



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES - CUAUTITLAN

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN



Departamento de
Exámenes Profesionales

MÉTODOS DE SEPARACIÓN PARA EL ANÁLISIS QUÍMICO
Y EL DESARROLLO TECNOLÓGICO: DETERMINACIÓN
DE TRAZAS METÁLICAS (Pt, Pd, Hg, Pb, Cr, Cu, As, Cd, Zn y Rh)
CONTAMINANTES EN EL MEDIO AMBIENTE EN
LOS MUNICIPIOS DE ZUMPANGO, NEZAHUALCOYOTL
Y CUAUTITLAN IZCALLI POR ICP-AES.

INFORME DE SERVICIO SOCIAL - TITULACION

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
Q U I M I C O
P R E S E N T A:
ISAIAS OLIVIER } LUIS RAMOS

ASESOR: DRA. ALMA L. REVILLA VÁZQUEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. MEX .

200

4



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen Garcia Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos :

El informe de Servicio Social: Métodos de Separación para el Análisis Químico y el Desarrollo Tecnológico. "Determinación de Trazas Metálicas (Pt, Pd, Hg, Pb, Cr, Cu, As, Cd, Zn y Rh) - Contaminantes en el Medio Ambiente en los Municipios de Zumpango, Nezahualcóyotl y Cuautitlán Izcalli por ICP-AES".

que presenta el pasante: Isaias Olivier Luis Ramos
con número de cuenta: 09754442-5 para obtener el título de :
Químico

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 13 de JUNIO de 2003

PRESIDENTE	<u>I.Q. Guadalupe Franco Rodríguez</u>	
VOCAL	<u>Dra. Alma Luisa Revilla Vázquez</u>	
SECRETARIO	<u>Q. Georgina Franco Martínez</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>M. en C. Verónica Altamirano Lugo</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Q. Mercedes Montemayor García</u>	

La presente tesis fue elaborada en el Laboratorio de Análisis Químico y Desarrollo Tecnológico y en la nave de Química Industrial en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México, bajo la dirección de la Dra. Alma L. Revilla Vázquez, con el apoyo del CONACYT, en el proyecto J32518-T.

Agradecimientos

Doy gracias a Dios

A mis padres por todo.

*A la Dra. Alma L. Revilla
, Dra. Raquel y a la Dra. Gabriela.
Por su ayuda para el desarrollo del trabajo.*

A Fabiola Luis gracias por todo

*A toda mi familia
a mis tíos, tías y primos*

*A mis amigos
Marten, Greta, Esau, Marco,
Toño, Armando, Gerardo
Y en especial a Jaimico.*

*A la Dra. Gilda Flores Rosales
por ser un gran ejemplo.*

*Y a todos mis profesores.
que me ayudaron a
desarrollarme académicamente*

INDICE GENERAL

1. Objetivos	1
1.1 Objetivo General.	2
1.2 Objetivos Particulares.	2
1.3 Objetivo Académico.	3
1.4 Objetivo Social.	3
2. Introducción.	4
3. Marco teórico.	7
3.1 Espectroscopia de Emisión Atómica.	8
3.1.1 Fundamentos de emisión atómica.	8
3.1.2 Espectroscopia con fuentes de plasma.	9
3.1.3 Plasma de acoplamiento inductivo (ICP).	10
3.1.4 Ventajas y desventajas de la espectroscopia de emisión atómica de plasma de acoplamiento inductivo (ICP- AES).	11
3.1.5 Aplicaciones de la espectroscopia de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente (ICP- AES).	12
3.1.6 Sistema de atomización por generador de hidruros y Vapor frío.	13
3.1.6.1 Generador de hidruros.	13
3.1.6.2 Generador de vapor frío.	14
3.2. Horno de microondas.	15
3.2.1 Fundamentos de la técnica.	15
3.2.2 Instrumentación del horno de microondas.	16
3.2.3 Aplicaciones.	17

3.3. Generalidades de los tipos de muestras.	19
3.3.1 Agua.	19
3.3.1.1 Propiedades físicas y químicas.	20
3.3.1.2 Importancia del agua.	20
3.3.2 Pasto.	21
3.3.2.1 Descripción del pasto.	21
3.3.2.1 Importancia del pasto.	22
3.3.3 Suelo.	23
3.3.3.1 Características Físicas y Químicas.	24
3.3.3.2 Importancia del suelo.	24
3.4. Características de los Municipios.	26
3.4.1 Zumpango.	26
3.4.2 Nezahualcóyotl.	27
3.4.3 Cuautitlán Izcalli.	28
4. Parte experimental	30
4.1 Variables.	31
4.2 Material y Equipo.	31
4.3 Desarrollo Experimental.	35
4.3.1 Muestreo.	35
4.3.2 Pretratamiento de la muestra.	36
4.3.3 Tratamiento de la muestra (digestión ácida).	36
4.3.4 Determinación de pH de las muestras.	37
4.3.5 Determinación de metales por Emisión Atómica.	38
4.3.6 Determinación de metales por Generador de Hidruros y Vapor Frío.	39

5. Resultados y Discusión.	40
5.1 Tabla de Resultados Experimentales.	41
5.1.1 Agua.	42
5.1.2 Pasto.	45
5.1.3 Suelo.	48
5.2 Análisis Estadístico.	51
5.3 Discusión.	56
5.4 Comparación de Resultados de Cautitlán Izcalli (2000-2001)	69
6. Conclusiones.	71
7. Anexos.	74
8. Bibliografía.	92

Objetivos

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL.

- Cuantificar trazas metálicas (*Pt, Pd, Pb, Hg, Fe, Zn, As, Cr, Cu*) en muestras de suelo, pasto y cuerpos de agua, en tres diferentes municipios del Estado de México (Nezahualcóyotl, Zumpango y Cuautitlán Izcalli), por espectroscopia atómica, para estimar la contaminación de los *suelos, pastos y cuerpos de agua* de los municipios mencionados, buscando el estudiar tres diferentes zonas: urbana, industrial y agrícola.

1.2. OBJETIVOS PARTICULARES.

- Determinar la presencia de metales contaminantes (plomo, mercurio, cadmio, cobre, cromo, platino, paladio, zinc y arsénico), en *suelo, pasto y cuerpos de agua* del Municipio de Nezahualcóyotl, Zumpango y Cuautitlán Izcalli.
- Determinar cual de los metales estudiados representa un mayor peligro en base a los resultados obtenidos y a su toxicidad.
- Determinar si existe una correlación entre los resultados de los tres municipios, con la densidad industrial de cada municipio.
- Comparar los resultados obtenidos con los niveles de concentración permisibles, con alguna referencia, para estimar la contaminación de los Municipios por trazas metálicas.
- Comparar los resultados obtenidos en el municipio de Cuautitlán Izcalli, con resultados de trabajos anteriores para determinar si existe una tendencia en la concentración de los metales con respecto al tiempo.

1.3. OBJETIVO ACADÉMICO

- Determinar la concentración de los metales: Pt, Pd, Rd, Hg, Pb, Cr, Cu, As, Cd y Zn en muestras de *pasto, suelo y cuerpos de agua* de tres municipios del área metropolitana generando información sobre la presencia de metales pesados (Pt, Pd, Rd, Hg, Pb, Cr, Cu, As, Cd, Zn), a fin de establecer un diagnóstico, el cual permita dirigir los esfuerzos para disminuir la contaminación por estos metales.

1.4. OBJETIVO SOCIAL

- Determinar las concentraciones de contaminantes metálicos(Pt, Pd, Rd, Hg, Pb, Cr, Cu, As, Cd, Zn) en las muestras de suelo, pasto y cuerpos de agua, con el fin de divulgar la información a los gobiernos municipales para que se establezcan estrategias que permita la disminución de estos contaminantes en el medio ambiente .

Introducción

2. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el problema más grave al cual se enfrenta el ser humano es el relacionado con la contaminación ambiental en todos los ámbitos. De manera general podemos decir que el medio ambiente se encuentra contaminado por diferentes tipos de compuestos y elementos químicos que lo alteran en ocasiones de manera radical ó de una manera muy discreta y lenta; ejemplos de contaminantes conocidos desde hace tiempo son los metales pesados, o bien compuestos químicos como bactericidas, insecticidas, entre otros, y más recientemente algunos de los denominados metales preciosos (platino, paladio) [1-4]. La importancia de la determinación de contaminantes como los metales pesados es debido a sus conocidos efectos tóxicos; sin embargo, cabe señalar que aún aquellos elementos considerados como esenciales, a altas concentraciones pueden llegar a ser en cierto grado tóxico [1-5].

Hoy en día la protección al medio ambiente se ha consolidado como una necesidad en nuestra población, por lo que el monitoreo y determinación de trazas metálicas en muestras ambientales ha ganado importancia a fin de establecer el grado de contaminación que presentan ciertas áreas [1-7]. Los metales en las últimas décadas no solo se originan de las minas o de las industrias. Es bien sabido que la combustión de gasolinas con plomo estaba provocando una acumulación preocupante de este metal en el medio ambiente a nivel mundial, por lo que las autoridades a nivel tuvieron que tomar medidas al respecto. Por otro lado se ha observado que, los convertidores catalíticos con base de platino son causa del incremento en la cantidad de metales del grupo del platino en suelos cercanos a autopistas y vías de comunicación [1-7]. Aunque todavía bno se conocen las posibles consecuencias de este hecho, ya hay algunos estudios al respecto [1-7].

El presente estudio se centra en la determinación de 10 trazas metálicas en tres municipios del Estado de México, en específico, de la Zona Metropolitana del Valle de México: Cuautitlán Izcalli, Nezahualcóyotl y Zumpango. Dichos municipios se seleccionaron de acuerdo a sus características de desarrollo, buscando tener un municipio industrial, uno urbano y uno agrícola respectivamente.

Lo anterior con el fin de realizar una comparación entre el grado de contaminación y los diferentes tipos de municipios seleccionados y establecer una posible relación entre el grado de industrialización y la contaminación por metales. Además, se plantea la posibilidad de relacionar la presencia de metales preciosos con zonas altamente urbanas y de elevado tránsito vehicular [3-5].

Dado que este trabajo se aboca a la determinación de trazas metálicas y siendo las técnicas más utilizadas para la concentración de dichos elementos son las técnicas de espectroscopia atómica, este tipo de métodos son los empleados para el estudio. Algunas ventajas de estos métodos analíticos son su alta sensibilidad, selectividad, rapidez y que permiten determinar hasta 73 elementos e amplios rangos de concentración [8]. La espectroscopia de emisión de plasma ofrece varias ventajas con respecto a los métodos de flama y electrotérmicos. Sus ventajas son la menor interferencia entre elementos, que es una consecuencia directa de sus temperaturas más elevadas, también se obtienen buenos espectros de emisión para la mayoría de los elementos en unas mismas condiciones de excitación, lo que da como resultado el registrar simultáneamente espectros para docenas de elementos [9].

En el presente trabajo se evalúa la presencia de diez metales en muestras de tres Municipios del Estado de México empleando la espectrofotometría de absorción y emisión atómica. Cabe mencionar que es parte de un proyecto CONACYT (J32518-T) que se complementa con estudios previamente realizados en 2000 -2001. [10-12]

Marco Teórico

3. MARCO TEÓRICO.

3.1. ESPECTROSCOPIA DE EMISIÓN ATÓMICA.

La espectroscopia de emisión atómica es una de las técnicas espectroscópicas más antiguas. Los primeros trabajos que se realizaron involucraban la introducción de sales metálicas en una flama, realizándose una observación de los colores que estos producían. La espectroscopia de emisión atómica es una técnica analítica cualitativa y cuantitativa, que se basa en la emisión de energía de una población de átomos excitados por medio de una fuente de alta energía. Esta técnica se puede emplear para la determinación de hasta 73 elementos de manera simultanea [8-9].

3.1.1. FUNDAMENTOS DE EMISIÓN ATÓMICA.

Este tipo de espectroscopia es similar a la de absorción atómica [13], con la diferencia básica de que no es necesario tener una fuente de luz. En la espectroscopia de emisión los átomos son elevados a un estado electrónico excitado por medio de colisiones térmicas con otros átomos [13]. Al regresar a un estado electrónico basal (fundamental), los átomos excitados emiten radiaciones características de cada elemento (Fig. 3.1).

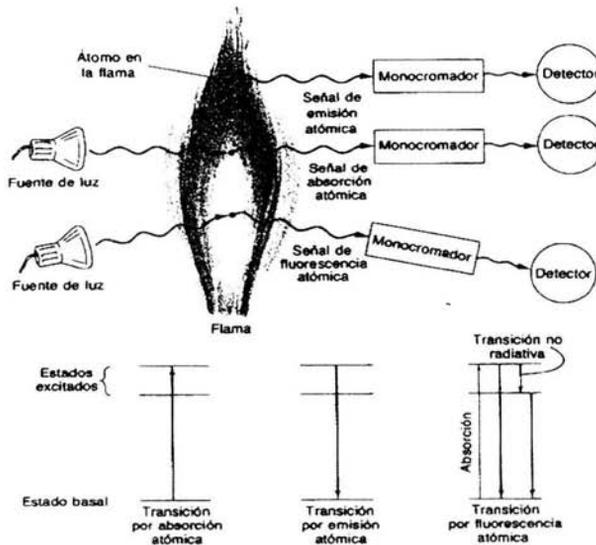


Figura 3.1. Esquema de absorción y emisión [8]

La espectroscopia de emisión, aprovecha la intensidad de la emisión de los elementos presentes en la muestra. La intensidad de emisión de un elemento (a una longitud de onda característica) es proporcional a la concentración del elemento en la muestra. Al igual que en la espectrofotometría de absorción atómica también se utilizan curvas de calibración con la finalidad de relacionar la señal y la concentración de los elementos.

3.1.2 ESPECTROSCOPIA CON FUENTES DE PLASMA.

Siendo que la clave de la espectroscopia de emisión atómica es tener la mayoría de la población de átomos en su estado excitado, es necesario tener un sistema de atomización capaz de realizar dicha excitación eficientemente. Los procesos de atomización y excitación se comenzaron a realizar mediante flama, chispa eléctrica y arco

eléctrico. Estos sistemas todavía son empleados para el análisis de elementos metálicos, pero actualmente con la introducción de los sistemas que involucran un plasma, estos se han convertido en las fuentes más importantes y más ampliamente utilizadas en espectrometría de emisión atómica [8-9].

Existen tres tipos de fuentes de alimentación de plasma de alta temperatura:

- a) Plasma de acoplamiento inductivo (ICP).
- b) Plasma de corriente continua (DCP).
- c) Plasma inducido por microondas (MIP).

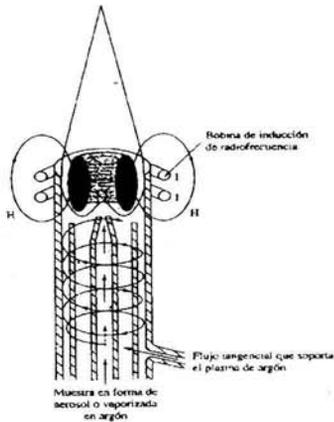
Estas fuentes se diferencian por el sistema que utilizan para la producción del plasma. De las tres fuentes de plasma mencionadas anteriormente, la fuente de plasma de acoplamiento inductivo es la más importante y más empleada. Durante el desarrollo experimental se utilizó un espectrofotómetro de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente el cual se describe a continuación.

3.1.3. PLASMA DE ACOPLAMIENTO INDUCTIVO (ICP por sus siglas en inglés).

El plasma de acoplamiento inductivo se puede decir, que es un tipo especial de flama que alcanza temperaturas más altas que las flamas de combustión ordinaria. Su alta temperatura y su estabilidad eliminan muchas de las interferencias y fuentes de error que presentan las flamas ordinarias. El plasma es definido como una mezcla gaseosa conductora de la electricidad que contiene concentraciones significativas de cationes y electrones; el más empleado es el plasma de argón. La temperatura del plasma puede llegar a ser de 10,000°K [8,9].

El plasma de acoplamiento inductivo se forma en los confines de tres tubos de cuarzo concéntricos denominados antorcha, a través de los cuales fluyen corrientes de argón (Fig. 3.2).

Para la formación del plasma es necesaria la ionización del argón que fluye, por medio de una chispa.



Rodeando la parte superior de este tubo se encuentra una bobina de inducción, refrigerada por argón, que está alimentada por un generador de radiofrecuencia, capaz de producir una potencia de 0.5 a 2 kW a 27 o 41 MHz.

Los iones resultantes y sus electrones asociados interactúan con el campo magnético oscilante producido por la bobina de inducción. Debido a las interacciones con el campo magnético los iones y electrones se mueven en trayectorias circulares como se muestra en la figura 3.2.

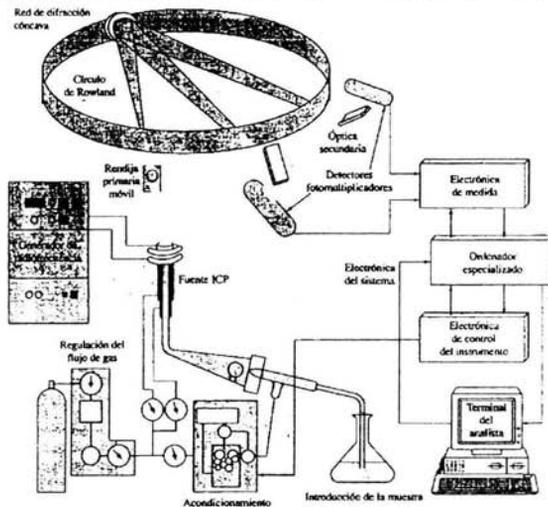
Figura 3.2 Antorcha de un ICP-AES [9]

3.1.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA ESPECTROSCOPIA DE EMISIÓN ATÓMICA DE PLASMA DE ACOPLAMIENTO INDUCTIVO (ICP- AES).

La espectrometría de emisión de plasma ofrece ventajas con respecto a los métodos de absorción de flama y electrotérmico; sus ventajas radican en la menor interferencia entre elementos, consecuencia directa de su alta temperatura. Por otra parte, se obtienen buenos espectros de emisión para la mayoría de los elementos bajo las mismas condiciones de excitación, por lo que se pueden registrar simultáneamente espectros para docenas de elementos (idealmente 73 elementos).

Otra ventaja de las fuentes de plasma es que permiten la determinación de bajas concentraciones de elementos que tienden a formar complejos refractarios. Además, estos métodos cuentan con unos intervalos lineales de concentración que abarcan varios ordenes de magnitud.

Es necesario comentar que la utilización de un equipo de plasma garantiza una mayor rapidez y el poder determinar bajas concentraciones (ppb), en la determinación de trazas metálicas. Por este motivo se trabajó experimentalmente con un equipo de ICP-AES [8].



Sin embargo, es poco probable que los métodos de emisión de alta energía desplacen por completo a los métodos de absorción atómica, ya que estos dos métodos resultan ser complementarios como se hace evidente en este trabajo.

Figura 3.3. Esquema general de un ICP-AES [8].

La principal desventaja de la técnica se refiere a costos de adquisición del equipo y de su operación. Generalmente se emplean gases de alta pureza (e.g. argón) y el consumo es considerable; un tanque de 6.5m³ se consume en general en 7 horas.

3.1.5. APLICACIONES DE LA ESPECTROSCOPIA DE EMISIÓN ATÓMICA DE PLASMA ACOPLADO INDUCTIVAMENTE (ICP- AES).

La espectroscopia de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente tiene una gran variedad de líneas de emisión por cada elemento, lo que hace que sea útil para el análisis multi-elemental tanto cualitativo como cuantitativo.

Esta técnica permite el conocer la concentración de los metales presentes en diferentes muestras o matrices, además, es útil para realizar controles de calidad en

productos farmacéuticos donde se requiera el conocer la cantidad de varios metales presente en el producto. Otro tipo de aplicaciones son la determinación de metales presentes en muestras ambientales y minerales, entre otras. Esta técnica con ayuda de un tratamiento previo a las muestras, permite analizar matrices diferentes, siendo este el caso de los tres tipos de muestras que nos conciernen en este trabajo (agua, pasto y suelo).

3.1.6. SISTEMA DE ATOMIZACIÓN POR GENERADOR DE HIDRUROS Y VAPOR FRÍO.

La generación de hidruros y vapor frío son las herramientas que permiten el determinar la concentración de metales volátiles (por ejemplo: arsénico y mercurio) a bajas concentraciones. Ambos sistemas se pueden realizar en equipos de absorción atómica o emisión atómica. Sin embargo, dado que el arsénico debe cuantificarse por generador de hidruros y el mercurio por vapor frío, la determinación simultánea no es adecuada, por ello y a fin de minimizar costos, estos dos metales en particular se determinan usando un equipo de absorción atómica, con estos sistemas de atomización.

3.1.6.1. GENERACIÓN DE HIDRUROS.

La técnica de generación de hidruros se ocupa en la determinación de metales tales como arsénico, antimonio, selenio, etc.

Esta técnica se basa en la formación de hidruros, elementos fácilmente volátiles a temperatura ambiente, para lo cual las soluciones problema se acidifican y se tratan con un agente reductor, para formar así el correspondiente hidruro covalente volátil. Ya formado el hidruro, este es arrastrado por un gas inerte (Argón o Nitrógeno) desde el frasco reactor al interior del sistema. Para mayor información acerca de los usos y cuidados de este método de atomización consultar las referencias [10-12,14].

3.1.6.2. GENERACIÓN DE VAPOR FRIO

Por otra parte, la técnica de vapor frío permite la determinación del elemento mercurio (Hg) dada su alta volatilidad, este sistema se basa en el paso del mercurio a su estado óptimo (Hg^{2+}) con ayuda de un pre-tratamiento que consiste en la digestión ácida y su reducción por medio de cloruro estano. Ya reducido el mercurio se introduce al sistema arrastrado por un gas acarreador. Para mayor información consultar las referencias [10-12, 14]

3.2. HORNO DE MICROONDAS.

La digestión más utilizada para la disolución de metales presentes en diferentes matrices es la digestión ácida. Esta técnica permite eliminar la materia orgánica de la muestra, que causa interferencia en la medición. En general, esta técnica utiliza ácidos minerales como clorhídrico, nítrico, fosfórico, sulfúrico y ácido perclórico. Los métodos tradicionales involucran varios pasos y extensos periodos de tiempo [15].

En la actualidad esta técnica sigue siendo muy utilizada, pero ahora utilizando elevadas temperaturas y presiones, lo cual permite calentar rápidamente la muestra y con esto reducir los tiempos de digestión. El horno de microondas es un instrumento utilizado para realizar digestiones ácidas o básicas a mayor velocidad que permite el manejo de una amplia variedad de matrices. El horno aprovecha la energía de microondas gracias a unos vasos especiales, que soportan las altas temperaturas al igual que aprovechan la presión que puede generar la muestra al estar una parte de ella en estado gaseoso [15].

3.2.1. FUNDAMENTOS DE LA TÉCNICA.

Las microondas son energía electromagnética con un carácter de radiación no ionizante que provoca un movimiento molecular por migración de iones y rotación de dipolos, pero no causa cambios en la estructura molecular. La energía de microondas tiene un rango de frecuencia que va desde 3,000 a 300,000 MHz [15].

Se puede decir que una microonda es una onda electromagnética de baja energía fotónica que causa movimiento molecular y causa movimiento de los iones; ésta se puede reflejar, transmitir o absorber. Su absorción (por medio de un material absorbente) permite tener un calentamiento de las moléculas presentes en solución [16].

Los *ácidos minerales* (líquidos) se calientan rápidamente cuando están expuestos a la energía de las microondas. La absorción de esta energía ocurre gracias a dos mecanismos.

1. *Rotación del dipolo*
2. *Conducción iónica*

3.2.2. INSTRUMENTACIÓN DEL HORNO DE MICROONDAS.

Un instrumento típico de horno de microondas (Fig 3.4) usado para el calentamiento de muestras analíticas, consiste de siete partes principales:

1. El generador de microondas (magnetrón).
2. Guía de onda
3. La cavidad de microondas
4. Agitador
5. Extractor
6. Carrusel
7. Control del ciclo de trabajo

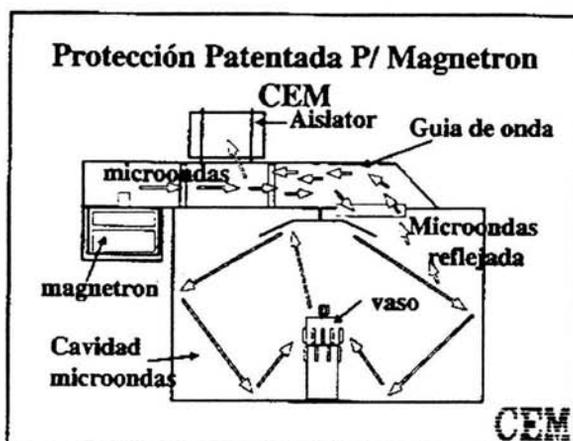


Figura 3.4 Esquema Horno de microondas [16].

3.2.3. APLICACIONES.

Este instrumento es utilizado para disolver metales y eliminar materia orgánica indeseable. Se puede clasificar en dos tipos los materiales que se pueden disolver por esta técnica.

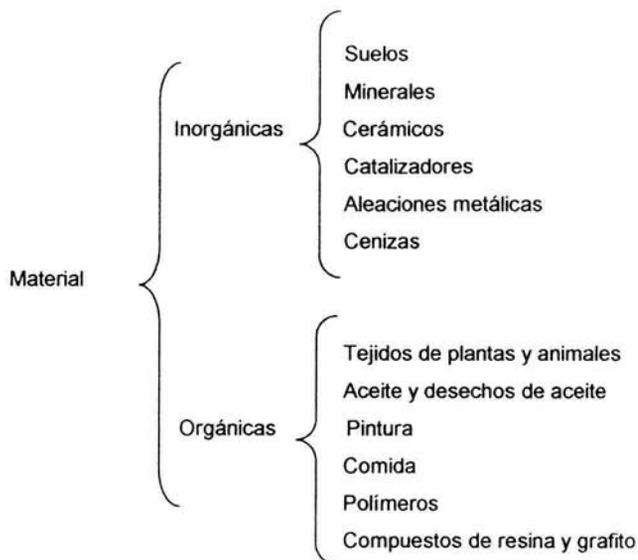


Figura 3.5 Aplicaciones del Horno de Microondas

De manera general podemos decir que esta técnica es un pretratamiento de muestras, que nos permite realizar la disolución de muestras metálicas y gracias a los reactivos llevar a los metales a su máximo estado de oxidación; dejando así lista la muestra para su posterior análisis. Esta técnica es rápida y fácil de usar, disminuyendo errores y brindando alta reproducibilidad, estas características ofrecen una mejor disolución de muestras y su fácil manipulación [16].

3.3. GENERALIDADES DE LOS TIPOS DE MUESTRA.

3.3.1 AGUA.

Es denominado agua (nombre común) al estado líquido del compuesto de hidrógeno y oxígeno H_2O . Los antiguos filósofos consideraban el agua como un elemento



básico que representaba a todas las sustancias líquidas. En 1781 el químico británico Henry Cavendish sintetizó agua detonando una mezcla de hidrógeno y aire. El químico francés Antoine Laurent de Lavoisier propuso que el agua no era un elemento sino un compuesto de oxígeno e hidrógeno [18].

Figura 3.6 Molécula de agua [18].

3.3.1.1 PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS.

El agua pura es un líquido inodoro e insípido. Tiene un matiz azul, que sólo puede detectarse en capas de gran profundidad. A la presión atmosférica (760 mm de mercurio), el punto de congelación del agua es de 0 °C y su punto de ebullición de 100 °C. El agua alcanza su densidad máxima a una temperatura de 4 °C [17].

El agua es uno de los agentes ionizantes más conocidos. Puesto que todas las sustancias son de alguna manera solubles en agua, se le conoce frecuentemente como el disolvente universal. El agua se combina con ciertas sales para formar hidratos, reacciona con los óxidos de los metales formando ácidos y actúa como catalizador en muchas reacciones químicas importantes.

3.3.1.2 IMPORTANCIA DEL AGUA.

El 67 % del territorio mexicano es árido o semiárido y solamente el 33% es húmedo o subhúmedo. Aún cuando el balance global del país es positivo los balances regionales en casi la mitad del territorio muestran un déficit considerable; tal es el caso de las regiones de Baja California, Bravo, Lerma y el Valle de México. Es por esto que el agua es de suma importancia en la Zona Metropolitana del Valle de México [19]. Los usos principales que se le dan al agua en la zona metropolitana del Valle de México son :

1. Consumo humano
2. Agricultura
3. Industrial

Las proporciones en que se usan dependen del municipio y de las actividades predominantes en cada uno de ellos, en el caso de los municipios en estudio el mayor consumo para el municipio de Cuautitlán Izcalli se encuentra repartido entre actividades industriales y consumo humano. En lo que concierne al municipio de Nezahualcóyotl el consumo principal es de tipo humano y por ultimo para Zumpango es de tipo agrícola.

3.3.2 PASTO

El pasto se define como la hierba que el ganado consume en el mismo terreno en que se produce. En el mundo existen muchos tipos de pastos tales como: prados naturales, pastizales, monte abierto y monte leñoso [20-21].

3.3.2.1. DESCRIPCIÓN DEL PASTO.

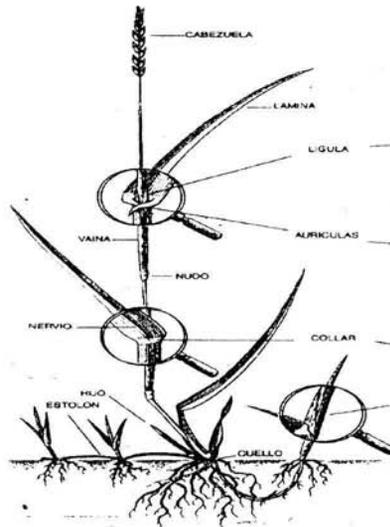


Figura 3.7 Estructura del pasto [20].

Como se observa en la figura 3.7, el pasto está constituido por diversas partes: tallo, vaina, laminas, nudo, entre otras. O bien, de manera general una parte aérea y una subterránea. La parte aérea está constituida por el cuello, laminas, collar, nervio, nudo, cabezuela, entre otras. La parte subterránea está constituido por las raíces.

Para este estudio interesa en general la parte aérea del pasto (laminas), debido a que es la parte del pasto que se encuentra en mayor contacto con los contaminantes ambientales, además, es la parte que consume el ganado [20-21].

3.3.2.2. IMPORTANCIA DEL PASTO.

Hasta el momento no existe una evaluación desde el punto de vista monetario de los recursos alimenticios aportados por el pasto. Pero su mayor importancia radica en la producción indirecta de productos animales consumibles para el hombre (carne, leche, lana entre otras) las cuales permiten al ser humano satisfacer algunas de sus necesidades [21].

En la Zona Metropolitana del Valle de México los principales usos que se le dan al pasto es como alimento de ganado; principalmente en el municipio de Zumpango. En los municipios de Nezahualcoyotl y Cuautitlán Izcalli se encuentra en camellones y banquetas como hierba ornamental. Sin embargo, es importante destacar la importancia que tiene el pasto sobre la vida cotidiana como la hierba ornamental más abundante en estos municipios y con el cual el ser humano tiene contacto directo cotidianamente.

3.3.3 SUELO.

Desde un punto de vista científico el suelo se puede definir como un agregado de minerales no consolidados y de partículas orgánicas producidas por la acción combinada del viento, el agua y los procesos de desintegración orgánica sobre la superficie de la tierra [22]. El suelo se encuentra constituido por varias capas horizontales las cuales sostienen a las plantas y otro tipos de organismos (Fig. 3.8).

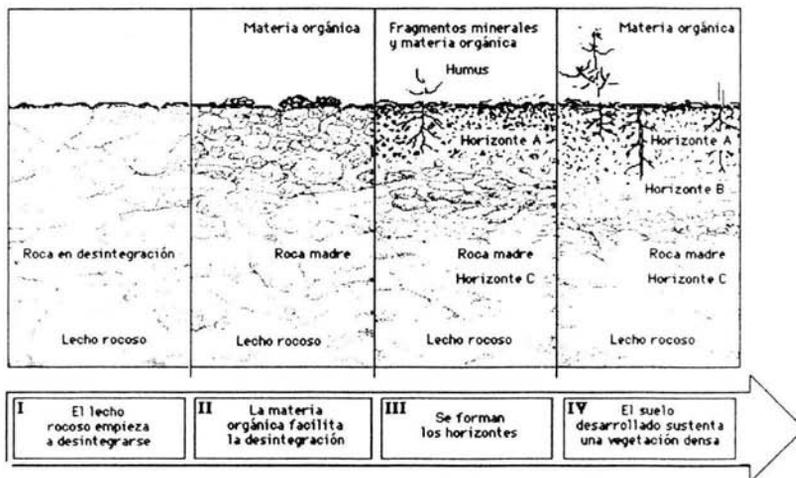


Figura 3.8. Formación del suelo [18]

Por otra parte se puede decir que el suelo se refiere a la capa superficial donde se encuentran los organismos, tanto vegetales como animales. Esto nos indica la importancia de preservar éste en buen estado, ya que proporciona un sostén en el que se desarrollan todos los seres vivos.

3.3.3.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS.

La naturaleza física del suelo está determinada por la proporción de partículas de varios tamaños. Las partículas inorgánicas tienen tamaños que varían entre el de los trozos distinguibles de piedra y grava hasta los de menos de 1/40,000 centímetros. El tamaño y la naturaleza de estas partículas inorgánicas diminutas determinan en gran medida la capacidad de un suelo para almacenar agua, vital para todos los procesos de crecimiento de las plantas. La composición química del suelo incluye minerales y orgánicos cuya suma de propiedades determina cada tipo de suelo [22].

Con base en lo anterior se tiene que la composición química y la estructura física del suelo en un lugar dado están determinadas por el tipo de material geológico del que se origina, por la cubierta vegetal, por la cantidad de tiempo en que ha actuado la meteorización, por la topografía y por los cambios artificiales resultantes de las actividades humanas [22].

3.3.3.2 IMPORTANCIA DEL SUELO.

El suelo dentro del medio ambiente tiene gran importancia, debido a sus diversas funciones tales como:

1. Filtro.
2. Amortiguador.
3. Transformador.
4. Fuente de diversas materias primas.
5. Productor de alimentos.
6. Hábitat biológico y reserva genética.

El servir como filtro con el agua de lluvia, es una de las principales funciones del suelo. Recargando con agua limpia los mantos acuíferos y protegiéndolos contra los posibles contaminantes que acarree el agua de lluvia [22].

Los agricultores de la Zona Metropolitana del Valle de México se interesan por algunas de las propiedades del suelo, porque el conocimiento de los componentes minerales y orgánicos, de la aireación y capacidad de retención del agua, son necesarios para la producción de buenas cosechas. Al igual muchos habitantes de los municipios de Cuautitlán Izcalli, Nezahualcóyotl y Zumpango se muestran interesados y preocupados por la posible contaminación por metales pesados y preciosos en los suelos de sus municipios.

3.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS MUNICIPIOS

Como se menciona en los objetivos en este trabajo se van a estudiar tres tipos de zonas principalmente; urbana, industrial, agrícola en conjunto con las vías de comunicación, buscando para esto tres municipios del Estado de México que presentaran estas características. De los cuales se escogieron los municipios de Cuautitlán Izcalli; por la presencia de importantes zonas industriales, Nezahualcóyotl; este cuenta con una gran zona urbana y Zumpango ; que presenta grandes zonas agrícolas.

3.4.1. ZUMPANGO.

La porción de territorio del Estado de México nombrado Zumpango; se ubica al noroeste con respecto al estado de México, y al norte del distrito federal a una distancia de 60 kilómetros. Cuenta con una superficie de 24,408 hectáreas representando 1.08% de la superficie estatal y una población aproximadamente de 109,383 habitantes.

El municipio tiene una densidad de población por kilómetro cuadrado es de 428 habitantes [23].

Debido a que el municipio no esta contemplado entre los planes estatal y nacional de desarrollo, el establecimiento, fomento de a empresas industriales de gran tamaño es nulo.

Este municipio limita al norte con Texquixquiac y Hueypoxtla; al sur Teoloyucan, Cuautitlán, Nextlalpan y Tecamac; al oriente, Tizayuca (Edo. Hidalgo) y Tecamac, y al poniente Cuautitlán y Teoloyucan, Coyotepec y Huehuetoca. Una de las características de este municipio es que presenta una alta actividad agrícola, esto se dice, debido a que el uso del suelo en esta población, es en su mayoría agrícola, son 17,413.53 has, que representan el 71.34 % de la superficie total del municipio. De acuerdo al INEGI los cultivos más comunes en el Municipio de Zumpango fueron los siguientes [23]:

Cereales: maíz, cebada en grano, trigo, avena en grano

Industriales: maguey

legumbres: frijol

hortalizas: lechuga, zanahorias, tomate, cebolla, calabacitas

otros: forrajes de alfalfa, maíz forrajero y pasto cultivado.

Al igual que muchos lagos dentro de la Zona Metropolitana del Valle de México la laguna de Zumpango recibe un aporte de aguas residuales, provocando la proliferación del lirio, ocasionando la eliminación de especies de flora y fauna nativa.

3.4.2. NEZAHUALCOYOTL.

El municipio se encuentra en la porción oriental del Valle de México, en lo que fuera la planicie del Lago de Texcoco, y pertenece a la III región económica con sede en Texcoco. Existe una pequeña zona industrial que abarca menos del 1% del suelo del municipio [24].

La condición salitrosa de los terrenos de la zona, es causa de la poca existencia en la variedad de flora, al mismo tiempo que se dificulta la introducción de especies foráneas. En la actualidad existen aproximadamente 500,000 árboles en el municipio.[24]

El aspecto físico del municipio de Nezhualcóyotl es totalmente urbano, con excepción de algunos parques y áreas verdes en camellones, los cuales son insuficientes para la población que habita el lugar.

Los vehículos que circulan por las vialidades del municipio emiten una gran cantidad de gases contaminantes lo que origina un también un aspecto desfavorable en toda la zona urbana.

Este municipio se encuentra inmerso en los problemas ambientales de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. La calidad del aire se ve afectada principalmente por vehículos automotores, que emiten grandes cantidades de gases contaminantes a la

atmósfera. La principal fuente de contaminación en este municipio de trazas metálicas son las emisiones vehiculares. [24]

3.4.3. CUAUTITLÁN IZCALLI.

El municipio de Cuautitlán Izcalli se ubica al noroeste del Valle de México, en la porción centro - oeste del Estado de México. Cuenta con una superficie total de 109.924 Km². Sus colindancias son: al norte con Tepozotlán; al sur con Tlalnepantla de Baz y Atizapán de Zaragoza; al este con los municipios de Cuautitlán y Tultitlán, y al oeste con Nicolás Romero. [25]

El municipio presenta una comunicación fluida con diferentes municipios y ciudades, a través de arterias regionales como son: Autopista México - Querétaro, México - Cuautitlán - Teoloyucan, Lechería - Chamapa - Toluca, Prol. Av. Teotihuacán - Lago de Guadalupe - Atizapán de Zaragoza, carretera Lechería - Tepojaco - Nicolás Romero y Calzada de Guadalupe a Cuautitlán.

Este municipio tiene una alta densidad poblacional ocasionado por la alta migración de personas, pero también importantes zonas industriales. El suelo agrícola ha sido el más afectado, debido a que se ha reemplazado por los usos de suelo urbano e industrial. Es importante señalar que en el territorio oriente de este municipio se localizan las zonas industriales, como son: Industrial Cuamatla, La Luz, Xhala y Cuautitlán.

Los giros industriales más sobresalientes en estas zonas industriales son: alimentos, farmacéutico, textil, automotriz e industria química. Podemos decir que algunos de las posibles fuentes de contaminación por metales pesados son las industrias químicas, cromadoras, fundidoras, industrias de pinturas entre otras, estas se encuentran localizadas en las diferentes zonas industriales que se encuentran dentro del municipio [29]. Estos giros industriales producen desechos que contienen altos contenidos de metales. Otra posible fuente de contaminación son las emisiones vehiculares, esto en relación con el elevado tránsito vial que presenta este municipio.

Las diferentes actividades que se desarrollan en el municipio congestionan las arterias viales, esto produce problemas de tráfico vehicular y se aumentan las emisiones contaminantes hacia la atmósfera.[25]

Las actividades antropogénicas como la construcción de vivienda, la actividad industrial y de transporte, entre otras, han desplazado a la fauna y erradicado la flora original en la parte del territorio municipal que ha sido ocupada por asentamientos humanos. No obstante, los habitantes de las áreas urbanas han introducido plantas de ornato y otras especies arbóreas y arbustivas; lo que ha permitido el amortiguamiento de la deforestación. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los suelos agrícolas eran los terrenos más aptos para recargar los mantos acuíferos.

La mayor parte de los asentamientos humanos son regulares y cuentan con los servicios básicos. Los asentamientos irregulares ocupan 725 hectáreas de tierras ejidales, las cuales representan el 14% del área urbana. La presencia de asentamientos en la zona agrícola inducen el cambio de uso del suelo, además de la pérdida de este recurso con alto potencial.

La industria ha absorbido espacios importantes, pues se integra por grandes lotes de traza ortogonal, un tanto separada a la zona comercial y de servicios y muy cercana a la autopista México-Querétaro.

Parte Experimental

4. PARTE EXPERIMENTAL.

Por las características de la investigación realizada, se tiene que es de tipo experimental con carácter prospectivo; asistiéndose cuando sea necesario de otras herramientas documentales y observacionales.

4.1. VARIABLES

Existen diferentes variables en los experimentos en donde se puede identificar las siguientes:

Tabla 4.1 Variables experimentales

INDEPENDIENTES	DEPENDIENTES
Intensidad de emisión	Concentración de metales
Absorción	
Clima (día soleado, lluvioso)	

4.2. MATERIAL Y EQUIPO

Los materiales de estudio fueron tres tipos de muestras ambientales:

- a. Agua
- b. Pasto
- c. Suelo

Recolectadas en zonas: urbana, agrícola, industrial, con a relación a vías de comunicación y cuerpos de agua en los municipios de Cuautitlán Izcalli, Nezahualcóyotl y Zumpango.

Material de consumo

- Papel filtro Whatman 40
- Membranas de seguridad para horno de microondas.
- Botes de plástico de 60 ml.
- Botes de plástico de 125 ml.
- Botes de plástico de 500 ml.
- Bolsas de polietileno de 20 x 35.
- Bolsas de polietileno de 10 x 15.
- Puntas para micropipetas
- Papel aluminio.
- Guantes de látex

Reactivos

- SnCl_2 Anhídrido. Marca Sigma.
- NaBH_4 . Marca Sigma.
- NaOH . Marca J. T. Baker.
- KI . Marca J. T. Baker.
- HNO_3 . grado absorción atómica Marca J. T. Baker.
- HCl . grado absorción atómica Marca J. T. Baker.
- Solución amortiguadora de pH 4, 7 y 11.
- Agua desionizada con la calidad de 10 M Cm. Millipore.
- Estándares de los metales marca Solutions Plus Inc.(USA) (tabla 4.2)

Tabla 4.2 Estándares de los metales en estudio

ESTÁNDAR	CONCENTRACION
As	1000.1 ppm
Cd	998.4 ppm
Cr	997.9 ppm
Cu	997.2 ppm
Hg	997.7 ppm
Pb	998.1 ppm
Pd	998.3 ppm
Pt	998.4 ppm
Rh	1000 ppm
Zn	997.0 ppm

Material de laboratorio

- Set de micropipetas de 5-50 μ l, 20-200 μ l, 100-1000 μ l y 1-5 ml.
- Matraces volumétricos de 50 ml.
- Matraces volumétricos de 25 ml
- Matraces volumétricos de 10 ml
- Matraces volumétricos de 250 ml.
- Vasos de precipitados de 100 ml
- Vasos de precipitados de 50 ml.
- Probeta de 10 ml.
- Embudos de tallo corto
- Varilla de vidrio.
- Picetas de 500 ml
- Soporte universal
- Pipetas volumétricas de 5 ml
- Pipetas volumétricas de 10 ml.
- Pipetas volumétricas de 20 ml.
- Pipetas volumétricas de 25 ml.
- Espátula de porcelana
- Barras magnéticas
- Parrilla con agitador.

Equipo

- Espectrofotómetro de Emisión Atómica de Plasma Acoplado Inductivamente Thermo Jarrel Ash (USA).
- Espectrofotómetro de Absorción Atómica, Modelo 880. Varian (Australia).
 1. Generador de Hidruros Modelo VGA 77
- Horno de microondas Mars 5 con vasos modelo HP-500. (CEM)
- pHmetro portátil.
- pHmetro digital con electrodo de vidrio y electrodo de referencia Modelo MP 230 Mettler Toledo.
- Balanza digital.
- Sistema Millipore para obtener el agua desionizada (10M/cm). Milli-Q™ Water System (USA).

4.3. DESARROLLO EXPERIMENTAL

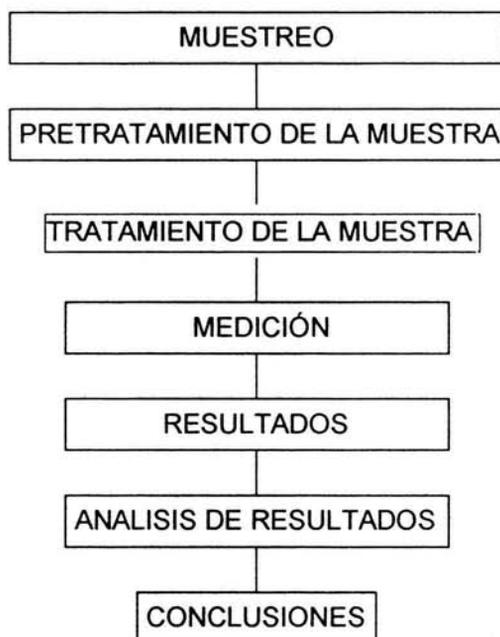


Figura 4.1 Diagrama de flujo de las actividades realizadas

4.3.1. MUESTREO

Durante esta etapa experimental se ocupó un muestreo aleatorio simple debido a que las zonas de estudio son demasiado grandes y con zonas de complejo de acceso [26-27].

- a) Agua: se llena una cubeta de 4-6 Lt de capacidad y se enjuaga con la misma agua a muestrear, a un bote de 500ml de capacidad (previamente enjuagado con la muestra) se adicionan 5 ml de ácido nítrico y con la muestra se llena el recipiente.

- b) Pasto: para este tipo de muestra se procura tomar tallo y hojas de pasto; aproximadamente 200 g. de muestra que se colocan en una bolsa de polietileno.
- c) Suelo: en el muestreo de suelo se toma una cantidad aproximada de 0.5- a 1Kg. de muestra, procurando que ésta sea representativa del lugar. El muestreo se llevo de la siguiente manera; con una pala se escarba 15 -20 cm de profundidad aproximadamente y se tomo muestra a esta profundidad. La muestra se coloca en bolsas de polietileno.

4.3.2. PRETRATAMIENTO DE LA MUESTRA.

En el caso de las muestras de agua no se realiza ningún pretratamiento [11].

Para las muestras de pasto y suelo es necesario un pretratamiento. Esto permite que el tratamiento de la muestra sea fácil y rápido.

Las muestras se secan en una estufa a 40° C durante 16 horas, enseguida se tritura la muestra seca en un mortero y se tamiza con una malla #20 para obtener un tamaño de partícula menor a 2.0 mm según la clasificación de la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo [3]. Después se realiza la técnica de cuarteo colocando la muestra en una superficie horizontal, con una pala se divide en cuatro partes iguales trazando dos diámetros perpendiculares; se combina el material de las cuartas partes de las dos diagonales opuestas, se coloca aparte la muestra de las otras dos cuartas partes y se repite este procedimiento hasta obtener una muestra representativa [10, 12].

4.3.3. TRATAMIENTO DE LA MUESTRA (DIGESTIÓN ÁCIDA).

La digestión ácida de *muestras ambientales* utilizando un horno de microondas es un procedimiento importante para la disolución de metales y materia orgánica.

Para **muestras de agua** se agregan 10 ml de HNO_3 concentrado en un matraz volumétrico de 50 ml y se afora con la muestra problema. El contenido del matraz se vierte en un vaso de teflón y se somete a un programa previamente establecido [11]. Al finalizar el programa en el horno de microondas, se dejan las muestras digeridas enfriar a temperatura ambiente, después se colocan en botes de plástico.

En el caso de las **muestras de pasto** se pesan 0.25g de muestra seca, colocar en un vaso de teflón, agregando 10 ml de ácido nítrico concentrado, se realiza un programa rampa de temperatura previamente establecido [12]. El procedimiento anterior se realiza tanto para metales volátiles como no volátiles. Se dejan las muestras digeridas enfriar a temperatura ambiente, después se filtran utilizando papel Whatman 40 y se aforan a 50 ml con agua desionizada.

Por último, se pesan 0.4 g de **muestra de suelo** que se transfieren a un vaso de teflón, se agregan 10 ml de HNO_3 concentrado, se realiza un programa de rampa de presión en el horno de microondas con una duración de 20 min. hasta llegar a una presión de 60 psi y manteniendo otros 20 min. a la misma presión [18]; éste procedimiento se lleva a cabo para los **metales no volátiles** (Cd, Cr, Cu, Pb, Pd, Pt, Rh, Zn). Para el tratamiento de los **metales volátiles** (As y Hg), se pesan 0.5 g de muestra de suelo, se transfieren a un vaso de teflón y se agregan 2 ml de HNO_3 concentrado, 6 ml de HCl concentrado y 10 ml de agua desionizada; el programa que se utiliza es una rampa de presión-temperatura previamente establecido [10]. Terminado el programa en el horno de microondas, se dejan las muestras digeridas enfriar a temperatura ambiente, después se filtran con un embudo de vidrio utilizando papel Whatman 40 y se llevan a un volumen final de 50 ml con agua desionizada.

4.3.4 DETERMINACIÓN DE pH EN LAS MUESTRAS.

Esta determinación solo se realizó para muestras de agua y suelo. La determinación del pH en las muestras de suelo se realizó basándose en el procedimiento

establecido en la Norma Mexicana NMX-AA-25-1984. "Protección al Ambiente contaminación del Suelo-Residuos Sólidos-Determinación del pH-Método Potenciométrico"[28].

Se pesaron 2 gramos de cada muestra de suelo y se agregaron 18 ml de agua destilada, se mezclaron por medio de un agitador magnético durante 10 minutos y se dejaron reposar 30 minutos. El pH metro se calibro con soluciones amortiguadoras de pH=4, pH=7 y pH=10. En cada una de las muestras se sumergieron los electrodos y se realizó la medición del pH.

Por otro lado la determinación del pH en muestras de agua se realizo por un método potenciométrico directamente a la muestra.

4.3.5.DETERMINACIÓN DE METALES POR EMISIÓN ATÓMICA.

Tabla 4.3 Curva de calibración multielemento.

Metal	Estándar (ppm)	Linea (λ nm)
Cd	0, 0.25, 0.5, 1, 3, 6, 9, 12	214.64
Cr	0, 0.25, 0.5, 1, 3, 6, 9, 12	267.7
Cu	0, 0.25, 0.5, 1, 3, 6, 9, 12	224.7
Pb	0, 0.25, 0.5, 1, 3, 6, 9, 12	220.3
Pd	0, 0.25, 0.5, 1, 3, 6, 9, 12	342.1
Pt	0, 0.25, 0.5, 1, 3, 6, 9, 12	214.423
Rh	0, 0.25, 0.5, 1, 3, 6, 9, 12	233.477
Zn	0, 0.25, 0.5, 1, 3, 6, 9, 12	213.855

4.3.6 DETERMINACIÓN DE METALES POR GENERADOR DE HIDRUIROS Y VAPOR FRÍO.

A continuación se presenta las condiciones generales para la determinación de Arsénico y Mercurio. Estas condiciones se ocupan para los tres tipos de muestra.

Arsénico

El gas de arrastre Nitrógeno. Para la flama se utiliza una mezcla de aire-acetileno. La solución reductora es una solución de Borohidruro de Sodio (NaBH_4) al 0.6% (p/v), disuelto en una solución de NaOH al 0.5% (p/v), que es ocupada como canal reductor y como canal ácido se ocupa una solución de HCl 10M. Para obtener el estado de oxidación óptimo (As^{3+}), se agrega una solución de KI al 1% en HCl 1M.

Las velocidades de flujo tanto para el canal ácido y el canal reductor fueron de 1ml/ min, ocupándose para la muestra un flujo de 8 ml/ min.

Mercurio

Como gas de arrastre para el generador vapor frío se utiliza Nitrógeno. Se ocupa una solución de Cloruro de Estaño (SnCl_2) al 25% (v/v), disuelto en una solución de HCl al 20%(v/v) como canal reductor y en el canal ácido agua desionizada.

Las velocidades de flujo para la bomba peristáltica fueron 1 ml/min tanto para el ácido como para el reductor y para la muestra se ocupó un flujo 8 ml/min.

Tabla 4.4 Concentraciones y consideraciones generales para análisis por generador de hidruros y vapor frío

Metal	Estándares (ppm)	Longitud de onda
As	10, 20, 30, 50 y 70	193.7
Hg	5, 10, 15, 20 y 25	253.7

Resultados y Discusión

5. RESULTADOS.

Para la cuantificación de trazas metálicas en las muestras de agua, pasto y suelo se realizaron curvas de calibración (con al menos cinco concentraciones) para cada metal, a partir de una solución estándar comercial. Las curvas de calibración que se prepararon fueron multi-elemento trabajando con 8 metales a la vez (Cd, Cr, Cu, Pb, Pd, Pt, Rh y Zn) se midió con ayuda del espectrofotómetro de emisión atómica. El arsénico y mercurio se midieron con ayuda del espectrofotómetro de absorción atómica, como ya se mencionó.

Es necesario mencionar que el equipo automáticamente realiza un análisis estadístico para determinar la relación entre la concentración de las trazas metálicas y la emisión medida. Para esto el equipo se basa en un algoritmo que se incluye en su software [28].

5.1. TABLA DE RESULTADOS EXPERIMENTALES:

En esta apartado se presentan los resultados obtenidos durante el desarrollo experimental. Los resultados obtenidos se reportan en mg/Kg de muestra seca para el caso de pasto y suelo; en el caso de agua se reporta como mg/L de muestra.

5.1.1. MUESTRAS DE AGUA.

A continuación se muestran los resultados obtenidos, para las muestras de agua estudiadas:

5.1.1.1. MUNICIPIO DE ZUMPANGO.

En el municipio de Zumpango se tomaron 8 muestras de agua encontrándose las siguientes concentraciones:

Tabla 5.1 Concentración (mg/L) de la trazas metálicas.

Muestra	pH	Arsénico	Cadmio	Cromo	Cobre	Mercurio	Paladio	Plomo	Platino	Rodio	Zinc
za1	7.3	0.001	0.012	0.135	0.124	n.d.	0.795	n.d.	0.009	n.d.	0.126
za2	7.4	0.001	0.013	0.028	0.024	0.0002	0.780	0.0105	0.007	n.d.	0.194
za3	9	0.002	0.011	0.045	0.029	n.d.	0.711	n.d.	0.008	n.d.	0.149
za4	7	0.001	0.020	0.038	0.184	n.d.	0.733	0.0006	0.007	n.d.	0.070
za5	7.8	0.005	0.012	0.076	0.164	n.d.	0.808	n.d.	0.008	n.d.	0.155
za6	7.4	0.002	0.013	0.086	0.099	n.d.	0.799	0.0175	0.009	n.d.	0.252
za7	7.6	0.003	0.011	0.055	0.000	n.d.	0.756	n.d.	0.006	n.d.	0.029
za8	7.3	0.007	0.020	0.028	0.353	n.d.	0.797	n.d.	0.006	n.d.	0.344

n.d. no detectado

Negritas: sobre pasan los limites permitidos

Nota: ver anexos para datos mayor información sobre la localización de las muestra

5.1.1.2. MUNICIPIO DE NEZAHUALCOYOTL.

En el municipio de Nezahualc6oyotl se tomaron 5 muestras de agua encontr6ndose las siguientes concentraciones:

Tabla 5.2 Concentraci3n (mg/L) de la trazas met6licas.

Muestra	pH	Ars6nico	Cadmio	Cromo	Cobre	Mercurio	Paladio	Plomo	Platino	Rodio	Zinc
na1	9.1	0.0055	0.014	n.d.	0.005	n.d.	0.784	0.018	0.085	n.d.	0.019
na2	8.3	0.0048	0.0139	n.d.	0.006	n.d.	0.766	0.021	0.0083	n.d.	0.021
na3	8.8	0.0091	0.0164	0.046	0.004	n.d.	0.876	n.d.	0.0064	n.d.	0.046
na4	8.2	0.0024	0.0135	0.017	0.010	n.d.	0.792	0.019	0.0081	n.d.	0.023
na5	7.5	0.0035	0.0142	0.016	0.006	n.d.	0.814	0.017	0.0085	n.d.	0.020

n.d. no detectado

Negritas: sobre pasan los limites permitidos

Nota: ver anexos para datos mayor informaci3n sobre la localizaci3n de las muestra.

5.1.1.3. MUNICIPIO DE CUAUTITLÁN IZCALLI..

En el municipio de Cuautitlán Izcalli se tomaron 17 muestras de agua encontrándose las siguientes concentraciones:

Tabla 5.3 Concentración (mg/L) de la trazas metálicas.

Muestra	pH	Arsénico	Cadmio	Cromo	Cobre	Mercurio	Paladio	Plomo	Platino	Rodio	Zinc
izca1	7.2	0.004	0.011	0.059	0.003	n.d.	0.802	n.d.	0.007	n.d.	0.023
izca2	7.4	0.0051	0.010	0.021	0.012	n.d.	0.840	n.d.	0.007	n.d.	0.023
izca3	7.3	0.0045	0.010	0.053	n.d.	n.d.	0.885	n.d.	0.006	n.d.	0.012
izca4	7.2	0.0036	0.010	0.027	0.034	n.d.	0.862	n.d.	0.007	n.d.	0.104
izca5	8	0.0021	0.009	0.036	0.026	n.d.	0.905	n.d.	0.006	n.d.	0.054
izca6	7.1	0.0033	0.010	0.047	0.012	0.0004	0.828	0.0389	0.006	n.d.	0.071
izca7	7.5	0.0011	0.010	0.034	0.005	0.0001	0.841	n.d.	0.006	n.d.	0.032
izca8	7.4	0.0011	0.010	0.134	0.008	n.d.	0.880	n.d.	0.006	n.d.	0.058
izca9	7.2	0.0016	0.011	0.052	0.002	2E-05	0.865	n.d.	0.007	n.d.	0.029
izca10	8.1	0.005	0.010	0.031	0.004	n.d.	0.878	0.0003	0.007	n.d.	0.044
izca11	7.2	0.0076	0.010	0.040	n.d.	n.d.	0.919	0.0003	0.006	n.d.	0.022
izca12	7.3	0.0039	0.010	0.114	0.009	n.d.	0.862	0.004	0.007	n.d.	0.049
izca13	7.1	0.0025	0.009	0.036	0.026	n.d.	0.905	n.d.	0.006	n.d.	0.054
izca14	7.2	0.0038	0.010	0.047	0.012	n.d.	0.828	0.0389	0.006	n.d.	0.071
izca15	7.9	0.0037	0.010	0.034	0.005	n.d.	0.841	n.d.	0.006	n.d.	0.032
izca16	7.8	0.0024	0.010	0.134	0.008	n.d.	n.d.	n.d.	0.006	n.d.	0.058
izca17	7.6	0.0034	0.011	0.054	0.008	n.d.	0.4765	n.d.	0.004	n.d.	0.034

n.d. no detectado

Negritas: sobre pasan los límites permitidos

Nota: ver anexos para datos mayor información sobre la localización de las muestra.

5.1.2. MUESTRAS DE PASTO.

A continuación se muestran los resultados obtenidos en mg/ Kg de muestra seca, para las muestras de pasto estudiadas:

5.1.2.1. MUNICIPIO DE ZUMPANGO.

En el municipio de Zumpango se tomaron 12 muestras de pasto encontrándose las siguientes concentraciones:

Tabla 5.4 Concentración (mg/Kg muestra) de la trazas metálicas.

Muestra	Arsénico	Cadmio	Cromo	Cobre	Mercurio	Plomo	Paladio	Platino	Rodio	Zinc
zp1	0.0662	0.32	4.2	7.36	0.26	45.16	n.d.	0.24	n.d.	53
zp2	0.0841	0.48	3.3	10.92	0	42.68	n.d.	0.52	n.d.	67
zp3	0.0585	0.1	4.86	5.66	0.076	39.4	n.d.	1.04	n.d.	47
zp4	0.0564	0.2	2.82	10.78	0.188	50.54	n.d.	0.6	6.5	45
zp5	0.1028	0.72	5.8	17.24	0.094	41.26	n.d.	1.06	0.28	82
zp6	0.1649	8.98	18.86	135.18	0.078	40.84	n.d.	6.76	n.d.	132
zp7	0.0699	0.24	7.68	5.06	0.076	42.8	n.d.	0.72	n.d.	56
zp8	0.1018	0.32	4.5	12.42	0.156	46.56	n.d.	0.76	2.86	81
zp9	0.0652	0.34	3.44	8.08	0.11	43.82	n.d.	0.8	5.72	52
zp10	0.1766	0.46	5.82	14.34	0.084	47.9	n.d.	0.62	1.64	141
zp11	0.0546	0.44	4.66	7.58	0.026	62.14	n.d.	0.86	5.6	44
zp12	0.0795	0.22	4.4	9.74	0.082	57.3	n.d.	0.88	5.78	64

n.d. no detectado

Negritas: sobre pasan los limites permitidos

Nota: ver anexos para datos mayor información sobre la localización de las muestra.

5.1.2.2. MUNICIPIO DE NEZAHUALCOYOTL.

En el municipio de Nezahualc6yotl se tomaron 9 muestras de pasto encontr6ndose las siguientes concentraciones:

Tabla 5.5 Concentraci6n (mg/Kg muestra) de trazas met6licas.

Muestra	Ars6nico	Cadmio	Cromo	Cobre	Mercurio	Plomo	Paladio	Platino	Rodio	Zinc
np1	0.092	3.08	10.34	29.9	0.0422	45.84	167.74	2.16	n.d.	145.04
np2	0.1714	2.8	1.78	19.14	0.0906	21.24	179.66	2.06	n.d.	208.6
np3	0.064	2.96	2.92	26.8	0.0734	26.64	175.42	2.14	n.d.	239.8
np4	0.13	2.9	0.82	14.44	0.048	18.9	185.82	1.94	n.d.	81.06
np5	0.062	11.7	5.52	30.96	0.054	41.7	163.74	6.48	n.d.	2068
np6	0.026	3.26	2.76	23.16	0.078	26.6	179.76	1.98	n.d.	136.98
np7	0.0426	3.44	6.44	27.68	0.0474	35.78	173.86	2.06	n.d.	157.78
np8	0.083	3.18	2.84	17.66	0.029	15.2	190.58	2.04	n.d.	70.18
np9	0.069	3.72	11.84	21.98	0.0908	15.18	154.54	2.12	n.d.	69.5

n.d. no detectado

Negritas: sobre pasan los limites permitidos

Nota: ver anexos para datos mayor informaci6n sobre la localizaci6n de las muestra.

5.1.2.3. MUNICIPIO DE CUAUTITLÁN IZCALLI.

En el municipio de Cuautitlán Izcalli se tomaron 26 muestras de pasto encontrándose las siguientes concentraciones:

Tabla 5.6 Concentración (mg/Kg muestra) de trazas metálicas.

Muestra	Arsénico	Cadmio	Cromo	Cobre	Mercurio	Plomo	Paladio	Platino	Rodio	Zinc
Cip1	0.0625	0.66	15.12	28.24	n.d.	42.4	n.d.	0.76	n.d.	113.66
Cip2	0.0066	0.56	6.52	12.36	n.d.	50.58	n.d.	0.8	2.72	62.68
Cip3	0.0547	0.88	7.34	22.44	n.d.	46.34	n.d.	1.2	n.d.	69.36
Cip4	0.0864	0.72	12.7	22.08	n.d.	49.86	n.d.	0.74	n.d.	80.76
Cip5	0.112	0.78	20.74	18.14	n.d.	48.32	n.d.	0.76	n.d.	95.02
Cip6	0.0688	0.52	9.42	24.72	n.d.	57	n.d.	0.7	n.d.	77.44
Cip7	0.0496	0.82	8.06	23.46	n.d.	46.34	n.d.	0.9	n.d.	87.04
Cip8	0.0697	0.68	13.94	19.14	n.d.	45.88	n.d.	0.64	n.d.	57.08
Cip9	0.0637	0.8	16.58	30.98	n.d.	39.22	n.d.	0.64	n.d.	90.46
cip10	0.0925	1.8	27.98	54.7	n.d.	39.56	3.84	0.8	n.d.	188.46
cip11	0.0537	0.5	10.64	14.12	n.d.	48.22	n.d.	0.74	n.d.	62.5
cip12	0.0462	0.98	7.92	22.58	n.d.	49.26	10.84	1.12	6.1	143.22
cip13	0.719	0.48	5.74	19.58	n.d.	62.66	n.d.	0.84	5.6	99.08
cip14	0.0925	0.44	11.92	22.6	n.d.	52.58	n.d.	0.62	0.34	79.98
cip15	0.0689	2.38	29.92	42.42	n.d.	48.94	98.04	1.28	n.d.	218.8
cip16	0.0031	1	12.2	23.9	n.d.	47.94	19.56	1.18	0.3	129.98
cip17	0.0813	0.88	11.3	22.24	n.d.	29.84	5.56	0.9	n.d.	133.58
cip18	0.0487	0.72	7.5	13	n.d.	32.96	n.d.	0.96	2.22	80.6
cip19	0.0534	1.5	11.26	26.82	n.d.	36.38	47.9	1.02	2.02	200.2
cip20	0.0615	0.46	7.7	21.86	n.d.	36.24	0.08	0.82	0.88	164.24
cip21	0.0711	0.72	8.44	24.26	n.d.	52.16	17.66	0.76	n.d.	175.08
cip22	0.0599	1.8	10.64	35.62	n.d.	40.54	n.d.	1.3	1.66	315.2
cip23	0.0813	0.9	5.34	13.58	n.d.	41.88	n.d.	0.98	0.7	126.22
cip24	0.1234	1.08	5.3	33.08	0.0982	33.56	n.d.	0.38	0.9	135.84
cip25	0.104	9.3	6.9	29.12	0.1588	40.68	n.d.	0.68	0.76	175.8
cip26	0.0887	13.02	13.08	26.48	0.1468	35.78	n.d.	1.18	1.18	144.26

n.d. no detectado

Negritas: sobre pasan los límites permitidos

Nota: ver anexos para datos mayor información sobre la localización de las muestra.

5.1.3. MUESTRAS DE SUELO.

A continuación se muestran los resultados obtenidos, para las muestras de suelo (mg/Kg muestra) estudiadas:

5.1.3.1. MUNICIPIO DE ZUMPANGO.

Para el municipio de Zumpango se tomaron 14 muestras de suelo cubriendo zonas; urbanas, agrícolas cercanas a vías de comunicación importantes. Obteniéndose las siguientes concentraciones.

Tabla 5.7 Concentración (mg/Kg muestra) de las trazas metálicas.

Muestra	pH	Arsénico	Cadmio	Cromo	Cobre	Mercurio	Plomo	Paladio	Platino	Rodio	Zinc
zs1	7.84	6.907	0.75	21.9	50.05	1.211	79.17	n.d.	0.35	n.d.	94.08
zs2	7.87	10.8	0.362	14.75	31.07	0.352	57.93	n.d.	0.387	n.d.	246.1
zs3	7.90	6.052	0.475	21.91	40.16	0.185	252.2	n.d.	0.562	n.d.	87.88
zs4	8.35	10.20	0.25	14.8	25.93	0.158	11.91	n.d.	0.175	n.d.	77.47
zs5	8.43	2.785	0.237	12.25	24.66	0.126	13.96	n.d.	0.275	n.d.	45.03
zs6	8.29	5.15	2.75	26	345.6	0.301	100.6	n.d.	0.387	n.d.	105.8
zs7	7.93	3.675	0.25	19.76	23.37	0.113	1.062	n.d.	0.012	n.d.	32.23
zs8	7.55	4.887	25.26	40.8	103.9	0.23	4.437	n.d.	19.91	n.d.	143.6
zs9	7.68	5.545	2.012	29.93	67.47	0.128	1.587	n.d.	1.037	n.d.	101.9
zs10	4.84	9.19	6.012	84.57	253	0.266	9.25	n.d.	2.762	n.d.	398.3
zs11	7.93	4.755	0.525	29.83	43.2	0.103	n.d.	n.d.	0.225	n.d.	53.21
zs12	6.52	7.31	62.68	74.77	416	0.683	19.91	n.d.	45.83	n.d.	1301
zs13	7.52	3.272	0.437	21.87	31.12	0.09	n.d.	n.d.	0.2	n.d.	40.35
zs14	7.51	4.102	0.45	23.36	31.52	0.08	n.d.	n.d.	0.025	n.d.	51.47

n.d. no detectado

Negritas: sobre pasan los límites permitidos

Nota: ver anexos para datos mayor información sobre la localización de las muestra.

5.1.3.2. MUNICIPIO DE NEZAHUALCOYOTL.

En el municipio de Nezahualcóyotl se tomaron 12 muestras de suelo encontrándose las siguientes concentraciones:

Tabla 5.8 Concentración (mg/Kg suelo) de trazas metálicas.

Muestra	pH	Arsénico	Cadmio	Cromo	Cobre	Mercurio	Paladio	Plomo	Platino	Rodio	Zinc
Nsj	7.35	0.00026	0.675	28.02	120.9	3.503	n.d.	67.25	0.675	n.d.	161.8
Nsk	7.68	0.00033	0.688	24.73	48.5	3.092	n.d.	95.21	0.75	n.d.	120.7
Nsl	7.56	0.00023	3.875	21.67	38.82	2.709	n.d.	88.11	0.512	n.d.	104.1
Nsm	6.98	0.00022	3.375	0.337	37.87	0.042	n.d.	10	5.375	n.d.	69.86
Nso	7.14	0.00041	1.15	82.36	73.1	10.29	n.d.	490.9	0.912	n.d.	339.6
Nsp	7.28	0.00066	1.238	35.42	59.4	4.428	n.d.	209.1	10.5	n.d.	198
Nsq	7.89	0.00028	0.413	23.71	31.33	2.964	n.d.	n.d.	0.462	n.d.	35.47
Nsr	7.95	0.00040	2.113	31.28	87.13	3.910	n.d.	124.6	0.675	n.d.	995.8
Nss	7.86	0.00026	0.538	34.72	39.21	4.340	n.d.	117.1	0.612	n.d.	119.6
Nst	7.62	0.00070	0.675	41.73	83.7	5.217	n.d.	254.9	0.675	n.d.	171
Nsu	7.58	0.00021	0.988	37.01	74.97	4.626	n.d.	69.03	6.875	n.d.	177
Nsv	7.65	0.00031	0.438	28.6	34.77	3.575	n.d.	n.d.	0.075	n.d.	33.07

n.d. no detectado

Negritas: sobre pasan los limites permitidos

Nota: ver anexos para datos mayor información sobre la localización de las muestra

5.1.3.3. MUNICIPIO DE CUAUTITLÁN IZCALLI.

En el municipio de Cuautitlán Izcalli se tomaron 27 muestras de suelo encontrándose las siguientes concentraciones:

Tabla 5.9 Concentración (mg/Kg suelo) de las trazas metálicas.

Muestra	pH	Arsénico	Cadmio	Cromo	Cobre	Mercurio	Plomo	Paladio	Platino	Rodio	Zinc
cis1	8.17	6.032	0.775	28.31	45.61	0.117	38.53	n.d.	0.325	n.d.	100.7
cis2	7.66	51.65	2.35	41.77	179.8	0.552	810.6	n.d.	1.5	n.d.	575.8
cis3	8.09	8.875	0.575	34.52	48.41	0.303	190.7	n.d.	0.25	n.d.	114.8
cis4	7.95	57.75	1.237	29.86	50.15	0.137	103.5	n.d.	0.787	n.d.	153.8
cis5	8.09	10.64	1.062	36.11	44.16	0.14	55.2	n.d.	0.825	n.d.	152.6
cis6	7.81	1.072	1.5	38.57	52.67	0.14	338.5	n.d.	1.1	n.d.	176.6
cis7	8.05	10.32	0.312	24.37	28.85	0.117	3.062	n.d.	0.1	n.d.	34.92
cis8	7.44	6.935	0.712	58.17	45.35	0.108	371	n.d.	0.35	n.d.	145
cis9	3.52	6.222	0.437	47.32	60.25	0.103	11.2	n.d.	0.45	n.d.	45.67
cis10	7.33	6.035	0.537	26	36.52	0.121	7.35	n.d.	n.d.	n.d.	66
cis11	7.67	8.012	0.375	21.22	28.73	0.638	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	36.08
cis12	6.57	8.055	0.35	20.43	27.25	0.262	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	35.57
cis13	7.13	7.247	0.4	18.78	26.37	0.146	2.925	n.d.	n.d.	n.d.	35.06
cis14	5.91	4.812	0.462	24.63	31.18	0.165	4.425	n.d.	n.d.	n.d.	51.91
cis15	6.32	8.55	0.712	37.67	42.55	0.191	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	53.87
cis16	7.08	7.02	0.862	32.5	53.1	0.242	2.787	n.d.	0.012	n.d.	123.6
cis17	7.39	4.152	0.175	19.28	18.98	0.131	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	20.67
cis18	6.57	4.625	0.212	21.25	20.42	0.147	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	16.37
cis19	6.56	5.14	0.437	28.53	29.72	0.186	1.937	n.d.	n.d.	n.d.	36.53
cis20	6.91	6.585	0.425	28.11	33.46	0.216	14.05	n.d.	n.d.	n.d.	53.72
cis21	5.56	8.932	0.575	23.17	38.58	0.218	5.737	n.d.	n.d.	n.d.	85.43
cis22	5.61	5.295	0.387	19.58	25.05	0.138	6.687	n.d.	n.d.	n.d.	38.01
cis23	6.66	8.63	1.975	57.41	113.4	0.627	32.51	n.d.	1.175	n.d.	287.6
cis24	6.62	8.15	2.412	74.33	101.2	0.722	50.21	n.d.	1.6	n.d.	372.7
cis25	6.16	5.36	0.637	26.06	38.52	0.242	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	59.43
cis26	6.84	12.98	1.562	48.52	81.42	1.053	54.97	n.d.	0.425	n.d.	216.7
cis27	6.75	8.765	0.887	32.12	45.13	0.292	28.25	n.d.	0.112	n.d.	130.5

n.d. no detectado

Negritas: sobre pasan los límites permitidos

Nota: ver anexos para datos mayor información sobre la localización de las muestra.

5.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Utilizando el programa Statgraphics se realizó el análisis estadístico multifactorial [34], para cada uno de los metales en estudio (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Pd, Pt, Rh y Zn) a fin de establecer si existía una relación entre las cantidades determinadas y varios parámetros como son:

- 1) tipo de muestra (pasto, suelo y agua)
- 2) tipo de zona (agrícola, industrial, urbana)
- 3) flujo vehicular (alto o bajo)
- 4) municipio (Cuautitlán Izcalli, Nezahualcóyotl y Zumpango).

5.2.1. Análisis multifactorial general.

Ho: Los factores zona, municipio y flujo vehicular no tienen efecto sobre la concentración del metal. ($P > 0.05$)

Ha: Los factores tienen efecto sobre la concentración del metal ($P < 0.05$)

Tabla 5.10 Valores de P estadísticos (análisis multifactorial) en función de la zona, municipio y flujo vehicular.

Factor	P (As)	P (Cd)	P (Cr)	P (Cu)	P (Hg)	P (Pb)	P (Pd)	P (Pt)	P (Rh)	P (Zn)
zona	0.0306	0.2506	0	0.3283	0.9070	0.2167	0.0912	0.7921	0.2206	0.3845
municipio	0.0484	0.4852	0.3081	0.0549	0	0.0924	0.3599	0.204	0.0411	0.3796
flujo vehicular	0.1213	0.6773	0.4358	0.6531	0.0191	0.0061	0.7748	0.316	0.6789	0.3513

Basándose en el análisis estadístico se puede comentar lo siguiente: en cuanto a la zona en la mayoría de los metales no existe una relación entre la concentración de estos y los metales, solo se observa con respecto a la concentración de arsénico, en donde el valor de P es de 0.0306 lo que nos indica que dependiendo de la zona es la concentración de arsénico presente. Esto se observa con claridad en el gráfico 3. Donde se observa la variación de la media entre el tipo de zona.

Claves:

A: Agrícola

I: Industrial

U: Urbano

a: flujo vehicular alto

b: flujo vehicular bajo

C: Cuatitlán Izcalli

Z: Zumpango

N: Nezahualcóyotl

DMS: diferencia mínima significativa

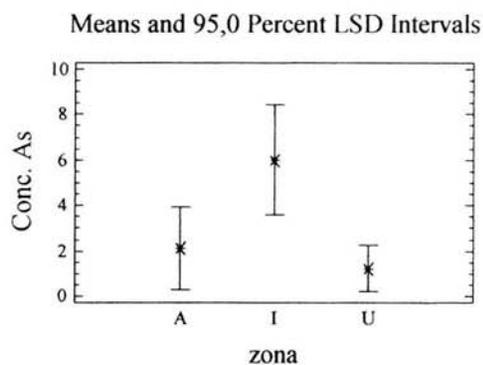


Figura 5.1 medias e intervalos de DMS para Arsénico (As) en base al tipo de zona de muestreo

En el caso del municipio se observa que para el arsénico (As) presenta un valor de P 0.0484 y el rodio (Rh) un valor de P 0.0411, lo que indica una relación entre el municipio y la concentración de estos metales. Esto basándonos en la hipótesis planteada de la hipótesis nula y la alterna.

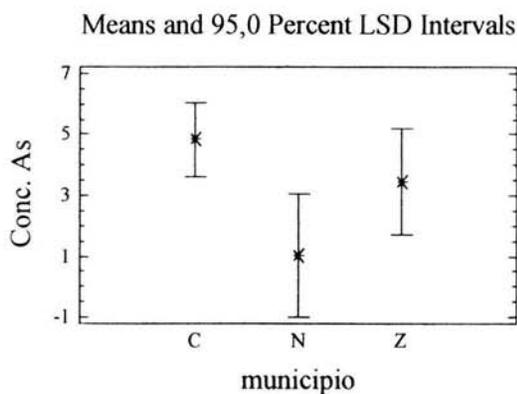


Figura 5.2 medias e intervalos de DMS para Arsénico (As) en base al municipio

Como se ve en el Figura 5.2 la variación en cuanto a las medias entre municipios para arsénico es pequeña y los intervalos se translanan.

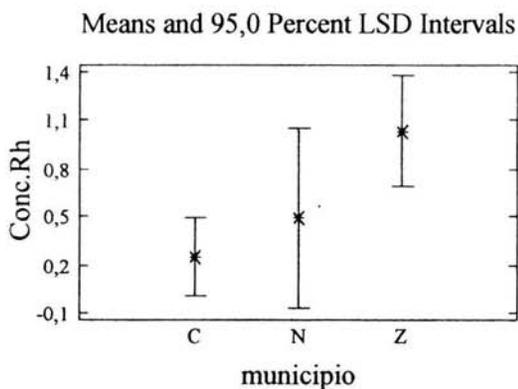


Figura 5.3 medias e intervalos de DMS para Rodio (Rh) en base al municipio

En la figura 5.3 se representa la influencia del factor *municipio* en la concentración del rodio y se observa que en el municipio de Zumpango hay una mayor presencia de este metal, aunque para el municipio de Nezahualcóyotl se tiene un intervalo muy amplio.

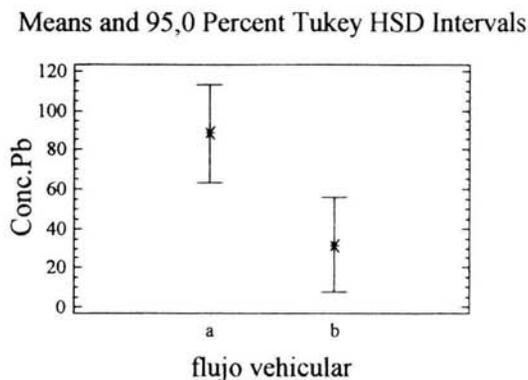


Figura 5.4 Medias e intervalos de DMS para plomo (Pb) en base al Flujo vehicular.

Para el caso de es Pb (figura 5.4) se observa que existe una relación entre el flujo vehicular y la concentración de plomo presenten las muestras observándose que a mayor flujo vehicular mayor concentración de plomo.

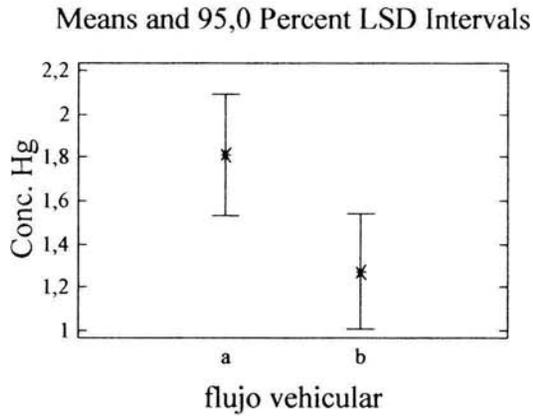


Figura 5.5 medias e intervalos de DMSL para mercurio (Hg) en base al Flujo vehicular.

Otro dato interesante se observa en la figura 5.5, que indica que existe una relación entre la concentración de mercurio y el flujo vehicular, describiéndonos que a mayor flujo vehicular mayor concentración de mercurio.

5.3 DISCUSIÓN.

5.3.1 AGUA

Con lo que respecta al las muestras de agua para el municipio de **Zumpango** se observa la presencia de paladio y platino en todas las muestras. El paladio presenta una alta concentración, en promedio su concentración encontrada es de 0.75mg/L de muestra.

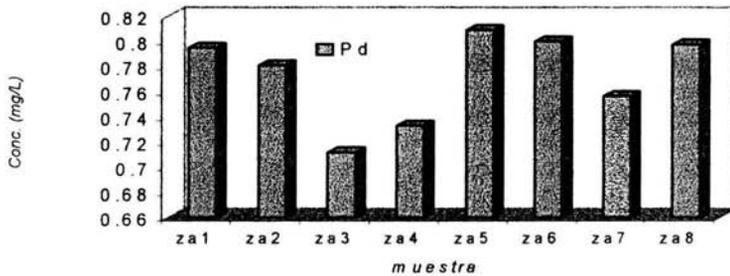


Figura 5.6 oncentraciones de Pd para muestras de agua.

De los otros metales se puedes decir que no presentan concentraciones que rebasen lo establecido por la norma.

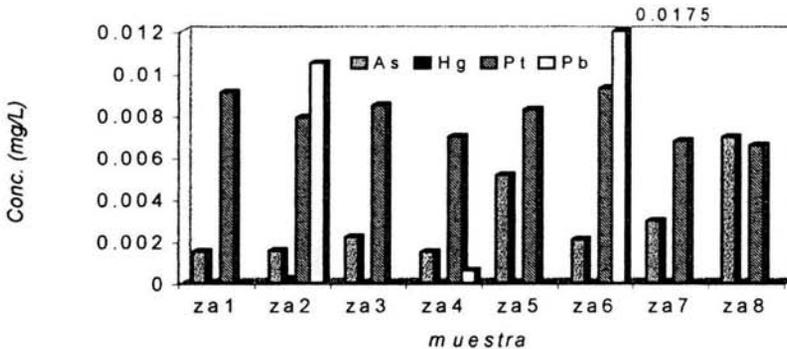


Figura 5.7 Concentraciones de As, Hg, Pb y Pt para muestras de agua.

Las muestras de agua para el municipio de *Nezahualcóyotl* presenta una concentración aceptable según lo establecido en la norma para arsénico, cadmio, cromo, cobre, plomo y zinc. Con lo que respecta al mercurio y rodio no se pudo detectar su concentración.

Para el paladio y platino se observa presencia de estos en todas las muestras; es necesario señalar que el Paladio se encuentra en mayor concentración, que los demás metales estudiados de este grupo.

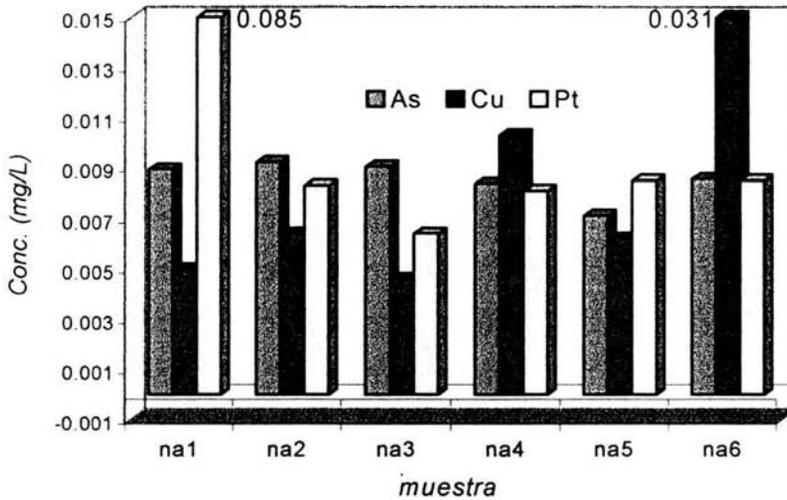


Figura 5.8 Concentraciones de As, Cu y Pt para muestras de agua.

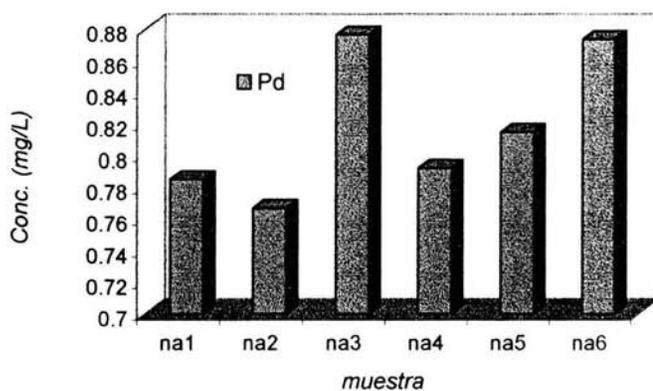


Figura 5.9 Concentraciones de Pd para muestras de agua.

En el municipio de *Cuautitlán Izcalli* se observó que el arsénico, cadmio, cromo, cobre, plomo y zinc, las concentraciones encontradas no pasan los límites permisibles descritas en la norma, pero se observa presencia de paladio y platino en las muestras.

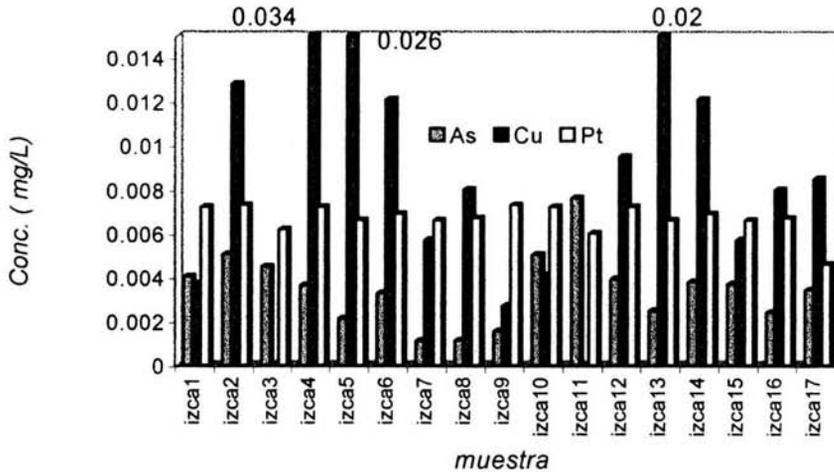


Figura 5.10 Concentraciones de As, Cu y Pt para muestras de suelo.

5.3.2 PASTO

En la determinación de metales para las muestras de pasto en el municipio de **Zumpango** se observó que con la técnica usada no fue detectada la concentración de plomo (Pb). Para el cromo se observa (Tabla 5.4) hay cuatro muestras con concentraciones altas zp5, zp6, zp7 y zp10. (ver anexo I)

Como se puede observar en la figura 5.11, existe la presencia de Rodio en la mayoría de las muestras de pasto en este municipio. Lo que indica una contaminación por este metal. Se dice esto debido a que la presencia de este metal, no es tan común en la naturaleza por ser una metal con una baja abundancia relativa.

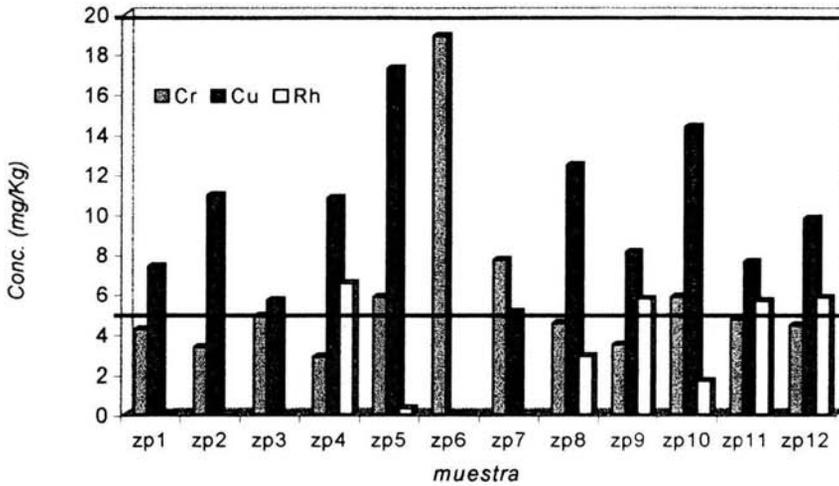


Figura 5.11 Concentraciones de Cr, Cu y Rh para muestras de pasto

En el grafico 5.12 se observan las concentraciones de zinc y paladio en pasto obtenidas en el municipio de Zumpango, observándose una alta concentración de paladio en todas las muestras. Podemos mencionar que el mercurio y arsénico se encuentran en niveles aceptables según las concentraciones obtenidas en muestras para este municipio.

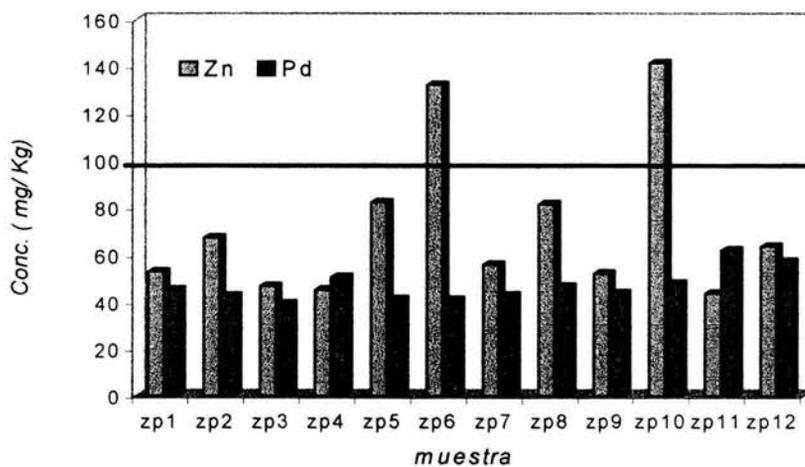


Figura 5.12 Concentraciones de Pd y Zn para muestras de pasto.

De acuerdo a los resultados obtenidos para muestras de pasto en el municipio de **Nezahualc6yotl**, se tiene que metales como el cromo y cadmio solo algunas muestras presentan concentraciones de estos metales. Sin embargo, el cobre en las muestras de pasto del municipio de Nezahualc6yotl presentaron alta concentraci6n de este metal.

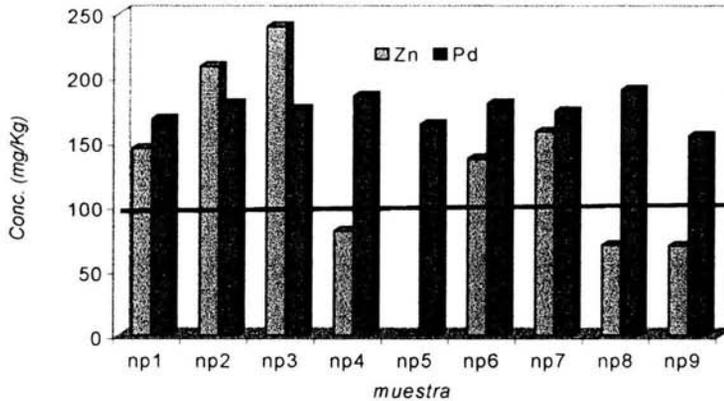


Figura 5.13 Concentraciones de Pd y Zn para muestras de pasto.

La concentración de mercurio y arsénico en todas las muestras de pasto, se encuentran dentro de las concentraciones tolerables de acuerdo a la bibliografía (ver anexo III). Para el caso de paladio en este municipio se observa que existe presencia de este metal el cual alcanza valores por arriba de 100 mg/Kg en todas las muestras (figura 5.13).

En el municipio de *Cuautitlán Izcalli* en lo que corresponde con arsénico y mercurio se observa presencia de estos metales, pero que no sobrepasan los niveles máximos permisibles encontrados en la literatura.

En este municipio se observa que el cromo (gráfica no mostrada) se encuentra en altas concentraciones, ya que en todas las muestras este metal se encuentra en altas concentraciones esto en base a la bibliografía consultada (ver anexo III). Otro metal que se encuentra en altas concentraciones es el cobre (Cu) el cual en una gran parte de las muestras presenta altas concentraciones.

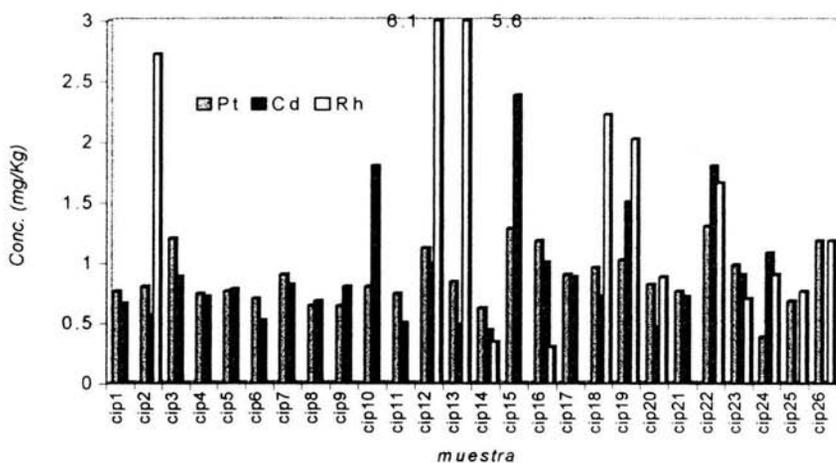


Figura 5.14 Concentraciones de Cd, Pt y Rh para muestras de pasto

En el caso de paladio, platino y rodio se observa la presencia de estos metales. Como se puede observar en la figura 5.14. El platino se encuentra presente en todas las muestras y para el caso del rodio (Rh), se encuentra presente solo en algunas muestras.

Para el caso cadmio existen dos muestras que sobrepasan los niveles con los cuales una planta se considera contaminada por este metal (ver anexo III). Las cuales son: cip25 y cip26. Estas muestras fueron tomadas en Claustros de San Miguel río (cip25) y Campo 4 Río (cip26).

El paladio se encuentra presente en todas la muestras al igual que el platino, solo que presenta una concentración más alta que éste. Como se puede observa en la figura 5.15 el paladio se encuentra alrededor de 40 mg/Kg en la mayoría de las muestras de pasto en este municipio.

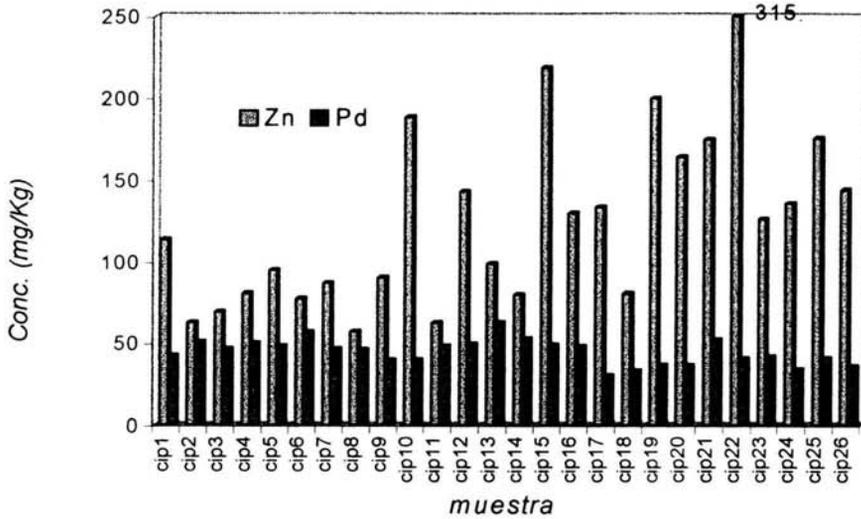


Figura 5.15 Concentraciones Pd y Zn para muestras de pasto.

5.3.3 SUELO

En el municipio de **Zumpango** se observó que las muestras de suelo son las que presentan altas concentraciones de metales. De acuerdo a los límites máximos (ver anexo III) permitidos en suelo. En el municipio de Zumpango, Arsénico y Mercurio (Figura 5.16), se encuentran por encima de estos límites. Para el caso de Paladio y Rodio no se pudo determinar su concentración con la metodología empleada. Sin embargo, para Platino se observa que se encuentra presente en más de una muestra, lo que nos indica cierta contaminación por este metal debido a que su abundancia en el ecosistema es relativamente baja. [1-7]

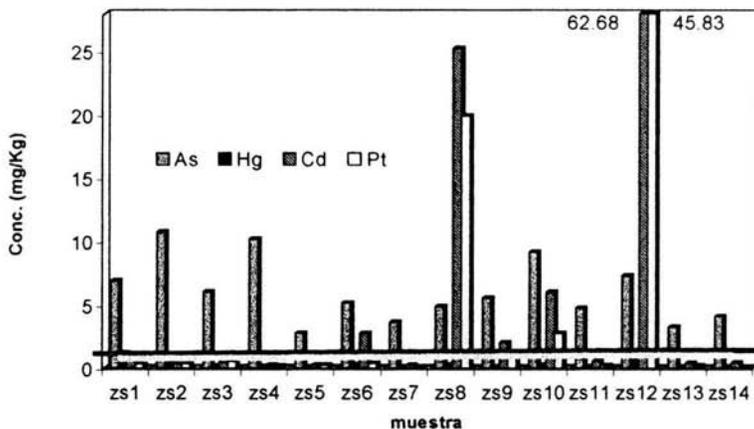


Figura 5.16 Concentraciones de As, Cd, Hg y Pt para muestras de suelo

En el municipio de **Nezahualcóyotl**, para el caso de muestras de suelo se puede observar presencia de platino en los suelos estudiados lo que indica una contaminación por este metal. En tres muestras se observa una alta concentración de platino.

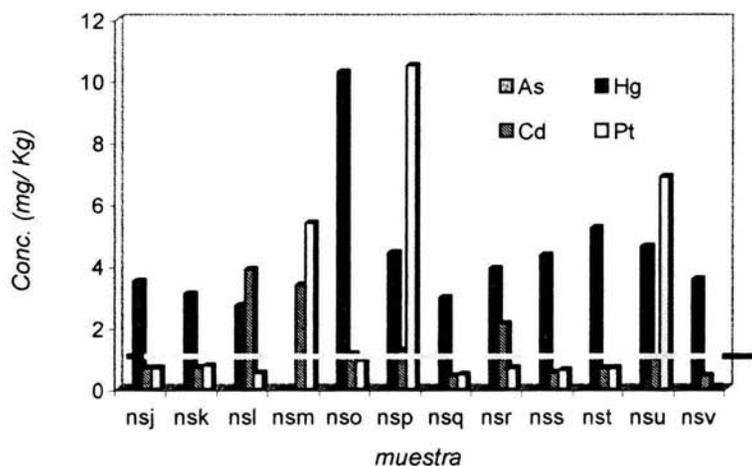


Figura 5.17 Concentraciones de As, Cd, Hg y Pt para muestras de suelo

Como se puede observar en la figura 5.17 la concentración de arsénico (As) en muestras de suelo del municipio de **Nezahualcóyotl** es muy baja, más sin embargo las concentraciones de mercurio se encuentra altas, sobre pasando los límites permisibles. En el caso del cadmio se puede destacar que tres zonas presentan concentraciones muy altas de este metal (figura 5.17) las cuales sobre pasan los niveles máximos.

En el caso del municipio de **Nezahualcóyotl**, se observa una alta concentración de cobre y plomo (Cu y Pb) en todas sus muestras; también se observa que el cromo se encuentra en altas concentraciones en la mayoría de las muestras.

En lo que respecta al municipio de **Cuautitlán Izcalli** se puede decir que existe una alta concentración de arsénico, mercurio y cobre. También se observa la presencia de Platino en algunas muestras lo que nos indica contaminación por este metal. Se observa alta concentración de Mercurio en todas las muestra, este metal igual que el arsénico sobre pasan los niveles de concentración permisibles.

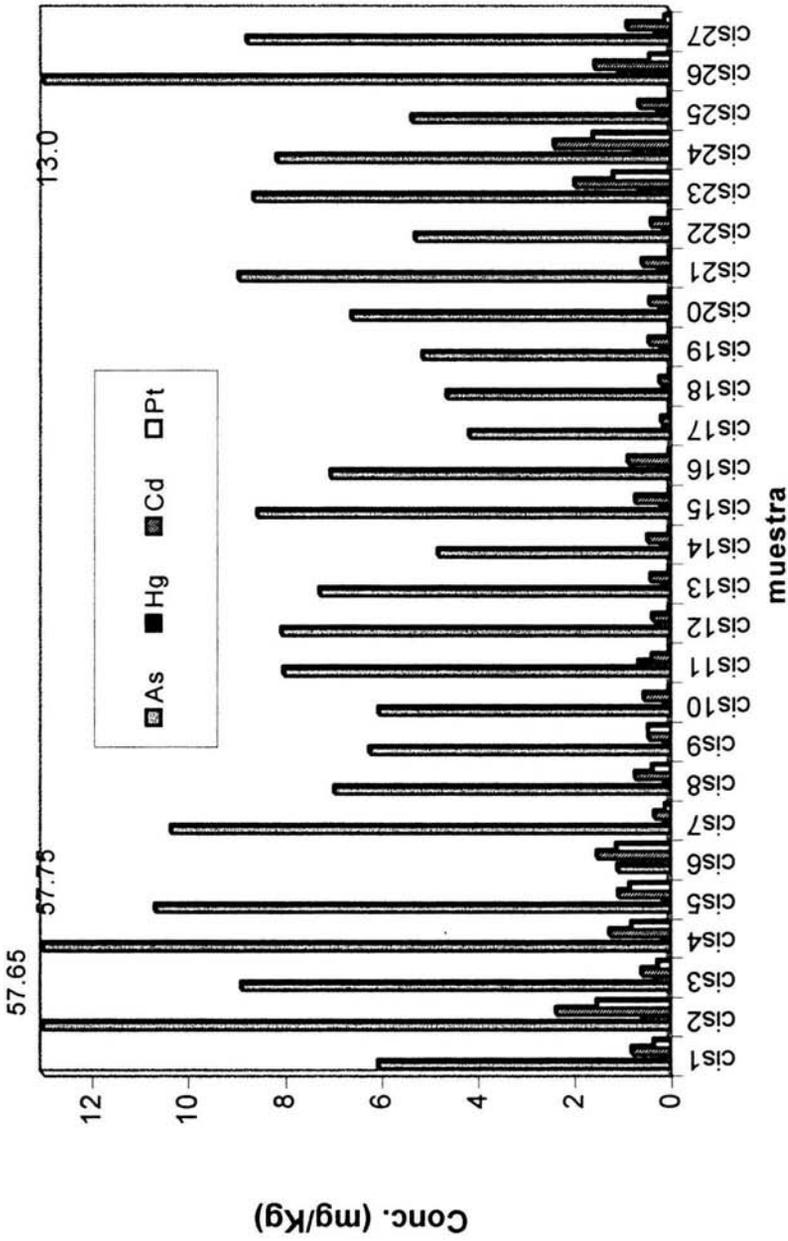


Figura 5.18 Concentraciones de As, Hg, Cd y Pt en muestras de suelo

El Cromo se encuentra en muy altas concentraciones un ejemplo es la muestra Cis24 que presenta 74 mg/ kg de muestra. Esta muestra fue tomada en el río, donde pasa por el fraccionamiento San Antonio sedimento del río.

5.4 COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE CUAUTILÁN IZCALLI (2000-2001).

Para esta parte solo se comparan las muestras que se tomaron en el mismo lugar el año 2000 y 2001, por el número de muestras solo se comparan de manera general. Los datos del año 2000 fueron tomados de trabajos anteriores [10-12].

Tabla 5.11 Muestras de Agua (2000-2001)

Año	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Pd	Zn	Lugar
2000	1.176	1	0.005	0.1092	2.58	0.224	4	0.0754	Espejo de los Lirios
2001	0.001	0.0105	0.006	0.0348	n.d.	n.d.	0.841	0.0323	Espejo de los Lirios 1
2000	0.482	1	0.005	0.109	0.93	0.1792	4	0.037	San Antonio (Rio)
2001	0.004	0.0104	0.012	0.047	n.d.	0.0389	0.828	0.071	San Antonio
2000	1.187	7.53	0.005	0.2955	6.04	0.2688	4	0.5829	Río Ford
2001	0.004	0.0105	0.006	0.0348	n.d.	n.d.	0.841	0.0323	Río Ford

n.d. no detectado

En el caso del *agua* la mayoría de los metales en las tres muestras se observa una menor concentración de estos en el año 2001 que el 2000. Un ejemplo de esto es el caso de Cobre y Paladio. Mientras que en el caso de Cromo las concentraciones entre los años es similar.

Es necesario mencionar que para obtener una comparación más confiable es necesario realizar una comparación con mayor número de muestras y en un intervalo de tiempo más amplio.

Tabla 5.12 Muestras de Pasto (2000-2001)

Año	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Pd	Pb	Zn	Lugar
2000	0.41	2.14	1.33	26	3.56	0.99	74	121.4	Lechería
2001	0.069	2.38	29.92	42.42	0.31	48.94	98.04	218.8	Lechería
2000	0.19	1.87	1.72	14.8	0.07	1.21	60	95.4	Río Ford
2001	0.06	1.8	10.64	35.62	2.54	40.54	n.d.	315.2	Río Ford
2000	n.d.	n.d.	0.96	15.6	1.21	1.18	60	54.8	San Antonio (Rio)
2001	0.081	0.9	5.34	13.58	1.32	41.88	n.d.	126.22	San Antonio (Rio)

n.d. no detectado

En lo que concierne a las muestras de *pasto* no se observa una tendencia general de aumento o disminución perceptible. Por ejemplo el cadmio presenta concentraciones

similares en las tres muestras en los diferentes años. Y en el caso del mercurio no se puede observar claramente un comportamiento.

Tabla 5.13. Muestras de suelo (2000-2001)

Año	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Pd	Zn	Lugar
2000	2.54	0.84	10.3	44.5	0.32	189	0.26	540.27	Autopista - Ford
2001	8.63	1.975	57.41	113.48	0.63	32.513	n.d.	287.63	Autopista Ford
2000	4.81	0.21	7.2	86.8	0.16	40	0.49	46.25	San Antonio
2001	8.15	2.4125	74.34	101.21	0.72	50.213	n.d.	372.75	San antonio
2000	2.68	1.43	11.7	35.2	0.24	97	0.24	145.48	Lechería
2001	6.223	0.4375	47.33	60.25	0.1	11.2	n.d.	45.675	Lechería

n.d. no detectado

En el caso de las muestras de **suelo** podemos ver que para la mayoría de los metales existe una variación en las concentraciones, entre años. Existe una mayor concentración en el año 2001. Es necesario aclarar que es necesario comparar más datos y más tiempo para poder afirmar una posible relación entre la concentración de los metales y el tiempo.

Conclusiones

6. CONCLUSIONES.

En base a los resultados obtenidos y discusión se concluye que:

Se realizó la cuantificación de 10 trazas metálicas (plomo, mercurio, cadmio, cobre, cromo, platino, paladio, zinc y arsénico) en muestras de cuerpos de agua, pasto y suelo en zonas agrícolas, urbanas e industriales colectadas de los municipios de Cuautitlán Izcalli, Nezahualcóyotl y Zumpango (2001),.

Se cuantifico la presencia de metales contaminantes por medio de espectroscopia atómica, hasta concentraciones en partes por billón ($\mu\text{g}/\text{Kg}$) después de una digestión ácida mediante horno de microondas.

Se determino que de los metales estudiados el cromo, arsénico y mercurio representa un mayor peligro en base a los resultados obtenidos.

Es notorio que en caso de las muestras de suelo existe una alta concentración de arsénico y mercurio, sin embargo, cabe mencionar que estos metales, forman parte de los suelos de regiones volcánicas.

En base a lo resultados se determino, que sí existe una relación en el caso de arsénico con el tipo municipios, encontrándose que Cuautitlán Izcalli de municipio con mayor densidad industrial presenta mayor concentración.

En el caso del análisis del tipo de zona solo para el caso del arsénico se percibe una relación con el tipo de zona, encontrando que la zona industrial es la que presenta mayor concentración. Y en cuanto al análisis con respecto al flujo vehicular se observa una relación con plomo y mercurio. Esto puede ser explicado debido a que la gasolina presenta concentraciones de plomo y a la circulación de carros que utilizan aditivos con plomo.

Se compararon los resultados con los niveles de concentración permisibles para establecer la contaminación de los Municipios por trazas metálicas. Se encontró que platino, paladio y rodio, se encuentran presentes en muchas de la muestras, de esto se puede decir, que existe contaminación por estos metales, ya que la abundancia relativa de estos metales en el medio es muy baja.

Se encontró presencia de paladio principalmente en muestras de pasto y agua, esto nos indica que este metal es absorbido por el pasto y retenido. Ya que este metal en muestras de suelo no pudo ser detectada.

Al comparar los resultados obtenidos en el municipio de Cuautitlán Izcalli, con resultados de trabajos anteriores, se determino la relación de la concentración de los metales y el tiempo. En el caso de agua, en la mayoría de los metales se percibe una disminución en la concentración del año 2000 al 2001. Para el caso de pasto no se percibe una tendencia de la concentración con respecto al tiempo (2000-2001). En las muestras de suelo se presentan variaciones en las concentraciones entre los años (2000-2001).

Anexas

7. ANEXOS

ANEXO I

Mapas de los municipios estudiados.

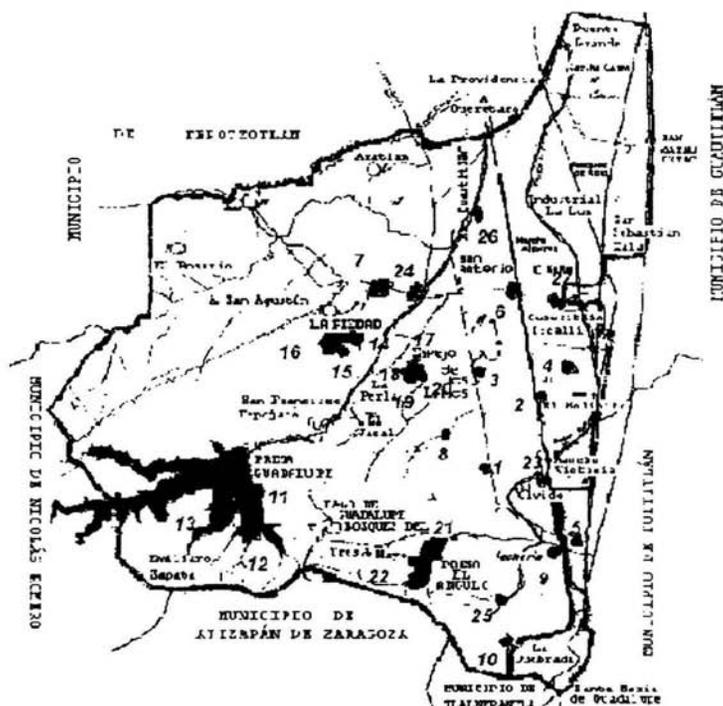
Nota: solo se señalan los lugares donde se tomaron las muestras de suelo, muestras de pasto y agua se tomaron en el caso de que estuvieran disponibles en el lugar.



Muestra	Zona	Lugar
zs1	A	Reyes Zumpango frente a COMEX
zs2	A	Laguna De Zumpango V.C
zs3	A	Reyes Zumpango frente a DEMATEO
zs4	U	Bo San Lorenzo Rió Av de Pachuca
zs5	U	Zump. Col. Arenal casa 65
zs6	U	Zump. Calle Galiana Santa Maria
zs7	A	Agrícola punto 6
zs8	A	R. Av. P punto 33
zs9	U	R. Av. P San pedro de la laguna
zs10	A	Av a Tizayuca punto 6
zs11	A	punto 37 R. Av. P.
zs12	U	Av. R. Pachuca San Lorenzo Rió
zs13	U	Calle 2 de Marzo San Bartolo
zs14	A	Laguna de Zumpango

Muestra	Zona	Lugar
zp1	A	Zumpango Vía de Comunicación
zp2	U	Av. Río de Pachuca Bo. San Lorenzo
zp3	A	Zumpango agrícola punto 6
zp4	U	Santa María (Belizario y Galeana)
zp5	U	Sn. Pedro de la Laguna
zp6	A	R. Av. Pachuca punto 37
zp7	A	Laguna de Zumpango
zp8	A	Punto6 mapa. Av a Tizayuca
zp9	A	Punto 33 Mapa.R.Av Pachuca
zp10	A	Reyes Zumpango frente a Comex(San Sebastian)
zp11	U	Calle 2 de Marzo San Bartolo
zp12	U	Frente a la casa#65 Tizayuca
za1	A	Laguna de Zumpango
za2	U	Gran Canal
za3	U	San Pedro de la Laguna
za4	U	Río Av. Pachuca Bo. San Lorenzo
za5	A	Río Av. Pachuca punto 37
za6	A	Río Av. Pachuca punto 33
za7	A	RíoSan javier y Tiz. Tizayuca
za8	A	Punto 6 mapa Av. Tizayuca

Municipio de Cuautitlán Izcalli



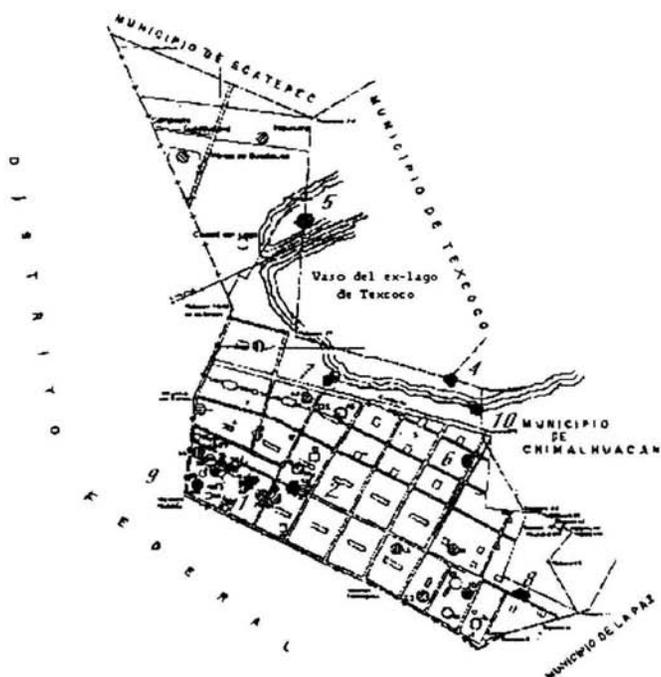
Muestra	Zona	Lugar	Muestra	Zona	Lugar
cis1	U	FESC	cis15	A	Chamizal2
cis2	I	Koblenz	cis16	A	Chamizal3
cis3	U	P. Municipal	cis17	U	Espejo de los Lirios 1
cis4	I	Parque Ind. Izcalli	cis18	U	Espejo de los Lirios 2
cis5	I	Parque Ind. lecheria	cis19	U	Espejo de los Lirios 3
cis6	I	Cuamatla	cis20	U	Espejo de los Lirios 4
cis7	U	La aurora	cis21	U	Angulo 1
cis8	U	Cumbria	cis22	U	Angulo 2
cis9	I	Lecheria	cis23	I	Ford Rio
cis10	U	Quebrada	cis24	U	San Antonio Río
cis11	U	Lago de Guadalupe 1	cis25	I	Peri norte Río
cis12	U	Lago de Guadalupe 2	cis26	A	Claustros de San Miguel Río
cis13	U	Lago de Guadalupe 3	cis27	I	Campo 4 Río
cis14	A	Chamizal1			

Muestra	Zona	Lugar	Muestra	Zona	Lugar
cip1	U	Lago de guadalupe 1	cip23	U	San antonio Rio
cip2	U	Lago de guadalupe 2	cip24	I	Perinorte Rio
cip3	U	Lago de guadalupe 3	cip25	U	Claustros de San Miguel Rio
cip4	U	Espejo de los Lirios 1	cip26	U	Campo 4 Rio
cip5	U	Espejo de los Lirios 2	izca1	U	Lago de guadalupe 1
cip6	U	Espejo de los Lirios 3	izca2	U	Lago de guadalupe 2
cip7	U	Espejo de los Lirios 4	izca3	U	Lago de guadalupe 3
cip8	A	Chamizal1	izca4	A	Chamizal3
cip9	A	Chamizal2	izca5	U	Angulo 1
cip10	U	Angulo 1	izca6	U	Espejo de los Lirios 4
cip11	U	Angulo 2	izca7	U	Espejo de los Lirios 1
cip12	I	Parque Ind.izcalli	izca8	U	Espejo de los Lirios 2
cip13	U	FESC	izca9	A	Chamizal1
cip14	U	La aurora	izca10	U	Angulo 2
cip15	I	Lecheria	izca11	U	Espejo de los Lirios 3
cip16	I	Cuamatta	izca12	A	Chamizal2
cip17	U	Quebrada	izca13	U	Rio Infonavit
cip18	A	Chamizal3	izca14	U	San Antonio
cip19	I	Koblenz	izca15	I	Ford Col Conchitas
cip20	U	P. Municipal	izca16	I	Planta de Tratamiento Pennorte
cip21	U	Cumbria	izca17	I	Campo4
cip22	I	Ford Rio			

ESTA TESIS NO SALE DE LA BIBLIOTECA

Anexos

Municipio de Nezahualcóyotl



Muestra	Zona	Lugar	Muestra	Zona	Lugar
ns1	U	Estatua Neza	np3	U	Palacio Municipal
ns2	U	Palacio Municipal	np4	U	Periférico Sur Pantitlan
ns3	U	Hda. San Miguel	np5	U	Av. Xochiaca (Rio)
ns4	U	El Tesorito Neza	np6	U	Av. Ferrocamil
ns5	U	Anillo Periférico Neza	np7	U	Anillo Periférico
ns6	U	Av. Xochiaca y L.M.	np8	U	Hda. San Agustín (ENEP)
ns7	U	Rio Churubusco	np9	U	El tesorito
ns8	U	P. Industrial Neza	na1	U	Laguna el tesorito
ns9	U	Pantitlán Periférico Sur	na2	U	Borde de Xochiaca 1
ns10	U	Campo de Football	na3	U	Borde de Xochiaca 2
ns11	U	Valle de San Lorenzo	na4	U	Borde de Xochiaca 3
ns12	U	Av. Ferrocamil de Sur	na5	U	Anillo Periférico
np1	U	Estatua Neza			
np2	U	Calle San. Lorenzo (Rio)			

ANEXOS II

Curvas de Calibración.

Análisis estadístico para la curva de calibración de As.

En el caso de arsénico y mercurio el estudio se realizó con ayuda del espectrofotómetro de absorción atómica (generador de hidruros y vapor frío). Utilizado la siguiente curva para el As.

Tabla 2 curva de calibración As.

Conc. ($\mu\text{g/L}$)	Absorbancia
10	0.0856
20	0.1575
30	0.2192
50	0.3159
70	0.3388

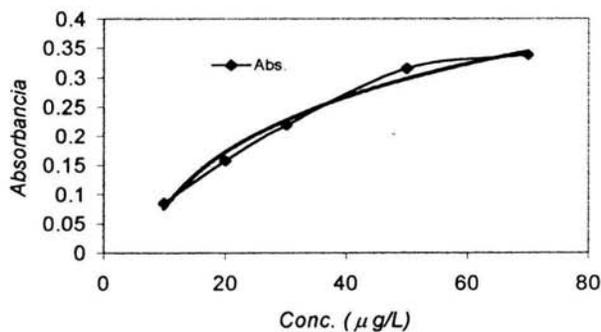


Gráfico 1 Curva de Calibración para As.

El coeficiente de determinación indica que el 99.96 % de la variabilidad observada en la absorción está explicada por los cambios en la concentración de As.

Tabla 3 Parámetros estadísticos de la regresión de la curva de calibración de As.

Parámetro	Valor estimado
Intercepto	- 0.2411
Pendiente ($\mu\text{g/L}$)	0.1377
Coef. De correlación (r)	0.9920
Coef. De determinación (r^2)	0.9842

Análisis estadístico para la curva de calibración Hg

Tabla 4 curva de calibración Hg.

Conc. ($\mu\text{g/L}$)	Absorbancia
5	0.0405
10	0.0907
15	0.1495
20	0.2011
25	0.2657

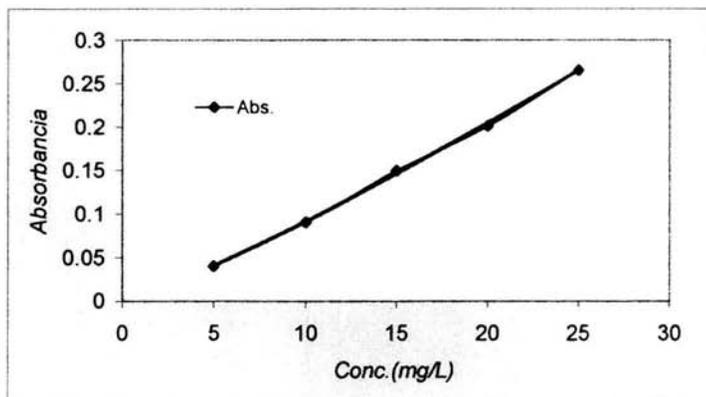


Figura 2 Curva de Calibración Hg

El coeficiente de determinación indica que el 99.96 % de la variabilidad observada en la absorción está explicada por los cambios en la concentración de Hg.

Tabla 5 Parámetros estadísticos de la regresión de la curva de calibración de Hg.

Parámetro	Valor estimado
Intercepto	0.
Pendiente ($\mu\text{g/L}$)	0.0062
Coef. de correlación (r)	0.9997
Coef. de determinación (r^2)	0.9996

Análisis estadístico para la curva de calibración Cd (214.4).

Tabla 6 curva de calibración Cd.

Conc. (mg/L)	Señal (IR)
0.25	21.064
0.5	40.996
1	87.812
3	257.61
6	512.5
9	778.63
12	1052.6

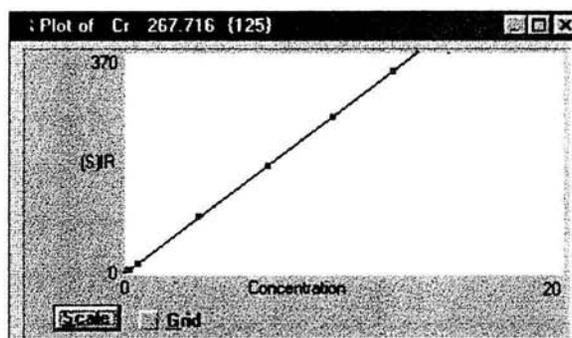


Figura 10 Curva de calibración de Cd

El coeficiente de determinación indica que el 99.9831 % de la variabilidad observada en la señal (IR) está explicada por los cambios en la concentración de Cd.

Tabla 7 Parámetros estadísticos de la regresión de la curva de calibración de Cd.

Parámetro	Valor estimado
Intercepto	0.0959
Pendiente (mg/L)	86.6322
Coef. De correlación (r)	0.9999157
Coef. De determinación (r ²)	0.9998314

Análisis estadístico para la curva de calibración Cr.

Tabla 8 curva de calibración Cr.

Conc. (mg/L)	Señal (IR)
0.25	6.9048
0.5	14.18
1	28.33
3	83.722
6	166.17
9	248.58
12	331.46

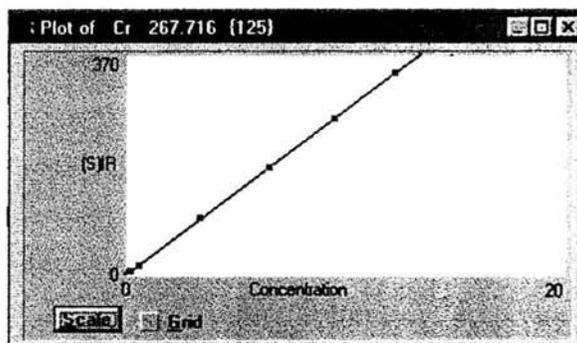


Figura 11 Curva de calibración de Cr

El coeficiente de determinación indica que el 99.9962 % de la variabilidad observada en la señal (IR) está explicada por los cambios en la concentración de Cr.

Tabla 9 Parámetros estadísticos de la regresión de la curva de calibración de Cr.

Parámetro	Valor estimado
Intercepto	0.0101
Pendiente (mg/L)	27.6982
Coef. de correlación (r)	0.9999813
Coef. de determinación (r ²)	0.99996260

Análisis estadístico para la curva de calibración Cu.

Tabla 10 curva de calibración Cu.

Conc. (mg/L)	Señal (IR)
0.25	4.7676
0.5	8.8315
1	17.54
3	50.604
6	99.032
9	149.34
12	199.88

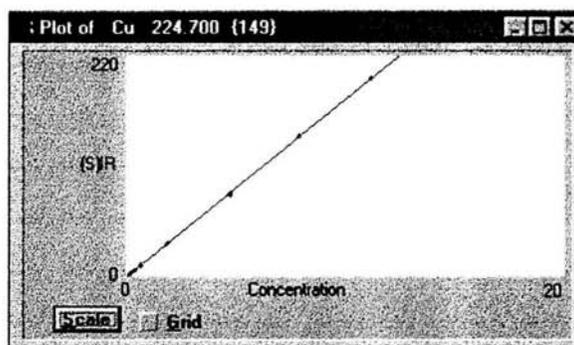


Figura 12 Curva de calibración de Cu

El coeficiente de determinación indica que el 99.9850 % de la variabilidad observada en la señal (IR) está explicada por los cambios en la concentración de Cu.

Tabla 11 Parámetros estadísticos de la regresión de la curva de calibración de Cu.

Parámetro	Valor estimado
Intercepto	0.2656
Pendiente (mg/L)	16.6342
Coef. de correlación (r)	0.9999253
Coef. de determinación (r ²)	0.9998506

Análisis estadístico para la curva de calibración Pb.

Tabla 12 curva de calibración Pb.

Conc. (mg/L)	Señal (IR)
0.25	1.2549
0.5	2.7132
1	5.8574
3	18.051
6	35.537
9	53.613
12	70.818

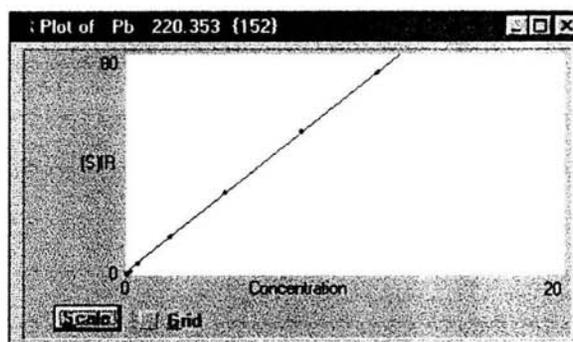


Figura 13 Curva de calibración de Pb

El coeficiente de determinación indica que el 99.9916 % de la variabilidad observada en la señal (IR) está explicada por los cambios en la concentración de Pb.

Tabla 13 Parámetros estadísticos de la regresión de la curva de calibración de Pb.

Parámetro	Valor estimado
Intercepto	-0.2297
Pendiente (mg/L)	15.9670
Coef. de correlación (r)	0.9999582
Coef. de determinación (r ²)	0.9999164

Análisis estadístico para la curva de calibración Pd.

Tabla 14 curva de calibración Pd.

Conc. (mg/L)	Señal (IR)
0.25	3.7231
0.5	4.0338
1	4.491
3	6.8543
6	10.417
9	13.924
12	17.588

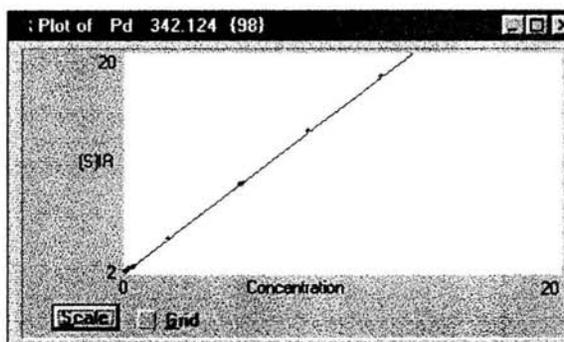


Figura 14 Curva de calibración de Pd

El coeficiente de determinación indica que el 99.9644 % de la variabilidad observada en la señal (IR) está explicada por los cambios en la concentración de Pd.

Tabla 15 Parámetros estadísticos de la regresión de la curva de calibración de Pd.

Parámetro	Valor estimado
Intercepto	3.4229
Pendiente (mg/L)	1.1676
Coef. de correlación (r)	0.9998221
Coef. de determinación (r ²)	0.9996442

Análisis estadístico para la curva de calibración Pt.

Tabla 16 curva de calibración Pt.

Conc. (mg/L)	Señal (IR)
0.25	9.5509
0.5	18.464
1	38.957
3	110.87
6	219.33
9	329.07
12	444.78

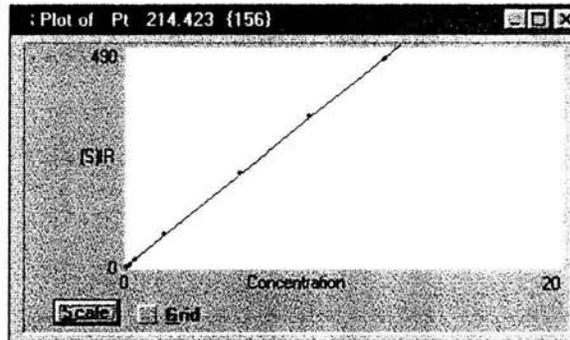


Figura 15 Curva de calibración de Pt

El coeficiente de determinación indica que el 99.9865 % de la variabilidad observada en la señal (IR) está explicada por los cambios en la concentración de Pt.

Tabla 17 Parámetros estadísticos de la regresión de la curva de calibración de Pt.

Parámetro	Valor estimado
Intercepto	0.1875
Pendiente (mg/L)	36.8411
Coef. de correlación (r)	0.9999325
Coef. de determinación (r^2)	0.9998650

Análisis estadístico para la curva de calibración Rh.

Tabla 18 curva de calibración Rh.

Conc. (mg/L)	Señal (IR)
0.25	1.6512
0.5	3.184
1	6.2174
3	18.093
6	35.295
9	52.586
12	70.504

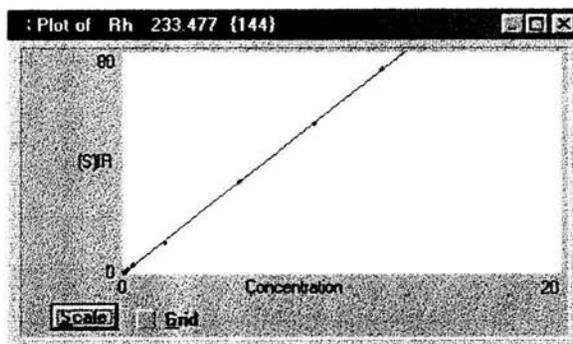


Figura 16 Curva de calibración de Rh

El coeficiente de determinación indica que el 99.9923 % de la variabilidad observada en la señal (IR) está explicada por los cambios en la concentración de Rh.

Tabla 19 Parámetros estadísticos de la regresión de la curva de calibración de Rh.

Parámetro	Valor estimado
Intercepto	0.1924
Pendiente (mg/L)	5.8641
Coef. de correlación (r)	0.9999619
Coef. de determinación (r ²)	0.9999238

Análisis estadístico para la curva de calibración Zn.

Tabla 20 curva de calibración Zn.

Conc. (mg/L)	Señal (IR)
0.25	21.23
0.5	41.394
1	82.287
3	244.26
6	483.3
9	727.66
12	971.92

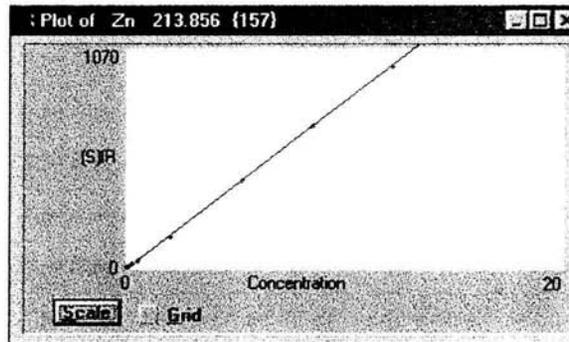


Figura 17 Curva de calibración de Zn

El coeficiente de determinación indica que el 99.9985 % de la variabilidad observada en la señal (IR) está explicada por los cambios en la concentración de Zn.

Tabla 21 Parámetros estadísticos de la regresión de la curva de calibración de Zn.

Parámetro	Valor estimado
Intercepto	0.6323
Pendiente (mg/L)	47.150
Coef. de correlación (r)	0.9999928
Coef. de determinación (r ²)	0.9999856

ANEXO III

Limites máximos permisibles para Agua, Plantas y Suelo [30,31,32 y 33]

Tabla 22 Limites máximos permisibles para muestras de agua.

Rios				
Parámetros (mg/L)	Uso en riego agrícola		Uso público urbano	
	P.M	P.D	P.M	P.D
Arsénico	0.20	0.40	0.1	0.2
Cadmio	0.20	0.40	0.1	0.2
Cobre	4.0	6.0	4.0	6.0
Cromo	1.0	1.5	0.5	1.0
Mercurio	0.001	0.02	0.01	0.01
Plomo	0.5	1.0	0.2	0.40
Zinc	10	20	10	20

P.D Promedio diario

P.M Promedio mensual

Los valores tomados como referencia para éste trabajo son los reportados como Promedio diario (P.D).

Tabla 23 límites máximos permisibles para Plantas y Suelos.

Metal	Concentraciones en plantas (mg/Kg)	Concentraciones en suelo (mg/Kg)
As	---	0.5-2.5
Cd	5-30	0.06-1.1
Cr	5-30	5.0
Cu	15-100	20-30
Hg	0.5-3	0.040
Pb	30-300	10-40
Pd	---	0.0005-0.030
Pt	---	0.020-0.075
Rh	---	0.020
Zn	100-400	300

Bibliografía

BIBLIOGRAFÍA.

1. Klaus R Koch, derek Auer, Determination of platinum and Palladium in strongly acid solution by means of flow injection analysis. *Talanta*, Vol.40, No.12, p.p 1975-1980, 1993.. Suelo-Residuos Sólidos-Determinación del pH-Método Potenciométrico".
2. Kabata-Pendias, Trace Elements in Soils and Plants 2nd ed., CRC PRESS, USA, p.p 1992.
3. Farago E. Margaret, et. al., Platinum concentrations in urban road dust and soil, and in blood, and urine in the United Kingdom, *Analyst*, March, Vol.123, p.p 451-454,1998.
4. Fhati, Zereini. Anthropogenic Platinum Group Element Emissions Their Impact on Man Environment. Ed Springer – Verlag. Germany. 2000. p.p. 4-14, 15-21, 57-64,
5. David M. Wayne, Direct Determination of trace Noble Metals (Palladium, Platinum and Rhodium) in Automobile Catalysts by Glow Discharge Mass Spectrometry, *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, October, Vol.12, p.p 1195-1202,1997.
6. Vlasánkova, V. Otruba, J. Bendl, M. Físera V. Kanický, Preconcentration of platinum group metals on modified silicagel and their determination by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry and inductively coupled plasma mass spectrometry in airborne particulates. *Talanta*, 48, p.p 839-846. 1999.
7. V. Kanický, V. Otruba, J. Mermel, Comparison of some analytical performance characteristics in inductively coupled plasma spectrometry of platinum group metals and gold. *Talanta*, Vol. 48, p.p 859-866, 1999.
8. Harris, Daniel. "Análisis Químico Cuantitativo". Iberoamerica. México.1992
9. Skoog, Douglas A. "Química analítica" 6^a ed. Mc Graw Hill. México.1995, p.p.245-262
10. Uribe Díaz Gabriela, Métodos de Separación para el Análisis Químico y el Desarrollo Tecnológico: Cuantificación de trazas metálicas (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Pd, Pt, Rh, Zn) en muestras de suelo por Espectrofotometría de absorción atómica, FES-Cuautitlán, UNAM, 2002.
11. Salamanca Cova Judit, Métodos de Separación para el Análisis Químico y el Desarrollo Tecnológico: Determinación de trazas metálicas contaminantes en cuerpos de agua por Espectrofotometría de absorción atómica, FES-Cuautitlán, UNAM, 2002.

12. Ramírez María del Pilar, Métodos de Separación para el Análisis Químico y el Desarrollo Tecnológico: Determinación de trazas metálicas contaminantes en muestras de pasto por Espectrofotometría de absorción atómica, FES-Cuautitlán, UNAM, 2002.
13. Jhon,Dean. Atomic Absorption and Plasma Spectroscopy. John Wiley & Sons. 2° ed.New York.1997.
14. Nonato N.F. " Sistema de Atomización Utilizados en Espectroscopia de Absorción Atómica Flama, Horno de Grafito, Generador de Hidruros y Generador de Vapor frío, para el Análisis de muestras complejas", FES Cuautitlán, UNAM.1997. p.p.30-42
15. H.M.(skip) Kingston, Editor Introduction to microwave sample Preparation Theory and Practice.ACS Profesional Reference book. Washinton, D.C. 1988.
16. Manual del Equipo de Microondas Mars 5 (CEM).
17. Hawley, Gessner. Diccionario de Química y Productos químicos. Ed.Omega. Nueva Edición. Barcelona.1993.
18. Enciclopedia Microsoft Encarta 2000.
19. Gray, N.F. "Calidad del agua potable, problemas y soluciones". Acibia. España. p.p. 18-31, 49-73.
20. Richard W. Smiley, Peter H. Dernoeden, Bruce B. Clarke, Plagas y enfermedades de los céspedes, 2da. Edición, ed. Mundi Prensa, Mexico, p.p. 1-4, 1996.
21. Lopez Ritas J.,El diagnostico de suelos y plantas, 4ta. Ed.,ed. Mundi prensa, Madrid, p.p. 247, 335-337, 343-346, 349-350, 1990.
22. Duran, Joaquín P. " Tratamiento de Suelos Contaminados por Gasolina, Diesel, Petróleo crudo y combustóleo. FES Cuautitlán. UNAM. 1999.p.p.20-32
23. Ramírez Curiel Alejandro, Zumpango, Monografía Municipal, Instituto Mexiquense de cultura, México, 1999
24. García Luna Margarita, Nezahualcóyotl, Monografía Municipal, Instituto Mexiquense de cultura, México, 1999.
25. . Zuani Cruz José, Domínguez Ávila Humberto, Cuautitlán Izcalli, Monografía Municipal, Instituto Mexiquense de cultura, México, 1999.
26. Lowrence, Keith H. "Principles of Enviromental Sampling" American Chemical Society, USA,1988, p.p.172-183, 390-393.

27. Norma Mexicana NMX-AA-15-1985. "Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales-Muestreo-Método de Cuarteo".
28. Norma Mexicana NMX-AA-25-1984. "Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos-Determinación del pH-Método Potenciométrico".
29. Alloway B.J.(1993), "Heavy metals in soils", Halsted Press, Great Britain, p.p. 8-9, 11, 13, 31-34, 36-38, 42-43, 52, 55, 84, 86-87, 100-101, 105, 108-109, 118, 136-137, 153, 160-161, 178, 188, 224-225, 227-230, 234, 262-263, 267
30. Kabata-Pendias Alina, Pendias Henryk (1992), "Trace elements in soils and plants", 2nd ed., CRC PRESS, USA, p.p. 295-296.
31. <http://www.epa.gov/tio/tsp/download/issuel4.pdf>. Noviembre 04, 2001.
32. Norma Oficial Mexicana NOM-001-Ecol-1996 "Que establece los límites máximos permisibles de descargas contaminantes en aguas residuales, aguas y bienes nacionales".
33. Estadísticas del Medio Ambiente, INEGI, p.p. 121-127 , 1997
34. Pérez López C. (1998), "Métodos estadísticos con Statgraphics para Windows. Técnicas Básicas", RA-MA, España, p.p. 571-584.
35. H. Ayuntamiento Constitucional Cuautitlán Izcalli. Directorio Empresarial. Edición 1999..
36. <http://www.edomex.gob.mx/se/diagmuni.htm>. Octubre 31, 2001.
37. <http://www.babab.com/no01/agua.htm>.