

1. INTRODUCCION

La intoxicación por plomo, plumbismo o saturnismo, es un problema de salud pública en muchos países. En El Salvador este problema ha aumentado debido principalmente a que no existen leyes ambientales y normas de salud en beneficio de la población en cuanto al consumo de alimentos libres de este elemento.

Gran parte de la población tiene dentro de sus hábitos alimenticios el consumo de una gran variedad de productos agrícolas, los cuales pueden acumular en sus tejidos vegetales plomo. Por lo cual se necesita conocer las posibles fuentes de contaminación, ya sea a través de la contaminación ambiental, suelo, agua, etc. El plomo se acumula en la sangre, los huesos, células suaves y afecta usualmente al hígado, los riñones y el sistema nervioso. Su excesiva inhalación o ingesta produce efectos en el sistema neurológico que se traduce en retardo mental, talla de crecimiento menor a lo estimado como promedio y desórdenes en la actividad diaria de la persona. Aún en pequeñas dosis de absorción de plomo, se puede ocasionar daño al sistema nervioso central a los niños de pequeña edad y los fetos.

Por estos motivos el objetivo del presente trabajo fue el de cuantificar los niveles de plomo en dos cultivos agrícolas producidos en la Cooperativa Colima en el Departamento de Cuscatlán, para lo cual se utilizó el método de Espectrofotometría de Absorción Atómica, ya que éste es confiable y preciso para evaluar la presencia de este metal en pequeñas concentraciones.

2. ANTECEDENTES

En El Salvador, la población en general dentro de su alimentación diaria, los vegetales ocupan una parte importante en el consumo. Por lo tanto se hace necesario conocer sus valores nutritivos, así como también las cantidades de residuos tóxicos que tienden a acumularse en sus tejidos. Uno de los elementos que son dañinos a la salud humana es el plomo el cual llega a depositarse en diversos substratos como el suelo, agua y la vegetación.

Un estudio realizado en la ciudad de San Salvador, comprobó que la contaminación por plomo en el agua abastecida, alcanzó una concentración máxima de 0.008 ppm; no sobrepasando el límite permisible establecido por la Organización Mundial de la Salud, que es de 0.1 ppm. A través del análisis se establecieron los factores determinantes de la contaminación del agua, éstas como producto del crecimiento poblacional, con un bajo nivel cultural y educativo, que demanda un incremento de agua, tanto para el consumo humano como también para el uso industrial. (Fallas Velasco, 1975).

La determinación de plomo en repollo, tomate y papa en Costa Rica, demostró que el 61% de las muestras poseen una cantidad inferior a 100ppb y 89% contienen una cantidad inferior a 200ppb. Solo dos muestras tienen concentraciones de plomo superiores a 300ppb.

Según la investigación no se encontró relación directa entre el contenido de plomo en las muestras y la cercanía a las carreteras, ni entre ese contenido y la época del año en que se tomaron.

Las conclusiones de este estudio revelan que el nivel de plomo en el repollo está en el ámbito entre 0 y 200 ppb y que el contenido de plomo en la pulpa de la

papa es inferior a 100 ppb.

Según las investigaciones de este estudio en Inglaterra, el máximo de plomo permisible en los alimentos es de 2 ppm.

En el caso del tomate se reportan valores entre 5 - 40 ppb. Pero debido a que el número de muestras eran muy pequeñas no se pudo concluir. (Roney W. Fonseca, 1990).

Otro estudio realizado en El Salvador consistió en evaluar las concentraciones de plomo en hojas de repollo, tomate y papa; mostró que la concentración de plomo mínima fue de 7 ppb y la máxima de 23.5 ppb. Encontrándose un promedio de 21.87 ppb de la concentración en las muestras de tomate, de las que se observan que el tomate presentó el mayor nivel de concentración de plomo y el repollo el menor con 10.42 ppb. (Segovia Calderón, 1995).

Además se puede mencionar los resultados de los análisis en cuanto al estudio sobre la cuantificación de niveles de plomo en el fruto de tomate y chile verde, utilizando la técnica de absorción atómica realizado en nuestro país; en la cual se encontró residuos de plomo en el 100% de las muestras que fueron cultivadas en el cantón Tres Ceibas, situado en el km 38 carretera a Sonsonate presentándose las concentraciones de 1.9 ppm a 7.7 ppm para las muestras de tomate variedad (Gym Price); para las muestras de chile dulce variedad (Natalie), de 2.5 ppm a 10.5 ppm. Para las muestras en cantón Flor Amarilla que fueron de 3.8 ppm a 4.9 ppm de chile y para las muestras del cantón Cerro de Plata fue de 3.6 ppm a 4.6 ppm en el tomate.

Comparando los resultados obtenidos en tomate con el valor máximo de plomo permisible en Inglaterra, para los alimentos que es de 2 ppm; y en chile, de acuerdo

al Decreto Oficial No. 997/97, el Ministro de Salud Pública quien establece para cereales, legumbres y leguminosas un valor de 0.5 ppm de plomo, los niveles de plomo en este estudio son mayores. (Fuentes Villatoro; Galvez Hernández, 2000).

Otro estudio realizado en nuestro país, sobre la calidad de las aguas subterráneas de los pozos acuíferos que actualmente explota ANDA localizados en Nejapa, Apopa, pozos comunales, privados y los pozos situados alrededor del relleno sanitario de Nejapa. De las 25 muestras que se tomaron se determinó que el 35% de las muestras tienen valores de Plomo superiores a 0.05 ppm.

También se determinó la calidad de aguas superficiales que recorren la subcuenca Acelhuate las cuales se clasifican como sépticas, a excepción del río Chacalapa y el de San Antonio en Nejapa, de los resultados obtenidos el 37% dio valores de Plomo mayores a 0.1 ppm. Sobrepasando el límite permisible establecido por la Organización Mundial de la Salud, que es de 0.1 ppm. (Fiaes, 2002).

En un estudio sobre evaluación de la contaminación por arsénico y metales pesados (Pb,Cu,Zn) y análisis de riesgos en salud en Villa De La Paz – Matehuala, San Luis Potosi, México en suelo en una superficie de 105 km² entre Villa De la paz y Matehuala. En el caso del plomo los resultados de los análisis químicos de muestras de suelo reportaron concentraciones en los rangos de 31 – 3,450 mg/kg, comparados con la guía ambiental de la agencia de protección al ambiente de los estados unidos (USEPA), la cual recomienda en suelo de área de recreación infantil de 400 kg/mg plomo y una máxima en suelos de uso común de 1200 kg/mg de plomo (Díaz Barriga; Monroy Fernández, 2002).

3. MARCO TEORICO

3.1. El plomo y otros metales pesados

3.1.1. Generalidades de metales pesados

Los metales pesados se definen arbitrariamente como aquellos metales cuya densidad es por lo menos cinco veces mayor que la densidad del agua. Dichos metales se encuentran en forma natural de la corteza terrestre, en diferentes concentraciones y en algunos lugares en forma muy concentrada constituyendo yacimientos minerales, aunque los metales tienen muchas propiedades físicas en común su reactividad es muy variada y mucho más son sus efectos tóxicos sobre la salud humana, solo unos pocos de ellos tienen importancia desde el punto de vista de la contaminación ambiental. Entre los que se consideran como contaminantes se mencionan: el cobre, mercurio, estaño, plomo, cadmio, vanadio, cromo, arsénico, molibdeno, magnesio, cobalto y níquel. (Salomón Urbina; Cruz Rivera, 1988).

Muchos metales pesados en mínimas cantidades son indispensables para la vida, sin embargo pueden ser tóxicos ya que estos son acumulados en diferentes tejidos de nuestro cuerpo.

Un metal puede considerarse tóxico si es perjudicial para el crecimiento o el metabolismo de las células al exceder de ciertas concentraciones. (Salomón Urbina; Cruz Rivera, 1988).

La toxicidad de un metal depende de su vía de administración y del compuesto químico al que está ligado. La combinación de un metal con un compuesto orgánico puede aumentar o disminuir sus efectos tóxicos sobre las células.

Los efectos de los metales pesados en la salud humana han sido estudiados por la toxicología durante mucho tiempo. La utilización de los distintos procesos

tecnológicos han provocado la contaminación en diferentes niveles para los distintos metales así el plomo como metal de elevada densidad, bajo punto de fusión y alto punto de ebullición constituye un elemento de contaminación.

3.1.2. Generalidades del plomo

El Plomo es un metal pesado de símbolo (Pb) y es un elemento químico básico, que combinado con otros elementos químicos produce diferentes compuestos comerciales (Morante Alvarado, 2001). El plomo es de color gris azulino, existe en forma natural en pequeñas cantidades, se calcula en un 0.00002 % de la corteza terrestre, tiene un punto normal de fusión de 327.4°C, un punto normal de ebullición de 1770 °C y una densidad de 11.35 g/mL. Forma compuestos con los estados de oxidación de $+2$ y $+4$, siendo los más comunes los del estado de oxidación $+2$. El plomo es anfótero por lo que forma sales plumbosas y plúmbicas, así como plumbitos y plumbatos. Se encuentra en minerales como la galena (sulfuro de plomo, PbS) que se utiliza como fuente de obtención del plomo, la anglosita (sulfato de plomo II, PbSO₄) y la cerusita (carbonato de plomo, PbCO₃) (Sagan, 2003).

El plomo se encuentra ampliamente distribuido en el medio ambiente. La mayor parte proviene de actividades como la minería, la producción de materiales industriales y de quemar combustibles fósiles.

El plomo tiene muchos usos diferentes. Se usa en la fabricación de baterías, municiones, productos metálicos (soldaduras y cañerías) y en dispositivos para evitar irradiación con rayos X (ATSDR, 2003). El formiato de plomo (Pb(CH₂)₂), es utilizado en la fabricación de insecticidas (Segovia Calderón, 1995).

Debido a inquietudes sobre salud pública, en años recién pasados se ha reducido en forma dramática la cantidad de plomo en gasolina, pinturas y cerámicas y en materiales para soldar (ATSDR, 2003).

3.1.3. El plomo en la salud humana

El plomo no desempeña ninguna función en el organismo humano; su importancia es debido a sus propiedades tóxicas y no por sus aplicaciones ni por sus propiedades terapéuticas (Ramos; Awad, 1990).

Los niveles tóxicos del plomo en el organismo humano son los siguientes: para población general: En muestra sanguínea de adultos hasta 0.038 mg/100ml. En muestra sanguínea de niños hasta 0.005 mg/100 ml.

Para población ocupacionalmente expuesta: En sangre hasta 0.068 mg/100.

Para población en peligro: En sangre hasta 0.076 mg/ 100 ml.

Para población compatible con intoxicación: En sangre mayor de 0.076 mg/100 ml. (Fepafem, 1996).

Las intoxicaciones que se pueden presentar en la población general salvo situaciones de accidentes o contaminaciones masivas, suelen ser de carácter crónico.

En la población ocupacional es frecuente encontrar tanto intoxicaciones agudas como crónicas muy características; los síntomas se agravan a medida que el nivel del plomo en sangre es mayor.

Las intoxicaciones crónicas constituyen en algunos casos problemas epidemiológicos importantes (Ramos; Awad, 1990).

3.1.3.1. Efectos de plomo en sistemas y órganos humanos

a) Sistema Hematopoyético: Uno de los primeros y más importantes efectos son la alteración de la hemoglobina en la sangre provocando anemia. (Albert, 1988).

b) Sistema Nervioso: Los efectos sobre el encéfalo (Sistema nervioso

central), están mas relacionados con el saturnismo infantil que con las intoxicaciones en adultos. El hecho más importante a este nivel es el daño en los nervios motores, que se conocen clínicamente como parálisis saturnina o desprendimiento de muñeca; y la manifestación principal es la debilidad de los músculos extensores, también afecta la medula espinal. (Segovia Calderón, 1995)

c) Sistema Urinario: Se ha observado lesión tubular renal caracterizada por aminoaciduria, y hipofosfaturia, glucosuria, y albuminuria. (Albert, 1988)

d) Sistema Gastrointestinal: Es uno de los más frecuentes síntomas del saturnismo, en este sistema es cólico; no es raro que venga acompañada por diarrea o por estreñimiento. (Albert, 1988)

Los síntomas graves normales vienen acompañados por palidez del rostro y por bradicardia.

Una línea azul en las encías que se debe a una disposición local de sulfuro negro de plomo no es por si misma una indicación de envenenamiento, pero su presencia puede ayudar a confirmar tal diagnostico, puede considerarse como un grado de exposición peligrosa.

También se han descrito otras manifestaciones: como perdida de apetito, constipación, nauseas, vomito, sabor metálico en la boca, dolor abdominal e ictericia.

e) Sistema cardiovascular: La manifestación más común es presión arterial elevada asociada a altos niveles de plomo.

f) Sistema esquelético: El plomo se acumula en el esqueleto, sobre todo en los extremos de los huesos largos, los extremos de la costilla y en los

metacarpianos, aumentando la densidad de esta zona, también se presentan defectos renales, en la estructura del diente, debido a que este metal se concentra en ellos al igual que en los huesos y tejido adiposo.

Debido a la peligrosidad de las intoxicaciones provocadas por el plomo y a sus graves repercusiones en la salud del ser humano y a que el plomo está presente en la dieta y en el ambiente mismo, así como también la mayoría de las intoxicaciones domésticas, son provocadas por la ingestión de plomo en los alimentos. La intoxicación por plomo, plumbismo o saturnismo es un problema de salud pública en muchos países. (RAQAL, 1999)

En vista de las posibilidades de ingestión del plomo en la vida cotidiana, los valores aceptados como normales para el contenido de plomo son: (Salomón Urbina; Cruz Rivera, 1988)

Sangre : Menos de 0.05 mg/100cc.

Orina : Menos de 0.8 mg eliminados diariamente.

3.1.3.2. Efectos en la salud de los niños por exposición al plomo

Concentración de plomo en la sangre (g/100ml)	Efectos observados
10	Inhibición de la actividad de la enzima AAL=D Edad gestacional reducida (exposición prenatal)
10	Bajo peso al nacer (Exposición prenatal) Retardo en el crecimiento
12	Interferencia en el metabolismo de la vitamina D
15 – 20	Elevación de protoporfirinas eritrocitarias Alteraciones electrofisiológicas en el SNC
20	Alteraciones conductuales, déficit en la atención
30	Disminución en la conducción nerviosa periférica
40	Aumento del AAL en el suero y del AAL – U Aumento de las CP – 0 Reducción en la producción de hemoglobina Velocidad de conducción nerviosa periférica reducida Alteraciones en el aprendizaje Nefropatía (aminoaciduria) Síntomas gastrointestinales
50	Disminución marcada del cociente de inteligencia
70	Anemia franca Nefropatía grave
80	Encefalopatía Daño cerebral grave Retardo mental grave

Fuente: Organización Panamericana de la Salud, 2000

3.1.4. Aspectos tóxicos del plomo

De todos los metales pesados conocidos desde la antigüedad, el plomo es el único que no tiene aplicación terapéutica, solo posee interés por sus efectos tóxicos que presenta. El plomo esta considerado junto con el cadmio (Cd) como uno de los elementos minerales más tóxicos para el hombre, debido a que por su difícil eliminación se acumula en los huesos y en el tejido adiposo.

Entre los diferentes tipos de intoxicación tenemos, las intoxicaciones accidentales, que se presentan en forma involuntaria, siendo provocadas en gran medida por ciertas sustancias tóxicas (Francia Huevo, 1998), entre estas se

encuentran el plomo metálico (Pb), el cual es menos tóxico que sus sales. Es tóxico si se absorbe más de 0.5 mg/día.

La exposición del hombre al plomo, por medio de los alimentos es muy variable. De hecho se observa tanta variación entre muestras diferentes de un mismo alimento, como entre tipos distintos de alimentos; se ha determinado niveles significativos en alimentos conservados en lata con solduras de este metal en un rango de 0.13 – 14.8 mg/kg, 0.87 – 1.5 mg/kg (peso fresco) en productos de importación, 0 - 1.5 mg/kg (peso fresco) en condimentos, 0.2 – 2.5 mg/kg en pescados y mariscos, 0 – 1.39 mg/kg en cereales, 0 – 1.3 mg/kg en legumbres y en sangre de 40 µ/100 ml de sangre (Ramos; Awad, 1990). El plomo esta presente en la dieta y en el ambiente mismo con una ingestión diaria de aproximadamente de 0.5 mg de plomo aportados por el aire, por los alimentos y objetos de uso periódico, si esta dosis se sobrepasa se corre el riesgo de saturnismo crónico.

Las intoxicaciones accidentales se pueden clasificar en:

- Medicamentosas
- Profesionales
- Alimenticias
- Productos diversos

La alimentaria puede ser causada por:

- a) Alimentos tóxicos por naturaleza
- b) Susceptibilidad del organismo a un determinado alimento
- c) Proliferación de microorganismos en los alimentos
- d) La naturaleza del envasado que contienen los alimentos enlatados

Los tóxicos pueden penetrar al organismo por las siguientes vías (Frabe; Truhant, 1976):

- a) Digestivas
- b) Respiratorias
- c) Cutáneas

Es importante hacer notar que la concentración del tóxico y la vía de penetración influyen en la velocidad de absorción del mismo, el tamaño de la partícula y el tipo de compuesto de plomo (orgánico e inorgánico), determina la concentración y la posibilidad de difusión del plomo hacia el organismo. Además de esto, la absorción de plomo depende de factores propios del organismo, como: la edad, estado fisiológico, integridad de los tejidos. En el caso del plomo es de interés considerar las diferencias entre individuos o entre grupos en cuanto factor nutricional metabólico y de actividad física que pueden conducir diferencias en la absorción.

a) Vía digestiva

Es una de las formas de penetración mas frecuentes de los tóxicos pudiendo ser un proceso de absorción rápido o lento. Los factores que influyen para que el proceso sea lento son:

- Absorción del tóxico por los alimentos
- Irritación gástrica (vómitos, diarrea)
- Formación de compuesto insolubles
- Inactividad de los tóxicos por enzimas proteolíticas digestivas

La mayoría de las intoxicaciones domestica son provocadas por la ingestión de plomo puesto que hasta la dieta normal contiene cantidades apreciables del elemento.

La ingestión de polvo procedente de la pintura hecha a base de plomo es la causa más común de la intoxicación por plomo entre los niños. Actualmente, más del 80 por ciento de los edificios públicos y viviendas privadas construidas antes del año 1980 contienen alguna pintura hecha a partir de plomo (UTAH, 2001).

En los niños principalmente lactantes, la contribución de plomo ingerido al plomo sanguíneo es más elevada que en adultos, llegando a ser su absorción del orden del 50% (Ramos; Awad, 1990). Estos porcentajes pueden incrementarse tanto en adultos como en niños debido a una dieta pobre en calcio, hierro, vitamina D y proteínas. Cuando las cantidades de plomo ingerido con los alimentos y el agua son suficientes, es probable que aparezca intoxicación a largo plazo.

La figura 1 muestra los cambios fisiológicos causados por el plomo en niños. Se cree que el uso generalizado que le daban en la antigua Roma (en recipientes, tubería, etc.) tuvo que ver con la decadencia de su civilización. Los romanos usaban incluso el acetato de plomo, por su dulzura, como edulcorante del vino, agudizando la intoxicación de quien lo bebía.

El plomo tiene tendencias a acumularse en los huesos; esta comienza en la vida fetal, se transfiere fácilmente a través de la placenta y la concentración de la sangre del recién nacido es similar a la madre.

El contenido total de plomo en el organismo puede alcanzar hasta 200 mg en hombres de 60 a 70 años, pero es mayor en las mujeres, se ha calculado que en adultos con exposición extrema al plomo, el 94 – 95% del plomo total estaba localizado en los huesos. (Fabre; Truhant, 1976).

b) Vía respiratoria

La absorción por la vía pulmonar es muy frecuente y más completa en jóvenes que en edad avanzada. La mucosa respiratoria absorbe el metal a lo largo de toda su extensión incluso a las vías nasales. En efecto la absorción de plomo por la vía respiratoria es mucho más rápida y completa que por el intestino (Fabre; Truhant, 1976).

En la inhalación del plomo ambiental según modelo sobre dinámica pulmonar

33% total del plomo sea este inorgánico u orgánico se deposita en las vías aéreas.

Después de la deposición del plomo en la naso faringe, la traquea, los bronquios y los alvéolos, parte de las partículas inhaladas ascienden por acción de los silios, pasa al esófago y se absorbe parcialmente en tracto gastrointestinal. Las partículas restantes que llegan son absorbidas y pasan a la sangre. En cambio la absorción de plomo depositado en las vías respiratorias terminales es rápida, extensiva y prácticamente total y es un proceso independiente de la forma química del compuesto de este metal.

c) Vía cutánea

La piel cuya masa representa el 10% del peso corporal tiene esencialmente un papel de protección frente a diversos agentes agresivos físicos, químicos o biológicos. Pero la afinidad de algunos de ellos con los líquidos cutáneos les permite atravesar la epidermis hasta llegar a la dermis donde existe una circulación general. Este es el caso de los disolventes clorados del tetraetilo, que pueden introducirse por medio de heridas o leves ulceraciones (Fabre; Truhant, 1976). En los sitios subcutáneos e intramusculares, los proyectiles de plomo, especialmente los perdigones, pueden causar intoxicación (Salomón Urbina; Cruz Rivera, 1988).

3.1.5. El plomo en el medio ambiente

El plomo no se degrada, sin embargo compuestos de plomo son transformados por la luz solar, el aire y el agua. Cuando se libera al aire, puede ser transportado largas distancias antes de sedimentar en el suelo; una vez que cae a la tierra, generalmente se adhiere a partículas en el suelo.

El movimiento del plomo desde el suelo a aguas subterráneas dependerá del tipo de compuesto de plomo y de las características del suelo.

La mayor parte del plomo en suelos del interior de zonas urbanas se origina de casas viejas pintadas con pinturas con plomo (ATSRD, 1999).

3.1.6. Contaminación por plomo

3.1.6.1. Aspiración (Inhalación)

La principal fuente de contaminación de los alimentos es la deposición aérea de los residuos de plomo, emitidos a la atmósfera en los gases de combustión de los vehículos automotores que utilizan combustibles con derivados de plomo como agentes antidetonantes, especialmente en las proximidades de las carreteras. Otras fuentes tales como los humos no depurados de algunas instalaciones industriales e incineración del carbón, residuos domésticos y residuos de plaguicidas utilizados en la agricultura también contribuyen de forma sustancial a la contaminación ambiental y a la presencia de plomo en los alimentos.

La vía de entrada en el organismo de Plomo es por inhalación de humos y polvos principalmente en operaciones en las que se trabaje Plomo a temperaturas superiores a los 500°C como las de soldadura, fundición y recubrimientos de metales con plomo fundido (Fepafem, 2003).

En el caso del polvo, las partículas contaminadas pueden encontrarse a muchos kilómetros del punto donde se generó ese polvo, situación que se agrava cuando en la atmósfera existen materias finas (PM2.5) o material mediano (PM10) ocasionado en muchas oportunidades por la acción de los vientos del sur que transportan polvo producido en zonas desérticas, a lo que hay que sumarle la humedad reinante en nuestro medio ambiente. Este material particulado (PM2.5 o PM10) es inhalado por las personas y a través del tracto respiratorio se aloja en los pulmones y se inicia el proceso de deterioro de los mismos y de intoxicación general que ataca el sistema nervioso y el cerebro en sus diferentes aspectos. Pero no solamente se puede inhalar el plomo por estas condiciones del polvo como material particulado. La construcción

y/o limpieza de estructuras metálicas como son las torres de transmisión eléctrica, las de televisión, las estructuras (tijerales) que soportan los revestimientos de los techos de los galpones industriales, son posibles generadoras de partículas de polvo con contenido de plomo, y por lo tanto elemento que puede dañar a la salud humana por intoxicación. Los trabajos en las fábricas de metal mecánica que tienen como elemento principal el pulido, perforación, abrasión o soldadura de piezas metálicas con contenido de plomo, son así mismo peligrosos.

Durante muchos años el mayor contaminante del aire ha sido la combustión de la gasolina con plomo, lo que ha disminuido por una mejor calidad de la gasolina con un menor contenido de plomo o su práctica ausencia. Usualmente, aparte de los depósitos de plomo como mineral, las mayores fuentes de emisión de plomo a la atmósfera son las plantas procesadoras de metales.

Los centros de almacenamiento de mineral de plomo, como son los puertos marítimos de exportación, son generadores de vapores, y propician la formación de las arriba citadas PM_{2.5} y PM₁₀ las que tendrán una película de plomo como envoltura con lo que se convierten en elemento contaminante y de envenenamiento de la persona humana con especial énfasis en los niños, en las mujeres embarazadas y en las personas que se ubican en el estrato generacional de la Tercera Edad. Estas PM no solamente son inhaladas por los trabajadores de esos depósitos, sino por las personas que viven en las proximidades, dependiendo su radio de acción del contenido de plomo, de la intensidad de los vientos y de la presencia de las PM.

Las concentraciones sanguíneas aparecen mas elevadas en hombres que en mujeres en áreas urbanas que en rurales; y también son mas elevadas entre fumadores, comparado con los no fumadores tanto por el daño inducido por el cigarrillo como el contenido habitual que tiene el tabaco (Ramos; Awad, 1990).

La presencia del plomo en el aire atmosférico deteriorando su calidad origina complementariamente la formación de la "lluvia ácida" la misma que puede decantar el plomo en suelos aún en pequeñas concentraciones (2-10 mg/m³) y ese plomo puede, con estos parámetros, inhibir el crecimiento de las plantas. Las partículas así decantadas llegan al suelo y pueden producir adicionalmente los siguientes efectos:

· *Si decantan en suelos urbanos:*

Contaminan el suelo y este es a su vez transportado por la suela de los zapatos al interior de las casas donde puede iniciar el proceso de intoxicación, especialmente en los niños de pequeña edad cuando los mismos "gatean" en el suelo o cuando cogen sus juguetes que descansan sobre el suelo ya contaminado y los mismos son introducidos a la boca y ser chupados inocentemente por los niños (Ver Figura 2).

· *Si decantan en suelos agrícolas:*

Contaminan el suelo, las raíces y hojas de las plantas, que podrán ser hortalizas y se inician dentro del 'proceso de la vida', incorporan al plomo en su estructura celular con el consiguiente peligro para las personas que las consuman e inclusive envenenan a las aves que toman su alimento de las hojas de las plantas y del suelo agrícola del entorno.

Alto contenido de plomo en el suelo puede promover el desarrollo de comunidad microbiológica como hongos y bacterias, alterándose los parámetros del suelo para su adecuado y sano uso de las especies vegetales (Morante Alvarado, 2001).

3.1.6.2. Ingesta de agua y de alimentos

La contaminación del agua por plomo no se origina directamente por el plomo sino por sus sales solubles en agua que son generadas por las fábricas de pinturas, de acumuladores, por alfarerías con esmaltado, en fototermografía, en pirotecnia, en

la coloración de vidrios o por industrias químicas productoras de tetraetilo de plomo (se usa como antidetonante en gasolinas) y por algunas actividades mineras, etc. (SAGAN, 2001)

Existen ciertas posibilidades de que determinados elementos podrían ocasionar ingesta de plomo por el tracto digestivo, son los productos envasados (conservas) y es que durante el proceso de fabricación de las planchas metálicas para luego ser procesadas para formar las latas, de acuerdo a ciertas tecnologías industriales, se ha adicionado plomo a la mezcla metálica y de ahí la posibilidad de que sea un elemento generador de contaminación.

Existen otros elementos contaminantes y ellos son las botellas oscuras de vino, lo mismo que los platos de mesa y los vasos de cristal fabricado con cierto componente de plomo.

3.2. Generalidades de los cultivos pipián y sandía

3.2.1. Pipián (Cucúrbita mixta)

3.2.1.1. Importancia

El cultivo del pipián ha cobrado importancia por la creciente demanda de la población de esta hortaliza, debido a su alto contenido de fibra, calcio y fósforo. Se estima que en 1998 se cultivaron 600 manzanas, con una producción de 1.1 millones de kilogramos; se consume principalmente fresco, sin embargo, del fruto maduro se obtienen las semillas que son procesadas y envasada para el consumo y además son utilizadas para preparar condimentos utilizados en la cocina tradicional Salvadoreña.

3.2.1.2. Origen

Es originaria de Mesoamérica y los nativos lo incluían dentro de su dieta alimenticia.

3.2.1.3. Características generales de la especie

El pipián (*Cucúrbita sp*), es una planta perteneciente a la familia de las cucurbitáceas, cuyas especies más conocidas son *Cucúrbita pepo*, *Cucúrbita máxima*, *Cucúrbita moshata* y *Cucúrbita mixta*; distinguiéndose por algunas características especiales que las diferencian como son: hábito de crecimiento, forma y tamaño de sus frutos y semillas.

3.2.1.4. Aspectos botánicos

La *Cucúrbita mixta* es una planta anual, monoica, cuyo sistema radicular está constituido por una raíz principal, algunas raíces secundarias y una cantidad abundante de pelos absorbentes, de crecimiento postrado guiadora, con vellosidades en tallos, ramas y hojas. Las hojas son grandes, moderadamente moduladas y generalmente con manchas blancas en su superficie. Botón floral acuminado; sépalos largos, corola amarilla ó amarillo - naranja; androecio largo, delgado, y columnar; ginoecio con estigmas grandes, de color naranja brillante a amarillo o verde; el pedúnculo cuando maduro es duro, con cinco ángulos y frecuentemente ensanchado por material suberoso duro. Fruto variable, de cáscara dura o blanda de diferentes colores; pulpa blanca o amarilla, textura gruesa, con fibras suaves, no gelatinosa. Semillas de color blanco o beige que se separan fácilmente de la pulpa, con la inserción funicular obtusa y ligeramente asimétrica, éstas germinan entre el cuarto y séptimo día, tardan un poco más cuando la temperatura es bajo los 20° centígrados.

3.2.1.5. Requerimientos climáticos y edáficos

- **Clima**

Se adapta a climas cálidos, templados y fríos con temperaturas entre los 13° y 30°C su rango óptimo se encuentra entre los 22° y 32 °C, en el país se cultiva desde cerca del nivel del mar hasta los 1,800 m.s.n.m., crece bien en áreas secas bajo riego o con mediana precipitación (1,600 mm distribuidos en 6 meses).

- **Suelos**

Se adaptan en una gran variedad de suelos; suelos ligeros o arenosos tienden a reducir el período vegetativo del cultivo, en cambio en suelos pesados lo prolongan.

Para obtener resultados satisfactorios los suelos deben de tener buen drenaje, tanto interno como externo; el mejor desarrollo se obtiene en suelos franco, franco - arcillosos, con buen contenido de materia orgánica y un pH de 5.0 - 7.5.

3.2.1.6. Variedades de pijián

En el país existen numerosas variedades criollas que están en proceso de clasificación, en el mercado local se diferencian por las características del fruto: redondeados, alargados, alargados con estrangulamiento, rayados, lisos, blancos, verdes, etc.

- **Producción**

En las variedades criollas, la cosecha se inicia a partir de los 35 a 40 días después de la siembra.

- **Rendimientos**

Los rendimientos van a depender del sistema de cultivo (asocio o monocultivo), del tipo de suelos, del sistema de conducción y de la variedad a sembrar. Con un buen manejo se pueden obtener de diez a catorce frutos por planta, efectuándose los cortes cada dos días. En siembra tradicional de forma rastrera se pueden obtener de 23,330 a 35,000 frutos, al utilizar espalderas se pueden obtener hasta 58,000 frutos.

- **Duración de la cosecha y número de cortes**

La cosecha puede durar 26 días o más, efectuando trece cortes (uno cada dos días), aunque en suelos franco - arcillosos con buen drenaje y fertilización la cosecha puede prolongarse (Agronegocios, 2002).

3.2.1.7. Costos de Producción

Costos Estimados: \$701.42 /ha/ciclo productivo.

3.2.1.8. Estacionalidad

Los mejores precios se obtienen entre los meses de abril y junio.

3.2.1.9. Requisitos de importación

Para importaciones el MAG requiere certificado fitosanitario donde se indique que el producto ha sido inspeccionado y encontrado libre de plagas. Se inspeccionará en el punto de entrada. Las importaciones provenientes de fuera de la región centroamericana pagan un impuesto del 15%.

3.2.1.10. Situación en el tratado comercial con México

Este producto está incluido en Tratado de Libre Comercio. Esto significa que existe un compromiso para reducir el impuesto de las importaciones, por parte de México y El Salvador. En la actualidad el producto que proviene de México paga 15% de impuesto pero llegará a cero por ciento en el 2011. Si se desea llevar producto a México, debe pagarse 15%, pero el impuesto llegará a cero por ciento en el 2009.

3.2.1.11. Comercio nacional

La demanda interna de este producto se abastece con la producción nacional, no se reportan datos de comercio exterior. El comportamiento de los precios en los últimos 10 años es variable con alzas y bajas, dependiendo de la estacionalidad, obteniéndose los mejores precios en los meses de mayo y junio, este comportamiento es similar todos los años. (Agronegocios, 2002).

3.2.2. Sandía (*Citrullus lanatus*)

3.2.2.1. Origen e Importancia

La sandía es oriunda de África Central, Sur de África y Sur de Asia, donde se

reportó que los campos se encontraban con plantas de sandía de manera natural. El cultivo ha sido sembrado en la Región Mediterránea durante miles de años. Esta se consume de forma fresca, en rebanadas, en jugos, batidos, refrescos y helados, de ella se obtiene una miel especial, confituras y otros productos, contiene vitamina A y además de ser un alimento refrescante es ligeramente laxante.

En El Salvador se cultiva la sandía, sin embargo; la producción no cubre la demanda de esta fruta por lo que se hace necesario importarla, en 1999 se adquirió de Guatemala y Honduras un total de 631.8 toneladas métricas por un valor de \$ 90.114.28. (Agronegocios, 2003)

3.2.2.2. Distribución

Se encuentra en las zonas tropicales, en toda América y en las regiones del mundo donde las condiciones agroclimáticas favorecen el desarrollo del cultivo. En el país se ha cultivado en la zona del Litoral aunque se adapta en condiciones agroecológicas de los valles intermedios.

3.2.2.3. Aspectos botánicos

- Raíz

Las raíces de la sandía son muy ramificadas y se desarrollan de acuerdo al suelo y otros factores, posee una raíz pivotante que puede profundizar hasta 0.8 metros, las raíces laterales pueden alcanzar hasta 2 metros de longitud llegando a formar un diámetro radicular de aproximadamente 4 metros. La mayor distribución de las raíces se encuentra entre los 20 y 40 centímetros de profundidad.

- Tallo

De los 25 a 30 días después de la germinación, el tallo es erecto y posee alrededor de 5 hojas verdaderas, luego se hace decumbente o rastrero alcanzando una longitud de hasta 5 metros de largo, posee 5 aristas y está cubierto de vellos

blanquecinos. Del tallo principal se forman ramas primarias y sobre éstas las secundarias.

- **Hojas**

Las hojas son simples, grandes, alargadas, de contorno triangular, pudiendo ser ligera o profundamente lobuladas, dentadas, pilosas, de color verde pardo, cubierta de una capa de células incoloras que les dan resistencia a la sequía y las protege de las quemaduras del sol.

- **Flor**

La sandía es una planta monoica con flores masculinas y femeninas(a veces dioicas), que se forman en las axilas de las hojas y tienen un color generalmente amarillento. La mayoría de las flores se forman en las ramificaciones secundarias, apareciendo primero las masculinas, las flores hermafroditas y femeninas se forman en la parte terminal de las ramificaciones y en las axilas de la novena hoja hasta las 17 - 20 hojas separadas cada 2-3 hojas, por esta razón no se justifica el despunte de este cultivo. Las flores hermafroditas se caracterizan por poseer estambres que recubren el estigma, el cual es corto y está formado por tres partes, cada una de las cuales corresponde a un lóculo del ovario.

El proceso de polinización en la sandía es generalmente cruzado y realizado por abejas, las flores hermafroditas son polinizadas principalmente por las hormigas y Thrips, las cuales en horas de la mañana realizan esta actividad en mayor proporción que las abejas.

Se ha establecido que las plantas andromonoicas forman frutos redondeados y las de flores masculinas y femeninas producen frutos generalmente alargados.

- **Fruto**

Es una baya que presenta diferentes formas: redondeadas, oblongas, ovaladas y cilíndricas; la corteza es verde, lisa o rayada y la pulpa puede ser de color amarilla, verde pálida, blanca, anaranjada hasta rojo intenso. El sabor de la pulpa es dulce y está formado por células parenquimatosas.

El peso de los frutos difiere según la variedad desde las cinco libras hasta las cincuenta libras.

- **Semilla**

Casi siempre de forma elipsoidal, siendo más delgadas de la parte del hilo, con superficie lisa, áspera y color variado(café oscuro o claro), negro, blanco.

La madurez de las semillas se logra a los 15 días despu es de la maduración de la pulpa; si se sacan antes o despu es disminuye el porcentaje de germinación.

3.2.2.4. Fenología de las plantas de sandía

Etapas fenológicas días desde la siembra

- Germinación	5 – 6
- Inicio de emisión de guías	18 - 23
- Inicio de floración	25 - 28
- Plena flor	35 - 40
- Inicio de cosecha	71 - 40
- Término de cosecha	92 - 100

3.2.2.5. Requerimientos climáticos y edáficos

El desarrollo óptimo lo alcanza a altas temperaturas, temperaturas promedio mayores a 21  C con óptimas de 35  C y máxima de 40.6  C. La humedad relativa del aire óptima es del 50 % al 60 %y requiere alrededor de 10 horas luz al día.

Es necesario que los suelos posean buen drenaje tanto interno como externo. Los suelos franco arenosos a francos son los mejores para el desarrollo de las plantas, no obstante se pueden utilizar suelos franco arcillosos a arcillosos, estos últimos con enmiendas (agregar materia orgánica). Se debe evitar cultivar sandía en la misma área todos los años. La rotación debe hacerse cada 3 años utilizando gramíneas (maíz, sorgo, pastos).

La temperatura del suelo para la germinación es de 25-35 °C. La sandía tiene un óptimo desarrollo en pH desde 5.0 a 6.8 (tolera suelos ácidos y al mismo tiempo se adapta a suelos débilmente alcalinos. Suelos de textura franca con alto contenido de materia orgánica son los más apropiados para el desarrollo de este cultivo.

3.2.2.6. Variedad estudiada de sandía

- **Tipo Mickely:** Variedades de frutos redondos, de 7" a 8" de diámetro con un peso promedio de 8 a 10 lbs; su cáscara, es de color verde muy oscuro, delgada, dura y firme; la pulpa es de color rojo mediano, firme, dulce y de textura fina con relativamente pocas semillas muy pequeñas y muy oscuras. Bajo las condiciones locales, se comporta como un cultivar precoz, con poco desarrollo de área foliar, situación que puede provocar manchas de sol en los frutos.

3.2.2.7. Rendimiento

Con los cultivares de sandía con semilla se pueden obtener hasta mil cajas por manzana y con las cultivares sin semilla hasta 700 cajas por mz. (Agronegocios, 2002).

3.2.2.8. Costos de producción

Costo estimado: \$1,357.88 /Ha. (Agronegocios, 2002)

3.2.2.9. Requisitos de importación

Los requisitos de importación dependen del estatus sanitario de cada país, por lo que debe consultarse previamente por país de procedencia del producto. En general, para importaciones el MAG requiere certificado fitosanitario donde se indique que el producto ha sido inspeccionado y encontrado libre de plagas y se hará tratamiento cuarentenario sí durante la inspección se detectan plagas. Se inspeccionará en el punto de entrada. Las importaciones provenientes de fuera de la región centroamericana pagan un impuesto del 15%.

3.2.2.10. Situación en el tratado comercial con México

Este producto está incluido en el Tratado de Libre Comercio. Esto significa que existe un compromiso para reducir el impuesto de las importaciones, por parte de México y El Salvador. En la actualidad el producto que proviene de México paga 15% de impuesto pero llegará a cero por ciento en el 2007. Si se desea llevar producto a México, debe pagarse 20%, pero el impuesto llegará a cero por ciento en el 2004.

3.2.2.11. Comercio

Producto con alta demanda en el mercado interno. Un alto porcentaje de la producción local es consumido internamente. (Agronegocios, 2002).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Generalidades

4.1.1. Localización

La investigación se realizó en la Cooperativa Colima situada en el cantón Colima, Municipio Suchitoto, Departamento de Cuscatlán, a la altura del Kilómetro 46½, de la carretera Troncal del Norte (ver figura 3). Con una elevación de 250 m.s.n.m.

4.1.2. Duración

La investigación tuvo una duración de siete meses, comprendida entre los meses de abril a octubre de 2003.

4.1.3. Condiciones edafo – climáticas de la zona

La temperatura promedio de la zona, es de 25.7°C, siendo la máxima 33.3°C y una temperatura mínima de 19.9°C.

La zona presenta una fisiografía con áreas planas y onduladas, parcialmente diseccionadas por quebradas que forman la red de drenaje. Las pendientes oscilan de 0 a 6%. Las capas inferiores están constituidas por arcillas acromáticas, antiguos aluviones pedregosos y tobas duras a poca profundidad. El drenaje varía de bueno a algo pobre. Durante la época lluviosa en las partes planas y cóncavas se presentan condiciones de excesiva humedad. En la época no lluviosa son áreas bastantes secas.

Los suelos pertenecen al gran grupo grumosol y "Low humic gley". Los primeros poseen una capa superficial de ceniza volcánica, fina, pomicítica, de textura franca, de color café grisáceo claro y consistencia friable. Los segundos suelos presentan un horizonte superficial de color café grisáceo oscuro, de textura franca o franco arcillo arenosa (Jiménez Lara, 1965).

4.2. Metodología de Campo

4.2.1. Recolección de la Muestra

La siembra de sandía y pipián se realizó durante la época del mes de enero; y se comenzó a recolectar en el mes de abril.

4.2.1.1. Recolección de las hojas de pipián y sandía

Para la realización de este estudio se utilizó el método estadístico del muestreo probabilístico simple o al azar que consistió en la toma de muestras que correspondieran a ocho diferentes sectores de la extensión del terreno que comprendiera la sectorización de las hojas de sandía y pipián. La recolección de la muestra se hizo en el momento que las plantas se encontraban en la etapa de cosecha, una vez recolectadas las muestras; se les colocó su respectiva identificación, luego fueron depositadas en bolsas plásticas para su traslado hacia el laboratorio.

4.2.1.2. Recolección de los frutos de pipián y sandía

Para el muestreo de pipián se tomaron tres frutos de cada planta en ocho diferentes sectores de la extensión del lote El Mango los cuales al final se dividieron en dos partes iguales para realizar su respectivo análisis. Para el muestreo de la sandía al igual que el pipián se tomó un fruto en ocho diferentes sectores de El lote Palo Verde.

4.2.1.3. Recolección del agua

En la recolección del agua se tomaron tres muestras, dentro de las cuales; una corresponde a los cultivos (En el embalse), una del Río Acelhuate cerca del puente que divide Cuscatlán – San Salvador y una del Río Lempa cerca del puente que divide Cuscatlán - Chalatenango. Para la recolección se necesitaron tres botes previamente lavados con agua destilada. Luego de recolectar las muestras fueron identificadas.

4.2.1.4. Recolección del suelo

La recolección de las muestras de suelo fue tomada de las parcelas de cada uno de los cultivos a una profundidad de 20 cm, recolectando quince submuestras al azar las cuales fueron homogenizadas y al final se tomo una muestra de cada una de las parcelas, estas fueron depositadas en bolsas plásticas y para la recolección de las quince submuestra se necesito de una pala y de baldes en donde se iban depositando. También fueron identificadas.

4.2.2. Transporte y almacenamiento de la muestra

Las muestras se transportaron en una hielera a fin de mantenerlas a baja temperatura; y evitar su descomposición, se mantuvieron en refrigeración en el laboratorio antes de preparar la muestra para el análisis.

Las ocho muestras de sandía (fruto) fueron transportadas en un saco y llevadas al laboratorio.

Todas las muestras fueron llevadas al laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, UES para su Solubilización y la lectura de Plomo se realizó en los laboratorios de PROCAFE.

4.3. Metodología experimental

4.3.1. Determinación de humedad parcial en las hojas de pipián y sandía

EQUIPO:

- Estufa de aire reforzado
- Balanza Analítica
- Desecador de gabinete

MATERIALES:

- Bolsas de papel
- Pinzas tipo tijera acero inoxidable
- Termómetro graduado de 0 – 150°C
- Papel toalla

- Procedimiento:

Se calentó la estufa de aire reforzado a una temperatura de 70°C. Se eliminó el polvo que contenían las hojas de pipián y sandía, lavándolas con agua destilada. Se secaron con papel toalla. Luego se separaron los tallos de las hojas.

Se perforaron las bolsas de papel, con el objeto que circulara el aire durante el proceso de secado de las hojas.

Se rotularon las bolsas con: nombre, fecha, identificación de muestra. Para después pesarlas con y sin las muestras, sellándolas y dejándolas en la estufa durante 24 horas. Las muestras se sacaron de la estufa, y colocaron en un desecador, por 30 minutos, para llevarlas a un equilibrio con la humedad ambiental. Se pesaron y se anotó el peso. Luego se realizaron los siguientes cálculos:

A) Peso de la bolsa más muestra

Menos

Peso de la bolsa vacía

Peso de muestra gramos

B) Peso de bolsa antes de secar con muestra

Menos

Peso de la bolsa después de secar con muestra

Perdida de peso gramos

$$\% H = \frac{\text{Pérdida de peso}}{\text{Peso de muestra}} \times 100$$

4.3.2. Determinación de humedad parcial en las cáscaras de sandía y fruto de pipián

EQUIPO:

- Estufa de aire reforzado
- Balanza Analítica
- Desecador de gabinete

MATERIALES:

- Bandejas de metal
- Pinzas tipo tijera acero inoxidable
- Termómetro graduado de 0 – 150°C
- Papel aluminio
- Papel toalla

- Procedimiento:

Al igual que en la preparación de las hojas se calentó la estufa de aire reforzado a una temperatura de 70°C. Se cortaron los frutos de pipián y cáscaras de sandía en trozos pequeños. Previamente estos fueron lavados y secados con papel toalla para evitar un exceso de humedad.

Se lavaron las bandejas, luego se secaron y se les colocó papel aluminio para evitar que los frutos de pipián y cáscaras de sandía se pegaran durante el proceso de secado.

Se rotularon las bandejas con: nombre, fecha, identificación de muestra. Para

después pesarlas con y sin las muestras, luego se colocaron en la estufa en donde permanecieron durante 72 horas, debido a la cantidad de humedad que estas tenían. Las muestras se sacaron de la estufa, y se colocaron en un desecador, por 30 minutos, para llevarlas a un equilibrio con la humedad ambiental. Se pesaron y se anotó el peso. Luego se realizaron los siguientes cálculos:

A) Peso de la bandeja más muestra

Menos

Peso de la bandeja vacía

Peso de muestra gramos

B) Peso de bandeja antes de secar con muestra

Menos

Peso de la bandeja después de secar con muestra

Perdida de peso gramos

% H = $\frac{\text{Perdida de peso}}{\text{Peso de muestra}} \times 100$

4.3.3. Determinación de humedad total

EQUIPO:

- Estufa de vacío
- Balanza Analítica
- Desecador de gabinete

MATERIALES:

- Caja de aluminio para humedad
- Pinzas tipo tijera acero inoxidable

- Termómetro graduado de 0 – 150°C

- **Procedimiento:**

Las muestras (hojas de pipián y sandía, cáscaras de sandía y frutos de pipián) secas fueron molidas en un molino eléctrico de 1 mm de tamiz, luego se pesaron las muestras previamente molidas y homogenizadas, con sus respectivas repeticiones. Se anotó el peso de las cajas vacías y con muestra, los cuales oscilaron entre 4 – 10 gr/muestra. Luego se colocaron las cajas con muestra destapadas en la estufa y se llevó a 105°C durante 5 horas.

Las cajas se sacaron de la estufa, se taparon y colocaron en el desecador para enfriarlas por media hora, luego se pesaron.

Para los cálculos se utilizaron las siguientes formulas:

A) Peso de caja más muestra

Menos

Peso de caja vacía

Peso de muestra gramos

B) Peso de caja antes de secar con muestra

Menos

Peso de caja después de secar con muestra

Perdida de peso gramos

% H = Perdida de peso x 100

Peso de muestra

M.S. = 100 – Humedad

4.3.4. Determinación de cenizas

EQUIPO:

- Horno de mufla
- Balanza Analítica
- Desecador de gabinete

REACTIVO:

- Silica Gel

MATERIALES:

- Crisoles de porcelana de 50ml
- Pinzas de metal tipo tijera
- Espátula de acero inoxidable

- Procedimiento:

Las muestras (hojas de pipián y sandía, cáscaras de sandía y frutos de pipián) se pesaron (2 gramos/muestra) y colocaron en crisoles, previamente calentados en un horno por una hora, a temperatura de 200°C. Luego estas fueron incineradas en una mufla a temperatura de 550°C por cuatro horas.

Con este proceso se eliminó la materia orgánica presente en las muestras, una vez obtenidas las cenizas; al día siguiente se calentó por una hora las cenizas a una temperatura de 100°C, luego se apagó y se dejó enfriar por una hora y después se colocaron en un desecador por 30 minutos para evitar la humedad o cualquier otro tipo de contaminación, hasta el momento de iniciar el análisis correspondiente. También se anotó los pesos de los crisoles con ceniza.

4.3.5. Determinación de cenizas en suelo

EQUIPO:

- Horno de mufla
- Balanza Analítica
- Desecador de gabinete

REACTIVO:

- Silica Gel

MATERIALES:

- Crisoles de porcelana de 50ml
- Pinzas de metal tipo tijera
- Espátula de acero inoxidable

- Procedimiento:

Las muestras de suelo se dejaron secar por dos semanas, luego se tamizaron y se pesaron 2 gramos/muestra y colocaron en crisoles, previamente calentados en un horno por una hora, a temperatura de 200°C. Estas fueron incineradas en una mufla a temperatura de 550°C por cuatro horas.

Con este proceso se eliminó la materia orgánica presente en las muestras, una vez obtenidas las cenizas; al día siguiente se calentaron por una hora las cenizas a una temperatura de 100°C, luego se apagó y se dejó enfriar por una hora y después se colocó en un desecador por 30 minutos para evitar la humedad o cualquier otro tipo de contaminación, hasta el momento de iniciar el análisis correspondiente. También se anotaron los pesos de los crisoles con ceniza.

A) Peso de crisol más muestra

Menos

Peso de crisol vacía _____

Peso de la ceniza gramos

B) Peso de crisol antes de secar con muestra

Menos

Peso de crisol después de secar con muestra

Perdida de peso gramos

% Ceniza = $\frac{\text{Peso de la ceniza}}{\text{Peso de muestra}} \times 100$

4.3.6. Solubilización de las cenizas o preparación de la solución de la muestra para cuantificar plomo

EQUIPO:

- Cocina eléctrica

MATERIALES:

- Frasco volumétrico de 100ml
- Embudo de vidrio espiga larga
- Pipeta de 10ml
- Porta embudo de madera
- Frasco lavador
- Papel filtro Whatman N°42 de 11 cm
- Agitador de vidrio

REACTIVOS:

- Acido clorhídrico concentrado

- Procedimiento:

Las cenizas (materia vegetal y suelo) obtenidas después de la calcinación se trataron con 5ml ácido clorhídrico concentrado y 20ml de agua destilada, se calentaron en una cocina eléctrica a 100°C hasta que evaporaran a 10ml, luego se colocaron 10ml más de agua destilada calentándolas a una temperatura de 90°C durante 15 minutos. Se enfriaron las soluciones a temperatura ambiente, filtraron y aforaron a 100 ml con agua destilada, para después rotularlas.

4.3.7. Preparación del fruto de sandía para la determinación de plomo

Los frutos de sandía previamente limpios se cortaron en pedazos pequeños, apartando la cáscara del fruto. Se eliminaron las semillas de los frutos estos se licuaron y posteriormente se filtraron sobre algodón y después sobre papel filtro. El plomo se cuantifico en el filtrado.

4.3.8. Método de absorción atómica

La espectroscopia de absorción atómica es una técnica analítica de gran importancia en la determinación de elementos metálicos en concentraciones hasta trazas.

En esta técnica los átomos son sometidos a una energía de magnitud apropiada, que será absorbida por ellos e inducirá a que los electrones externos sean promovidos a un orbital menos estable o estado excitado; como este estado es inestable los átomos regresan inmediatamente a su estado fundamental emitiendo energía. La energía absorbida por átomos en el estado fundamental que pasan el estado excitado y es la base para la Espectrofotometría por Absorción Atómica.

La energía absorbida es la del elemento que se desea determinar y para la cuantificación se disuelve la muestra y se introduce la solución resultante en una llama. Luego pasa a través de la llama la energía radiante de una lámpara que contiene el elemento que se desea determinar.

La absorción de esta energía durante su paso a través de la llama es proporcional a la concentración del elemento.

En el espectro de línea del elemento, la línea de resonancia es reducida al pasar por la muestra, para eliminar las emisiones no deseadas; la radiación pasa a través de un monocromador, que permite la salida de la línea de resonancia disminuida por la absorción del elemento de la muestra.

Finalmente la absorción se relaciona con la concentración utilizando una curva de calibración (Ver Figura 4), que produce una línea recta que cumple la Ley de Beer.

El método de absorción atómica tiene entre sus características la simplicidad de los resultados. (Richard, 1979)

Cuantificación de plomo por Espectrofotometría de Absorción Atómica

EQUIPO:

- Equipo Espectrofotómetro de Absorción Atómica marca VARIAN Espectra A – 10
- Lámpara de cátodo hueco de plomo
- acetileno
- Compresor de aire

MATERIALES:

- Micropipeta de 5 microlitos
- Micropipeta de 10 microlitos
- Frascos volumétricos de 100ml
- Frascos volumétricos de 1000ml

REACTIVOS:

- Acido nítrico concentrado
- Solución de ácido nítrico 1:1 en agua destilada
- Solución patrón de plomo de 1000 ppm

Preparación de Estándares de plomo

Se prepararon estándares de concentración 5, 10, 20 ppm a partir de una solución de plomo de 1000 ppm.

Procedimiento

- Para estándar 5 ppm: Se midió con micropipeta 50 μl de solución de 1000 ppm y se colocó en un balón volumétrico de 100ml llevando a un volumen de 100ml con agua desmineralizada.
- Para estándar 10 ppm: Se midió con micropipeta 100 μl de solución de 1000 ppm y se colocó en un balón volumétrico de 100ml llevando a un volumen de 100ml con agua desmineralizada.
- Para estándar 20 ppm: Se midió con micropipeta 200 μl de solución de 1000 ppm y se colocó en un balón volumétrico de 100ml llevando a un volumen de 100ml con agua desmineralizada.

- El blanco utilizado es agua desmineralizada.

Calibración del Equipo

Los parametros para leer plomo en el Equipo de Absorción Atómica (VARIAN Spectra AA – 10) son los siguientes:

- Corriente de Lampara: 5 (mA)
- Longitud de onda: 217 nm
- Ancho de abertura (slit width): 1 nm
- Fotomultiplicador: 369 voltios
- Gas utilizado: aire – acetileno

Una vez calibrado el equipo con los estandares de plomo de 5, 10, 20 ppm quienes dan una línea recta se procedió a la lectura de las muestras.

La lectura de las muestras es directa tomando las lecturas de:
Absorbancia y concentración.

5. RESULTADOS Y DISCUSION

Esta investigación fue realizada en la Cooperativa Colima, Departamento de Cuscatlán tomando como muestras las hojas y frutos del cultivo de pipián (*Cucúrbita mixta*) variedad Tala y el cultivo de la sandía (*Citrullus lanatus*) variedad Mickely.

El muestreo fue realizado en el período de la cosecha, durante los meses de Abril a Octubre, pues es de interés determinar los niveles de plomo en estos productos que están listos para ser comercializados y consumidos.

A continuación presentamos los resultados y la discusión de los datos obtenidos en los análisis de laboratorio, realizados a cada una de las muestras.

5.1. Cultivo de pipián (*Cucúrbita mixta*)

Cuadro 1: Niveles de plomo en hojas de pipián (*Cucúrbita mixta*)

Variedad: Tala				
Lugar de recolección: Lote el mango			Area: 2.5 Mz	
Fecha de recolección: 24/04/03				
N° Muestra	Identificación de muestra en laboratorio	Lectura de plomo ppm.	Niveles permisibles de plomo.	
1	59	0.0	0.1	Media: 1.9 σ : 2.6
2	60	0.0		
3	61	0.0		
4	62	5.0		
5	63	0.0		
6	64	5.0		
7	65	0.0		
8	66	5.0		

En el cuadro 1, correspondiente a los resultados de los análisis en las muestras de hojas de pipián (*Cucúrbita mixta*) Variedad Tala, se observó que de un total de 8 muestras de hojas, solamente en las muestras números 4, 6 y 8 se encontraron

niveles altos de plomo con un valor de 5 ppm y según la Organización Mundial de la Salud el nivel permisible es de 0.1 ppm.

Las muestras que no presentaron concentraciones de plomo podría deberse a que algunas de las muestras presentaban niveles de plomo fuera de la detección del Espectrofotometro de Absorción Atómica.

Cuadro 2: Niveles de plomo en frutos de pipián (*Cucúrbita mixta*)

Variedad: Tala					
Lugar de recolección: Lote el mango				Area: 2.5 mz	
N° Muestra	Fecha de recolección	Identificación de laboratorio.	Lectura de plomo (ppm)	Nivel permisible de plomo (ppm)*	Media: 4.95 σ : 0.05
1	4/04/03	58	5.0	0.1	
2	24/04/03	74	4.9		

* Organización Mundial de la Salud, 2000.

Se puede observar que en el cuadro 2, los resultados de las dos muestras del fruto de pipián (*Cucúrbita mixta*) en relación con el limite permisible de plomo son mayores con 5.0 ppm y 4.9 ppm respectivamente.

Se debe considerar que los resultados obtenidos de hojas y frutos de pipián (*Cucúrbita mixta*) posiblemente pueden estar influenciados por los resultados que se obtuvieron del análisis de suelo del Lote El Mango, el cual fue de 10.0 ppm.

Esto, debido a que todos los elementos que necesita un vegetal son tomados del suelo a excepción del Carbono. Las sustancias que entran en la planta deben estar en solución; esto hace posible el paso a través de la pared celular y la membrana citoplasmática de los pelos radiculares. Si lo anterior no ocurre, la planta no incorpora nutrientes y muere. Entonces cuando los procesos fotosintéticos han transformado la savia bruta en elaborada, ésta se distribuye al resto de la planta por

difusión (Aldana, 1995).

Los elementos tóxicos como el plomo tienden a permanecer a escasos centímetros de la superficie del suelo (Bolen; Mc Neal; Dorian; O'Connor, 1993).

5.2. Cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*)

Cuadro 3: Niveles de plomo en hojas de sandía (*Citrullus lanatus*)

Variedad: Mickely Lugar de recolección: Lote palo verde Fecha de recolección 24/04/03				
			Area: 2.5 Mz	
Nº Muestra	Identificación de laboratorio	Lectura de plomo (ppm)	Nivel permisible de plomo (ppm)*	Media: 9.2 σ : 3.66
1	67	5.2	0.1	
2	68	9.9		
3	69	12.5		
4	70	14.9		
5	71	5.0		
6	72	7.5		

* Organización Mundial de la Salud, 2000.

Según se muestra en el cuadro 3, los resultados de las lecturas tomadas a las hojas de sandía (*Citrullus lanatus*) Variedad Mickely, sobrepasaron el nivel permisible siendo el valor máximo de 14.9 ppm y el valor mínimo de 5.0 ppm. Se observa además que las muestras números 3 y 4 sobrepasan incluso las partes por millón presentes en el suelo del Lote Palo Verde que fue de 10 ppm.

Los valores antes mencionados se razonan, por que cuando la savia bruta se transforma en elaborada, se distribuye al restos de la planta por difusión, o sea, el paso de una sustancia de mayor concentración (en las hojas), a otras de menor concentración (en el tallo y la raíz). Por lo tanto, es en las hojas donde se concentra la mayor cantidad de nutrientes así como el plomo que se encuentra en las sustancias (Aldana, 1995).

Cuadro 4: Niveles de plomo en frutos de sandia (*Citrullus lanatus*)

Tipo de muestra: Fruto de sandia (<i>Citrullus lanatus</i>)				
Lote de recolección: Palo Verde				
Fecha de recolección: 4/04/03			Area: 2.5 Mz	
N° Muestra	Identificación de laboratorio	Lectura de plomo (ppm)	Nivel permisible de plomo (ppm)*	
1	75	0.65	0.1	Media: 0.53 σ : 0.32
2	76	0.90		
3	77	0.95		
4	78	0.85		
5	79	0.10		
6	80	0.20		
7	81	0.30		
8	82	0.30		

* Según Organización Mundial de la Salud. 2000

Podemos observar en el cuadro 4, que los resultados obtenidos de las lecturas de plomo de la parte comestible (endocarpo) de la sandia (*Citrullus lanatus*), Variedad Mickely, se encuentran dentro de un rango de 0.1 ppm a 0.95 ppm. La mayoría de las lecturas, a excepción de la muestra 5 sobrepasan el nivel permisible que es de 0.1 ppm.

Al igual que las hojas, los frutos asimilan los nutrientes del suelo y del agua que se encuentran contaminados de plomo pero con niveles más bajos (Aldana, 1995).

Cuadro 5: Niveles de plomo de cáscaras de sandía (*Citrullus lanatus*)

Lugar de recolección: Lote palo verde		Fecha de recolección: 04/04/03		
Area: 2.5 Mz				
N° Muestra	Identificación de laboratorio	Lectura de plomo (ppm)	Nivel permisible de plomo (ppm)*	
1	75	4.95	0.1	Media: 6.40 σ : 1.70
2	76	10.00		
3	77	5.00		
4	78	7.30		
5	79	5.30		
6	80	4.90		
7	81	7.70		
8	82	5.85		

* Organización Mundial de la Salud, 2000.

Los resultados observados en el cuadro 5, de las lecturas de plomo en cáscara de sandía tienen una variación similar a los obtenidos en los frutos siendo el valor máximo de 10.0 ppm correspondiente a la muestra 2 y un valor mínimo de 4.9 ppm sobrepasando el nivel permisible.

5.3. Muestra de suelo

Cuadro 6: Niveles de plomo en muestra de Suelo

Fecha de Recolección: 14/05/03				
Area: 2.5 Mz				
N° Muestra	Lugar de Recolección	Identificación de laboratorio	Lectura de plomo (ppm)	Nivel permisible de plomo (ppm)
1	Lote El Mango	93	10.0	100ppm*
2	Lote Palo Verde	94	10.0	

* Según Fergusson. The Heavy Elements. Chemistry, Environmental Impact and Health effects.

Según los resultados de las lecturas de plomo en la muestra de suelo que se observan en el cuadro anterior el valor para todas las muestras es de 10 ppm en los

dos lotes. Comparando estos resultados con el nivel permisible que es de 100 ppm nos indica que no existe contaminación en suelo; pero si es suficiente para que las plantas asimilen cantidades de plomo fuera del nivel permisible para ellas. Se debe considerar que estos suelos, por ser humedales absorben el plomo que traen las aguas del río Sucio, Suquiapa y Acelhuate cuando desemboca en el embalse.

5.4. Muestra de agua

Cuadro7: Niveles de plomo en muestra de Agua

Lugar de recolección: Embalse Colima, Río Lempa, Río Acelhuate				
Nº Muestra	Fecha de Recolección	Identificación de laboratorio	Lectura de plomo (ppm)	Nivel permisible de plomo (ppm)*
1	09/04/03	Colima	0.60	0.1
2	10/10/03	Lempa	0.00	
3	10/10/03	Acelhuate	0.25	

* Según Organización Mundial de la Salud, 1976.

Los resultados de las lecturas de plomo en las muestras de agua en el cuadro anterior, se pueden observar un valor máximo de 0.6 ppm tomada en embalse del Cerrón Grande cerca de Colima y un valor mínimo de 0.25 ppm recolectada en el río Acelhuate (cerca del puente que divide San salvador con Cuscatlán), comparando este último dato con el análisis que realizó el Ministerio de Agricultura y Ganadería en 1977, el cual dio una concentración de plomo de 1.77 – 6.28 ppm, es más bajo; pero es suficiente para estar por encima del nivel permisible de 0.1 ppm según la Organización Mundial de la Salud.

La muestra que corresponde al río Lempa (cerca del puente que divide Cuscatlán con Chalatenango) no tuvo concentración positiva de plomo. Los resultados del río Acelhuate y el Lempa están íntimamente relacionados con la fecha de recolección, la cual fue en época lluviosa.

Para poder analizar la concentración de plomo mostrada en el resultado de la lectura del embalse del Cerrón Grande es necesario saber cual es el origen de esta contaminación.

El río Acelhuate se encuentra localizado en el Departamento de San Salvador, el cual nace en las laderas septentrionales de la cordillera del litoral a 40 Km del pacífico y recorre de Sur a Norte 71 km. Hasta verter sus aguas en el río Lempa, a la entrada del embalse del Cerrón Grande (Ver Figura 5).

La relación territorial que se da entre los asentamientos urbanos y el sistema de aguas superficiales del país magnifica los impactos de la contaminación y la sedimentación; particularmente en el caso del Area Metropolitana de San Salvador (AMSS) que se asienta en la cuenca del río Acelhuate (Durán, 2001). El cuadro A1, muestra un total de 29 vertidos de aguas negras sin tratar, 54 vertidos industriales de la mayor parte de la industria del país, 9 de rastros municipales de los cuales 8 vierten sus desechos al río Acelhuate (Rubio et al, 1996), esto sumado a los desechos urbanos y a los altos niveles de sedimentos (provenientes de la erosión causada por la urbanización), fluyen por el río Acelhuate, Sucio y el Suquiapa que desembocan en el embalse del Cerrón Grande (Durán, 2001).

6. CONCLUSIONES

- En las hojas de pipián, del total de muestras analizadas solamente el 37.5% presentaron concentraciones de plomo que sobrepasan el límite permisible que es de 0.1 ppm según la Organización Mundial de la Salud.
- Los frutos de pipián variedad Tala presentaron un promedio de 4.95 ppm de la concentración de plomo que sobrepasa el límite permisible que es de 0.1 ppm según la Organización Mundial de la Salud.
- La concentración de plomo en las hojas de sandía, también sobrepasaron el límite permisible de 0.1 ppm, siendo el valor máximo de 14.9 ppm y el mínimo de 5.0 ppm.
- Las concentraciones encontradas en las muestras de frutos y cáscaras de sandía de la variedad Mickely sobrepasaron el nivel permisible que es de 0.1 ppm.
- Las concentraciones de plomo, relativamente altas de las muestras de los cultivos, se atribuyen a la incorporación de este metal en el suelo mediante el agua contaminada que queda estancada en verano.
- El contenido de los niveles de plomo encontrados en las muestras de suelo, no representan contaminación, ya que no sobrepasan el nivel permisible de 100ppm, que es el límite considerado como contaminante; pero es suficiente concentración para contaminar a los cultivos arriba de los niveles tóxicos limitantes.
- Las fuentes principales de contaminación de las concentraciones de plomo que

dieron en el embalse Cerrón Grande, son el río Acelhuate, Suquiapa y Sucio.

7. RECOMENDACIONES

- Ampliar la presente investigación a otras zonas donde se cultiven hortalizas u otros cultivos agrícolas de importancia en la alimentación a nivel nacional.
- Analizar las hortalizas importadas procedentes de los distintos países que son distribuidos en el mercado para el consumo popular que puedan contener plomo y otros metales pesados.
- Que las instituciones del estado encargadas de la aplicación legal de los programas sanitarios impulsen proyectos similares para establecer límites de tolerancia de contaminación de metales pesados en cultivos agrícolas y otros alimentos.
- Realizar análisis continuos en las aguas con fines agrícolas y consumo humano a nivel nacional para determinar contaminaciones de plomo y otros metales pesados.
- Realizar investigaciones a cerca de cómo el plomo se almacena en la planta.
- Que las instituciones pertinentes del estado desarrollen e implementen políticas y leyes encaminadas a evitar que se sigan contaminando recursos naturales como: agua, suelo, aire, etc. con químicos peligrosos como los metales pesados.

8. LITERATURA CITADA

- _____. 2001. La Medicina del Medio Ambiente: La Intoxicación por Plomo. (En línea). EE.UU. UTAH. Consultado en 23 junio de 2003. Disponible en <http://www.med.utah.edu/healthinfo/spanish/environ/lead.htm>
- _____. 2001. Contaminación por Plomo en Suelo. (En línea). Montevideo, Uruguay. Consultado el 13 enero de 2003. Disponible en http://www.montevideo.gub.uy/ambiente/documentos/infoamb2_04.pdf
- Agronegocios. 2002. Frijol Rojo. (En línea). Santa Tecla, El Salvador. MAG. Consultado el 10 junio de 2003. Disponible en <http://www.agronegocios.gob.sv/queproducir/GraFri.htm>
- Agronegocios. 2002. Pipián. (En línea). Santa Tecla, El Salvador. MAG. Consultado el 10 junio de 2003. Disponible en <http://www.agronegocios.gob.sv/queproducir/HorPip.htm>
- Agronegocios. 2002. Sandía. (En línea). Santa Tecla, El Salvador. MAG. Consultado el 10 junio de 2003. Disponible en <http://www.agronegocios.gob.sv/queproducir/FruSan.htm>
- Agronegocios. 2002. Guía Técnica del Cultivo del Pipián. (En línea). Santa Tecla, El Salvador. MAG. Consultado el 12 de junio de 2003. Disponible en <http://www.agronegocios.gob.sv/comoproducir/guias/pipian.pdf>
- Agronegocios. 2002. Guía Técnica del Cultivo de la Sandía. (En línea). Santa Tecla, El Salvador. MAG. Consultado el 12 de junio de 2003. Disponible en <http://www.agronegocios.gob.sv/comoproducir/guias/pipian.pdf>

- Albert, L. A. 1988. "Curso Básico de Toxicología Ambiental". Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, Organización Panamericana de la Salud, O.M.S. p. 105 – 120.
- Aldana, H.M. 2001. Enciclopedia Agropecuaria: Producción Agrícola I. 2. Ed. Bogotá, Colombia. Terranova. Vol. 1. P. 17.
- ATSRD. 1999. Plomo (Lead). (En línea). Atlanta, EE.UU. Consultado el 6 Febrero de 2003. Disponible en http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts13.pdf
- Bolen Hinrech L.; Mc Neal D. L.; O'Connor G. A. 1993. Química del Suelo. México, D.F. Lemusa Noriega. P. 344.
- Cáceres, M. 2002. Contaminación a la Mesa: Vegetales con Riesgo. (En línea). San Salvador, El Salvador. Vértice. Consultado el 24 noviembre de 2002. Disponible en <http://www.elsalvador.com/vertice/2002/10/06/deportada.html>
- Camacho Henríquez, A.; Tapia Barquero, H. 1988. Manejo Integrado de la Producción de Frijol Basado en Labranza Cero. Managua, Nicaragua. Editores (GTZ). P. 19, 20 – 31.
- Díaz Barriga, F.; Monroy Fernández, C. 2002. Evaluación por la contaminación de Arsénico y metales pesados (Pb, Cu, Zn) y análisis de riesgo en salud en Villa de la Paz – Matehuala, San Luis Potosí. (En línea). México, D. F. Consultado el 29 de Octubre de 2003. Disponible en <http://www.monroymahuaslp.mx/>
- Duran, F.E. 2001. Análisis de Riesgo. (En Línea). San Salvador, El Salvador. Consultado el 30 de Noviembre de 2003. Disponible en <http://www.disaster.info.desastres.net/LIDERES/spanish/mexico/participantes/Du>

ran/lideres.pdf

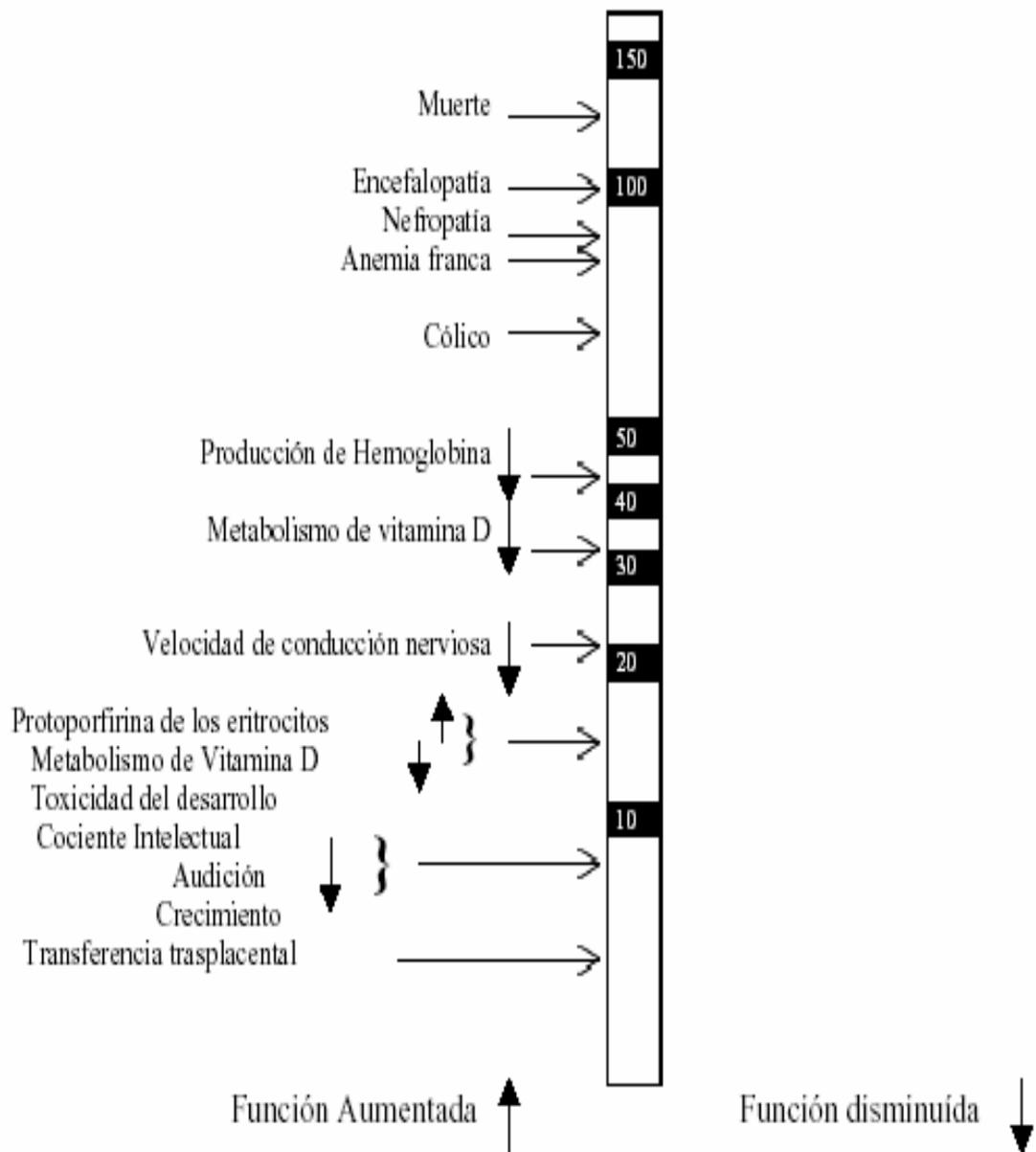
- Fabre, R.; Truhant, R. 1976. "Tratado de Toxicología". Madrid, España. Paraninfo S. A. Tomo 2. P. 355 – 385.
- Fallas Velasco, R. M. 1975. " Evaluación de la Contaminación por Plomo en el Agua de la Zona Metropolitana de San Salvador". Tesis Ing. Qca. San Salvador, El Salvador, Universidad de El Salvador. P. 40 – 46.
- Fepafem. 1999. Marco Referencial. (En línea). Bogotá, Colombia. Consultado el 24 noviembre de 2002. Disponible en <http://www.fepafem.org/investigaciones/metalespesados/41.htm>
- Fiaes. 1996. Calidad de los Recursos Hídricos de las Cuencas Hidrográficas: Sucio, Acelhuate y Cuaya. (En línea). San Salvador, El Salvador. UCA Editores. Consultado el 24 noviembre de 2002. Disponible en <http://www.uca.edu.sv/investigacion/fiaes/fiaes2.html>
- Fiaes. 2002. Calidad de los Recursos Hídricos de las Cuencas Hidrográficas: Acelhuate. (En línea). San Salvador, El Salvador. UCA Editores. Consultado el 11 noviembre de 2003. Disponible en <http://www.uca.edu.sv/investigacion/fiaes/acelhuate.html>
- Francia Huevo, J. A. 1988. "La Curación Casera de los Recipientes de Barro y su Efecto en la Contaminación de los Alimentos". Tesis Lic. Qca. San Salvador, El Salvador, Universidad de El Salvador. P. 3 – 5.

- Fuentes Villatoro, Y. E.; Galvez Hernández, L. B. 2000. "Cuantificación de Niveles de Plomo en el Fruto de Tomate y Chile Verde, Utilizando la Técnica de Absorción Atómica". Tesis Lic. Qca. San Salvador, El Salvador, Universidad Salvadoreña "Alberto Masferrer". P. 43 – 44.
- Humberto Reyes, C.; Pérez Cabrera, C. A. 2002. CENTA 2000: Variedad de Frijol. (En línea). Colón, El Salvador. CENTA. Consultado el 10 de junio de 2003. Disponible en <http://www.agronegocios.gob.sv/comoproducir/guias/frijol.pdf>
- Jiménez Lara, A. 1965. Levantamiento General de Suelos de la Republica de El Salvador. El Salvador. Dirección General de Investigaciones Agronómicas, Ministerio de Agricultura Y Ganadería. Esc: 1:50,000. Color. (Cuadrante 2358 II El Paraíso).
- Morante Alvarado, L. 2001. El Plomo y La Salud Humana. (En línea). Callao, Perú. Index. Consultado el 24 noviembre de 2002. Disponible en http://www.callao.org/plomo/index_f.htm
- O.M.S. 1976. Criterio de Salud Ambiental, Relativo al Plomo. Ginebra. Organización Mundial de la Salud.
- O.M.S. 2001. Metales Pesados. (En Línea). Uruguay. Consultado el 30 de noviembre de 2003. Disponible en <http://www.tecnoalimentos.cl/htm/2tito4.htm/>
- Organización Panamericana de la Salud, 2000. Efectos de los contaminantes sobre la salud: Efectos en la salud de los niños por exposición al plomo. (En línea). Bolivia. Consultado el 24 de mayo de 2003. Disponible en <http://www.ucbcb.edu.bo/carreras/ingma/actividades/peaton2/peaton2000salud.htm>

- Ramos, L. D.; Awad. 1990. "Determinación de Plomo en Alimentos Enlatados". Tegucigalpa, Honduras. Dirección General de Salud. Centro de Estudios y Control de Contaminantes (CESCO) y División de Control de Alimentos. 23 p.
- RAQAL (Red para Análisis Químicos Ambientales en América Latina). 1999. Resultados Síntesis IC4 Intercalibración en Análisis de Metales Pesados.
- Richard, D. B. 1979. "Conceptos Instrumentación y Técnicas en Espectrofotometría por Absorción Atómica". Perkin – Elmer. 80 p.
- Roney W. Fonseca, R. 1990. "Determinación de Plomo en Repollo, Tomate y Papa de Costa Rica". Centro de Electroquímica y Energía Química. Costa Rica. Universidad de Costa Rica. P. 23.
- Sagan. 2003. Contaminación por metales. (En línea). Consultado el 23 de abril de 2003. Disponible en <http://www.sagan-gea.org/hojared/Hoja19.htm>
- Salomón Urbina, S. J.; Cruz Rivera, E.E. 1988. "Determinación por Espectrofotometría de Absorción Atómica de Cadmio, Estaño y Plomo en Conservas de Pescado Elaboradas en el País". Tesis Lic. Qca. San Salvador, El Salvador, Universidad de El Salvador. P. 59
- Segovia Calderón, R. 1995. Determinación de Niveles de Plomo en Hojas de Papa, Tomate y Repollo. Utilizando la Técnica de Absorción Atómica con Horno de Grafito. Tesis Lic. En Qca. San Salvador, El Salvador, Universidad de El Salvador. P. 87 – 88.
- UTAH. 2001. La medicina del medio ambiente: La intoxicación por plomo. (En línea). USA. University of Utah Health Sciences Center. Consultado el 23 de abril

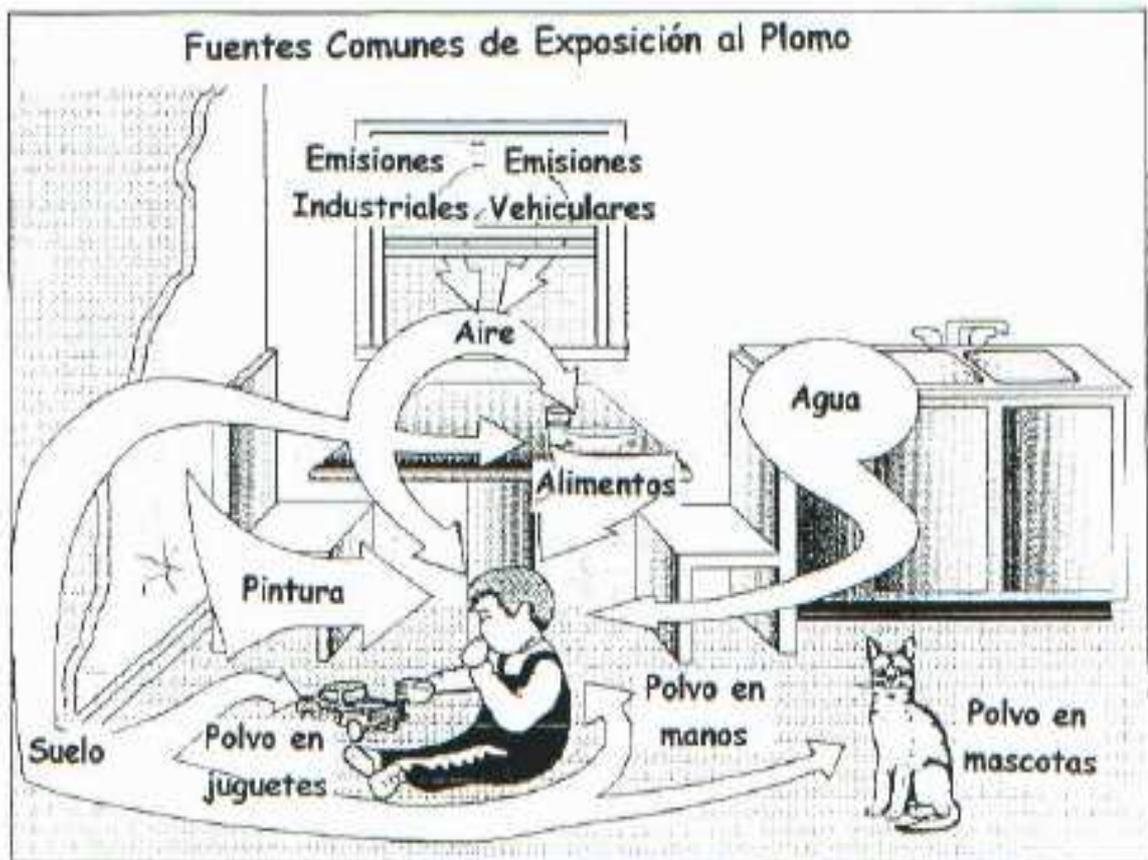
de 2003. Disponible en <http://www.med.utah.edu/healthinfo/spanish/environ/index.htm>

ANEXOS



Fuente: Centers for Disease Control and Prevention, "Preventing lead poisoning in young children", 1991

Figura 1. Niveles de plomo en sangre a los que se presentan efectos en niños en µg/dL.



Fuente: Center of Disease Control and Prevention, 1998

Figura 2. Fuentes comunes de exposición al plomo

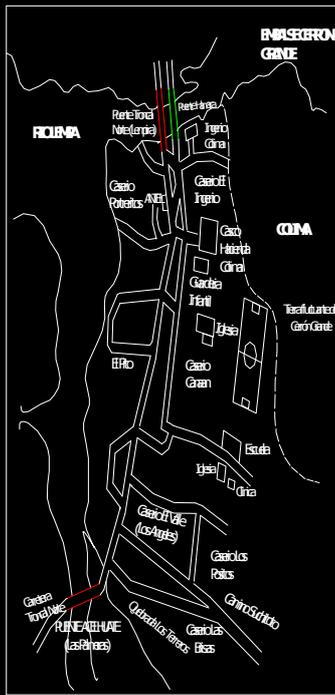


Figura 3. Concepto Urbanístico Cooperativa Cima

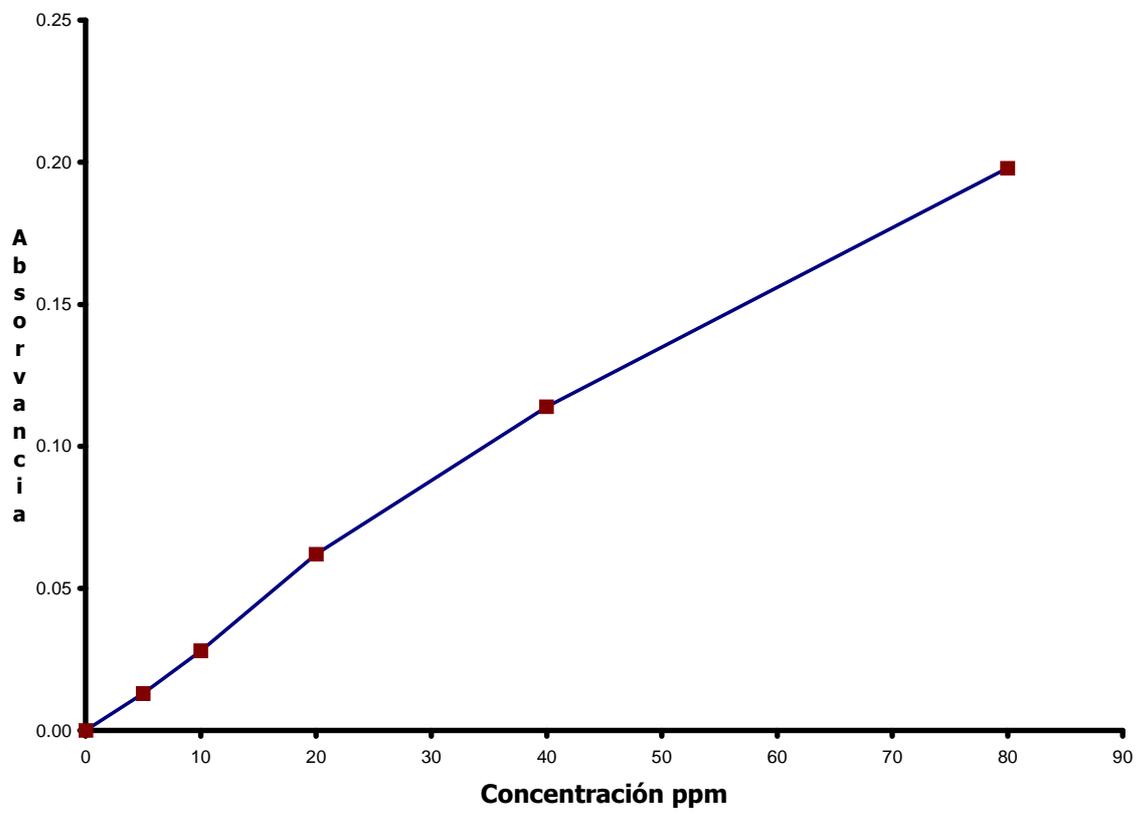
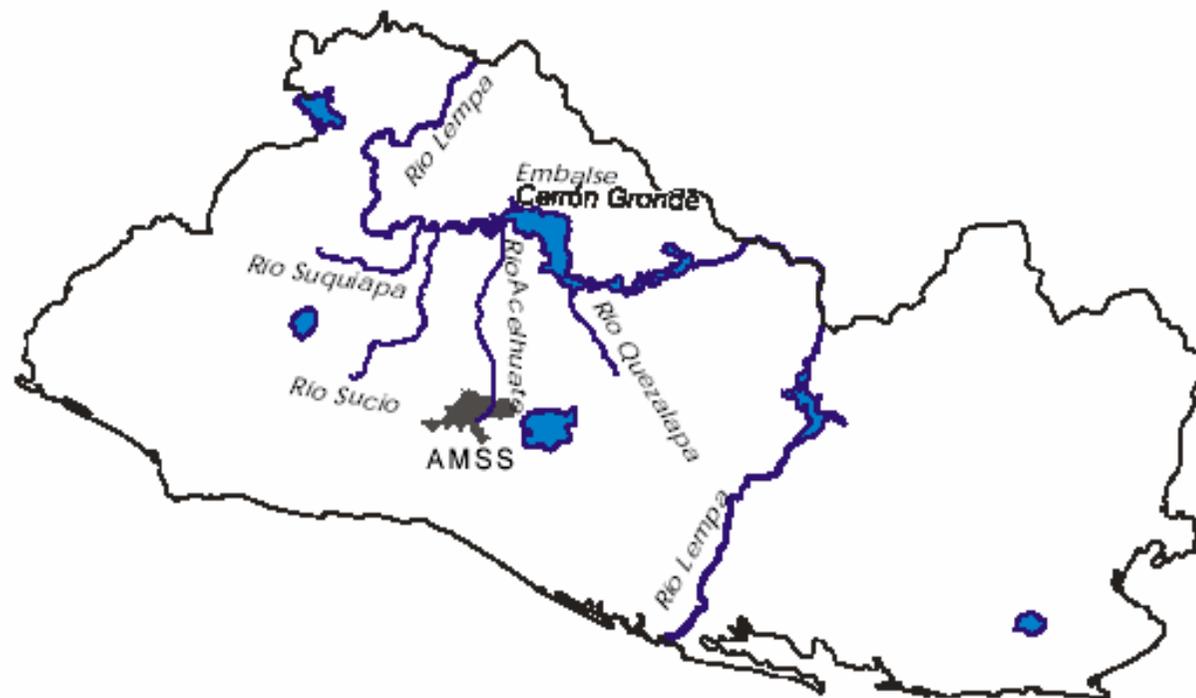


Figura 4: Curva Estándar de Plomo



Fuente: PRISMA, en base a Instituto Geográfico Nacional

Figura 5. AMSS y algunos Tributarios del río Lempa

Cuadro A1. Contaminación de los ríos Acelhuate, Sucio y Suquiapa

Tipo de vertidos	Acelhuate	Sucio	Suquiapa	Total fuentes contaminación
Industriales	32	10	12	54
Aguas negras	9	9	11	29
Rastros municipales	8	1	0	9
Beneficios de café	5	45	5	55
Ingenios azucareros	6	1	0	7
Destilerías	3	0	0	3

Fuente: Rubio et al, 1996.