

Universidad Central Marta Abreu de Las Villas.

**FACULTAD DE QUÍMICA – FARMACIA
DEPARTAMENTO DE FARMACIA**

**Tesis para optar por el Título de Máster en
Desarrollo de Medicamentos de Origen Natural**

Título: Determinación de metales en hortalizas y parámetros físico-químicos de las aguas de riego de dos organopónicos de Camagüey

Alumno: Lic. Cecilia Mirabent Valdovinos.

Tutor: Dra. Dulce María González Mosquera.

Año 2015

Pensamiento

*Produce una inmensa tristeza
pensar que la naturaleza habla
mientras que el género humano no
escucha...*

Victor Hugo

Dedicatoria

A

**-Dios por estar siempre a mi lado en todos los buenos y malos momentos y ofrecermme su consuelo.*

-Mi familia > Mi esposo por el apoyo incondicional y a mis hijos por ser mi gran fuente de inspiración en el estudio y trabajo, que me han permitido lograr una familia adorable.

-Mis tíos María Elena y Luis por estar siempre apoyándome en la formación, cuidado de mi familia y el amor desmesurado que me han ofrecido.

-Tania, Alfredo y Coset por haberme soportado tanto y ayudarme para que esta maestría llegue a feliz término, ayudados siempre por el amor y dedicación de Dulce, Luisito, Elisa y Lourdes.

-A mis hermanos del laboratorio del Centro Provincial de Higiene, Epidemiología y Microbiología. Villa Clara.

-La memoria de mis padres y abuelos.

-A todo el que de una forma u otra me ha tendido su mano de forma desinteresada.

Muchas Gracias

Resumen

La presente investigación se realizó en el período comprendido de Febrero a Junio del 2014, en organopónicos de La Rubia y Planta Mecánica pertenecientes a la ciudad de Camagüey, con el objetivo de determinar concentraciones de metales en hortalizas y parámetros físico-químicos en aguas de regadíos. Las hortalizas analizadas fueron las ofertadas en el momento del muestreo, se determinó concentraciones de cadmio, plomo, cobalto, hierro, manganeso, zinc, cobre y níquel en el Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología Ciudad de La Habana, a partir del Método de Absorción Atómica con Llama; empleando Normas establecidas por MINSAP, encontrándose valores elevados de hierro y manganeso, como los más significativos, sin embargo no existen normas que establezcan los límites máximos admisibles(LMA) de algunos de los metales analizados en hortalizas.

Las muestras de agua fueron analizadas en el Laboratorio de la Empresa Nacional de Análisis y Servicios Técnicos (ENAST), UEB Camagüey, por normas vigentes, donde se determinaron : conductividad eléctrica, pH, cloruros, magnesio, nitritos, nitratos, sulfato, amoniaco, carbonato y cromo. Los resultados más significativos se mostraron en cuanto a una elevada conductividad, concentración alta de nitratos y pequeñas alteraciones en las concentraciones de cromo hexavalente. Además se identificaron fuentes de exposición laboral en zonas aledañas a estos organopónicos y se valoraron los principales efectos de los metales determinados en la salud de las personas. Los resultados fueron tabulados y se aplicó el Método Statigraphic, en el trabajo se muestran los resultados en tablas y gráficos.

Summary

The present investigation was carried out in the understood period of February to June of the 2014, in organoponics of The Blond and Mechanical Plant belonging to the city of Camagüey, with the objective of determining concentrations of metals in vegetables and physical-chemical parameters in waters of irrigable. The analyzed vegetables were those offered in the moment of the sampling, it was determined concentrations of cadmium, lead, cobalt, iron, manganese, zinc, copper and nickel in the National Institute of Hygiene, Epidemiology and Microbiology City of Havana, starting from the Method of Atomic Absorption with Flame; using Norms settled down by MINSAP, he/she was high values of iron and manganese, as the most significant thing in spite of being concentrations of other metals, however norms that establish the limits maximum admisibles(LMA) don't exist of some of these metals in vegetables.

The samples of water were analyzed in the Laboratory of the National Company of Analysis and Technical Services (ENAST), UEB Camagüey, for effective norms, where they were determined: electric conductivity, pH, chlorides, magnesium, saltpeters, nitrates, sulfate, ammonia, carbonate and chromium. The most significant results were shown as for a high conductivity, high concentration of nitrates and small alterations in the concentrations of chromium hexavalente. Sources of labor exhibition were also identified in near areas to these organoponics and the main effects of the metals were valued determined in the health of people. The results were tabulated and the Method Statigraphic was applied, in the work the results are shown in charts and graphics.

Índice

Introducción	1
Estudio bibliográfico	Error! Bookmark not defined.
Efectos tóxicos de los metales en hortalizas y aguas de riego.....	6
1. La agricultura urbana.....	6
1.1. Organopónicos	7
Los organopónicos tienen gran importancia y se considera que tienen:.....	7
1.2 Características del suelo	8
1.3 Contaminación de los suelos	10
1.4 Hortalizas	11
Las hortalizas poseen varios constituyentes químicos como:.....	12
Las hortalizas se clasifican en cuanto a la parte comestible:.....	14
1.5 Características de los cultivos objetos de estudio.....	15
1.6 Importancia del agua para las plantas.....	25
1.7 Contaminación de las aguas.....	26
1.8 Metales.....	28
1.8.2 Efecto de los metales pesados en las plantas.....	31
1.8.3 Efectos del cromo a la salud.....	32
Materiales y métodos.....	35
1. Procesamiento de las muestras de hortalizas	35
1.1 Selección de las muestras	35
1.2 Tratamiento de las muestras.....	36
1.3 Procesamiento Estadístico.....	36
2 Procesamiento de las muestras de aguas de riego	37
2.1 Selección de las muestras.....	37
2.2 Procesamiento de las muestras	38
Resultados y discusión.....	40
Análisis de los niveles medios del hierro por hortalizas	42

Análisis de los niveles medios del manganeso por hortalizas	44
Análisis de los niveles medios del cobre por hortalizas	44
Análisis de los niveles medios del zinc por hortalizas	45
Análisis de los niveles medios del níquel por hortalizas	46
Efectos de los metales en la salud humana.....	50
Análisis de los parámetros físico-químicos determinados en las aguas de riego de los organopónicos estudiados	47
Conclusiones.....	Error! Bookmark not defined.
Recomendaciones.....	54

Introducción

Un alimento es considerado como materia de origen agrícola o industrial (tecnológico) cuyo consumo sirve para cubrir las necesidades nutritivas humanas. También se dice que son elementos simples y absorbibles de la ración alimentaria que deben cubrir las necesidades nutricionales del organismo. Se clasifican según su función en tres grupos: energéticos que incluye las grasas e hidratos de carbono, plásticos como las proteínas y reguladores donde se destacan las vitaminas y minerales. (García et al., 2012)

Hay que tener en cuenta que pueden existir alimentos nocivos que son aquellos que normalmente tienen efectos perjudiciales debido a su ingestión repetida. Pueden tener contaminantes bióticos o abióticos, y por otro lado, pueden ser perjudiciales para un determinado grupo de consumidores. (Mor & Ceylan, 2008)

Dentro de los peligros y los riesgos alimentarios, el 90 % son causados por enfermedades de origen bacteriano y el 10 % corresponde a trastornos nutricionales debido a contaminación ambiental, tóxicos naturales, aditivos y contaminantes alimentarios, pudiendo confundirse con síntomas de epidemias y virus, pues presentan sintomatologías semejantes, conllevando gastos de recursos. (Prieto & Haritchabalet, 2004)

Ningún alimento está exento de proporcionar sustancias tóxicas y venenosas al organismo, aunque sea en dosis pequeñas, y existe la posibilidad de que estos tóxicos solo afecten a una parte de la población, que generalmente son aquellas personas deficientes en alguna enzima concreta o que estén deprimidos inmunológicamente. (Álvarez, 2009)

Las enfermedades de transmisión alimentaria (ETA) y demás amenazas para la inocuidad de los alimentos constituyen un problema de Salud Pública cada vez más importante, que amenazan la seguridad sanitaria a escala mundial.

Un grupo importante de alimento en nuestra dieta lo constituyen las hortalizas, las cuales tienen en común su elevado aporte de agua, que se sitúa en torno al 75-95%

del peso total. Por este motivo, contribuyen a hidratar al organismo y a eliminar con más facilidad sustancias tóxicas, por lo que poseen una acción depurativa. Lo más destacable de estos alimentos es su riqueza en micronutrientes como vitaminas y minerales, así como en fibra y sustancias antioxidantes que se sabe ayudan en la reducción del riesgo de múltiples enfermedades. (Lorenzo, 2000)

Como una alternativa de resolver el problema de la alimentación en algunos países se decidió implantar la agricultura urbana, la que constituye un programa de alta prioridad para el Estado cubano, el cual tiene como premisa desarrollarse bajo prácticas agroecológicas. Sin embargo, esta solución perfectamente loable lleva en sí riesgos para la salud y el medioambiente cuando se desarrolla bajo la influencia de impactos ambientales y se ejecutan por parte de los trabajadores agrícolas prácticas productivas inadecuadas. (García et al., 2012)

Nuestro país optó por poner en práctica esta alternativa, comenzando la creación de los organopónicos urbanos y periurbanos y sugiere a la población cultivar cada pedazo de tierra ocioso, jardín o patio, con el fin de auto-abastecerse. Al mismo tiempo es necesario tener en cuenta las características presentes en el lugar de siembra, por las posibles consecuencias perjudiciales que pudiera traer en caso de contaminación del suelo, el agua o el ambiente de la zona en cuestión.

Los organopónicos son técnicas de cultivo establecidos sobre sustratos preparados, mezclando materiales orgánicos con capa vegetal, los cuales se colocan dentro de contenedores, camas barbacocas o canteros y se instalan en lugares o espacios vacíos; por tal motivo se dice que es un cultivo que no requiere que la tierra esté en óptimas condiciones para su uso, ya que la materia orgánica se encarga de suministrar los nutrientes necesarias para que la plántula de cualquier especie crezca adecuadamente. (Méndez & Rivas, 2011)

El desarrollo alcanzado por los organopónicos en los últimos años ha convertido este método en uno de los más extendidos por todo el territorio nacional, ya que se basa en producir, de forma ecológica, pequeñas cantidades de hortalizas, sin el uso de abonos químicos ni de insecticidas. (Álvarez, 2009)

El establecimiento de un organopónico implica tener en cuenta varios aspectos para lograr una producción exitosa de los cultivos, tal es el caso de la calidad del agua de riego, la cual se refiere a las características del agua que puedan afectar a los recursos suelo y cultivo después de su uso a largo plazo. (Ruda, Mongiello;, Acosta;, & Ocampo, 2005)

El agua constituye un recurso indispensable para los cultivos, de modo que el control y seguimiento de su calidad constituye un factor a tener muy en cuenta. Por sus propias características estructurales, el agua disuelve y/o mantiene en suspensión un gran número de sustancias. Muchas de esas sustancias son potencialmente tóxicas para las plantas y la acumulación de ellas, sean o no directamente tóxicas, genera problemas para los vegetales por efecto salino.

El desconocimiento de este aspecto importante, implica el riesgo de que el uso continuado de aguas con un cierto nivel de sales acabe, no solo haciendo descender el rendimiento de los cultivos, sino arruinando los suelos, siendo su recuperación a veces difícil y costosa. (Amico, Morales;, & Calaña, 2011)

La agricultura se encuentra entre los tres sectores más peligrosos y que más riesgos entraña en todo el mundo. Los productores agrícolas se encuentran mayormente influenciados, no solo por el empleo de maquinaria pesada para realizar diferentes actividades, sino por la utilización creciente de sustancias químicas que provocan la muerte e incapacitan a miles de personas a través de la exposición continuada, los accidentes o el uso indebido de las mismas. Tales aspectos contribuyen a la incorporación de sustancias contaminantes que dañan al agro-ecosistema y al hombre, como es el caso de los metales pesados. (García et al., 2012)

La excesiva presencia de estos metales en las hortalizas puede traer como consecuencia que se albergue en sus tejidos residuos de metales, como cadmio, arsénico, cobre, hierro, estaño, plomo y zinc, generalmente. La acumulación de estos elementos en el organismo puede generar enfermedades del sistema nervioso,

problemas respiratorios, cáncer, alteraciones neurológicas, entre otras. (Argies, 2009)

Las plantas más expuestas a una contaminación por metales pesados son indudablemente las que poseen una área foliar muy amplia y aquellas de tallo corto, como es el caso de las hortalizas, las cuales no alcanzan ni el metro de altura lo que las hace más susceptibles a la absorción de estos elementos procedentes del suelo. (García et al., 2012)

Los metales pueden acumularse en los cultivos, ya sea a través de su absorción por el agua de regadío contaminada, por la tierra a través de las raíces o por la deposición en el follaje de partículas aerotransportadas. (Mor & Ceylan, 2008)

Los metales pesados ejercen un efecto de bioacumulación sobre todo en las plantas, las cuales los absorben vía raíces o vía foliar procedente del medio ambiente (suelo, aire, agua). Además, concentraciones altas de estos metales, incluidos los esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas, ejercen efectos tóxicos en sus rutas metabólicas, ya que ellos pueden bloquear grupos funcionales de moléculas importantes, sustituir iones esenciales de sitios celulares, desnaturalizar o inactivar enzimas y afectar la integridad de las membranas de células y orgánulos. (García et al., 2012)

En estudios anteriores realizados en organopónicos de la ciudad de Camagüey se pudo determinar la presencia de metales como el plomo, el cadmio y estaño en las hortalizas cultivadas, que aunque no se encontraron en concentraciones elevadas, estos elementos químicos pueden producir daños en la salud humana dado fundamentalmente por su acumulación en el organismo. Precisamente, los organopónicos que evidenciaron una mayor concentración de metales fueron los ubicados en zonas de La Rubia y Planta Mecánica. (Labrada, 2011)

Por tal motivo, constituye una necesidad la continuidad del estudio en estos organopónicos para determinar la presencia de metales y analizar el efecto de estos en la salud de las personas que se encuentran expuestas a este riesgo.

Objetivo general:

Evaluar presencia de metales en verduras y hortalizas cultivadas en los Organopónicos de la ciudad de Camagüey en 1 año.

Problema: ¿La presencia de metales en hortalizas cultivadas en organopónicos en la ciudad de Camagüey, afectan la salud de consumidores y medio ambiente?

Hipótesis:

La determinación de metales pesados y calidad físico química del agua de riego en las hortalizas seleccionadas, permitirán evaluación de la relación riesgo – beneficio de consumo, atendiendo a parámetros de inocuidad de alimentos, y cumplimiento de las Buenas Prácticas de Manufactura.

Objetivos Específicos

1. Determinar la presencia de metales en las hortalizas cultivadas.
2. Evaluar la calidad del agua de riego de los diferentes cultivos, a través de parámetros físico-químicos.
3. identificar los posibles efectos de los metales sobre la salud humana.
4. Identificar fuentes de exposición laboral en zonas aledañas a estos organopónicos.

Estudio Bibliográfico

Efectos tóxicos de los metales en hortalizas y aguas de riego

1. La agricultura urbana

El incremento en la industrialización, la urbanización y la contaminación asociada, amenazan la producción de alimentos y su calidad, por ende, constituye un peligro para la salud humana. La agricultura urbana constituye una forma de producción sostenible que incluye las siguientes características: evitar o excluir el uso de insumos externos de síntesis química, se basa en una planificación a largo plazo del manejo del suelo, incluye un plan de rotación balanceada de cultivos, incorporación de materia orgánica (rastros y estiércoles), utilización de cultivos de cobertura y abonos verdes, adecuadas prácticas de labranza y conservación de suelos y agua, control biológico de plagas, utiliza recursos propios de la finca, recicla nutrientes, diversifica la producción y conserva el medio ambiente. (Méndez & Rivas, 2011)

El desarrollo agrícola urbano constituye un reto para productores e investigadores. Esta actividad productiva se desarrolla con la finalidad de obtener producciones más sostenibles, pero ejecutarlas en escenarios peligrosos, implica la posible presencia de contaminantes de diferente naturaleza y su posible paso a los humanos a través de rutas y vías diferentes. Los metales pesados son, entre otros, contaminantes de interés vinculados a la práctica agrícola y constituyen factores de riesgo a la salud a tener en cuenta para el manejo de agroecosistemas. (García et al., 2012)

La Agricultura Urbana, en Cuba, se define como: “La producción de alimentos dentro del perímetro urbano aplicando métodos intensivos. Teniendo en cuenta la relación hombre – cultivo – animal – medio ambiente y las facilidades de la infraestructura urbanística que propician la estabilidad de la fuerza de trabajo y la producción diversificada de cultivos y animales durante los 12 meses del año, basadas en prácticas sostenibles que permiten el reciclaje de los desechos”. (Carrillo, 2004)

1.1. Organopónicos

Un organopónico es una especie de huerto en la que se siembran y cultivan las plantas sobre un sustrato formado por suelo y materia orgánica mezclados en un contenedor y que se basa en los principios de una agricultura orgánica. Los contenedores pueden ser de distintos tipos y materiales, siendo lo más frecuente su construcción sobre el suelo empleando solo los contenes laterales.

Los organopónicos pueden destinarse a la producción de vegetales comestibles, plantas medicinales y condimentosas. La palabra viene de una adaptación del término hidropónico (sistema de cultivo sin suelo en el que sobre sustratos de diverso tipo como soporte se le da a la planta una solución líquida con todos los nutrientes requeridos). El cultivo organopónico es una modalidad de agricultura útil para las condiciones en que no se dispone de un suelo cultivable fértil y se quiere utilizar este espacio para la producción vegetal de forma intensiva y bajo principios de producción orgánica. (Rubiell, 2008)

Al cultivo organopónico en las ciudades se le ha atribuido como una de sus ventajas más importantes, el hecho de lograr productos de primera calidad biológica y que por su cercanía a los consumidores estos pueden ser adquiridos frescos y en buen estado, lo cual de esta forma evita los daños en la transportación y/o costos adicionales.(MINAGRI, 2000)

Los organopónicos tienen gran importancia y se considera que tienen:

Beneficios ambientales: menos contaminación de agua, suelo y aire ya que este tipo de cultivo requiere de poca hidratación, sustitución de químicos, y poco espacio.

Beneficios económicos: generan pocos gastos al agricultor, pues los recursos a utilizar son de factibles alcances ya que la naturaleza lo generan. La factibilidad del cultivo organopónico se explica en primer lugar porque si bien aproximadamente un m^2 de superficie de cultivo (superficie del cantero), que requiere $0,3 m^3$ de la mezcla

suelo + materia orgánica, es capaz de producir entre 20 y 30 kg de vegetales frescos de excelente calidad biológica en un año.

Beneficios de salud: Estos cultivos benefician la salud del consumidor, siendo unos productos libre de contaminación debido a que no existe la utilización de agroquímicos que perjudican la salud del ser humano. (MINAGRI, 2000)

Los cultivos organopónicos constituyen una de las alternativas posible que tiene la agricultura para su sustentabilidad de manera exitoso en cuanto al ambiente, tema que ha llegado a muchos países del mundo ocasionando impacto siendo el método más factible de combatir plagas y hacer que los cultivos crezcan.

Sin embargo los organopónicos reducen el uso de pesticidas químicos y fertilizantes sintéticos (derivados del petróleo) por una agricultura limpia, la cual puede utilizar técnicas artesanales como es la solarización de los canteros para control de malezas y plagas en el suelo, también de fertilizantes u abonos orgánicos como son el bostol, humus de lombriz entre otros biofertilizantes los cuales son inocuos para el ser humano. (García et al., 2012)

Las plantas que deben ser sembradas en este tipo de agricultura son aquellas de porte bajo tales como las hortalizas, plantas aromáticas o medicinales, a su vez estos canteros deben estar orientados de sentido Norte a Sur, con dimensiones no superiores a 30 metros de largo y 1,20 metro de ancho con una profundidad entre 30 y 50 centímetros para su óptimo uso. (Rodríguez, 2010)

1.2 Características del suelo

El suelo es uno de los más importantes componentes del ambiente y también el de mayor riesgo por las cantidades de contaminantes emitidos por la actividad antrópica. (Fadigas, Mazar;, C Anjos, & Amaral, 2006)

Las características del suelo para el organopónico deben ser las de un suelo fértil apropiado para el cultivo. La porción del suelo utilizable para el sustrato es la que proviene de la capa vegetal, es decir, los horizontes orgánicos del perfil que se

caracterizan por poseer elementos disponibles y asimilables para la nutrición vegetal, así como materia orgánica y actividad microbiana. La actividad de los microorganismos del suelo entra en una relación beneficiosa con las plantas y conforman la llamada litosfera. En la mayor parte de los casos el suelo con estas características no está disponible o totalmente disponible en el propio terreno sobre el cual se construirá el organopónico, por esta razón se requiere localizar una fuente apropiada capaz de satisfacer esta demanda. (Amico, Morales;, & Calaña, 2011)

En ocasiones se hacen movimientos de tierras que eliminan la capa vegetal para la construcción, en otras existen áreas marginales no aptas para un cultivo intensivo de las cuales se pueden extraer capas de suelo sin invalidarlas para el cultivo forestal y en otros casos suelos no aptos para el cultivo por razones de drenaje que cuando se mezclan con materiales orgánicos pueden dar lugar a un buen sustrato para el cultivo.

En cualquiera de las circunstancias, se requiere la evaluación de la aptitud del suelo a través de su estudio, el cual en ocasiones requiere de servicios especializados. Las características de un suelo apropiado para su uso como componente del sustrato son las mismas que las de un suelo apto para el cultivo, en cuanto a su textura y estructura, porosidad, capacidad de retención de humedad, friabilidad, contenido de nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, entre otros elementos macro y micronutrientes), capacidad de intercambio iónico, reacción (pH), contenido de materia orgánica, contenido salino y actividad biológica. (Sánchez, 2007)

Las fuentes de materia orgánica que pueden utilizarse son diversas. Los estiércoles producidos por la crianza de animales son las fuentes naturales más ricas y con mejores propiedades. Sin embargo, el productor orgánico tiene que atender a sus características en el caso de estiércoles obtenidos de crías intensivas animales en las que puedan haberse incorporado elementos no orgánicos a los mismos. Los estiércoles más frecuentes son los que provienen de las crías y explotaciones ovinas, caprinas, vacunas, equinas, porcinas y avícolas (gallinazas).

Ahora bien, existen otras fuentes de materia orgánica utilizables que provienen de residuos de procesos de beneficio e industria tales como la cachaza que es un subproducto de la industria azucarera a partir de la caña de azúcar, pajas de beneficio de granos como frijol, arroz, trigo y la pulpa de café, así como la biomasa proveniente de residuos de cosechas y zacates o vegetación espontánea. (Rodríguez, 2010)

La materia orgánica utilizable para los sustratos tiene que estar totalmente descompuesta o “curada” como se dice corrientemente. Este estado puede comprobarse a simple vista cuando al tocar las fuentes se encuentran a temperatura ambiente, su color es oscuro y uniforme y ha perdido su olor característico original. Según se ha podido comprobar, lo mejor para conformar el componente orgánico para la mezcla en el sustrato es obtener un compost a partir de las fuentes disponibles. (Álvarez, 2009)

1.3 Contaminación de los suelos

La contaminación del suelo ocurre cuando productos químicos son liberados por un derrame o filtraciones sobre y bajo la tierra. Entre los contaminantes del suelo más significativos se encuentran los hidrocarburos como el petróleo y sus derivados, los metales pesados frecuentes en baterías, el Metil tert-butil éter (MTBE), los herbicidas y plaguicidas generalmente rociados a los cultivos industriales y monocultivos y organoclorados producidos por la industria. También los vertederos y cinturones ecológicos que entierran grandes cantidades de basura de las ciudades. Esta contaminación puede afectar a la salud de forma directa y al entrar en contacto con fuentes de agua potable. (Elsom, 1990)

La presencia de contaminantes en el suelo se refleja de forma directa sobre la vegetación induciendo su degradación, la reducción del número de especies presentes en ese suelo, y más frecuentemente la acumulación de contaminantes en las plantas. (Gupta, Kincaid;, Newbill;, & Cole, 2004)

Se diferencian dos tipos de contaminación, la natural y la antrópica.

La contaminación natural es el proceso de concentración y toxicidad que muestran determinados elementos metálicos, presentes en los minerales originales de algunas rocas a medida que el suelo evoluciona. Obviamente, a medida que avanza el proceso de concentración residual de los metales pesados se produce el paso de estos elementos desde los minerales primarios; es decir, desde formas no asimilables, a especies de mayor actividad e influencia sobre los vegetales y el entorno. (Maroto, 1986)

Los fenómenos naturales pueden ser causas de importantes contaminaciones en el suelo. Así, es bien conocido el hecho de que un solo volcán activo puede aportar mayores cantidades de sustancias externas y contaminantes, como cenizas, metales pesados, que varias centrales térmicas de carbón. Pero las causas más frecuentes de contaminación son debidas a la actuación antrópica (del hombre), que al desarrollarse sin la necesaria planificación producen un cambio negativo de las propiedades del suelo.

Las primeras manifestaciones de contaminación antrópica pudieron causar efectos similares a los de otras causas naturales. Así, en las primeras culturas sin duda el fuego, que fue un elemento clave para el desarrollo de las mismas, permitió modificar la organización espacial del suelo. En un incendio forestal se producen un gran número de sustancias volátiles o cenizas, que regresan al suelo con la lluvia o simplemente por la acción de la gravedad. (Borell, 2008)

1.4 Hortalizas

Como hortaliza se conoce a un conjunto de plantas cultivadas generalmente en huertos que se consumen como alimento ya sea cruda o cocida. Son consideradas hortalizas cultivos como la berenjena, remolacha, acelga, zanahoria, lechuga, habichuela, cebolla, espinaca, el tomate, rábano, quimbombó, pepino, perejil, ajo puerro, ají, col, pimiento y nabo. (Astiasaran, Martínez;, & Belitz, 1997)

Las hortalizas poseen varios constituyentes químicos como:

Agua: contienen una gran cantidad de agua, aproximadamente un 80 % de su peso.

Glúcidos: Según el tipo de hortalizas, la proporción de hidratos de carbono es variable, siendo en su mayoría de absorción lenta. Según la cantidad de glúcidos las hortalizas pertenecen a distintos grupos:

- Grupo A: Contienen menos de un cinco por ciento de hidratos de carbono. Pertenecen a este grupo la acelga, el apio, la espinaca, la berenjena, la coliflor, la lechuga, el pimiento, el rábano, entre todas las demás son un conjunto de plantas en este caso verduras que ayudan a que crezcan más rápido y sin usar ningún químico.
- Grupo B: Contienen de un cinco a un 10 por ciento de hidratos de carbono (alcachofa, guisante, cebolla, nabo, puerro, zanahoria, remolacha).
- Grupo C: Contienen más del 10 por ciento de hidratos de carbono (patata, mandioca). (Rodríguez, 2010)

Vitaminas y minerales: La mayor parte de las hortalizas contienen gran cantidad de vitaminas y minerales y pertenecen al grupo de alimentos reguladores en la rueda de los alimentos, al igual que las frutas. La vitamina A está presente en la mayoría de las hortalizas en forma de provitamina. Especialmente en zanahorias, espinacas y perejil. También son ricas en vitamina C especialmente pimiento, perejil, coles de bruselas y brócoli. Encontramos vitamina E y vitamina K pero en menor cantidad en guisantes y espinacas. Como representante de las vitaminas del grupo B tenemos el ácido fólico que se encuentra en las hojas de las hortalizas verdes. El potasio abunda en la remolacha y la coliflor; el magnesio en espinacas y acelgas; el calcio y el hierro está presente en cantidades pequeñas y se absorben con dificultad en nuestro tubo digestivo; el sodio se encuentra en el apio. (*Enciclopedia de plantas medicinales*)

Sustancias volátiles: La cebolla contiene disulfuro dipropilo, que es la sustancia que hace llorar.

Lípidos y proteínas: Presentan un contenido bajo de estos macronutrientes.

Valor calórico: La mayor parte de las hortalizas son hipocalóricas. Por ejemplo 100 gramos de acelgas solo contienen 15 calorías. La mayoría no superan las 50 calorías por 100 gramos excepto las alcachofas y las patatas. Debido a este bajo valor calórico las hortalizas deberían estar presentes en un gran porcentaje en una dieta contra la obesidad. (Sánchez, 2007)

Fibra dietética: Del dos al 10 parte del peso de las hortalizas es fibra alimentaria. La fibra dietética es pectina y celulosa, que suele ser menos digerible que en la fruta por lo que es preciso la cocción de las hortalizas para su consumo en la mayor parte de las ocasiones. La mayoría de las hortalizas son ricas en fibra (berenjena, coliflor, judías verdes, brócoli, escarola, guisante).

Todas estas propiedades hacen que sea recomendable consumirlas con bastante frecuencia al día, recomendándose una ración en cada comida y de la forma más variada posible. Por eso las hortalizas ocupan el segundo piso, junto con las frutas, en la pirámide de los alimentos. (Astiasaran et al., 1997)

Contienen antioxidantes que se sabe con certeza que son un factor protector frente a ciertas enfermedades relacionadas con la degeneración del sistema nervioso, enfermedades cardiovasculares e incluso el cáncer. Es en la década de los ochenta cuando se establecen las recomendaciones encaminadas a aumentar la ingesta de hortalizas por su relación directa con una menor incidencia de enfermedades cardiovasculares y de cáncer.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha confirmado en los últimos años los resultados de diversos estudios de investigación que ponen de manifiesto los efectos anticancerígenos de las hortalizas y verduras, en particular contra el cáncer del tracto gastrointestinal y contra el de pulmón. Según datos de dichos estudios, uno de cada diez pacientes afectados por algún tipo de cáncer ha mantenido una insuficiente alimentación a base de hortalizas y verduras. (Rubiell, 2008)

Las hortalizas se clasifican en cuanto a la parte comestible:

De fruto: tomate, berenjena, pepino, calabaza.

- De hoja: lechuga, acelga, espinaca.
- De flor: coliflor brócoli, alcachofa.
- De tallo: cebolla, ajo, espárrago.
- De raíz: remolacha, rábano, zanahoria. (Serra, 2006)

En cuanto al color:

- Verduras de Hoja Verde: Su coloración se debe a la presencia de clorofila en su composición. Son ricas en vitaminas A, C, B, E y K. También poseen cantidades de minerales: hierro y calcio, además de fibras. No encontraremos entre sus aporten muchas de calorías, pero contienen altos valores nutritivos, especialmente verduras como el berro, la espinaca, la acelga, el repollo y la lechuga.
- Verduras Amarillas: Contienen una sustancia llamada caroteno que favorece al organismo en la formación de la vitamina A. La zanahoria es rica en esta vitamina, además del choclo amarillo y el zapallo. Contienen también sales minerales: magnesio, sodio, potasio, silicio, calcio y hierro. Y en cuanto a vitaminas encontramos: C, D, E, A, B, B2 y K, teniendo además componentes alcalinizantes.
- Verduras de otros colores: Son especies ricas en vitaminas del grupo B y C, se encuentran en la remolacha: Contiene sales minerales y azúcar (hierro, potasio y magnesio) . Su color rojo se lo debe a la antocianina. Una buena característica es que, además de este vegetal se consume todo, sus hojas son muy sabrosas en tortillas y ensaladas. (Rodríguez, 2010)

1.5 Características de los cultivos objetos de estudio

1.5.1 Acelga

Beta vulgaris var. cicla, la acelga, es una planta de la familia de las Amarantáceas. Es nativa de Europa meridional, donde crece espontánea en la región mediterránea, existen numerosas variedades debido a que se cultiva extensamente en todas las zonas templadas del mundo. La variedad cultivada tiene una raíz más tuberosa que la silvestre.

Es una planta de hojas grandes, de color verde brillante y nervado. Los tallos (llamados *pencas*) son blancos, amarillos o rojos, según la variedad. Se puede consumir toda la planta, incluidas hojas y pencas, si se recolecta cuando éstas son pequeñas (menos de 20 cm), pero si se dejan crecer es mejor desechar la penca ya que tiende a amargar. Se cocina igual que la espinaca, de la cual es pariente. Las plantas muy tiernas se pueden consumir crudas en ensaladas.

Es una verdura muy apreciada ya que aporta vitaminas, fibra, ácido fólico y sales minerales con un alto contenido de agua (48%). Las hojas exteriores, que suelen ser las más verdes, son las que contienen mayor cantidad de vitaminas y carotenos.

El jugo contiene hasta un 27% de sacarosa, además de coniferina, galactinol, vanillina y gran cantidad de ácidos orgánicos y azúcares. Uno de sus principios activos es betaína que transforma los triglicéridos en lipoproteínas. Entre los aminoácidos se encuentran la isoleucina, glutamina y arginina. Además se encuentran saponinas, derivados de la xantina y la colina. (Serra, 2006)

1.5.2. Ajo porro

Es una de las variedades cultivadas de la especie *Allium ampeloprasum*. Como la cebolla y el ajo, esta planta pertenece a la familia de las liliáceas. Se trata de una planta bienal originaria de Europa y Asia Occidental que se cultiva por sus hojas, bulbo y flores comestibles. Se caracteriza por producir bulbos con el aspecto de un ajo, pero de tamaño mucho mayor. (Cedillo, 2009)

Posee tres partes que son: las hojas largas y lanceoladas (con tonalidades verde-azuladas) algo planas, el tallo y un pequeño bulbo blanco y alargado del que salen una cierta cantidad de raíces pequeñas. Un puerro suele tener cerca de medio metro de altura, y puede llegar a poseer entre tres y cinco centímetros de grosor. Tiene un sabor característico, parecido al de las cebollas pero más suave. Su empleo en la alimentación humana no ha dado informes de investigación que limiten su consumo. Hay que destacar que es fuente de un carbohidrato llamado inulina.

Es una verdura empleada frecuentemente en sopas y cocidos y cruda en ensaladas. La parte comestible de la planta son las hojas y el bulbo, aunque a veces se comen las flores en ensaladas. (Hedrick, 1972)

1.5.3. Achicoria

La *Cichorium intybus*, , achicoria común, es una planta herbácea perenne de la familia de las asteráceas; procede originariamente del Viejo Mundo. Plantas cosmopolitas, de excelente dispersión, prefiere suelos bien drenados, no necesariamente fértiles y ambientes soleados.

Es una hierba robusta perenne, más o menos pubescente, que puede alcanzar un metro de altura. De profunda raíz única, cónica, gruesa y pivotante. Muestra numerosas ramificaciones; las hojas basales son espatuladas, semicarnosas, suavemente dentadas, y las ubicadas en la parte superior del tallo se encuentran reducidas a brácteas. El fruto es un aquenio poligonal, con una corona (vilano) muy corta de diminutas escamas.

En las hojas de la achicoria el agua es el componente más abundante, seguido de los hidratos de carbono, lo que la convierte en una de las verduras con menor valor energético, apenas 18 Kcal por cada cien gramos. Los nutrientes que destacan en la achicoria son la provitamina A (se puede considerar una buena fuente) y el potasio. Vitaminas del grupo B (B1, B2 y folatos) y minerales como magnesio y calcio, así como la fibra, están presentes en cantidades discretas, y no destacan respecto al resto de verduras y hortalizas.

Más que a sus componentes nutritivos, la achicoria debe sus reconocidas propiedades digestivas a distintas sustancias, abundantes muchas de ellas en las hojas y en la raíz, como la intibina y la lactulopirina, una cantidad importante de inulina y también taninos, ácido clorogénico; compuesto fenólico con capacidad antioxidante.

La intibina es un principio amargo que le confiere ese sabor a la achicoria y se concentra en las hojas, en concreto en sus nervios. Tiene la propiedad de estimular la secreción de los jugos digestivos y facilitar el vaciamiento de la vesícula biliar (efecto colagogo), procesos necesarios para lograr una buena digestión. Además, esto se ve favorecido por el contenido en inulina, un hidrato de carbono presente en hojas y raíces que estimula el apetito y favorece la digestión.

Sus propiedades están basadas fundamentalmente en la estimulación del adecuado funcionamiento del hígado, estimula la secreción de bilis, tiene acción desintoxicante y depurativa (colagogos y coleréticos), cicatrizante, sedante, diurética y facilita la expulsión de gusanos intestinales.

En la tabla 1 quedan recogidas las principales aplicaciones de la achicoria así como su modo de empleo.

Tabla 1. Principales aplicaciones y modo de empleo de la achicoria.

Modo de empleo	Aplicaciones
En jugos de la planta completa	acción depurativa, desintoxicante y diurética

En cocimiento	Para problemas digestivos y nerviosos
En forma de cataplasma	Para heridas, verrugas o tumoraciones externas.
En ensaladas	Es ideal para mantener sano el hígado y el sistema nervioso equilibrado, aunque también produce flatulencias y expulsión de gases.

(Enciclopedia de plantas medicinales)

1.5.4. Pepino

El *Cucumis sativus*, conocido popularmente como pepino, es una planta herbácea anual de la familia de las cucurbitáceas, es oriundo de la India.

El fruto (Pepónida), conocido como pepino es la parte comestible, de tamaño muy variable, es generalmente oblongo, de cilíndrico a subtrígono, de color verde y esparcidamente tuberculado cuando inmaduro, luego amarillo verdoso y liso. Las semillas de 8-10 por 3-5 mm, son oblongas y blanquecinas. Habitualmente, dicho fruto se recolecta aún verde y se consume crudo o elaborado como encurtido, y entonces se suele denominar pepinillo. (Cedillo, 2009)

La mayor parte de su peso se corresponde al agua (hasta 97%) por lo que en su composición, aunque equilibrada, no se encuentran valores relevantes, sino que sería el conjunto de nutrientes quienes realicen sus efectos beneficiosos.

Composición nutritiva del pepino (100 g de producto): (nutribonum, 2008)

Sabor: Neutro

Agua: 97 %

Proteínas: 0,8-1,6 g

Grasas: 0,03-0,2 g

Hidratos de carbono: 1-2,4 g

Valor energético: 17 cal.

Sodio: 000 mg

Potasio: 140 mg

Fósforo: 22 mg

Calcio: 17 mg

Hierro: 0,3 mg

Retinol (Vit. A): 2 mg

Ácido ascórbico (Vit. C): 11 mg

Tiamina (Vit. B1): 0,03 mg

Riboflavina (Vit. B2): 0,03 mg

Ácido fólico (Vit. B3): 16 µg

Contiene abundantes mucílagos, esencia, vitamina C, carotenos, aminoácidos, celulosa. Se usa como demulcente, antipruriginoso, emoliente, diurético, depurativo. Indicado para cistitis, urolitiasis, oliguria. En uso tópico, para los cuidados de la piel: cutis graso, comedones, pieles sensibles, arrugas.

Debido a su alto contenido en celulosa, puede resultar indigesto. Algunas variedades presentan un sabor amargo debido a su contenido en cucurbitacina C, debiendo desecharse. (linneo, 2006)

1.5.5. Rábano

El rábano, *Raphanus sativus*, es una planta de la familia Brassicaceae que se cultiva por sus raíces comestibles. Es originario de Eurasia y o del Mediterráneo oriental, introducido y cultivado en casi todo el mundo. Los rábanos se pueden clasificar en función de su forma y de su color. De este modo se distinguen tres variedades: (Enciclopedia de plantas medicinales)

Rábano chino o japonés: se caracteriza por su forma cilíndrica y alargada. Es de color blanco y sabor suave.

Rábano negro o de invierno: tiene forma cilíndrica y redondeada. Su piel es de color negro y muy difícil de digerir, mientras que su carne es blanca y más digestiva.

Rabanitos: son una variedad que puede presentar forma esférica, ovalada o cilíndrica. Su piel es de color rojo, rosado, morado o blanco, y su carne siempre es blanca.

La forma y color que presentan los rábanos dependen también de su temporada. Por ello, también se pueden clasificar en función de su época de cultivo en:

Rábanos de primavera: tienen forma esférica y su tamaño no suele ser muy grande.

Rábanos de verano: su forma es alargada y su tamaño mayor que los de primavera. En general, los rábanos de primavera y los de verano son variedades que se consumen crudas.

Rábanos de otoño: son de mayor tamaño que los anteriores y suelen cocerse antes de su consumo.

Los rábanos se cultivan al aire libre en primavera y verano, mientras que en otoño su cultivo se lleva a cabo en invernaderos. De esta forma se puede disponer de ellos todo el año. Sin embargo, su mejor época es en los meses de mayo, junio y julio, período en el que tienen mayor presencia en los mercados y tiendas de alimentación. Posee dos formas básicas que lo identifican: redondo y alargado (cilíndrico con bordes redondea).

Contiene una importante cantidad de vitaminas, destacando las del grupo C y los folatos. La primera dispone de acción antioxidante, interviniendo en la prevención de enfermedades como las cardiovasculares o degenerativas y favoreciendo la formación de colágeno, dientes, huesos o glóbulos rojos. Otro de los beneficios para la salud que proporciona esta vitamina se encuentra relacionado con la mejor absorción del hierro de los alimentos y el aumento de resistencia a las infecciones. (Cedillo, 2009)

1.5.6. Espinaca

La espinaca (*Spinacia oleracea*) es una planta anual, de la familia de las amarantáceas, cultivada como verdura por sus hojas comestibles, grandes y de color verde muy oscuro. Su cultivo se realiza durante todo el año y se puede consumir fresca, cocida o frita. En la actualidad es una de las verduras que más habitualmente se encuentra congelada.

Es rica en vitaminas A y E, yodo y varios antioxidantes. También contiene bastante ácido oxálico, por lo que se ha de consumir con moderación. Con todo, es muy apreciada por su elevado valor nutritivo en general y su riqueza vitamínica en particular.

La espinaca resulta favorecida por los suelos ricos y húmedos, pero puede crecer en cualquier suelo siempre y cuando éste tenga suficiente materia orgánica. En pequeños huertos o maceteros basta con agregar una cantidad generosa de compost a la tierra. Los suelos ácidos no favorecen a la espinaca. Tampoco tolera valores de pH del suelo superiores a 6,7.(Maroto, 1986)

Un mito muy extendido sobre las espinacas es que son muy ricas en hierro, el origen de esta equivocación está en un error del científico E. Von Wolf (1870), que multiplicó por 10 la cantidad de hierro al errar en la colocación de una coma. Hoy día se sabe que en general las otras plantas comestibles contienen niveles de hierro similar o incluso superior a la espinaca, como es el perejil, semillas de sésamo, acelgas, berza, col, y en general la mayoría de verduras de hoja verde oscura.

De hecho, el hierro de la espinaca no se absorbe bien porque la espinaca tiene mucho ácido oxálico y éste hace insoluble al hierro.

De todos modos, aunque tengan poco hierro (los garbanzos y las lentejas tienen más) y éste no sea fácilmente asimilable, las espinacas siguen siendo un alimento muy aconsejable. Es rica en vitaminas A y E, yodo y varios antioxidantes. Por su relativamente elevado contenido en ácido oxálico, debe consumirse con moderación. (Linneo)

1.3.7. Quimbombó

El quimbombó, *Hibiscus exculentus*, conocido también como quingombó, quingongó, chimbombó y ñaju (en México y Perú), es una planta herbácea perteneciente a la familia de las Malváceas, oriunda del África y cultivada actualmente en varias regiones intertropicales de América, sobre todo en las Antillas y en Venezuela, donde

se comen las hojas y los frutos tiernos, sobre todo en salcochos y algunos guisos. Esta planta presenta un tallo erguido y tomentoso. De hojas grandes, alternas, pecioladas, enteras o lobuladas y palmatipartidas. De flores amarillas, axilares y viscosas. El fruto es una cápsula dehiscente, cilíndrica, alargada, de la cual se extrae un mucílago que se utiliza para dar consistencia a los alimentos, y del fruto se obtiene también un plasma sanguíneo sintético. Las semillas, muchas o pocas, son reniformes y globosas.

Pueden ser asurcados o lisos, con dehiscencia longitudinal en su madurez, de color verde, amarillo o rojo según las variedades. La semilla madura es de color gris oscuro, de forma prácticamente esférica y unos tres mm de diámetro. Los frutos se deben cosechar antes de su plena maduración, pues si no se ponen rápidamente fibrosos y endurecen.

Dada su rica producción de mucílago, es emoliente y pectoral. Para tratar la angina y las afecciones de garganta, un remedio es poner a remojo sus hojas durante una noche en agua hervida conteniendo su mucílago para hacer gargarismos. Para curar el ántrax , puede utilizarse en cataplasmas y, contra el resfriado y la tos, en infusión. Para tratar las infecciones por estafilococos en las uñas pueden utilizarse, asimismo, cataplasmas con sus hojas y raíces.

Otras propiedades atribuidas: (Enciclopedia de plantas medicinales, 2008)

- Hojas: emoliente, anticatarral, diurética, estomacal, vulneraria y abortiva.
- Frutos: emoliente, reconstituyente y resolutive; se utiliza para tratar afecciones oculares.
- Semillas: antiinflamatoria, antiasmática, antihistérica, antiespasmódica, hepatotropa, sudorífica, afrodisíaca, insecticida y estomáquica.

1.3.8. Zanahoria

La zanahoria o (*Daucus Carota*), es una hortaliza perteneciente a la familia de las *Apiaceas*. La parte comestible es la raíz o tubérculo principal que presenta una

función almacenadora de grandes cantidades de azúcares. La forma de la zanahoria es gruesa y alargada (similar a un cono) con una longitud que puede cambiar dependiendo de la variedad, aunque generalmente oscila entre los 15-17 cm, pudiendo llegar a los 20. El peso también varía entre los 100-250 gr. Las variedades más representativas de zanahorias en la actualidad poseen colores naranjas, morados, blancos, rojos y amarillos. Su sabor, mientras están tiernas y frescas, es ligeramente dulce. (Sánchez, 2007)

En jugo la zanahoria tiene importantes cualidades como:

- * Antiséptico.
- * Normalizador de la sangre.
- * Combate el cabello y ojos débiles.
- * Ayuda en los desórdenes digestivos.
- * Ayuda a adelgazar.
- * Disminuye la acidez.
- * Es muy bueno para las personas que tienen reumatismo.
- * Para quienes tienen anemia.
- * En la mala nutrición.
- * Es muy recomendable en los casos de impotencia y esterilidad (para que haga efecto, se tiene que tomar por tiempo prolongado). ("clubplaneta.com," 2012)

1.3.9. Importancia de las hortalizas para el organismo

Los principales usos medicinales quedan resumidos en la tabla 2.

Tabla 2. Usos medicinales de las hortalizas.

Hortalizas	Uso medicinal
Berenjena	Para el tratamiento de hígado graso, es cortada en rodaja y puesta en agua, tomar como agua común.
Remolacha	Restablece el equilibrio hepático, recomendada en caso de anemia, combate el cáncer pulmonar, útil para dejar de fumar,

	es preferible su uso cruda (rayada) con jugo de naranja.
Acelga	Es importante para los diabéticos por movilizar la insulina, previene el cáncer de próstata, consumirse como verdura fresca.
Tomate	Contra quemadura de sol, infección dérmica, reumatismo, anticancerígeno, no debe consumirse verde ya que produce cálculos renales, anemia y descalcifica.
Zanahoria	Aconsejable para la vista, alimentación de niños y personas desnutridas, consumirse sola o natural
Rábano	Mejora el apetito ayuda a la digestión, disuelve cálculos en la vesícula, contra el cálculo del esófago y la laringe.
Quimbombó	Es anticancerígeno y evita el envejecimiento de la piel, la semilla contiene alto contenido de proteínas.
Lechuga	Facilita el sueño, anticancerígeno, evita el envejecimiento de la piel, es anafrodisiaca.
Pepino	Facilita la digestión y la absorción, sirve de mascarilla para las manchas de la cara, debe consumirse con cáscara.
Perejil	Mejora el apetito y la digestión, el jugo es eficaz contra las manchas de la cara y las manos al ingerir una cucharadita se tiene todas las vitaminas necesarias para el día.
Habichuela	Por su contenido de vitaminas ayuda a la fijación del hierro, debe cocinarse bien, de lo contrario desnutre.
Ajo puerro	Buena para la secreción biliar y la arteriosclerosis, se puede consumir como ensalada
Ají	Ayuda a la fijación del hierro y evita la anemia, es de las mejores hortalizas en vitaminas, maduro es mejor.
Cebolla	Acelera la digestión y absorción de los alimentos, acción bactericida contra barros e inflamaciones, se usa para curar heridas.
Col	Es buena para la vista y la gota, antídoto contra el alcohol, recomendada contra la ulcera, artritis e hipertensión por el

	calcio, no se aconseja hervirla.
Ajo	Tiene acción bactericida, uso contra el catarro, asma, trastornos digestivos, artritis, previene el infarto, mejora el apetito, toda persona debe comerse al día uno o dos dientes de ajo.
Espinaca	Se usa para niños desnutridos, ancianos, anémicos, eleva las defensas del organismo, consumirse como ensalada, cruda, en puré o cocida.

Por sus propiedades hacen que se recomiende consumirlas con bastante frecuencia al día, preferiblemente una ración en cada comida y de la forma más variada posible. Las hortalizas ocupan el segundo piso, junto con las frutas, en la pirámide de los alimentos. (Astiasaran et al., 1997)

1.6. Importancia del agua para las plantas

El agua cumple con cuatro funciones fundamentalmente en las plantas:

- Constituyente.

El agua es importante cuantitativamente pues constituye el 80-90 % del peso fresco de muchas plantas herbáceas y más del 50% del peso fresco de las plantas leñosas. El agua es parte importante del protoplasma, como también de las proteínas y moléculas de lípidos; una reducción en el contenido de agua en estos componentes de la célula, por debajo de un nivel crítico causa cambios en la estructura celular y finalmente la muerte. (Amico, Morales;, & Calaña, 2011)

Unas pocas plantas y órganos de plantas pueden ser deshidratados en condiciones de temperatura ambiental o aún en estufa, como es el caso de algunas semillas, sin perder su viabilidad, pero tienen una marcada reducción en su actividad fisiológica, siempre acompañada por una disminución en el contenido en los tejidos. (Rodríguez, 2010)

- Solvente.

El agua es un solvente en el cual gases, minerales y otros solutos entran a las células de las plantas y se mueven de célula a célula y de órgano a órgano. La relativa alta permeabilidad de la pared celular y las membranas del protoplasma permiten la formación de una fase líquida, que se extiende a través de la planta, sirviendo de medio para que ocurra la translocación de los elementos disueltos.

- Reactante.

El agua es un reactante o sustrato para muchos procesos importantes, como la fotosíntesis y otros hídricos como la hidrólisis del almidón a azúcar en la germinación de semillas.

- Mantenimiento de la turgencia.

La turgencia es esencial para el crecimiento y alargamiento de la célula, para el crecimiento y mantenimiento de la forma en las plantas herbáceas. La turgencia también es importante para la apertura de los estomas, el movimiento de las hojas, de los pétalos y otras estructuras especializadas. La incapacidad para mantener la turgencia resulta en una inmediata reducción en el crecimiento. (Kramer & Boyer, 1995)

1.7. Contaminación de las aguas

El ciclo natural del agua tiene una gran capacidad de purificación. Pero esta misma facilidad de regeneración del agua, y su aparente abundancia, hace que sea el vertedero habitual en el que arrojamos los residuos producidos por nuestras actividades. Pesticidas, desechos químicos, metales pesados, residuos radiactivos, etc., se encuentran, en cantidades mayores o menores, al analizar todo tipo de aguas. Muchas aguas están contaminadas hasta el punto de hacerlas peligrosas para la salud humana, y dañinas para la vida. (Astiasaran et al., 1997)

La contaminación de las aguas puede proceder de fuentes naturales o de actividades humanas. En la actualidad la más importante, sin duda, es la provocada por el hombre. El desarrollo y la industrialización suponen un mayor uso de agua, una gran generación de residuos muchos de los cuales van a parar al agua y el uso de medios

de transporte fluviales y marítimos que, en muchas ocasiones, son causa de contaminación de las aguas.

Naturales: Algunas fuentes de contaminación del agua son naturales. Por ejemplo, el mercurio que se encuentra naturalmente en la corteza de la Tierra y en los océanos contamina la biosfera mucho más que el procedente de la actividad humana. Algo similar pasa con los hidrocarburos y con muchos otros productos.

Normalmente las fuentes de contaminación natural son muy dispersas y no provocan concentraciones altas de polución, excepto en algunos lugares muy concretos. La contaminación de origen humano, en cambio, se concentra en zonas concretas y, para la mayor parte de los contaminantes, es mucho más peligrosa que la natural. (Kabata-Pendias, 2000)

De origen humano: Hay cuatro focos principales de contaminación antropogénica.

- a. Industria: Según el tipo de industria se producen distintos tipos de residuos (aceites, petróleo, sólidos en suspensión).
- b. Vertidos urbanos: La actividad doméstica produce principalmente residuos orgánicos, pero el alcantarillado arrastra además todo tipo de sustancias: emisiones de los automóviles (hidrocarburos, plomo, otros metales) sales, ácidos, entre otros.
- c. Navegación: Produce diferentes tipos de contaminación, especialmente con hidrocarburos. Los vertidos de petróleo, accidentales o no, provocan importantes daños ecológicos.
- d. Agricultura y ganadería: Los trabajos agrícolas producen vertidos de pesticidas, fertilizantes y restos orgánicos de animales y plantas que contaminan de una forma difusa pero muy notable las aguas. (Contaminación del agua,2008)

Es por ello de suma importancia analizar las condiciones en las que se encuentra el agua destinada para el riego de las plantas, pues ello influirá en el desarrollo de unas

prácticas agrícolas adecuadas, que no representen ningún riesgo a la salud de las personas.

La calidad de agua usada para irrigación es determinante para la producción y calidad en la agricultura, mantenimiento de la productividad del suelo de manera sostenible y protección del medio ambiente. Por ejemplo, las propiedades físico-químicas del suelo, (estructura del suelo, estabilidad de los agregados) y permeabilidad son características del suelo muy susceptibles al tipo de iones intercambiables que provengan del agua de riego. (Gómez & Magaña, 2004)

La calidad del agua de regadío puede ser determinada mediante análisis de laboratorio. Los factores más importantes a tener en cuenta para determinar la validez del agua usada para los fines agrícolas específicos son los siguientes:

- pH
- Riesgo de salinidad
 - Riesgo de sodio (Relación de absorción de sodio o RAS; en inglés se conoce con - Riesgo de carbonato y bicarbonato en relación con el contenido en Ca & Mg
- Elementos traza
- Elementos tóxicos
- Nutrientes
- Cloro libre (Vickers, 1997)

1.8. Metales

El término “metal pesado” suele referirse a metales cuyo peso específico es superior a 5 g.cm^3 y que tiene un número atómico por encima de 20. No obstante, no todos los elementos que tienen esas características tienen análogas funciones biológicas. Debido a las pequeñas cantidades que se manejan se denominan, a veces, “elementos traza” o “metales traza” y se incluye el aluminio que no se puede calificar de metal pesado.

Estos metales pueden jugar un papel importante en el metabolismo normal o bien pueden ser tóxicos aún en concentraciones bajas, como el cadmio, plomo, mercurio, arsénico, berilio y bario. La toxicidad depende de la dosis que se ingiera, así como la cantidad excretada. Debe tenerse presente que la forma metálica o elemental no suele ser la más tóxica, sino la forma iónica (sales). (Núñez et al., 2008)

Lo que hace tóxicos a los metales, no son en general sus características esenciales, sino las concentraciones en las que pueden presentarse, y casi más importante aún, el tipo de especie que forman en un determinado medio. Cabe recordar que de hecho los seres vivos “necesitan” (en pequeñas concentraciones) a muchos de éstos elementos para funcionar adecuadamente. Ejemplos de metales requeridos por el organismo incluyen el cobalto, cobre, hierro, hierro, manganeso, molibdeno, vanadio, estroncio, y zinc. El caso del hierro es notable entre éstos, siendo vital para la formación de hemoglobina. (Valentinuzzi, 2002)

1.8.1. Absorción de los metales pesados en las plantas

Las plantas han desarrollado mecanismos altamente específicos para absorber, traslocar y acumular nutrientes. Sin embargo, metales y metaloides no esenciales para los vegetales son absorbidos, traslocados y acumulados en la planta debido a que presentan un comportamiento electroquímico similar a los elementos nutritivos requeridos. La absorción de metales pesados por las plantas es generalmente el primer paso de su entrada en la cadena alimentaria. La absorción y posterior acumulación dependen del movimiento de los metales desde la solución suelo hasta la raíz de la planta, el paso de los metales por las membranas de las células corticales de la raíz, el transporte de los metales desde las células corticales al xilema desde donde la solución con metales se transporta de la raíz a los tallos, y la posible movilización de los metales desde las hojas hacia los tejidos de almacenamiento usados como alimentos (semillas, tubérculos, frutos) por el floema. Después de la absorción por los vegetales, los metales están disponibles para los herbívoros y humanos directamente o a través de la cadena alimentaria. (Lassat, 2000)

Otro mecanismo de ingreso de sustancias potencialmente tóxicas es mediante la absorción foliar. La disponibilidad a través de las hojas de algunos elementos trazas provenientes de fuentes aéreas puede tener un impacto significativo en la contaminación de las plantas y también es de particular importancia en la aplicación de fertilizantes foliares. (Kabata-Pendias, 2000)

La absorción foliar es mediada por una fase de penetración cuticular y un mecanismo de carácter metabólico que considera la acumulación de los elementos contra un gradiente de concentración.

Los metales pueden llegar a la planta ya sea del suelo, del agua de riego o del aire. La planta tiene básicamente dos vías de comunicación con el medio ambiente la primera y la de mayor importancia, dado que es por esta que la planta recibe la mayor parte de los nutrientes necesarios para su desarrollo, es el suelo. En segundo lugar se encuentra la atmósfera, que es por donde recibe algunos nutrientes, la radiación solar, etc. La planta se comunica con el suelo a través de la raíz, específicamente por una capa superficial llamada rizosfera (1 – 2 mm), que es una parte muy activa desde el punto de vista biológico. Es a través de esta capa que la planta absorbe tanto los nutrientes como los contaminantes que se encuentran disponibles en la solución del suelo. (Sánchez, 2007)

La comunicación de la planta con la atmósfera se realiza mediante las hojas, exactamente a través de las estomas, que son diminutos conductos por los que se realiza un intercambio tanto de la planta hacia la atmósfera como de la atmósfera hacia la planta. Con respecto a la relación suelo agrícola – planta – metales pesados, es importante conocer que es en la primera capa del suelo, la capa arable (“ topsoil ” o también llamado Horizonte Ap) la de interés en el caso del estudio de la relación suelo –planta en general, debido a que es en esta capa donde se encuentran la mayor proporción de la masa total de la raíz de las plantas, que como se dijo anteriormente, es por donde estos dos elementos se intercomunican. (Gómez & Magaña, 2004)

Por otro lado en la solución del suelo se pueden encontrar elementos de todo tipo relacionados con las necesidades de la planta, es así que encontramos nutrientes mayores, nutrientes menores, esenciales para algunas especies (los tres tipos son los esenciales) y elementos no esenciales o potencialmente tóxicos.

El cobre y el zinc son elementos esenciales para la planta (nutrientes menores), mientras que el cadmio, plomo y arsénico son elementos no esenciales y potencialmente tóxicos. Los factores que son los que afectan las cantidades de metales absorbidos por las plantas son: la concentración y tipo de metal que se encuentra en la solución del suelo, el transporte desde la superficie de la raíz hasta la raíz misma (a través de la rizosfera) y su translocación de la raíz a los brotes de la planta. La absorción de los metales pesados por la planta puede ser pasiva o activa o la combinación de ambas. La pasiva (no metabólica) involucra difusión de iones de la solución del suelo hacia la endodermis de la raíz. La activa tiene lugar en contra del gradiente de concentración por lo que requiere energía metabólica y puede por lo tanto ser inhibida por toxinas. (García et al., 2012)

1.8.2. Efecto de los metales pesados en las plantas

La presencia de metales como contaminantes puede producir a las plantas diferentes alteraciones, tales como se muestra en la tabla 3. (Campos & Ávila, 2002)

Tabla 3. Efecto de los metales en las plantas

METAL	EFFECTOS
ALUMINIO	Inhibición de la división celular, alteración de la membrana celular y de las funciones a nivel citoplásmico.
ARSÉNICO	Reducción del crecimiento y alteración de la concentración de Ca, K, P y Mn en la planta.
CADMIO	Inhibición de la fotosíntesis y la transpiración. Inhibición de la síntesis de clorofila. Modificación de las concentraciones de Mn, Ca y K.
COBRE	Desbalance iónico, alteración de la permeabilidad de la membrana

	celular, reducción del crecimiento e inhibición de la fotosíntesis.
CROMO	Degradación de la estructura del cloroplasto, inhibición de la fotosíntesis. Alteración de las concentraciones de Fe, K, Ca y Mg.
MERCURIO	Alteración de la fotosíntesis, inhibición del crecimiento, alteración en la captación de K.
PLOMO	Inhibición del crecimiento, de la fotosíntesis y de la acción enzimática.
ZINC	Alteración en la permeabilidad de la membrana celular, inhibición de la fotosíntesis, alteración en las concentraciones de Cu, Fe y Mg.

1.8.3. Efectos del cromo a la salud

Los microminerales esenciales, llamados también elementos traza, comprenden menos de 0.01 % del peso corporal total; son los nutrimentos que el cuerpo necesita en concentraciones de una parte por millón o menos. Cada elemento traza esencial es necesario para una o más funciones en el organismo. Ante concentraciones muy bajas o muy altas, estas funciones se alteran debido a que se deben tener concentraciones óptimas para el funcionamiento apropiado del organismo. (Sánchez, 2007)

Las interacciones entre los elementos traza también son de gran importancia pues una ingesta excesiva de alguno, especialmente de los que son iones divalentes como el cinc, magnesio, calcio y el hierro, puede inhibir la absorción y causar la deficiencia de otro. Por el contrario, la deficiencia de algún elemento puede permitir la absorción de otro.

El cromo (Cr) es un elemento mineral esencial que ha recibido atención considerable ya que se le atribuyen algunos efectos benéficos sobre la función biológica del ser humano. El cromo químicamente existe en varios estados de oxidación desde -2 hasta +6. Los estados de oxidación más estables son el trivalente (+3) y el hexavalente (+6). El Cr+3 es la forma con más estabilidad química y se enlaza a ligandos que contienen nitrógeno, oxígeno o radicales sulfuro, formando complejos octaédricos; por su parte, el Cr+6 es tóxico para el organismo. (García et al., 2012)

En el cuerpo humano los órganos que almacenan altas cantidades de cromo son el riñón, hígado, músculo, bazo, corazón, páncreas y hueso. Se excreta principalmente por el riñón y en menor cantidad en el sudor, heces y en el cabello. (Gómez & Magaña, 2004)

El cromo como metal carece de toxicidad, sin embargo sus productos de oxidación como el ácido crómico (usado en galvanoplastia) y sus sales cromatos y dicromatos son muy tóxicas por su acción cáustica.

Se absorbe por vía digestiva, respiratoria y cutánea. Posteriormente se distribuye a la sangre y se fija a las proteínas formando complejos con las mismas. Algunos compuestos como el Cr 3+ y el Cr 6+ son agentes desnaturizantes de las proteínas y precipitantes de los ácidos nucleicos. Se eliminan lentamente por la orina. La intoxicación crónica se debe al cromo hexavalente afectando la piel, el sistema respiratorio, acción cancerígena y mutagénica. (Gisbert & Jil, 2004)

1.8.4. Efectos de los nitratos en la salud

El origen de los nutrientes en los ecosistemas puede ser natural o antropogénico. En general, la carga de nutrientes aumenta conforme se incrementa la actividad humana en las cuencas y ecosistemas acuáticos, y esta carga representa una presión sobre el medioambiente. La carga de nitrógeno proviene esencialmente de la actividad agraria, sobre todo de fertilizantes nitrogenados y estiércoles animales. En las últimas décadas, la carga de nitrógeno en los ríos ha aumentado por el mayor uso de fertilizantes nitrogenados, la intensificación del cultivo y una mayor carga ganadera. La contaminación por nitrógeno que genera la actividad agrícola se produce como consecuencia del arrastre del nitrógeno por lixiviado y escorrentía, que pasa a los acuíferos y a las corrientes superficiales. Se calcula que entre un 50 y un 90 % de la carga de nitrógeno en las aguas superficiales tiene su origen en las actividades agrarias. Los impactos de una carga excesiva de nutrientes pueden manifestarse de forma directa por contaminación del agua potable o como factor de eutrofización que

elimina el oxígeno necesario para la supervivencia de los organismos acuáticos.
(Serra, 2006)

El diseño de medidas para el control medioambiental de las actividades agrícolas es una cuestión compleja, ya que las actividades de cultivo generan una contaminación difusa, en la que es difícil identificar las fuentes de contaminación.

La presencia de nitritos y nitratos puede ser muy perjudicial pues es capaz de provocar metahemoglobinemia en niños menores de un año que puede conllevar a la muerte. (Martínez, Y; & Albiac, 2002)

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el período comprendido entre febrero y junio de 2014 en los organopónicos de Planta Mecánica ubicado en la calle primera Micro Ignacio Agramonte y La Rubia en calle J y Carretera Central, Reparto la Rubia.

Estos organopónicos cuentan con un sustrato preparado compuesto por una capa vegetal y materia orgánica, la que procede fundamentalmente de estiércol de ganado vacuno, el que es facilitado por vaquerías de la propia ciudad.

1. Procesamiento de las muestras de hortalizas

Las muestras de vegetales fueron procesadas en el Centro Provincial de Higiene, Epidemiología y Microbiología de Camagüey, en colaboración con la Empresa Geominera de la propia ciudad y la Planta Piloto de la Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz, donde se prepararon las muestras hasta la obtención de las cenizas, realizando las lecturas en el espectrofotómetro de absorción atómica, en el Instituto Nacional de Nutrición e Higiene de los Alimentos en la ciudad de La Habana.

1.1. Selección de las muestras

Se hizo una selección en cada organopónico de los vegetales en producción y se tomó una muestra de cada uno de ellos como se define en la tabla 4.

Se utilizaron las partes de los vegetales que se emplean en la alimentación de la población, determinándose niveles medio del contenido de hierro, manganeso, cinc, aluminio, plomo, cadmio, níquel, cobre y cobalto.

Tabla 4. Relación de vegetales presentes en los organopónicos estudiados.

Hortalizas	Organopónico Planta Mecánica	Organopónico La Rubia
Achicoria	-	x

Ajo porro	X	X
Acelga	-	X
Pepino	-	X
Zanahoria	X	-
Rábano	-	X
Quimbombó	X	-

Leyenda: (x) indica presencia del vegetal en el organopónico.

1.2. Tratamiento de las muestras

Los vegetales fueron lavados y cortados, luego se colocaron cinco gramos de esta muestra en crisoles de porcelana previamente identificados y lavados con ácido clorhídrico (HCl) 50 %, agua destilada y agua bidestilada.

Los crisoles se ubicaron en la estufa a 120 °C y en un tiempo 4 horas.

Se llevaron a cenizas las muestras en una mufla a una temperatura de 450°C y en tiempo de 8 horas.

Las cenizas obtenidas de la muestra fueron tratadas con aproximadamente 5 mL de HCl (1:1 v/v) y trasvasada cuantitativamente a matraz aforado de capacidad de 50 mL. Estas fueron llevadas a un espectrofotómetro de absorción atómica usando llama, con sus respectivas curvas de calibración, blanco de reactivo, medición de recobrados y bajo las condiciones analíticas descritas en las técnicas analíticas.

Se calcularon los valores y se expresaron en mg/Kg de muestra analizada, según las normas empleadas en la determinación de cada uno de los metales.

1.3. Procesamiento Estadístico

Los resultados se tabularon y evaluaron por análisis estadístico, con el programa Statgraphic, donde se calculó la media, desviación estándar y coeficiente de variación.

En la tabla 5 se muestran los valores de límite máximo permisible (LMP) para cada uno de los metales determinados.

Tabla 5. Relación de límites máximos permisibles para cada metal.

Metal	LMP(mg/kg)
zinc	1-7
cadmio	0,1
plomo	0,1

En el caso de la concentración de hierro, níquel, cobre, manganeso, aluminio y cobalto no existen normas que especifiquen los límites máximos permisibles, por lo que estos valores están en función de la frecuencia de consumo del alimento que tenga cada persona.

Para la evaluación de los metales en hortalizas se emplearon las normas establecidas que se relacionan a continuación.

- Determinación de hierro: (NCISO9526, 2010)
- Determinación del cobre:(NCISO7952, 2010)
- Determinación del zinc:(NCISO6636, 2010)
- Determinación del cadmio:(NCISO6561, 2008)
- Determinación del plomo:(NCISO6633, 2009)

Además, se empleó la norma referente a contaminantes metálicos en alimentos. (NC493, 2012)

2. Procesamiento de las muestras de aguas de riego

2.1. Selección de las muestras

Las muestras de aguas fueron tomadas en pozos dentro de los organopónicos, que son empleadas como regadío de hortalizas, las que fueron envasadas en bolsas plásticas estériles y llevadas hasta el laboratorio de la Empresa Nacional de Análisis y Servicios Técnicos (ENAST) de la provincia de Camagüey, donde se realizaron los análisis físico – químicos según las Normas Sanitarias; en el caso de la

determinación de cromo hexavalente se realizó en el Laboratorio del Centro Provincial de Higiene y Epidemiología de Camagüey, según las Normas Sanitarias del MINSAP.

2.2. Procesamiento de las muestras

En el laboratorio de la ENAST se determinaron los parámetros físico-químicos de conductividad eléctrica, pH, concentración de carbonato, sulfato, cromo hexavalente, calcio, magnesio, sodio, amoníaco, nitrito y nitrato, según los documentos normativos que se relacionan a continuación:

- (NC827:201)
- (OMS, 2000)
- (NC93-01-118:87)
- (OMS, 2001)

Los valores obtenidos fueron comparados con lo establecido en las normas, como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Valores establecidos para cada uno de los parámetros físico-químicos.

Parámetros	Valores establecidos por normas
pH (u)	6,5 – 8,5
CO ₃ ²⁻ (mg/L)	400
Cl ⁻ (mg/L)	250
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	400
Cr ⁶⁺ (mg/L)	0,05
Ca ²⁺ (mg/L)	200
Mg ²⁺ (mg/L)	150
Na ⁺ (mg/L)	200

NH_3 (mg/L)	0
NO_2^- (mg/L)	0,01
NO_3^- (mg/L)	45

Resultados y discusión

El organopónico de Planta Mecánica es un centro atendido por las FAR, que posee Técnicas de Tratamiento de Residuales que fueron creados desde la fundación de la Planta. Las áreas cercanas a la Planta mecánica se consideran una zona potencial de exposición a metales por las labores que se realizan en ellas como soldaduras, fundición, baterías, cromado y niquelado. Según estudios anteriores, en esta zona se han mostrado altas concentraciones de metales en hortalizas. (Labrada, 2011)

El organopónico de La Rubia se encuentra cercano a Planta Mecánica y a otras entidades como Unidad Empresarial Base de Transporte de Camagüey (Trans-Cupet); Servicio Motorizado (SaSa); Empresa de Transporte y Mecanizado (Trans-Mec); Soluciones Mecánicas de Camagüey (SOMEK), y Fundición de Bombas de Agua Alejandro Arias, que son centros en los que se emplean como materias primas los metales.

Al revisar las condiciones de los organopónicos se observa que se cumplen las condiciones de cultivo, como por ejemplo la presencia de cortinas de plantas absorbedoras de tóxicos, recipientes con miel para atraer los insectos y evitar transmisión de plagas, así como la presencia fundamental del árbol de Nin, como planta detoxificadora universal.

Llama la atención que en el caso de organopónico del Reparto La Rubia el árbol de Nin sufrió afectaciones y las plantas absorbedoras así como los cultivos de hortalizas muestran hojas y frutos con aspecto desagradable, hojas semisecas y frutos no desarrollados. Su ubicación es muy cercana a la fábrica de Bombas de Agua, donde hay serias dificultades en la chimenea, y por tanto, los gases oscuros procedentes del proceso de fundición se vierten al medio ambiente. Además, las condiciones de limpieza de los locales de la fábrica son muy deficientes, lo que facilita el paso del polvo de arena sílice empleando en los moldes de las fundiciones hacia el ambiente.

En la tabla 7 y 8 quedan recogidas las concentraciones medias de cada metal (mg/Kg) por hortaliza en cada organopónico.

Tabla 7. Concentración media de metales por hortalizas en el organopónico La Rubia.

Hortaliza	Proced.	Fe	Mn	Cu	Zn	Ni	Pb	Cd	Co
Espin.	La Rub.	72,28	9,34	1,37	5,16	0,19	nsd	nsd	nsd
Acel.	La Rub.	43,91	5,55	0,74	4,14	0,09	nsd	nsd	nsd
Pepino	La Rub.	21,13	0,94	0,88	2,2	0,3	nsd	nsd	nsd
A.Porro	La Rub.	40,86	2,44	0,96	2,06	0,15	nsd	nsd	nsd
Rábano	La Rub.	21,1	1,1	0,72	2,99	0,44	nsd	nsd	nsd
Norma	-----	ND	ND	ND	1 - 7	ND	0,1	0,1	ND

Tabla 8. Concentración media de metales por hortalizas en el organopónico de Planta Mecánica.

Hortaliza	Proced.	Fe	Mn	Cu	Zn	Ni	Pb	Cd	Co
Zanah.	P.Mecán.	63,31	4,09	1,45	4,36	0,21	nsd	nsd	nsd

A.Porro	P.Mecán.	70,68	7,11	1,3	4,66	0,31	nsd	nsd	nsd
Quimb.	P.Mecán.	30,06	2,02	0,82	5,17	0,26	nsd	nsd	nsd
Norma	-----	ND	ND	ND	1 - 7	ND	0,1	0,1	ND

Leyenda

ND: No Definido

A pesar de que no existen normas sanitarias donde se reflejen los límites máximos permisibles para algunos de estos elementos, se observa que los valores más elevados lo mostraron el hierro y el manganeso, que son considerados oligoelementos indispensable en el metabolismo humano y de las plantas pero se deben encontrar en pequeñas concentraciones. Con respecto a las concentraciones de zinc los valores estuvieron en el rango de 1-7 mg/Kg, el cobre de 0,5-1,5 mg/Kg mientras que el hierro se encuentran en el intervalo de 20-75 mg/Kg. Las concentraciones de manganeso se encontraron entre 0,5-10 mg/Kg. En este caso se deberán realizar estudios tomando en consideración la ingesta diaria admisible (IDA) y la ingesta semanal admisible (ISA).

- **Análisis de los niveles medios del hierro por hortalizas**

En la figura1 se recogieron los valores de las concentraciones medias de hierro por hortaliza en los organopónicos estudiados.

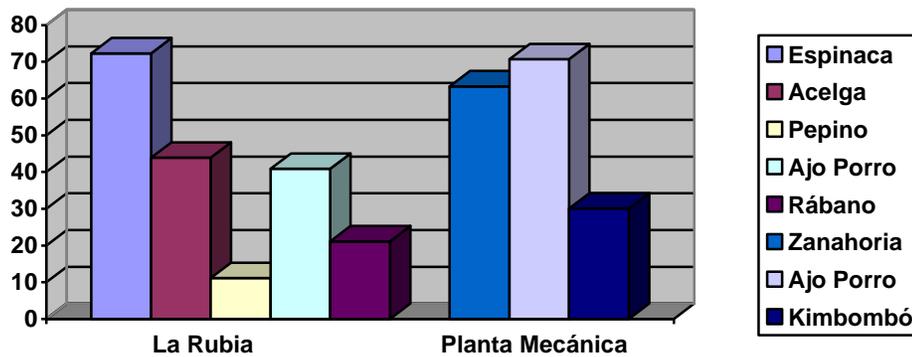


Figura 1. Concentración media de hierro por hortaliza.

El hierro es un nutriente esencial en humanos con una variedad de aplicaciones que incluye su asociación con la hemoglobina y la metahemoglobina. Algunos autores recomiendan el consumo de 10 mg/día para hombres adultos y 15 mg/día para mujeres adultas, con una recomendación adicional de 15 mg/día durante el embarazo. (García et al., 2012)

Los mayores valores corresponden a espinaca, acelga, zanahoria y ajo porro, que coinciden con los alimentos ricos en esos nutrientes como fuente de hierro, pero el consumo periódico puede conllevar a cuadros diarreicos y otras complicaciones de salud, al convertirse en un tóxico por sus niveles de concentraciones altas. Se plantea que una simple dosis de 20 mg Fe/kg es suficiente para producir síntomas gastrointestinales. (Medicines for Human)

- **Análisis de los niveles medios del manganeso por hortalizas**

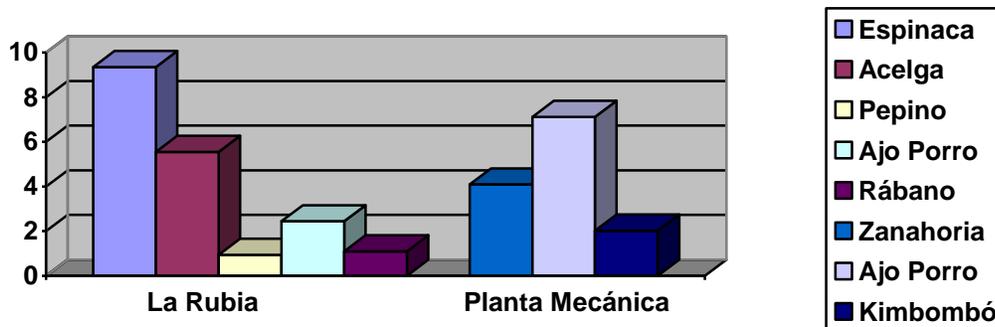


Figura 2. Concentración media de manganeso por hortaliza

Los valores superiores corresponden a la espinaca, acelga de la Rubia y ajo porro y zanahoria en Planta Mecánica, alimentos ricos en este nutriente que forma parte del metabolismo en humanos, animales y plantas.

Varios autores han establecido que 10 mg/día (0.14 mg/kg/día) es una dosis apropiada de manganeso. La UK Food Standards Agency's Expert Group on Vitamins and Minerals concluyó que 4 mg Mn/Kg/día consumidas en las dietas pueden producir efectos adversos en la población general. (FSA, 2003)

- **Análisis de los niveles medios del cobre por hortalizas**

En la figura 3 se detallan los valores de las concentraciones medias de cobre por hortalizas en cada organopónico, donde se observa que los valores son relativamente altos en todas las especies, a pesar de conocer que es un elemento indispensable en el metabolismo.

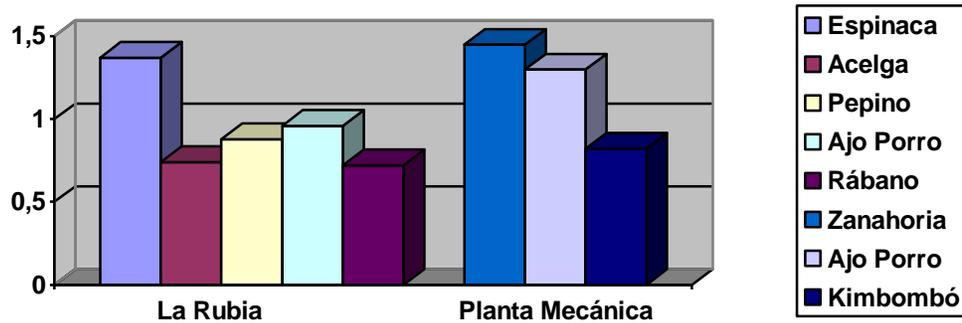


Figura 3. Concentración media de cobre (mg/Kg) por hortalizas.

El cobre es un componente funcional en una variedad de co-proenzimas como por ejemplo la citocromo c oxidasa, ácido ascórbico oxidasa y superóxido dismutasa. Estas juegan un importante papel biológico en las reacciones redox y de radicales. El Joint Expert Committee on Food Additives ha recomendado el consumo de 0.5 mg/kg/día. (Álvarez, 2009)

Se considera que concentraciones de cobre menores o iguales a 20 mg kg⁻¹ se comporta como un valor normal en la biomasa aérea de una planta (Adriano 1986), por lo que no se detectó una hiperacumulación de cobre en las plantas.

- **Análisis de los niveles medios del zinc por hortalizas**

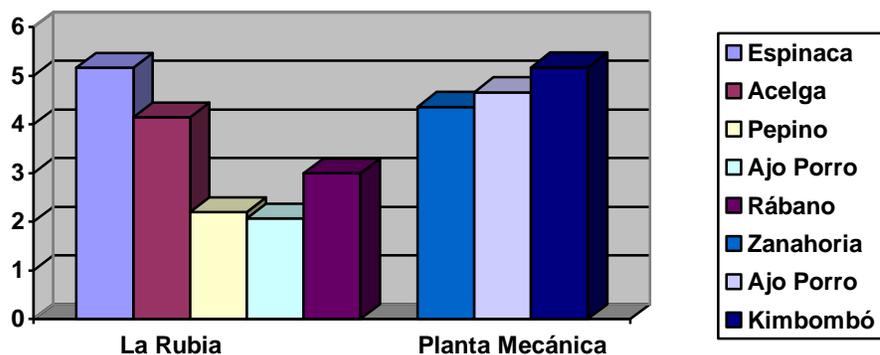


Figura 4. Concentración media de zinc (mg/Kg) por hortalizas.

A pesar de no existir normas de referencia y ser un oligoelemento en el metabolismo de la insulina, se han reportado valores entre 1 – 7mg/Kg,

Se ha establecido que el consume de zinc se debe encontrar alrededor de 15 mg/día para hombres adultos y 12 mg/día para mujeres, con un valor adicional de 3 mg/día durante el embarazo y 7 mg/día durante la lactancia. (Department of Health, 1991)

Niveles elevados de Zn en la dieta pueden tener un efecto negativo en el balance del cobre, lo cual se puede relacionar con la enfermedad de Wilson. Alto consumo de zinc en alrededor de 18-25 mg/día puede interferir en la absorción del cobre. (Department of Health, 1991)

- **Análisis de los niveles medios del níquel por hortalizas**

En la figura 5 se muestran los valores medios del níquel en cada organopónico.

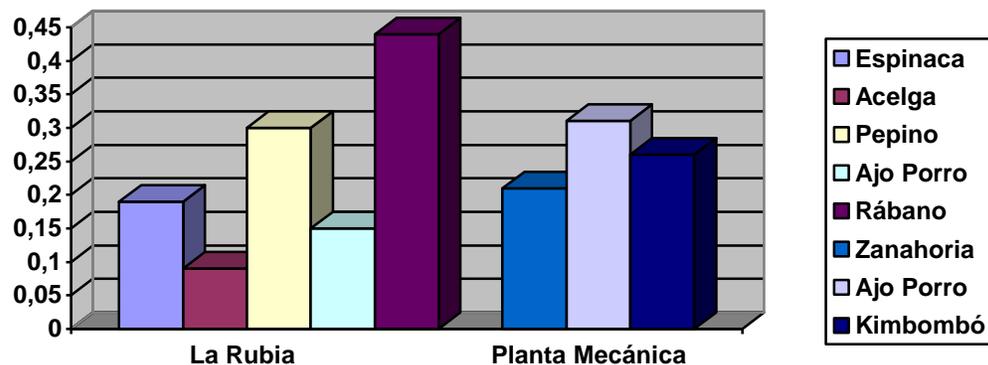


Figura 5. Concentración media de níquel (mg/Kg) por hortalizas.

Se observa variabilidad de los resultados para los diferentes organopónicos y en las diferentes variedades, situación que atribuimos a que todos no presentan las mismas características morfológicas, algunos poseen hojas y frutos más largas y anchas; otros no, y no existe amplia variedad de cultivos en todos los organopónicos estudiados. El valor más alto significativamente es el rábano, que la parte analizada queda sumergida en la tierra, lo que le posibilita una mayor absorción de nutrientes.

En el caso de los valores de las concentraciones de plomo, cadmio y cobalto fueron muy bajos, por lo que no se identifican por el equipo empleado. Este es un aspecto importante ya que en estudios anteriores estos valores resultaron superiores por lo que es necesario monitorearlos con frecuencia, teniendo en cuenta que en la actualidad la exposición a elementos metálicos se produce de forma específica en la actividad laboral, entre ellas las fundiciones y metalurgia en general. Actividades específicas producen riesgos mayores frente a determinados elementos, como la exposición al plomo en las empresas de baterías o exposición al mercurio en las operaciones de electrólisis.

- **Análisis de los parámetros físico-químicos determinados en las aguas de riego de los organopónicos estudiados**

La tabla 8 muestra los valores de los parámetros físicos químicos determinados a las aguas de riego de los organopónicos La Rubia y Planta Mecánica.

Tabla 8. Valores de las determinaciones físico químicas a las aguas de riego de los organopónicos

M. agua	C.Eléctr (uS/cm)	pH (u)	CO ₃ ²⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	Cr ⁶⁺ (mg/L)
La Rubia	1149	8,04	24	120	78	0,065
P. Mec.	1914	8,19	24	110	270	0,056
N.Sanit.	1050	6,5 – 8,5	400	250	400	0,05

Muestras de agua	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	NH ₃ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)
La Rubia	16	77	112	0	0	390
P. Mecán	24	98	203	0	0	410
N. Sanit.	200	150	200	0	0,01	45

Al analizar el comportamiento de los parámetros físico – químico estudiados en las aguas de los dos organopónicos, los resultados más significativos son las pequeñas alteraciones en las concentraciones del cromo, las altas concentraciones de nitratos en las muestras analizadas y los elevados valores de conductividad eléctrica.

En el caso de las concentraciones de cromo en las muestras de agua se puede observar que todos los valores se encuentran fuera de rango establecido, aunque moderadamente, pero se deben tener en cuenta por las extremadas características tóxicas del cromo hexavalente, que además se genera en los procesos de cromado y en las fundiciones, fundamentalmente.

En el caso de los nitratos en aguas de estudio se encuentran en valores elevados, este se considera, por sus características tóxicas, un peligro potencial fundamentalmente para lactantes menores de un año.

Los nitratos son una importantísima fuente de contaminación de los sustratos, las aguas subterráneas, superficiales y de los cultivos, se acumulan especialmente en hortalizas como las acelgas, lechugas, espinacas, zanahorias, entre otras y pueden causar problemas al organismo.(Cedeño, 2010)

La concentración de nitratos en aguas superficiales normalmente es baja (0-18 mg/Litro), pero puede llegar a alcanzar elevados niveles como consecuencia de las prácticas agrícolas o residuos urbanos y ganaderos, especialmente granjas, o por la

aportación de aguas subterráneas ricas en nitratos con concentraciones cada vez más elevadas. (Pelczar, 1976)

En cuanto a la conductividad eléctrica (CE), observamos valores altos en los organopónicos lo que pudiera estar relacionado con la concentración de sales en el agua. Según INPOFOS (2002), se plantea que a mayor CE, mayor es la concentración de sales de la solución y viceversa, por lo que sus valores denotan que es un agua con alto riesgo de salinidad (MINAGRI, 2003). Esto se considera importante pues las aguas de mala calidad biológica y/o extremadamente salinas no son apropiadas para el riego de los vegetales e invalidan los productos para el consumo humano. (León, 2004)

- **Identificación de las fuentes de exposición laboral en zonas aledañas a estos organopónicos**

Para determinar las posibles causas que podrían contaminar las hortalizas, se realizó una visita a los Centros de Trabajo que se encontraban a una distancia aproximada de 5 Km., para conocer tratamiento de residuales de los Procesos Tecnológicos y destino final de Desechos.

Organopónicos:

Planta Mecánica es un centro atendido por las FAR, que posee Técnicas de Tratamiento de Residuales, que fueron creados desde la fundación de la Planta, pero que representa un centro potencial a la exposición de metales por usar amplia gama de ellos en su proceso tecnológico: exposición a soldaduras, fundición, baterías, cromado, niquelado.

La Rubia es un organopónico cercano a Planta Mecánica y a otras entidades como: Unidad Empresarial Base de Transporte de Camagüey (Trans-Cupet); Servicio Motorizado (SaSa); Empresa de Transporte y Mecanizadora (Trans- Mec); Soluciones Mecánicas de Camagüey (SOMECE), y Fundición de Bombas de Agua:

Alejandro Arias. Presentando la exposición a soldaduras, fundición, baterías, cromado, niquelado.

- **Efectos de los metales en la salud humana**

En el organismo humano la mayor parte del hierro se encuentra asociada a complejos proteicos y en forma predominante en la hemoglobina, pero existen reservas de ese metal distribuidos en el hígado, bazo y médula ósea en forma de ferritina y hemobioderina. El hierro es constituyente esencial de varios mecanismos enzimáticos de oxi-reducción y su función asociada con la hemoglobina en el proceso de la respiración ha sido bastante estudiada.

El hierro es tóxico cuando es administrado parentalmente, los adultos tienen buena protección contra dosis orales elevadas, lo que no ocurre con niños pequeños, que son particularmente susceptibles de envenenamiento por ingestión de suplementos de hierro que se expenden en el comercio, preparados para adultos.

En general los niveles tóxicos a largo plazo están entre 340 a 1700 veces arriba de las necesidades diarias. (Drinking water and health, 1980)

Dosis parenterales elevadas pueden producir intoxicación crónica, provocar lesiones hepáticas y pancreáticas. Intoxicaciones agudas por ingestión provocan letargo, náuseas, pulso rápido, caída de la presión sanguínea y coma. En este estado la muerte puede ocurrir de 12 a 48 horas. (Dresbach, 1978)

El manganeso se absorbe fundamentalmente por vía respiratoria y posteriormente se distribuye o acumula en la mitocondria sobre todo de los hepatocitos y en menor proporción en otros órganos como en cerebro, pulmón, riñón, testículo e intestino. Actúa como un oligoelemento en el metabolismo de glúcidos ácidos grasos y como cofactor enzimático (superóxido dismutasa, piruvato carboxilasa y arginasa). La eliminación se produce vía biliar-fecal de forma muy lenta. (Gisbert & Jil, 2004)

En la intoxicación crónica se manifiesta un malestar general (cuadro pseudogripal) con trastornos psíquicos como confusión mental, labilidad, excitabilidad, e incluso

alucinaciones visuales (locura del manganeso). Aparecen alteraciones de la audición, en la voz (monótona), en la escritura (ilegible). Aparece un Síndrome extrapiramidal de tipo parkinsoniano por reacción degenerativa sobre los núcleos grises subcorticales (pálido y estriado), que se caracteriza por temblor intencional, ataxia, anemia, rigidez y trastornos en la marcha (los enfermos andan apoyándose sobre la punta de los pies, marcha de la bailarina).

El cobre es un nutriente esencial de la dieta humana, y está vinculado a la respiración mitocondrial, biosíntesis de melanina, metabolismo de la dopamina, homeostasis del hierro, defensa antioxidante, angiogénesis, formación de matriz extracelular y amidación peptídica. (Serra, 2006)

El Cu es un metal de transición ampliamente usado en la industria para la manufactura de muchos productos tales como amalgamas con diversas aplicaciones, agroquímicos, especialmente fungicidas y micostáticos, esmaltes y pigmentos, reactivos para curtiembre, alguicidas de uso profuso en cuerpos de agua dulce, prótesis médicoquirúrgicas y dispositivos intrauterinos (DIU), entre otros.

Por este motivo, no es sorprendente que el hombre contamine el medio ambiente con progresivas cantidades de cobre. La contaminación con este metal se produce mayoritariamente en la cercanía de las minas donde se extrae y procesa, y en las refinerías durante su purificación. Los polvos de Cu que se liberan al aire y al agua reaccionan con el oxígeno y el azufre, que muchas veces son parte de los mismos minerales desde donde se refina el metal, generando compuestos aún más hidrosolubles y diseminables. El agua superficial que se contamina de esta manera puede drenar hacia los acuíferos y aumentar el nivel de cobre en ellos y por consiguiente en las redes de agua potable domiciliarias. (Mejías, Ruiz, & Clavija, 2006)

El zinc se absorbe vía respiratoria. Provoca neumonitis química, acompañada de fiebre elevada y mialgias, cefalea, vértigo y vómitos. La intoxicación crónica provoca dermatosis (sarna del níquel), con eritema puntiforme, las que pueden ulcerarse en

estadios finales, carcinogénico, provoca carcinoma pulmonar de células escamosas, y cáncer en el seno etmoidal.

La intoxicación por níquel provoca un cuadro de neumonitis que suele ir acompañada de fiebres elevadas y mialgias. La intoxicación crónica da lugar a lesiones cutáneas que consisten en una dermatosis (sarna del níquel) que comienza como un eritema puntiforme entre los dedos de las manos, que se transforma después en pápulas muy pruriginosas y dolorosas. Las lesiones se extienden al dorso de la mano, muñecas y antebrazos, hasta alcanzar el tronco y la cara y pueden llegar a ulcerarse en estadios finales. Asimismo, el níquel es carcinogénico capaz de provocar un carcinoma pulmonar de células escamosas y cáncer de seno etmoidal. (Lauwerys, 1993)

De manera general, teniendo en cuenta las concentraciones de metales encontradas en las hortalizas estudiadas, estas no representan un peligro potencial para el hombre, pero se hace necesario su monitoreo constante debido a las cercanías de los organopónicos con zonas altamente industrializadas y de esta forma evitar la exposición elevada de los metales que pueden afectar la salud humana.

Conclusiones

1. De los metales estudiados en hortalizas Fe, Mn,Cu,Zn, Ni,Pb, Cd y Co, el Hierro y manganeso se encuentran por encima de las normas establecidas, por lo que no están aptos para su consumo.
2. La calidad de las aguas de riego de estos organopónicos no es apta para consumo tomando en cuenta los parámetros físico-químicos.
3. Los elevados valores de Cr, Mn y Nitratos constituyen un potencial riesgo para la salud y el medio ambiente.

Recomendaciones

1. Realizar monitoreo constante de contaminantes metálicos y parámetros físico químicos en aguas de abasto de organopónicos, suelos y hortalizas.
2. Incluir en el Plan de Vigilancia Sanitaria del MINSAP estas determinaciones de forma sistemática.
3. Inspección por parte de las autoridades de Salud Ocupacional del comportamiento de las medidas de protección e higiene del trabajo en centros cercanos a organopónicos.

Bibliografía

- Álvarez, G. (2009). *Cultivos organopónicos, huertos alternativos*. Recuperado el 26 de abril de 2014 de <http://www.guarico.com>
- Amico, J. D., Morales, D. y Calaña, J. (2011). Monitoreo de la calidad del agua para riego de fuentes de abasto subterránea en la parte alta del nacimiento de la cuenca Almendares-Vento. *Cultivos Tropicales*, 32.
- Argies, R. (2009). *Vegetales*. Recuperado el 10 de abril de 2014 de <http://www.ecured.cu/index.php/vegetales>
- Astiasaran, I., Martínez, A. y Belitz, M. (1997). *Hortalizas*. [s.l.]: [s.n.].
- Borell, R. (2008). *Contaminación de los suelos*. Recuperado el 15 de mayo de 2014 de <http://www.ecolamancha.org/>
- Campos, J. y Ávila, M. (2002). *Metales pesados un peligro eminente*. Recuperado 14 de marzo de 2014, de <http://www.icb.usp.br/bmm/mariojac/index.php>
- Cedeño, A. (2010). *Determinación de nitratos y nitritos en hortalizas de tres organopónicos en la ciudad de Camagüey*. Trabajo de grado, Licenciatura en Ciencias Alimentarias, Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte y Loynaz, Camagüey, Cuba
- Cedillo, E. (2009). Cultivo de Rábano. Recuperado el 15 de abril de 2014 de <http://www.guarico.com>
- Contaminación del agua. Ciencias de la tierra y del medio ambiente. (s.f.). Recuperado el 14 de febrero de 2014, de <http://www.contaminacion.ecured.cu>
- Composición nutricional de la zanahoria*. (s.f.). Recuperado el 18 de marzo de 2014, de <http://www.botanical-online.com>.
- Cuba, Oficina Nacional de Normalización. (1987). *NC93-01-118:87. Determinación de sulfatos en agua*. La Habana: Oficina Nacional de Normalización.
- Cuba, Oficina Nacional de Normalización. (2012). *NC493. Contaminantes metálicos en alimentos. Regulaciones sanitarias*. La Habana: Oficina Nacional de Normalización.
- Cuba, Oficina Nacional de Normalización. (s.a.). *NC827:201. Agua potable — Requisitos sanitarios (Obligatoria)*. La Habana: Oficina Nacional de Normalización.

- Cuba, Oficina Nacional de Normalización. (2008). *NCISO6561. Frutas, vegetales y productos derivados. Determinación del contenido de cadmio- Parte 2. Método por espectrofotometría de absorción atómica usando la llama.(ISO 6561-2:2005, IDT*. La Habana: Oficina Nacional de Normalización.
- Cuba, Oficina Nacional de Normalización. (2009). *NCISO6633. Frutas, vegetales y productos derivados. Determinación del contenido de plomo por absorción atómica con poca llama. (ISO 6633.1984, IDT)*. La Habana: Oficina Nacional de Normalización.
- Cuba, Oficina Nacional de Normalización. (2010). *NCISO6636. Frutas, vegetales y productos derivados. Determinación del contenido de zinc – Parte 2- Método espectrofotométrico de absorción atómica.(ISO 6636: 1981, IDT)*. La Habana: Oficina Nacional de Normalización.
- Cuba, Oficina Nacional de Normalización. (2010). *NCISO7952. Frutas, vegetales y productos derivados. Determinación del contenido de cobre. Método usando espectrofotometría de absorción atómica con llama(ISO 7952:1994, IDT)*. La Habana: Oficina Nacional de Normalización.
- Cuba, Oficina Nacional de Normalización. (2010). *NCISO9526. Frutas, vegetales y productos derivados. Determinación del contenido de hierro por espectrofotometría de absorción atómica por llama(ISO 9526:1990, IDT)*. La Habana: Oficina Nacional de Normalización.
- Dresbach, R. H. (1978). Manual de envenenamiento- adaptado para las condiciones brasileras pos Samuel Schwartzman. Sao Paulo: [s.n.].
- Drinking water and health*. (s.f.) Recuperado el 12 de marzo de 2014, de <http://www.water-online.com>.
- Elsom, D. (1990). La contaminación atmosférica. *Ciencia y tecnología*, 4 (2), 12-20.
- Enciclopedia de plantas medicinales*. (9 ed. Vol. 2). (2008). Barcelona: [s.n.].
- Fadigas, F., Mazar, N., Anjos, C. y Amaral, S. (2006). *Proposición de valores de referencia para la concentración natural de metales pesados en suelos brasileños* (3 ed. Vol. 10). [s.l.]: [s.n.].
- García, D., Santana, J., Olivares, L., Ruiz, S., Calderón, L. y Lima, L. (2012). Evaluación de la incorporación de metales pesados al agroecosistema. Rol de

- las prácticas productivas ejecutadas por los trabajadores agrícolas. *Revista Cubana de Salud y Trabajo*, 13, 3 - 9.
- Gisbert, J., y Jil, L. (2004). Intoxicación por otros metales. *Salud ambiental*, 5 (6), 7 - 24.
- Gómez, A., y Magaña, P. (2004). Papel del cromo y el zinc en el metabolismo de la insulina. *Revista Médica*, 42, 147-152.
- Gupta, K., Kincaid, T., Newbill, C., y Cole, R. (2004). A multidimensional finite element code for the analysis of coupled fluid, energy and solute transport. *Food and Energy*, 1 (1), 50 -59.
- Hedrick, U. (1972). Sturtevant's Edible Plants of the World. *Plant cell.*, 4 (3), 4 -12.
- Martinez, S. y Rodriguez, D. (2010) La calidad de agua en la fertirrigación. *Salud y trabajo*, 10 (2), 42 - 50.
- Kabata-Pendias, A. (2010). Trace elements in soils and plants. *Agronomía mesoamericana*, 2 (3), 32 -39.
- Kramer, P. y Booyer, J. S. (1995). Water relations of plants and soils. *Academics press.*,4 (3), 11 - 23.
- Labrada, Y. (2011). *Determinación de metales en hortalizas procedentes de cinco organopónicos de la ciudad de Camaguey*. Trabajo de grado, Licenciatura en Ciencias Alimentarias, Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte y Loynaz, Camagüey, Cuba.
- Lassat, M. (2000). The use of plants for the removal of toxic metals from contaminated soil. *American food*, 5 (6), 777 - 808.
- Lauwerys, R. (1993). Toxicología industrial .*Chemical exposure guidelines for biological monitoring*, 5 (2), 4 - 15.
- León, R. (2004). Manejo de alternativas para la conservación del agua en condiciones de agricultura orgánica. En *Resúmenes XIV Congreso Científico Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas*. La Habana, Cuba.
- Cucumis sativus*. *Plantas útiles*. (s.f.) Recuperado el 18 de marzo de 2014, de <http://www.linneo.com>
- Lorenzo, A. (2000). *Vegetales*. Recuperado el 18 de abril de 2014, de <http://www.verduras.consumer.es/documentos/hortalizas/into.php>

- Maroto, J. (1986). Horticultura herbácea especial. *Mundi-prensa*, 2, 7 - 21.
- Martínez, Y., y Albiac, J. (2002). El control de la contaminación por nitratos en el regadío. *Economía Agraria y recursos naturales*, 2, 115 -131.
- Mathew, B. (1996). A review of allium. *Metals*, 4, 3 - 8.
- Mejías, O., Ruiz, M., y Clavija, G. (2006). Bases biológicas y patobiológicas humanas del metabolismo del cobre. *Biología humana*, 47 (3), 98 - 116.
- Méndez, Y., y Rivas, Y. (2011). Cultivos organopónicos. *Agricultura sustentable*, 5, 90 -101.
- MINAGRI. (2000). *Manual técnico de organopónico y huertos intensivos*. Grupo nacional de Agricultura Urbana. Recuperado el 26 de abril de 2014 de <http://wwwminagri.com>.
- Mor, F., y Ceylan, S. (2013). Cadmium and lead contamination in vegetables collected from industrial, traffic and rural areas in Bursa Province, Turkey, food additives and contaminants. *Additives food*, 25 (5), 50 - 63.
- Núñez, A., Martínez, S., Moreno, S., Cárdenas, M., García, G., y Hernández, J. (2008). Determinación de metales pesados (aluminio, plomo, cadmio, y níquel) en rábano (*Raphanus sativus* L.), brócoli(*Brassica oleracea*) y calabacín(*Cucurbita pepo italica*). *Ciencia y tecnología*, 2, 12 - 20.
- Pepino, composición nutricional y beneficios*. (s.f). Recuperado el 27 de abril de 2014 de <http://wwwnutribonum.com>. (2008).
- Standard Methods for the examination. Water and Wastewater*. (2000).[s.l.]: [s.n.].
- Standard Methods for the examination. Water and Wastewater*. (2001). [s.l.]: [s.n.].
- Pelczar, M. (1976). *Microbiología*. (Madrid), 2, 6 - 19.
- Prieto, S., y Haritchabalet, K. (2004). Vigilancia epidemiológica de enfermedades transmitidas por alimentos en la provincia de Río Negro. *Salud*, 64, 30 -45.
- Rodríguez, E. (2010). *Cultivos organopónicos, huertos alternativos*. Recuperado el 18 de abril de 2014, de <http://wwwguarico.com>
- Rubiel, M. (2008). *Importancia de los vegetales*. Recuperado el 18 de abril de 2014 de <http://wwwalimentación-sana.com.ar/>

- Ruda, E., Mongiello, A., Acosta, A., y Ocampo, E. (2005). Ground water used for supplementary irrigation on argiudolls of centra Santa Fe (4 ed. Vol. 65). [s.l.]: [s.n.].
- Sánchez, J. (2007). *Características de la zanahoria*. Recuperado el 20 de abril de 2014 de <http://www.regmurcia.com>
- Serra, B. (2006). *Gran Enciclopedia de las Plantas Medicinales*. (Tomo 1). Barcelona: [s.n.].
- Spinach the truth*. (s.f).Recuperado el 10 de mayo de 2014, de <http://www.linneo.com>
- Valentinuzzi, R. (2002). Toxicología y sustancias. Recuperado 10 de marzo de 2014, de <http://wwwestrucplan.com.ar/>
- Vickers, A. L. (1997). Hand book of water use and conservation. *Additives and food*, 2 (3), 63 -74.
- Wallace, J.S y Batchelor, C.H (2006). Managingwater resources for Crop Production. *Philosophical transactions of the Royal Society*, 352 (3), 89 - 96.
- Zanahoria, beneficios nutricionales*. (s.f). Recuperado el 3 de marzo de 2014, de <http://www.clubplaneta.com>
- Guideline on the specification limits for residues of metal catalyts .European Medicines Agency *Pre-authorisation Evaluation of Medicines for Human Use* London, January 2007