrid, Cundinamarca.

4.2. OBJETIVO ESPECIFICOS

1. Realizar el diagnóstico de las condiciones actuales de los cultivos de repollo y lechuga.
2. Determinar la presencia de Mercurio, Plomo y Cromo^{+3} mediante técnicas de Absorción Atómica.
3. Comparar los valores de concentraciones de metales pesados en las hortalizas con los valores máximos establecidos por la Unión Europea.

5. METODOLOGÍA

Diagnóstico

Se realizó un diagnóstico participativo y se acudió a la Alcaldía Municipal de Madrid para realizar la consulta Plan Básico de Ordenamiento Territorial, del cual se extrajo información relacionada sobre las características del terreno utilizado para el cultivo de las hortalizas, entre ellas la orografía, hidrografía y suelo.

La investigación con enfoque experimental se llevará a cabo en cinco etapas:

Etapa 1

En esta etapa se realizó la determinación logística, en donde se establecieron las condiciones actuales de los cultivos de estudio y el tipo de muestreo que se aplicó.

- Suelo: Se utilizó el protocolo de muestreo de suelos para determinación de metales pesados del IDEAM, como método de muestreo se realizó un muestreo simple aleatorio ya que permitió obtener una muestra representativa del terreno. Se tomaron 10 submuestras, ya que el terreno presentaba pocas variaciones. Ver anexo 1

- Agua: Se realizó el reconocimiento de la fuente de riego del cultivo y se identificó el proceso de acondicionamiento del agua para el riego. La recolección de la muestra fue puntual. El método de muestreo utilizado fue manual y se recolectó un volumen final muestra de 500 ml. Ver anexo 1

- Lechuga y Repollo: El muestreo se realizó de forma aleatoria en cada uno de los cultivos. Se utilizó un método manual.

Etapa 2

En esta etapa se procedió a la toma de muestras del suelo, agua, hoja de Lechuga y de Repollo de forma manual.

- Suelo: se realizó el acondicionamiento del terreno para la toma de las muestras por medio del retiro de la capa vegetal del área, la toma de la muestra se hizo a 30 cm de profundidad debido a que es a esta profundidad que se encuentran disponibles los metales pesados, y el tamaño fue de 10x10 cm. En total se tomaron 10 submuestras de 200 g, estas se depositaron en un balde para lograr homogeneidad en la muestra, con el total de las submuestras bien mezcladas se realizó un circulo de 40cm y se dividió en cuatro partes hasta conseguir 1Kg de suelo. Esta muestra final se empaco y se identificó. Ver anexo 2

- Agua: Se realizó la adición del preservante a la muestra (0.75 ml de $NaOH_3$) y se procedió a su almacenamiento e identificación. Ver anexo 2

- Lechuga y Repollo: se recolectaron 500g de cada hortaliza. Las muestras se empacaron en bolsas plásticas herméticas para asegurar su conservación. la muestra se mantuvo en refrigeración 0°C.

Etapa 3

Las muestras de suelo, agua, lechuga y repollo fueron enviadas para su análisis al Laboratorio Ivonne Bernier, en donde se determinó la concentración de Mercurio, Plomo y Cromo^{+3}.

A continuación se presenta en la Tabla 5 las técnicas que se utilizaron para el análisis fisicoquímico.

Tabla 5. Análisis fisicoquímico Agua, Suelo y Repollo y lechuga

ANÁLISIS FISICOQUÍMICO						
MATRIZ / PARAMETRO	SUELO		AGUA		REPOLLO Y LECHUGA	
	TÉCNICA	CANTIDAD	TÉCNICA	CANTIDAD	TÉCNICA	CANTIDAD
Mercurio	AA Generador de hidruros	1	Generador de hidruros	1	Espectrofotometría Generador de hidruros	2
Cromo^{+3}	Absorción atómica	1	Absorción atómica	1	Espectrofotometría horno grafito	2
Plomo	Absorción atómica	1	Microondas /Absorción atómica	1	Absorción atómica	2

Fuente: Los autores

Etapa 4

Los resultados de los análisis de las muestras de suelo, agua, lechuga y repollo se compararon con los niveles máximos permisibles establecidos por la Unión Europea.

Se realizó un análisis estadístico utilizando el coeficiente de variación aplicando la siguiente fórmula:

$$\%\mathrm{CV} = \frac{\mathrm{S}}{\mathrm{X}} \times 100$$

S= Desviación estándar de las lecturas

X= Promedio de la totalidad de lecturas

Se realizaron 3 lecturas por cada una de las muestras a analizar.

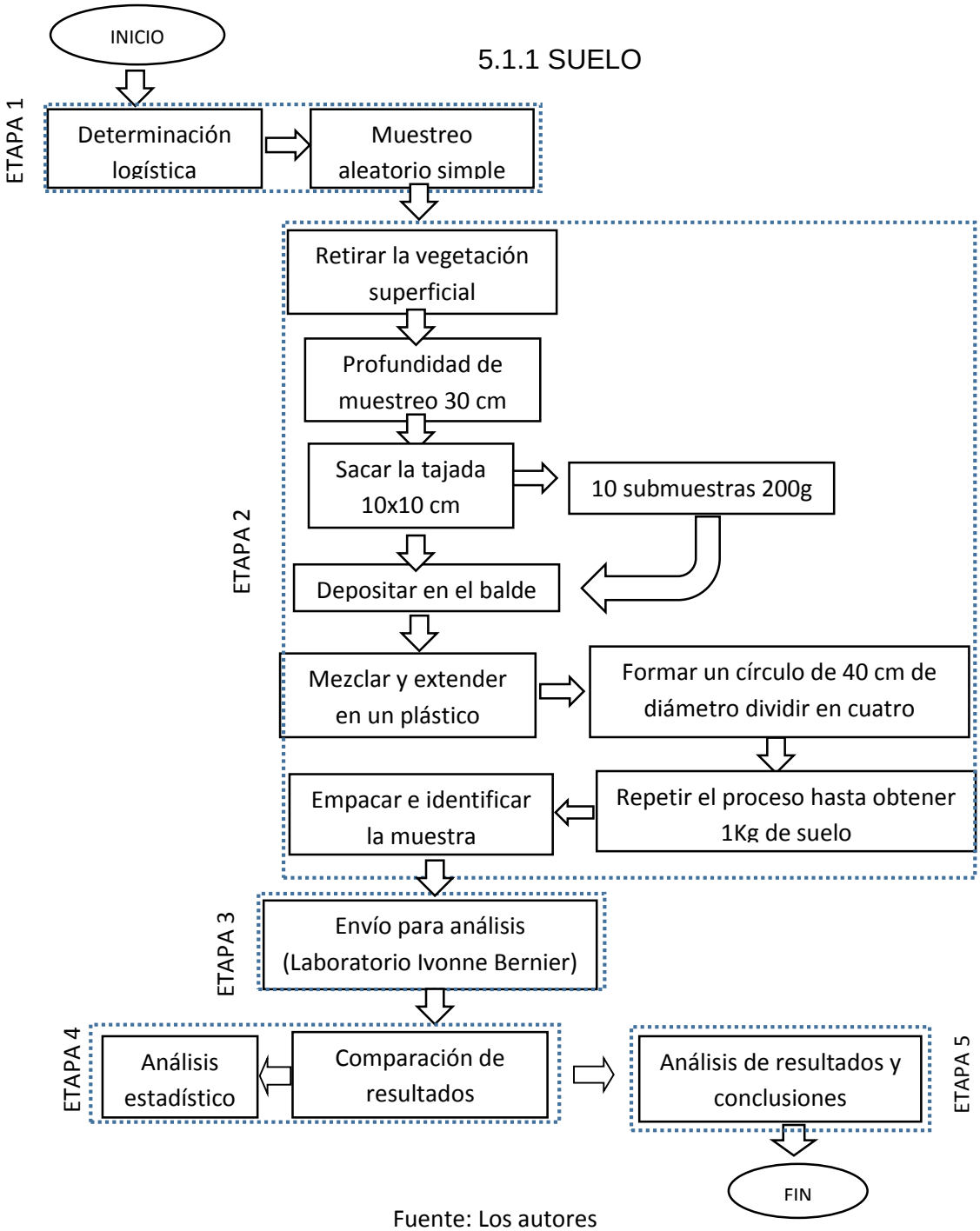
Etapa 5

Se realizaron el análisis de los resultados, recomendaciones y conclusiones de la investigación.

5.1 DIAGRAMAS DE FLUJO

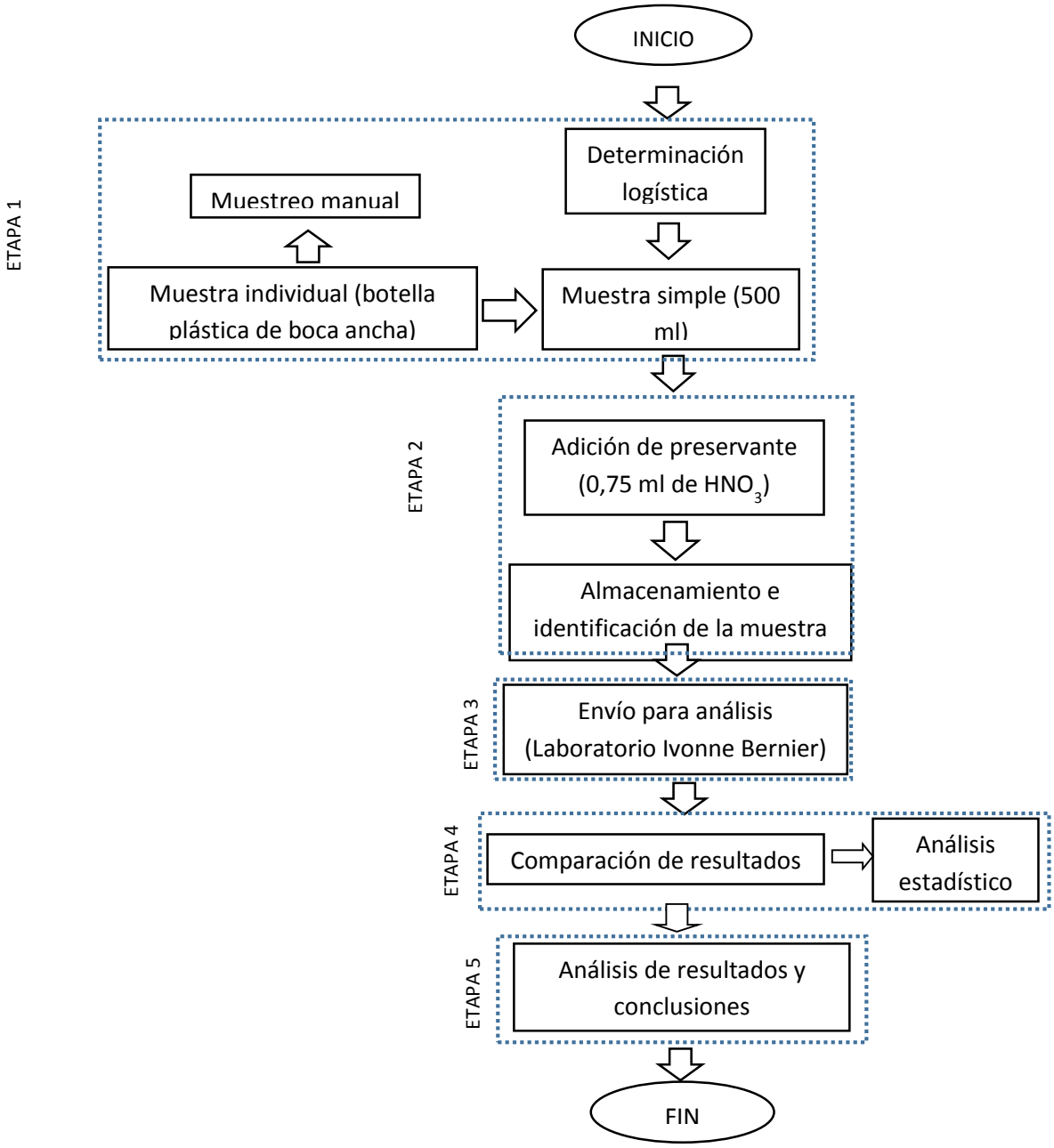
A continuación se presenta la metodología plasmada en Diagramas de Flujo para cada una de las matrices suelo, agua y de la Lechuga y Repollo respectivamente:

5.1.1 SUELO



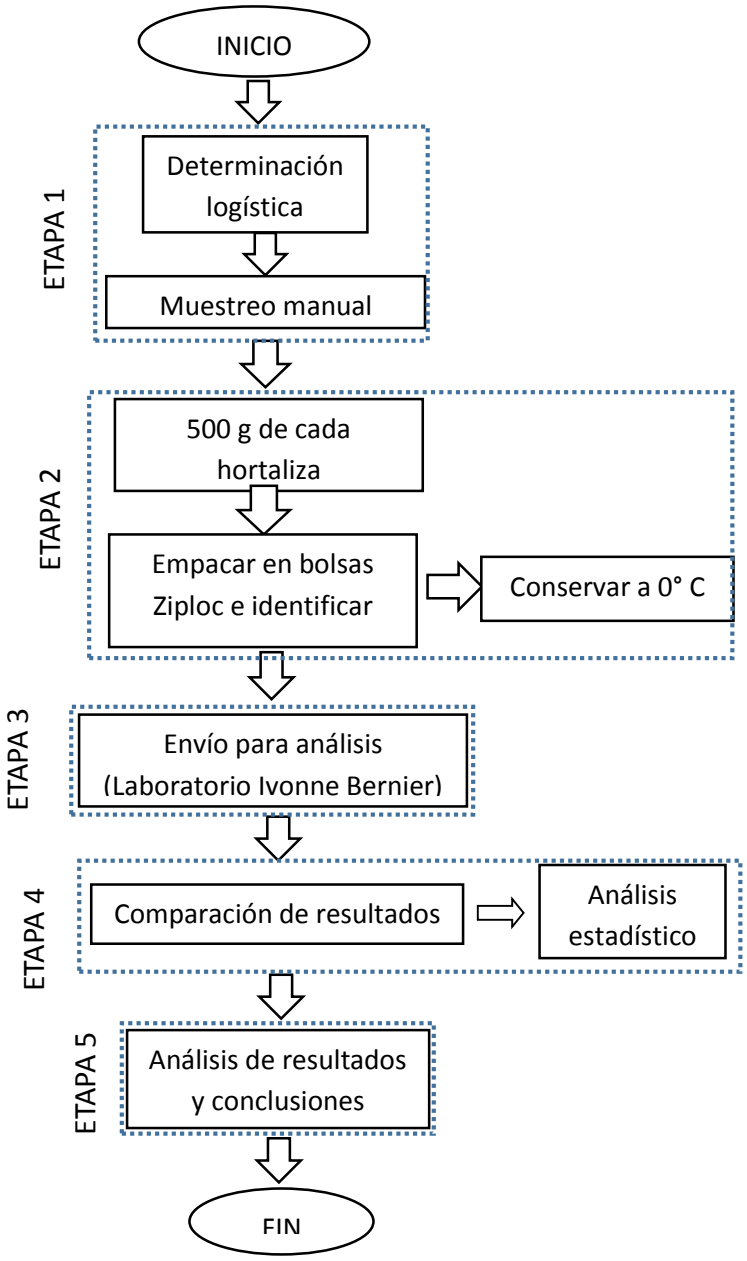
Fuente: Los autores

5.1.2 AGUA



Fuente: Los autores

5.1.3 HORTALIZA (LECHUGA Y REPOLLO)



Fuente: Los autores

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Diagnóstico

Se realizó un diagnóstico participativo por medio de entrevistas hechas al dueño de la finca San Jerónimo y a sus trabajadores, además de visitas en campo a todo el terreno cultivado y la parte más cercana de la Laguna La Herrera.

La Alcaldía Municipal de Madrid proporcionó el Plan Básico de Ordenamiento Territorial, del cual se extrajo información relacionada sobre las características generales del terreno utilizado para el cultivo de las hortalizas.

6.1.1. Orografía

Se evidencia un terreno plano con pendientes mínimas de acuerdo con lo consultado en el Plan Básico de Ordenamiento Territorial, bajo riesgo de inundación y buena disponibilidad de aguas superficiales.

En el área norte de la finca el terreno presenta elevaciones orográficas. (Camargo, 2014)

6.1.2 Hidrografía

El agua de riego es captada de la laguna La Herrera, que pertenece al Distrito de Riego La Ramada, sin embargo, esta fuente de agua presenta altos niveles de contaminación debido a la mala disposición de aguas residuales, desechos

industriales y residuos domésticos que son depositados a la largo de la cuenca del rio. (Camargo, 2014)

6.1.3 Suelo

El suelo de la finca San Jerónimo presenta características aptas para el desarrollo de procesos agropecuarios, debido a que es un suelo fértil y con una alta capacidad de drenaje. (Camargo, 2014)

6.1.4 Productos Químicos

A lo largo del proceso de cultivo se emplean los siguientes químicos:

- Coadyuvantes en el agua de riego
- DACONIL (fungicida)
- ROXIÓN 40 EC (insecticida fosforado)
- Abono triple 15
- Aplicación de CAL
- Variedad de plaguicidas contra la Plutela (repollo)

6.2 Georreferenciación

Ilustración 4. Imagen satelital finca San Jerónimo Madrid, Cundinamarca

Fuente: Recuperado de Google Earth, 2014

La Finca San Jerónimo tiene las siguientes coordenadas:

Latitud 4°43´05.66” norte. Longitud de 74°17´32.07” oeste.

El análisis de las muestras se realizó en IVONNE BERNIER LABORATORIO LIMITADA el cual cuenta con certificaciones en el ICONTEC para Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos en aguas y alimentos para consumo humano y animal, productos farmacéuticos, cosméticos, suelos y foliares Asesoría, interventoría, capacitación e investigación en control, aseguramiento y gestión de calidad y en IQNET Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos en aguas y alimentos para consumo humano y animal, productos farmacéuticos, cosméticos, suelos y foliares Asesoría, interventoría, capacitación e investigación en control,

aseguramiento y gestión de calidad. Por ultimo cuenta con la acreditación del IDEAM, Resolución 1950 de 6 de Septiembre 2013.

A continuación se presentan los resultados de los análisis fisicoquímicos entregados por el Laboratorio Ivonne Bernier. (Ver Anexo C)

Para el suelo se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 6. Análisis fisicoquímico del suelo

ANALISIS FISICOQUIMICO DEL SUELO				
PARAMETRO	**UNIDADES**	**RESULTADO**	**TECNICA**	**TIPO DE MUESTREO**
Mercurio	mg Hg /Kg	<0.003	Generador de hidruros	Muestreo aleatorio simple
Cromo^{+3}	mg Cr/Kg	<0.021	Absorción atómica	
Plomo	mg Pb/Kg	<0.03	Absorción atómica	

Fuente: los autores

Para el agua se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 7. Análisis fisicoquímico del agua

ANALISIS FISICOQUIMICO DEL AGUA				
PARAMETRO	**UNIDADES**	**RESULTADO**	**TECNICA**	**TIPO DE MUESTREO**
Mercurio	mg/L Hg	<0.001	Generador de hidruros	Puntual
Cromo^{+3}	mg/L Cr	<0.010	Absorción atómica	
Plomo	mg/L Pb	<0.020	Microondas/Absorción atómica	

Fuente: los autores

Para la lechuga se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 6. Análisis fisicoquímico de la lechuga

ANALISIS FISICOQUIMICO DE LA LECHUGA				
PARAMETRO	**UNIDADES**	**RESULTADO**	**TECNICA**	**TIPO DE MUESTREO**
Mercurio	mg Hg /Kg	<0.001	Generador de hidruros	Manual
Cromo^{+3}	mg Cr/Kg	<0.007	Absorción atómica horno grafito	
Plomo	mg Pb/Kg	<0.0001	Absorción atómica	

Fuente: los autores

Para el repollo se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 7. Análisis fisicoquímico del repollo

ANALISIS FISICOQUIMICO DEL REPOLLO				
PARAMETRO	**UNIDADES**	**RESULTADO**	**TECNICA**	**TIPO DE MUESTREO**
Mercurio	mg Hg /Kg	<0.001	Generador de hidruros	Manual
Cromo^{+3}	mg Cr/Kg	<0.007	Absorción atómica horno grafito	
Plomo	mg Pb/Kg	<0.0001	Absorción atómica	

Fuente: los autores

Tabla 8. Ficha técnica

FICHA TECNICA	
CONDICIONES DE MUESTREO	
Fecha de muestreo	09 de Septiembre de 2014
Lugar de muestreo	Finca san Jerónimo
Ciudad/ Región	Madrid, Cundinamarca
Temperatura	17°C
Humedad	63%
Tiempo de muestreo	3 horas
AGUA	
Fecha de muestreo	09 de Septiembre de 2014
Lugar de muestreo	Pozo agua de riego
Ciudad/ Región	Madrid, Cundinamarca
Volumen de la muestra	500 ml
Tiempo de muestreo	5 minutos
Técnica de muestreo	Manual
Preservante	0,75 ml de HNO_3
Preservación	0 °C
Caudal	30 m3/h
SUELO	
Fecha de muestreo	09 de Septiembre de 2014
Lugar de muestreo	Cultivos de Lechuga y Repollo
Ciudad/ Región	Madrid, Cundinamarca
Volumen de la muestra	250 g
Tiempo de muestreo	2 horas
Técnica de muestreo	Manual
Preservante	No
Preservación	0 °C
LECHUGA Y REPOLLO	
Fecha de muestreo	09 de Septiembre de 2014
Lugar de muestreo	Cultivos de Lechuga y Repollo
Ciudad/ Región	Madrid, Cundinamarca
Volumen de la muestra	200 g c/u
Tiempo de muestreo	30 minutos
Técnica de muestreo	Manual
Preservante	No
Preservación	0 °C

Fuente: los autores

A través de la lectura del mercurio, cromo^{+3} y plomo en la lechuga y el repollo, se obtuvieron los siguientes resultados:

6.3 Mercurio

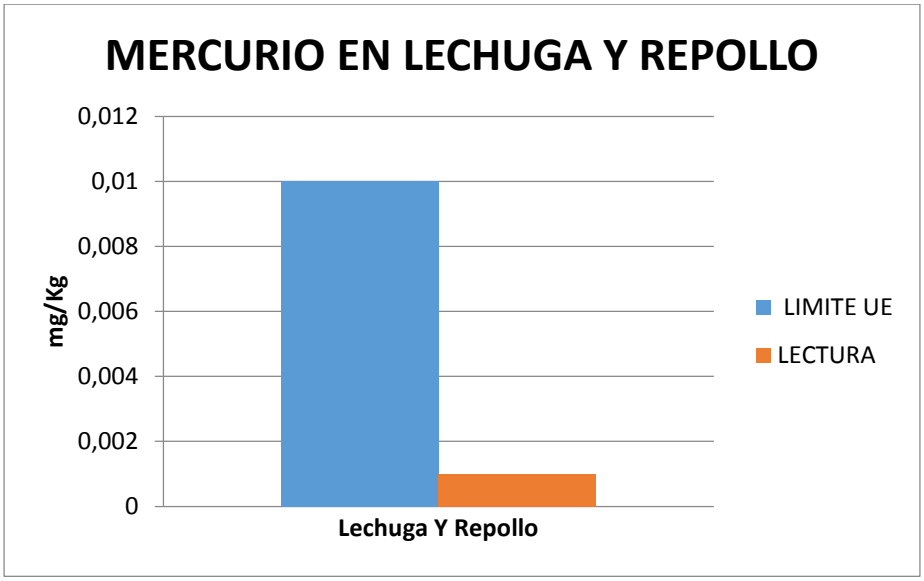
Tabla 9. Mercurio en lechuga y repollo

MERCURIO EN LECHUGA Y REPOLLO			
PARÁMETRO	**LÍMITE MAXIMO PERMISIBLE UE**	**LECTURA**	**UNIDAD**
Mercurio	0,01	<0.001	mg/Kg

Fuente: Los autores

La grafica 1 representa los niveles de Mercurio en la lechuga y el repollo comparándolos con los límites máximos permisibles establecidos por la Unión Europea

Gráfica 1. Mercurio lechuga y repollo



Fuente: Los autores

Como aparece en la gráfica 1, según la Unión Europea, el límite máximo permisible para mercurio en lechuga y repollo es 0,01 mg/Kg. En la investigación

de acuerdo con las muestras, el resultado fue de <0,001 mg/Kg; sin embargo puede existir riesgo, así en la lectura no se supere el límite.

6.4 Cromo^{+3}

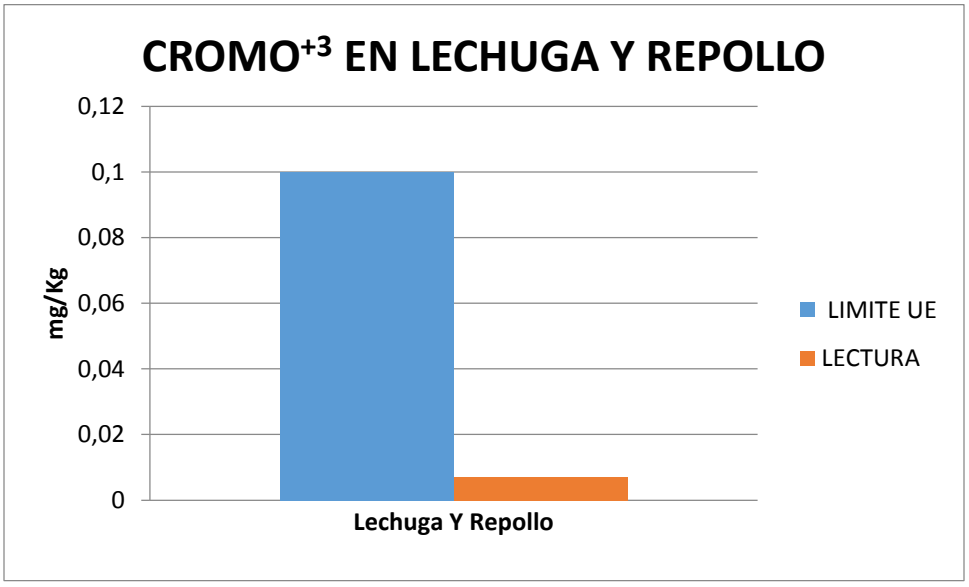
Tabla 10. Cromo+3 en lechuga y repollo

CROMO^{+3} EN LECHUGA Y REPOLLO			
PARÁMETRO	**LÍMITE MAXIMO PERMISIBLE UE**	**LECTURA**	**UNIDAD**
Cromo^{+3}	0,10	<0.007	mg/Kg

Fuente: Los autores

La grafica 2 representa los niveles de Cromo^{+3} en la lechuga y el repollo comparándolos con los límites máximos permisibles establecidos por la Unión Europea

Gráfica 2. Cromo+3 en lechuga y repollo



Fuente: Los autores

Como se observa en la gráfica 2, en cuanto al Cromo^{+3} en lechuga y repollo, se obtuvieron resultados menores con relación al límite máximo permisible, establecido por la Unión Europea que es de 0,10 mg/Kg. En este caso fue de <0,007 mg/Kg.

6.5 Plomo

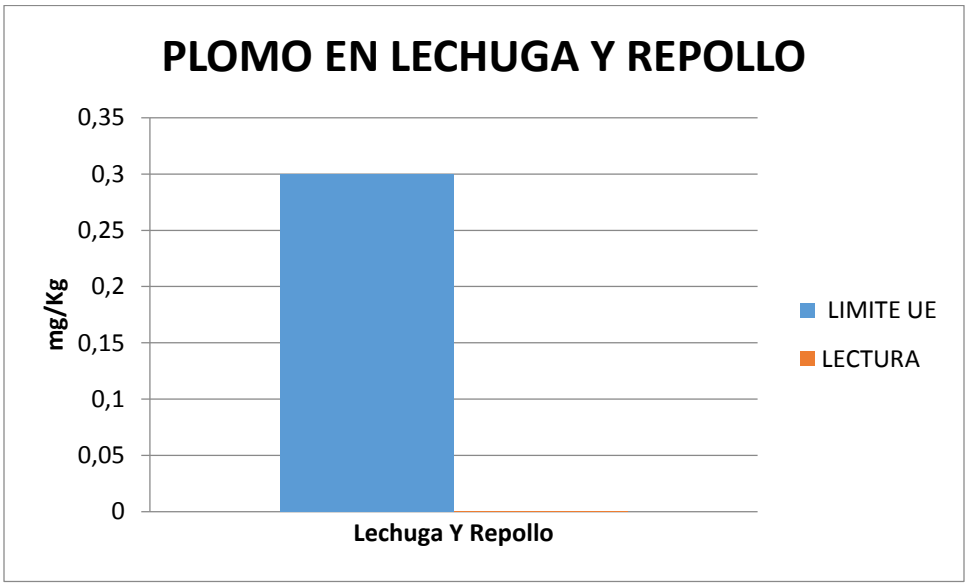
Tabla 11. Plomo en lechuga y repollo

PLOMO EN LECHUGA Y REPOLLO			
PÁRAMETRO	**LÍMITE MAXIMO PERMISIBLE UE**	**LECTURA**	**UNIDAD**
Plomo	0,30	<0.0001	mg/Kg

Fuente: Los autores

La grafica 3 representa los niveles de Plomo en la lechuga y el repollo comparándolos con los límites máximos permisibles establecidos por la Unión Europea

Gráfica 3. Plomo en lechuga y repollo



Fuente: Los autores

Con relación al plomo en lechuga y repollo, el resultado que se obtuvo de la muestra fue de <0,0001 mg/Kg como se observa en la gráfica 3, en contraste con el límite máximo establecido por la Unión Europea de 0,30 mg/Kg, es decir, no tendría relevancia.

Por no encontrar diferencias en las lecturas de los resultados de los metales pesados (mercurio cromo+3 y plomo), no se aplicó el coeficiente de variación como se había propuesto en el anteproyecto.

La absorción del mercurio del suelo a las plantas generalmente es baja, por lo tanto la posibilidad de transporte de este metal desde las raíces a las partes aéreas de la planta es casi nulo. Teniendo en cuenta lo anterior, altas concentraciones de mercurio en el suelo generaran un aumento moderado en los niveles del metal en las hojas de la hortaliza. (Ganadero, 2012)

En Madrid la concentración de mercurio fue <0.001 mg/Kg en la lechuga y en el repollo, para el suelo se encontró una concentración <0.003 mg/Kg. Según Kabatta Pendias and Pendias (1992) el contenido de mercurio para suelos no contaminados varía entre 0.05 mg/Kg y 0.5 mg/Kg. En consecuencia el suelo analizado no está contaminado.

En el análisis realizado en Madrid, Cundinamarca se encontró que el plomo fue el metal con menor concentración en la lechuga y el repollo <0.0001 mg/Kg, Miranda (2008) realizó muestreos en la vereda Canoas del municipio de Soacha, que arrojaron una concentración de 0.20 mg/Kg en la lechuga y <0.05 mg/Kg en el

repollo. Las fuentes de riego para los dos cultivos hacen parte del distrito de riego la Ramada proveniente del rio Bogotá.

Según Marschner (2002) la lechuga es una hortaliza con la capacidad de absorber grandes cantidades de plomo, provenientes de suelos altamente contaminados. Por consiguiente y bajo esta afirmación, es posible decir que el suelo del cultivo de lechuga en Madrid no presenta altos niveles de contaminación por plomo.

La baja concentración de plomo en el repollo a comparación de la lechuga, es que esta última según Miranda (2008) es un bioacumulador de algunos metales pesados, entre ellos el plomo.

Según la Organización Panamericana de la Salud en suelos no contaminados, el cromo^{+3} puede variar entre no detectable y 0.2 mg/Kg. En los cultivos de lechuga y repollo de Madrid se encontró una concentración <0.007 mg/Kg.

Mundialmente la contaminación de hortalizas por metales pesados representa una amenaza a la salud pública, y como en Colombia en la mayoría de los casos los metales pesados ingresan por medio del agua de riego.

Huacho es una ciudad costera de Perú, donde la contaminación de hortalizas por metales pesados se ha considerado objeto de estudio, debido a un considerable aumento en las concentraciones de estos.

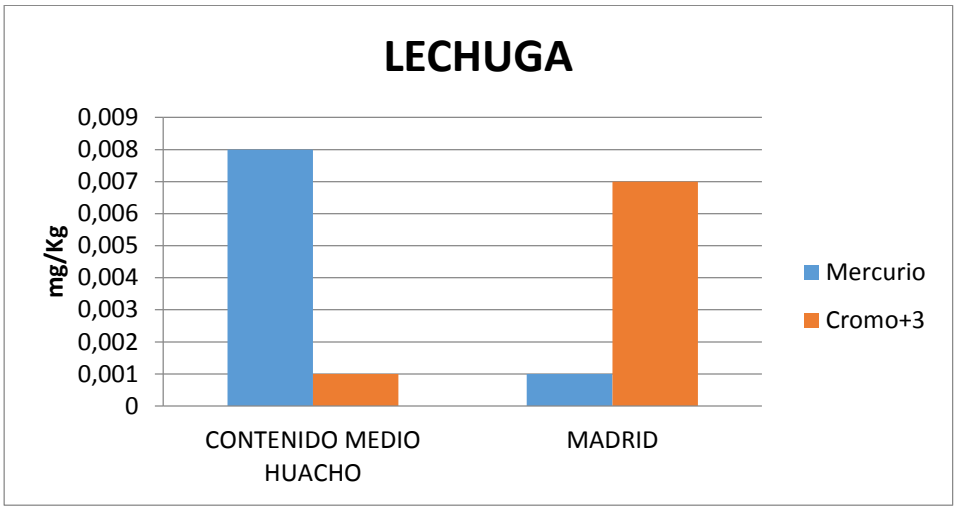
En la investigación “METALES PESADOS EN SUELOS Y PLANTAS: CONTAMINACIÓN Y FITOTOXICIDAD” se encontraron los siguientes valores de concentración para el mercurio, cromo^{+3} y plomo en lechuga y repollo de la zona:

Tabla 12. Comparación Huacho-Madrid lechuga

LECHUGA			
PARAMETRO	**UNIDADES**	**CONTENIDO MEDIO HUACHO**	**MADRID**
Mercurio	mg Hg /Kg	0.008	<0.001
Cromo^{+3}	mg Cr/Kg	0.001	<0.007
Plomo	mg Pb/Kg	0.7	<0.0001

Fuente: los autores

Gráfica 4. Comparación Huacho-Madrid lechuga



Fuente: los autores

La concentración de mercurio en Huacho es de 0.008 mg/Kg, siendo esta mayor que la detectada en Madrid, que es <0.001 mg/Kg. Sin embargo las dos concentraciones cumplen con los niveles máximos permisibles de mercurio establecidos por la Unión Europea que es de 0,01 mg/Kg.

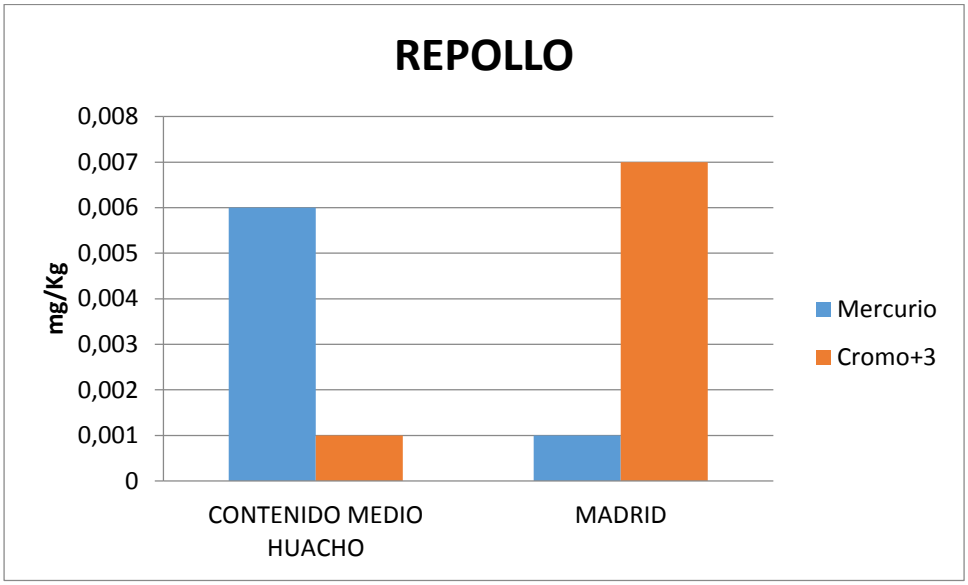
En el caso del cromo^{+3} se evidencia que en Madrid las hortalizas absorbieron mayor cantidad de este metal, ya que se encontró una concentración <0.007 mg/Kg, en Huacho la concentración de cromo^{+3} es de 0.001 mg/Kg.

Tabla 13. Comparación Huacho-Madrid repollo

REPOLLO			
PARAMETRO	**UNIDADES**	**CONTENIDO MEDIO HUACHO**	**MADRID**
Mercurio	mg Hg /Kg	0.006	<0.001
Cromo^{+3}	mg Cr/Kg	0.001	<0.007
Plomo	mg Pb/Kg	1.7	<0.0001

Fuente: los autores

Gráfica 5. Comparación Huacho-Madrid Repollo



Fuente: los autores

La concentración de mercurio en el repollo de Huacho fue de 0.006 mg/Kg, medida que es superior a la encontrada en Madrid <0.001 mg/Kg.

El cromo^{+3} presento concentraciones <0.007 mg/Kg en Madrid, siendo esta mayor que la detectada en Huacho de 0.001 mg/Kg.

A pesar de estar presente en el repollo en diferentes concentraciones en los dos lugares, no se sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos por la Unión Europea para el mercurio y para el cromo^{+3}.

Las concentraciones de plomo en Huacho son demasiado altas a comparación de las encontradas en Madrid para la lechuga y el repollo, sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos por la Unión Europea para el plomo por tanto no se realizó su comparación.

7. CONCLUSIONES

Con la realización del diagnóstico se logró establecer que la probabilidad de contaminación por mercurio, cromo^{+3} y plomo en la lechuga y el repollo fué alta, debido a que la fuente de riego presenta altos niveles de contaminación desde la parte más alta de su cuenca y además se hace un constante uso de productos químicos que disminuyen la calidad del producto debido a la facilidad con la que son absorbidos.

Los resultados obtenidos indican la presencia de mercurio, cromo^{+3} y plomo en la lechuga y repollo. Siendo el cromo^{+3} el metal con mayor proporción, seguido del mercurio. En cuanto al plomo la detección fue mínima por tanto es posible menospreciar la presencia de este metal.

Las concentraciones de mercurio, cromo^{+3} y plomo tanto en la lechuga como en el repollo, están por debajo de los límites máximos establecidos por la Unión Europea para metales pesados en hortalizas.

A pesar de ser cantidades mínimas las que se identificaron de mercurio y cromo^{+3} en las hortalizas (repollo y lechuga), a largo plazo el consumo frecuente de estos productos se convierte en una amenaza para la salud de los consumidores, debido a que estos metales se biomagnifican en el organismo del hombre.

En el área foliar de las hortalizas analizadas (repollo y lechuga) se encontró que el mercurio tiene la segunda concentración más alta, sin embargo la concentración de este en el agua y en el suelo era la más baja entre los tres metales analizados,

por tanto se puede suponer que el mercurio acumulado en la parte foliar de las hortalizas proviene de los fertilizantes y diferentes químicos utilizados en el proceso de cultivo.

La concentración del cromo^{+3} fue la más alta identificada en el análisis de la zona foliar de las hortalizas (repollo y lechuga), esto se puede atribuir a la presencia natural del metal en este tipo de alimentos.

Las bajas concentraciones de plomo encontradas en el área foliar de las hortalizas analizadas (lechuga y repollo) se debe a que este metal se acumula principalmente en las raíces de las hortalizas y al hecho que el suelo analizado no presenta condiciones de contaminación por este metal.

Al realizar la comparación de las concentraciones de mercurio, cromo^{+3} y plomo con las encontradas en Huacho (Perú), se demuestra la presencia de estos tres metales en cantidades similares a las encontradas en Madrid, a excepción del plomo, por lo que es evidente la ausencia de controles que garanticen la seguridad de los alimentos.

8. RECOMENDACIONES

Es pertinente que las autoridades competentes realicen un seguimiento continuo a los cultivos de la sabana de Bogotá, en pro de garantizar la calidad de los productos para consumo humano. En donde se tenga un control de los agentes químicos que se van a aplicar en el proceso de cultivo y el agua de riego a emplear.

El principal problema radica en la inexistencia de una norma que rija las medidas de control. Por tanto se hace indispensable la necesidad de generar un soporte legal

Además del mercurio, cromo^{+3} y plomo, existen más metales pesados susceptibles a ser absorbidos por las hortalizas entre ellos se encuentran el cadmio y el arsénico, los cuales tienen efectos cancerígenos en el ser humano. Es importante realizar estos estudios para complementar la información sobre la existencia de metales pesados en hortalizas.

Durante el desarrollo de la investigación fue evidente la ausencia de información pertinente al tema sobre la acumulación de metales pesados en hortalizas, por tanto es necesario realizar más estudios que permitan tener una visión real de la situación actual del país.

BIBLIOGRAFIA

Agroalimentaria, F. V. (MARZO de 2014). *CROMO*. Obtenido de http://www.elika.net/datos/pdfs_agrupados/Documento145/30.Cromo.pdf

Agrolanzarote. (Enero de 2012). *SERVICIO INSULAR AGRARIO*. Obtenido de http://www.agrolanzarote.com/sites/default/files/Agrolanzarote/02Productos/documentos/ficha_tecnica_del_cultivo_de_lechuga.pdf

Altieri, M. A., Koohafkan, P., & Gimenez, E. H. (Julio de 2012). *AGRICULTURA VERDE: FUNDAMENTOS AGROECOLOGICOS PARA DISEÑAR SISTEMAS AGRÍCOLAS BIODIVERSOS, RESILIENTES Y PRODUCTIVOS*. Obtenido de http://l.facebook.com/lsr.php?u=http%3A%2F%2Fagroeco.org%2Fsocla%2Fwp-content%2Fuploads%2F2013%2F11%2Fagricultura-verde-Altieri.pdf&ext=1421852957&hash=AcniHF5Oe5pFWOp-vEvD1msNBY0iiZ_z8SiZv3FtURbwaw

ASOHOFRUCOL. (2013). *Guía Ambiental para el Subsector Hortifruticola* . Obtenido de http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_30_GUIAhortifruticultura[1].pdf

Bolaños, L. D. (2013). *PRODUCTOS ENDEMICOS Y NO ENDEMICOS*. Obtenido de http://unicafam2.bligoo.com.co/media/users/28/1428666/files/472215/PRODUCTOS_ENDEMICOS_Y_NO_ENDEMICOS_final.pdf

Camargo, D. R. (Noviembre de 2014). *PLAN BÁSICO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE MADRID*. Obtenido de http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/plan%20b%C3%A1sico%20de%20ordenamiento%20territorial%20de%20madrid%20-%20divisi%C3%B3n%20pol%C3%ADtica%20del%20municipio%20-%20%28125%20p%C3%A1g%20-%20334%20kb%29.pdf

Cárdenas, G. A. (2005). *ACUERDO DE COMPETITIVIDAD CADENA DE HORTALIZAS* . Obtenido de http://www.incoder.gov.co/documentos/Estrategia%20de%20Desarrollo%20Rural/Perfiles%20Territoriales/ADR_VALLE%20DE%20TENZA/Documentos%20de%20Apoyo/Cadena%20de%20Hortalizas%20acuerdo%20de%20competitividad.pdf

Corzo, R. M. (MAYO de 2012). *Análisis comparativo de dos prácticas de manejo para el controlde insectos plaga en repollo (Brassica oleracea var. Viridis),en Agrónomos Mexicanos, Villaflores, Chiapas.* Obtenido de http://www.academia.edu/3274573/AN%C3%81LISIS_COMPARATIVO_DE_DOS_PR%C3%81CTICAS_DE_MANEJO_PARA_EL_CONTROL_DE_INSECTOS_PLAGA_EN_REPOLLO_Brassica_oleracea_var._Viridis_EN_AGR%C3%93NOMOS_MEXICANOS_VILLAFLORES_CHIAPAS

Díaz, A. A. (Agosto de 2014). *Metales pesados* . Obtenido de http://plaguicidas.comercio.es/MetalPesa.pdf

EcuRed. (2010). *Horticultura*. Obtenido de http://www.ecured.cu/index.php/Horticultura

EPA. (2011). *Glosario*. Obtenido de http://www.epa.gov/superfund/spanish/glosario/terminos_p.html

FAO. (2002). *Los fertilizantes y su uso*. Obtenido de ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/fertuso.pdf

FDA. (2000). *Fundación de Desarrollo Agropecuario.* Obtenido de Cultivo de Repollo: http://www.rediaf.net.do/publicaciones/guias/download/repollo.pdf

Ferratto, J. (2008). *Facultad de Ciencias Agrarias*. Obtenido de http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/24/4AM24.htm

Galindo, I. (2011). *Partes de la planta* . Obtenido de http://proyectoedutics.blogspot.com/p/partes-de-las-plantas.html

Ganadero, S. A. (2012). *Metales pesados en los cultivos.* Obtenido de http://biblioteca-digital.sag.gob.cl/documentos/medio_ambiente/criterios_calidad_suelos_aguas_agricolas/pdf_suelos/6_metales_pesados_cultivos.pdf

German, F. B. (2009). *Plomo*. Obtenido de http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/eco/016750/016750-plomo.pdf

Guzman, S. A. (Octubre de 2012). *CICLOS BIOGEOQUIMICOS DEL MERCURIO*. Obtenido de http://prezi.com/sdvazjemxmhe/ciclos-biogeoquimicos-del-mercurio/

Hacienda, S. D. (2012). *Instituto de Estudios Urbanos*. Obtenido de http://institutodeestudiosurbanos.info/endatos/0100/0110/0112-hidro/011211843.htm

Hatoyama, Y. (Mayo de 2010). *Enseñanzas de la Enfermedad de Minamata y el Manejo del Mercurio en Japón*. Obtenido de http://www.env.go.jp/chemi/tmms/pr-m/mat01/es_full.pdf

Hortalizas. (2012). *Hortalizas de estación fria*. Obtenido de http://www7.uc.cl/sw_educ/hort0498/HTML/p150.html

IICA. (NOVIEMBRE de 2009). *ESTUDIOS DE CASO EN COMERCIALIZACION DE PEQUEÑOS PRODUCTORES RURALES*. Obtenido de http://www.iica.int/Esp/organizacion/LTGC/agroindustria/Documentos%20Agroindustria%20Rural/Estudios%20de%20caso%20en%20comercializaci%C3%B3n%20de%20peque%C3%B1os%20productores%20rurales.pdf

Lenntech. (2008). *Water Treament Solutions* . Obtenido de http://www.lenntech.es/periodica/elementos/cr.htm

Martínez, M. C. (2011). *DETERMINACION DE METALES PESADOS EN HORTALIZAS DISTRIBUIDAS EN PLAZAS DE MERCADO, CENTROS DE ABASTO E HIPERMECADOS DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C*. Obtenido de http://www.uci.ac.cr/Biblioteca/Tesis/PFGMIA99.pdf

MINAG. (2008). *Ministerio de Agricultura y Riego Perú*. Obtenido de Cadenas Productivas: http://www.minag.gob.pe/portal/sector-agrario/pecuaria/cadenas-productivas?start=2

Miranda, D. (2008). *Acumulación de metales pesados en suelo y plantas de cuatro cultivos hortícolas, regados con agua del río Bogotá* . Obtenido de http://www.soccolhort.com/revista/pdf/magazin/Vol2/vol.2%20no.2/Vol.2.No.2.Art.5.pdf

Navia, C. C. (2013). *Salud de nuestro planeta*. Obtenido de http://saluddelplanetatierra.weebly.com/efectos-ambientales-del-plomo.html

NRDC. (2013). *LA CONTAMINACIÓN DEL MERCURIO*. Obtenido de http://www.nrdc.org/health/effects/mercury/espanol/effects.asp

Ocampo, J. C. (Marzo de 2010). *MANUAL BÁSICO "PRODUCCION DE HORTALIZAS"*. Obtenido de http://www.utn.org.mx/docs_pdf/novedades/MANUAL_HORTALIZAS_PESA_CHIAPAS_2010.pdf

OIRSA. (Mayo de 2001). *Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria.* Obtenido de Manual para el control y aseguramiento de la calidad e inocuidad de frutas y hortalizas frescas: http://www.oirsa.org/aplicaciones/subidoarchivos/BibliotecaVirtual/ManualfrutashortalitzasfrescasESA.pdf

OMS. (2014). *OMS*. Obtenido de http://www.who.int/about/es/

Osam, O. d. (2011). *Toxicidad*. Obtenido de http://www.osman.es/ficha/14174

Reyes, N. P. (2010). *DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS PLOMO, CROMO, CADMIO, MERCURIO Y ARSÉNICO EN HORTALIZAS DE LOS CENTROS DE ABASTO DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ DURANTE EL AÑO 2010.* Obtenido de http://www.mastercongresos.com/sesa/Presentaciones%20SESA/Orales/O-058.pdf

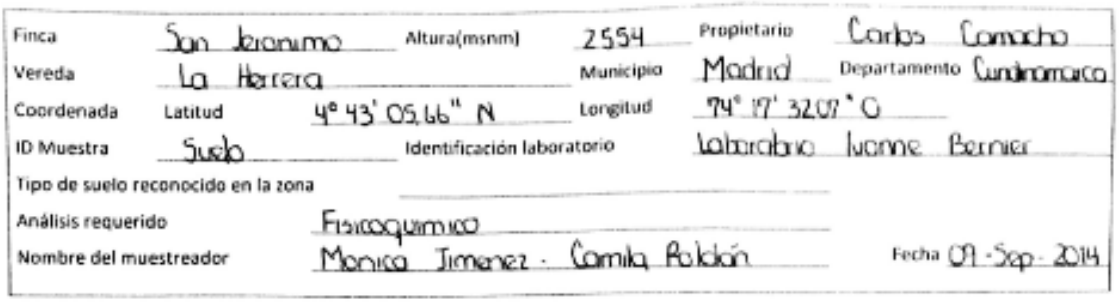
Santos, L. (Marzo de 2010). *El Riego y sus tecnologías.* Obtenido de http://www.fagro.edu.uy/~hidrologia/riego/El_Riego_y_sus_Tecnologias.pdf

Ugarriza, S. (2009). *Terminología comercial agropecuaria*. Obtenido de http://www.ucasal.edu.ar/eucasa/documentos/terminologia_parcial.pdf

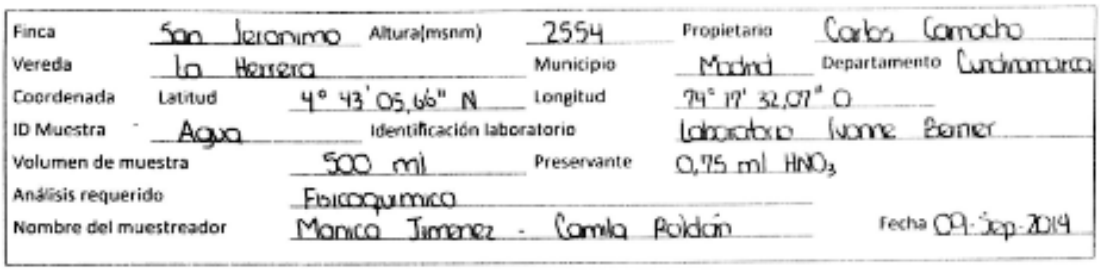
Villarejo, A. D. (2008). *Ecotoxicología y acción toxicológica del mercurio*. Obtenido de http://www.analesranf.com/index.php/aranf/article/download/254/283

ANEXOS

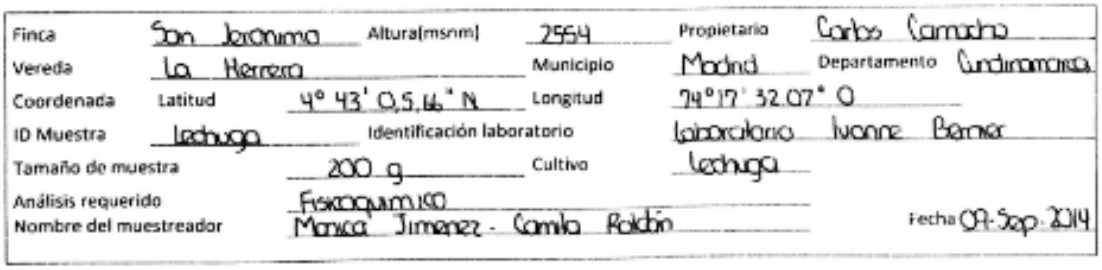
A. ROTULOS



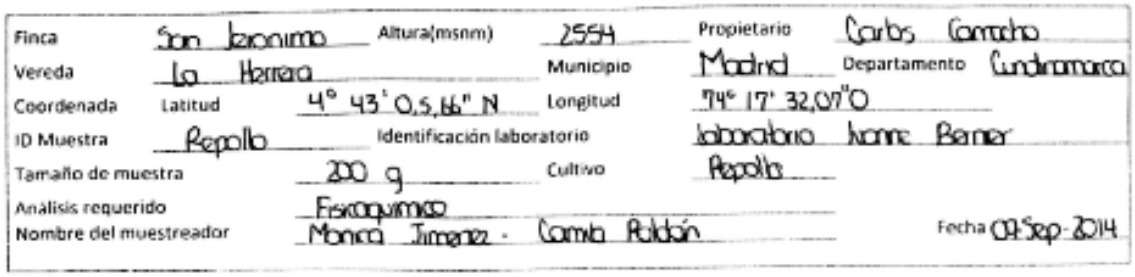
Rotulo Suelo



Rotulo Agua



Rotulo Lechuga



Lechuga Repollo

B. REGISTRO FOTOGRAFICO

Cultivos de Lechuga y repollo

Bomba para riego

Pozo agua de riego

Pozo agua de riego

Toma de muestra agua de riego

Toma de muestra agua de riego

Punto de muestreo de suelo

Punto de muestreo suelo

Toma de muestra lechuga y repollo

C. RESULTADOS DE LABORATORIO

ResultsPrint

Página 1 de 1

Ivonne Bernier Hidrolab

Control de Calidad
Aguas – Alimentos – Ambiental
Análisis Microbiológicos, Moleculares y Fisicoquímicos
Asesoría e Investigación

Informe de Laboratorio - Análisis Fisicoquímico de Suelos No. S 1096

Fecha de Muestreo: No Reportada | Fecha de Recepción: 9/9/2014 | Fecha de Análisis: 9/9/2014 | Fecha de Informe: 10/17/2014
Fecha de Impresión: 10/17/2014 | El Informe ha sido Modificado por IBLAB: No Modificado | Página 1 de 1

Información del Cliente

Cód	Cliente	Atención	Dirección	Teléfono	Fax	ID	#ID	Ciudad
2050	Monica Jimenez Pelaez	Sra. Monica Jimenez Pelaez	CAlle 55 No. 77A - 43 Anillo 15 Apto 305	3114746810	0	Cédula de Ciudadanía	1.070.957.367	Bogotá D.C

Datos de la Muestra

Ref IBLAB	Identificación de la Muestra	Lote	Muestreo	Peso	Und	Cantidad	Presentación	Proveedor	Observaciones
163931	Suelo Sitio de Muestreo: Chatvo Hora de Toma: 12:00 m Fecha Muestreo: 2014-09-09		Realizado Cliente	250	Gramos	1	Unidad x 250g	Monica Jimenez Pelaez	Comprobante de muestreo No. 36414, la muestra se recibe cerrada y refrigerada, tomada por el cliente y traida al laboratorio. Muestra tomada en recipientes suministrados por IBLAB. Oferta de Valor No. 8062-2014

Tabla de Resultados

Parámetro	Unidades	Método	Técnica	Resultado	Norma	Rango	Concepto	Incertidumbre	Prevalencia
Cromo	mg Cr/Kg	EPA 3051A - SM 3111B	Digestion microondas/AA Llama oxido nitroso acetileno	< 0,021	No se realizaron comparaciones con normas	-	-		
Mercurio	mg Hg/Kg	IGAGC -90	Generador de Hidruros	< 0,003	No se realizaron comparaciones con normas	-	-		
Plomo	mg Pb/Kg	EPA 3051A - SM 3111B	Digestion microondas/AA Generador de hidruros	< 0,03	No se realizaron comparaciones con normas	-	-		

No se realizaron comparaciones con normas.

LAS CONTRAMUESTRAS SERÁN ELIMINADAS 72 HORAS A PARTIR DE LA FECHA DE ESTE INFORME
RESULTADOS VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA
PROHIBIDA TODA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE INFORME SIN AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO

Juan Miguel Zárate
Chief Laboratory - CL

Anyi Gordillo
Chemical Analizer - CI

Calle 49 No. 70C -31 PBX: (57 1) 416 63 01 E-mail: direcciontecnica@iblaboratorio.com - http://www.iblaboratorio.com - http://sagc.iblaboratorio.com - Bogotá - COLOMBIA

Resultado Suelo

Informe de Ensayo (SN)

N° Informe 202-01

Hidrolab

Cliente: MONICA JIMENEZ PELAEZ
Dirección: Calle 55 No. 77A - 43 Anillo 15 Apto 305,.
Proyecto Control Muestras Aguas de Riego
Identificación Cliente: MONICA JIMENEZ PELAEZ
Lugar de Muestreo: Agua de Riego
Dirección: Sin definir
Ciudad / Región: MADRID,Cundinamarca
Punto de Muestreo: Pozo
Matriz: Agua de pozo
Tipo de Muestreo: Puntual
Término de Muestreo 09-09-2014 09:30:00
tecepcion Laboratorio: 09-09-2014 15:00:00
Muestreado por: Cliente

Parámetro	Unidades	Resultados	Fecha y Hora Análisis	Ref.Método
Cromo	mg/L Cr	<0,010	24-09-14 15:43	SM 3111 B (2)
Mercurio	mg/L Hg	<0,001	30-09-14 10:39	SM 3112 B (2)
Plomo	mg/L Pb	<0,020	16-09-14 12:08	SM 3111 B (2)

Notas:
(2) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22th Edition 2012.
La muestra se recibe cerrada y refrigerada, tomada por el cliente. Muestra tomada en recipiente de plástico suministrado por el cliente

Andrea Rincón Ruiz
Gerente General

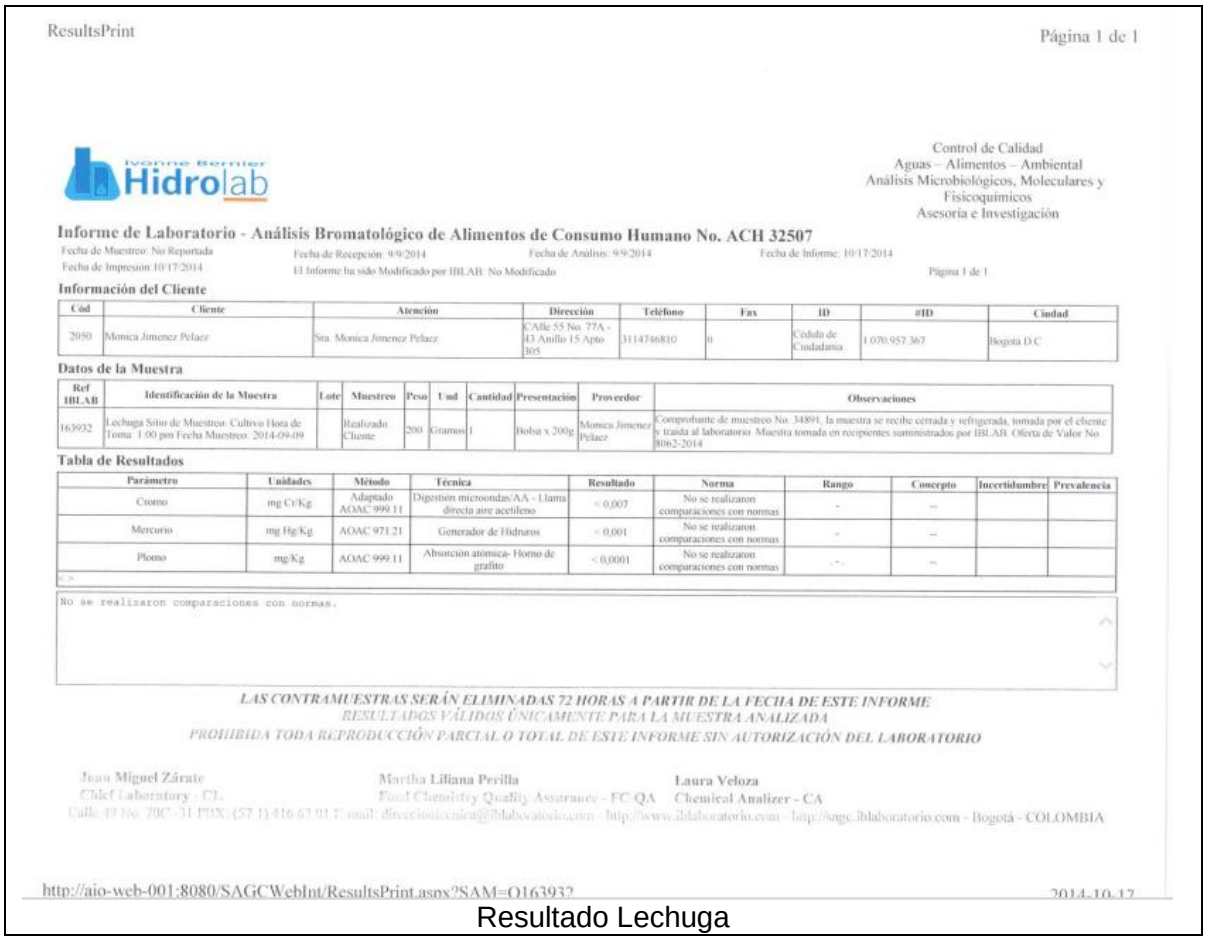
Juan Miguel Zárate
Jefe de Laboratorio

Fecha Emisión Informe: 30-09-2014

20250922125528

Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.
Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.
Autopista Medellin Km 2.5, vía peaje, del Coto Km 1.3 Conjunto de Bodegas AEPL Bodega N° 3A - Teléfono +57 (1) 5 19 03 85

Resultado Agua



ResultsPrint

Página 1 de 1

Hidrolab

Control de Calidad
Aguas – Alimentos – Ambiental
Análisis Microbiológicos, Moleculares y Fisicoquímicos
Asesoría e Investigación

Informe de Laboratorio - Análisis Bromatológico de Alimentos de Consumo Humano No. ACH 32507

Fecha de Muestreo: No Reportada | Fecha de Recepción: 9/9/2014 | Fecha de Análisis: 9/9/2014 | Fecha de Informe: 10/17/2014

Fecha de Impresión: 10/17/2014 | El Informe ha sido Modificado por IBLAB: No Modificado | Página 1 de 1

Información del Cliente

Cód	Cliente	Atención	Dirección	Teléfono	Fax	ID	#ID	Ciudad
2050	Monica Jimenez Pelaez	Sra. Monica Jimenez Pelaez	CAlle 55 No. 77A - 43 Anillo 15 Apto 305	3114746810	0	Cédula de Ciudadanía	1.070.957.367	Bogotá D.C

Datos de la Muestra

Ref IBLAB	Identificación de la Muestra	Lote	Muestreo	Peso	Und	Cantidad	Presentación	Proveedor	Observaciones
163932	Lechuga Sitio de Muestreo: Cultivo Hora de Toma: 1:00 pm Fecha Muestreo: 2014-09-09		Realizado Cliente	200	Gramos	1	Bolsa x 200g	Monica Jimenez Pelaez	Comprobante de muestreo No. 34891, la muestra se recibe cerrada y refrigerada, tomada por el cliente y traida al laboratorio. Muestra tomada en recipientes suministrados por IBLAB. Oferta de Valor No 8062-2014

Tabla de Resultados

Parámetro	Unidades	Método	Técnica	Resultado	Norma	Rango	Concepto	Incertidumbre	Prevalencia
Cromo	mg Cr/Kg	Adaptado AOAC 999.11	Digestión microondas/AA - Llama directa aire acetileno	< 0,007	No se realizaron comparaciones con normas	-	--		
Mercurio	mg Hg/Kg	AOAC 971.21	Generador de Hidruros	< 0,001	No se realizaron comparaciones con normas	-	--		
Plomo	mg/Kg	AOAC 999.11	Absorción atómica- Horno de grafito	< 0,0001	No se realizaron comparaciones con normas	-	--		

No se realizaron comparaciones con normas.

LAS CONTRAMUESTRAS SERÁN ELIMINADAS 72 HORAS A PARTIR DE LA FECHA DE ESTE INFORME
RESULTADOS VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA
PROHIBIDA TODA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE INFORME SIN AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO

Jean Miguel Zárate
Chief Laboratory - CL

Martha Liliana Perilla
Food Chemistry Quality Assurance - FC QA

Laura Veloza
Chemical Analizer - CA

Calle 49 No. 70C - 31 PBX: (57 1) 416 67 01 E-mail: direcciontecnica@iblaboratorio.com - http://www.iblaboratorio.com - http://sagc.iblaboratorio.com - Bogotá - COLOMBIA

http://aio-web-001:8080/SAGCWebInt/ResultsPrint.aspx?SAM=O163932 2014-10-17

Resultado Lechuga

Hidrolab

Control de Calidad
Aguas – Alimentos – Ambiental
Análisis Microbiológicos, Moleculares y Fisicoquímicos
Asesoría e Investigación

Informe de Laboratorio - Análisis Bromatológico de Alimentos de Consumo Humano No. ACH 32508

Fecha de Muestreo: No Reportada | Fecha de Recepción: 9/9/2014 | Fecha de Análisis: 9/9/2014 | Fecha de Informe: 10/17/2014
Fecha de Impresión: 10/17/2014 | El Informe ha sido Modificado por IBLAB: No Modificado | Página 1 de 1

Información del Cliente

Cód	Cliente	Atención	Dirección	Teléfono	Fax	ID	#ID	Ciudad
2050	Monica Jimenez Pelaez	Sra. Monica Jimenez Pelaez	CAlle 55 No. 77A - 43 Anillo 15 Apto 305	3114746810	0	Cédula de Ciudadanía	1.070.957.367	Bogotá D.C

Datos de la Muestra

Ref IBLAB	Identificación de la Muestra	Lote	Muestreo	Peso	Und	Cantidad	Presentación	Proveedor	Observaciones
163933	Repollo Sitio de Muestreo: Cultivo Hora de Toma: 1:00 pm Fecha Muestreo: 2014-09-09		Realizado Cliente	200	Gramos	1	Bolsa x 200g	Monica Jimenez Pelaez	Comprobante de muestreo No. 34891, la muestra se recibe cerrada y refrigerada, tomada por el cliente y traida al laboratorio. Muestra tomada en recipientes suministrados por IBLAB. Oferta de Valor No 0062-2014

Tabla de Resultados

Parámetro	Unidades	Método	Técnica	Resultado	Norma	Rango	Concepto	Incertidumbre	Prevalencia
Cromo	mg Cr/Kg	Adaptado AOAC 999.11	Digestión microondas/AA - Llama directa aire acetileno	< 0,007	No se realizaron comparaciones con normas	-	--		
Mercurio	mg Hg/Kg	AOAC 971.21	Generador de Hidruros	< 0,001	No se realizaron comparaciones con normas	-	--		
Plomo	mg/Kg	AOAC 999.11	Absorción atómica- Horno de grafito	< 0,0001	No se realizaron comparaciones con normas	-	--		

No se realizaron comparaciones con normas.

LAS CONTRAMUESTRAS SERÁN ELIMINADAS 72 HORAS A PARTIR DE LA FECHA DE ESTE INFORME
RESULTADOS VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA
PROHIBIDA TODA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE INFORME SIN AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO

Juan Miguel Zárate
Chief Laboratory - CL

Martha Liliana Perilla
Food Chemistry Quality Assurance - FC-QA

Laura Veloza
Chemical Analizer - CA

Calle 49 No. 70C - 31 PBX: (57-1) 416 63 91 E-mail: direccionventas@iblabvoratorio.com - http://www.iblabvoratorio.com - http://sage.iblaboratorio.com - Bogotá - COLOMBIA

Resultado Repollo