

870127

6.
2ej

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA
INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS



**DETERMINACION CUANTITATIVA DE METALES PESADOS (PLOMO Y MERCURIO)
EN GRANO, MASA Y TORTILLA DE MAIZ.**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

P R E S E N T A
ROSALVA GODINEZ GARCIA

ASESOR: DRA. ROSA MARIA MUÑOZ SAUCEDA

GUADALAJARA, JAL.

1988

FALLA DE ORIGEN



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.

I N D I C E

1.	INTRODUCCION	1
2.	GENERALIDADES	
2.1.	El Maiz	2
2.1.1.	Producción	3
2.1.2.	Morfología	5
2.1.3.	Composición Química del Maiz	8
2.1.4.	Requisitos de Clima y Suelo	12
2.2.	Contaminación	13
2.2.1.	Contaminación del Aire	15
2.2.2.	Contaminación del Agua	21
2.2.3.	Contaminación de Suelos	32
2.3.	Toxicología	34
2.4.	Métodos Analíticos	51
3.	DESARROLLO EXPERIMENTAL	
3.1.	Selección del Sitio de Muestreo	54
3.2.	Análisis de las Muestras	56
4.	RESULTADOS	57
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
6.	BIBLIOGRAFIA	60

1. INTRODUCCION

En México, como en otros países Latinoamericanos se consume una gran cantidad de maíz, este cultivo tiene una importancia especial, dado que es el cereal que constituye la base esencial de la alimentación de estos pueblos.

Desde los albores de la civilización el hombre ha luchado continuamente para mejorar sus condiciones de vida, sin embargo, en los últimos tiempos, debido al crecimiento demográfico y desarrollo industrial de las ciudades, se ha provocado un incremento notable en la cantidad de contaminantes arrojados a los ecosistemas.

Dentro de estos contaminantes, existen ciertos metales pesados como el Plomo y el Mercurio, que se encuentran en el medio ambiente y que algunas veces están presentes en los productos alimenticios; estos metales son tóxicos para el humano aún en concentraciones muy bajas, ya que son los causantes de enfermedades como el saturnismo y la anuria, respectivamente.

Debido a que se tiene un alto consumo de este producto, es importante analizar el contenido de Plomo y Mercurio ya que frecuentemente éste puede ser contaminado por el uso de plaguicidas adicionados sin control, riego de cultivos con aguas residuales algunas veces de origen industrial, y por la contaminación atmosférica generada por los vehículos motorizados, que en su mayoría consumen gasolina con antidetonantes como el tetraetilo de plomo.

La finalidad de esta investigación es detectar la posible contaminación de Plomo y Mercurio que se encuentre en el grano y en la fabricación de tortilla de maíz, que puede provenir de cualquiera de las fuentes antes mencionadas.

2. GENERALIDADES

2.1. El Maíz

El maíz pertenece a la familia de las gramíneas. Su nombre científico es Zea mays. Es producto originario de América, donde se cultiva ampliamente, y de donde se extendió a África, India, Australia y a las partes más templadas de Europa.

El maíz es un cereal que se adapta ampliamente a diversas condiciones ecológicas y edáficas. Por eso, se le cultiva en casi todo el mundo.

Las razones que hacen del maíz un cultivo popular son las siguientes:

- +Su alto rendimiento por número de horas trabajadas.
- +Su contenido de nutrientes, se considera con una gran fuente de carbohidratos los que proporcionan energía para efectuar una gran variedad de funciones biológicas.
- +Facilidad en el manejo y transporte.
- +La envoltura de sus hojas, protege los granos contra daños causados por pájaros y lluvias.
- +Fácil de cosechar.
- +No hay muchas pérdidas de granos durante el manejo.
- +Existen cultivos con diferentes períodos de maduración
- +Se usa tanto en la alimentación humana y animal, como en la transformación industrial, en la que desempeña un papel importante ya que se procesa un gran número de productos y subproductos como aceite, celulosa, explosivos, plásticos, jabón, glicerina, emulsiones, productos medicinales y farmacéuticos.

2.1.1. Producción

El maíz ocupa el tercer lugar en la producción mundial después del trigo y el arroz.

En el año de 1983 en nuestro país se cultivaron 7'420 623 Ha. con una producción total de 13'061 208 toneladas de maíz, obteniéndose un rendimiento promedio de 1.76% toneladas por hectárea, (Tabla 1). Considerando en conjunto a los principales cereales que son cultivados en México, así como la superficie sembrada y la producción obtenida en este mismo año, el siguiente cuadro nos muestra que el maíz ocupa la mayor producción - en nuestro país.

CEREAL	SUPERFICIE TOTAL Ha.	PRODUCCION TOTAL TON	RENDIMIENTO TON/Ha.
Maíz	7'420 623	13'061 208	1.76
Sorgo	1'517 763	4'846 337	3.19
Trigo	857 099	3'460 242	4.04

En este mismo período el Estado de Jalisco contó con una superficie cosechada de 831 359 Ha. y una producción de 2'001 359 toneladas de grano lo que viene a representar un 15.32 % de la producción nacional.

Para 1985 Jalisco certacó aún más su producción llegando ésta a un total de 2'104 665 toneladas de maíz y un rendimiento promedio del 2.53 toneladas por hectárea. El 40% del maíz es destinado a la producción y elaboración de tortillas, y el resto a la fabricación de almidón, jara-be, alcohol, siembra, y a la alimentación animal.

TABLA I

EXTENSION, PRODUCCION Y RENDIMIENTO DE MAIZ EN MEXICO
EN 1983

ESTADO	SUPERFICIE Ha	PRODUCCION Toneladas	RENDIMIENTO Ton/Ha
Agua Calientes	52 592	72 140	0.779
Baja Calif. Norte	8 737	26 151	2.993
Baja Calif. Sur	2 060	130 625	63.81
Campeche	40 825	35 389	0.867
Cosahuila	38 754	50 100	1.273
Colima	33 511	91 602	2.735
Chiapas	667 162	1 531 453	2.295
Chihuahua	343 156	352 515	1.027
Distrito Federal	12 701	25 015	1.970
Durango	198 591	257 320	1.296
Guanaajuato	411 485	720 526	1.751
Guanajuato	434 136	638 483	1.471
Hidalgo	208 676	382 114	1.831
Jalisco	831 359	2 001 339	2.407
México	703 485	2 057 561	2.925
Michoacan	463 353	922 563	1.991
Morcos	49 739	48 252	0.970
Nayarit	63 348	154 583	2.440
Nuevo León	70 180	108 805	1.55
Oaxaca	313 931	333 132	1.061
Puebla	499 070	503 954	1.008
Queretaro	93 859	151 039	1.609
Quintana Roo	39 287	20 480	0.521
San Luis Potosi	145 988	171 060	1.172
Sinaloa	90 665	126 719	1.398
Sonora	27 174	94 125	3.464
Tabasco	47 705	75 220	1.577
Tamaulipas	340 784	717 823	2.106
Tlaxcala	134 570	154 217	1.145
Veracruz	448 602	650 699	1.451
Yucatán	129 658	123 377	0.951
Zacatecas	135 521	459 493	1.055
TOTAL	7 420 623	13 061 201	1.76

FUENTE: (10)

2.1.2. Morfología

El cultivo del maíz es de régimen anual. Su ciclo vegetativo oscila entre 80 y 200 días, desde la siembra hasta la cosecha.

La estructura del maíz se muestra a continuación (Fig.1)

- (1) **Planta:** Existen variedades enanas de 40 a 60 cm. de altura hasta las gigantes de 200 a 300 cm.
- (2) **Tallo:** Es leñoso y cilíndrico. El número de los nudos varía de 8 a 25, con un promedio de 16.
- (3) **Hoja:** La vaina de la hoja forma un cilindro alrededor del entrenudo, pero con los extremos desunidos, generalmente es de color verde pero se pueden encontrar hojas rayadas de blanco y verde y púrpura. El número de hojas por planta varía entre 8 y 25
- (4) **Sistema Radicular.**
 - (5) **Raíz Seminal o Principal:** Está representada por un grupo de una a cuatro raíces, que pronto dejan de funcionar. Se originan en el embrión. Suministra nutrientes a las semillas en las primeras dos semanas.
 - (6) **Raíces adventicias:** El sistema radicular de una planta es casi totalmente de tipo adventicio. Puede alcanzar hasta dos metros de profundidad.
 - (7) **Raíces de sostén o soporte:** Este tipo de raíces se originan en los nudos, cerca de la superficie del suelo, favorecen una mayor estabilidad. Las raíces de sostén realizan la fotosíntesis.
 - (8) **Raíces aéreas:** Son raíces que no alcanzan el suelo.
 - (9) **Mazorca:** Cada planta tiene de una a tres mazorcas según las variedades y condiciones ambientales.
 - (10) **Granos:** El grano de maíz (cariopside desnudo) es mucho mayor que el de los otros cereales.

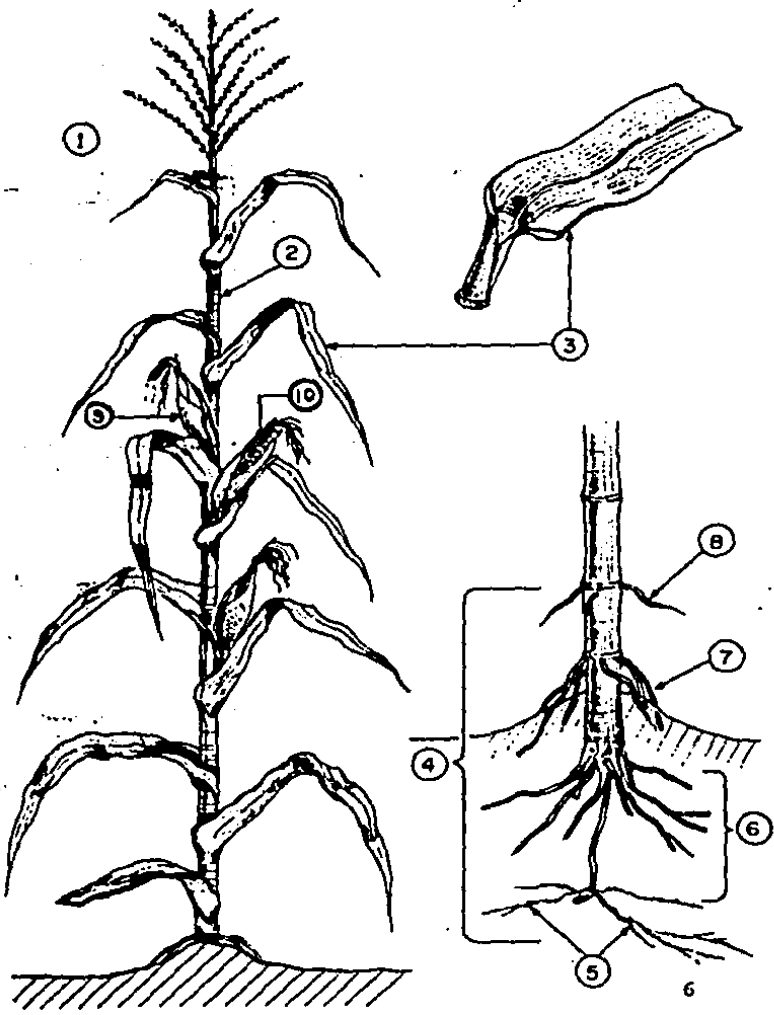


Fig. 1

MORFOLOGIA

El embrión es relativamente grande (10-13% del grano) y el endospermo esta dentro del pericarpio y la testa que están unidos formando la cáscara, (Fig. 2).

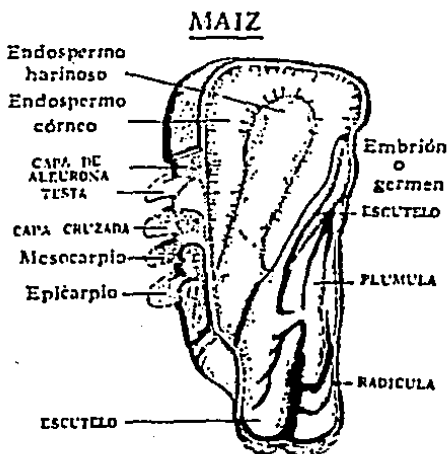


Fig. 2 Corte longitudinal del grano de maíz

La textura del endospermo del maíz varía según el tipo de éste y la región de la pepita o albumen. La parte opuesta del germen, que es de color ligero, contiene gránulos de almidón bastante sueltos con poca proteína mientras que la región córnea, que está más coloreada es las variedades amarillas, tiene gránulos de almidón más pequeños que están embebidos en hojas de material protéico.

El contenido en aceite y proteínas del endospermo córneo es más de dos veces mayor que el de la otra región

2.1.3. Composición Química del Maíz,

El grano maduro del maíz está formado por hidratos de carbono, compuestos nitrogenados (principalmente proteínas), grasas, sales minerales y agua, junto con pequeñas cantidades de vitaminas, enzimas y otras sustancias, algunas de las cuales son importantes nutrientes en la dieta humana.

Los hidratos de carbono son cuantitativamente los componentes más importantes, formando aproximadamente el 83% de la materia seca total del trigo, cebada, centeno, maíz, sorgo y arroz, y un 79% de la avena. Los más importantes son el almidón, que es el que predomina, celulosa, hemicelulosa, pentosanas, dextrinas y azúcares.

En la Tabla 2 aparecen los valores aproximados sobre la composición de los granos de cereales con el objeto de expresar las principales diferencias que existen entre ellos.

Tabla 2. COMPOSICIÓN APROXIMADA DE LOS GRANOS DE CEREALES

Cereal	Humedad %	Proteína* N. x 6,25 %	Grasa %	Hidratos de carbono solubles %	Fibra %	Cenizas %
Trigos:						
Manitoba . . .	(15)	13,6	2,5	63,0	2,2	1,5
Inglés	(15)	8,9	2,2	66,8	2,1	1,5
Mezcla para moler	12,2	13,2	1,8	69,0	2,1	1,7
Maíz:						
Duro	11,5	9,8	4,3	71,0	1,9	1,5
Dentado	11	9,4	4,1	72,1	2,0	1,4
Dulce	10,1	10,9	8,2	67,0	2,0	1,8
Sorgo	(11)	11,0	3,2	70,9	2,4	1,5
Centeno	10	12,4	1,3	71,7	2,3	2,0
Cebada	15	10	1,5	66,4	4,5	2,6
Arroz:						
Con cáscara . .	(12)	8,0	1,9	62,7	9,0	6,3
Moreno	(12)	9,7	2,4	73,2	1,1	1,6
Pulido	(12)	8,6	0,4	78,2	0,3	0,5
Avenas:						
Todo el grano.	11	10,3	4,7	62,1	9,3	2,6
Limpio	11	13,3	6,2	66,4	1,2	1,9

* N x 5,7 para el trigo y centeno; N x 5,95 para el arroz.

El contenido en cenizas es más elevado en la cebada, avena y arroz que en el maíz corgo, trigo y centeno; esto es una consecuencia de la presencia de cáscara que es rica en minerales (Tabla 3). Cuando la comparación se hace entre cereales en las mismas condiciones morfológicas, ejemplo, después de pelar los tipos provistos de cáscara, las diferencias son mucho más reducidas.

Las proporciones de los constituyentes en las partes morfológicas más importantes con observadas en la Tabla 4 en la que nos muestra el porcentaje de los nutrientes del maíz.

Tabla 4

Porcentaje de los Constituyentes totales de maíz presentes en sus principales partes morfológicas

Parte	Peso gr. % de grano	C o n s t i t u y e n t e s			
		almidón	Proteína	Grasa	Cenizas
Salvado	5	0	2	1	2
Endospermo	82	98	75	15	17
Germen	13	2	23	84	81

Cifras obtenidas de Shollenberger and Jaeger

Tabla 3

CIFRAS REPRESENTATIVAS PARA LOS CONSTITUYENTES MINERALES DE LOS GRANOS DE CEREALES* (MGR. POR 100 GR. DE MATERIAL SECO)

Elementos	Trigo mezcla	Cebada	Centeno	Avena		Mala	Arroz		Sorgo
				Total	Albumen		Con cáscara	Oscuro	
Mayores:									
K	453	580	412	450	380	339	342	118	330
P	350	440	359	341	470	322	255	290	445
S	196	160	146	199	185	151	—	—	171
Mg	157	180	92	143	120	121	90	47	105
Cl	76	120	60	100	70	45	23	286	54
Ca	51	50	31	95	66	29	58	67	22
Na	24	77	26	87	50	36	78	54	7.5
Si	12	420	6	690	28	—	1700	—	4
Menores:									
Fe	3	5	2.7	7	4.2	1.6	—	3.2	8
Zn	5	—	—	2.7	—	—	—	—	9
Mn	4	2	2.5	5	4	0.7	5.6	1.7	5
Cu	0.07	0.5	0.6	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4	0.08

Trazas:									
Ba	0.8	—	—	—	—	—	1.2	—	—
Br	0.6	—	—	—	—	—	—	—	—
B	0.5	—	—	0.12	0.12	—	0.9	—	1
Li	0.5	—	—	—	—	—	0.3	—	—
Al	0.3	—	—	0.5	—	—	—	—	0.4
Se	—	—	—	—	—	—	0.17	—	—
Ni	0.14	0.02	—	0.2	—	—	0.11	—	0.08
Sn	0.11	—	—	—	—	—	0.015	—	0.04
Ti	0.083	—	—	—	—	—	—	—	0.04
F	0.07	—	—	0.04	0.04	—	0.6	—	—
Ph	0.04	—	—	—	—	—	>0.001	—	1
Mo	0.026	0.04	—	0.04	—	—	0.027	—	0.1
Co	0.003	<0.003	—	0.002	0.002	—	<0.003	—	—
I	0.014	0.002	—	0.011	0.006	0.036	—	0.002	—
As	0.01	—	—	0.05	—	—	—	—	—
Contenido en cenizas %	1.5	2.0	1.7	3.4	2.0	3.4	5.9	0.9	1.5

Los espacios en blanco indican que no se ha encontrado información de garantía.

FUENTE: (9)

2.1.4. Requisitos de Clima y Suelo

El maíz exige un clima relativamente cálido, y agua en cantidades adecuadas. La mayoría de las variedades de maíz se cultivan en regiones de temporal, de clima caliente, y de clima subtropical húmedo pero no se adaptan a regiones semiáridas.

El granizo y las heladas afectan considerablemente el cultivo.

Para una buena producción de maíz, la temperatura debe oscilar entre 20° y 30°C. La óptima depende del estado de desarrollo. Dichas temperaturas son:

	Mínima °C	Óptima °C	Máxima °C
Germinación	10	20 a 25	40
Crecimiento vegetativo	15	20 a 30	40
Floración	20	21 a 30	30

La condición ideal de humedad de suelo, para el desarrollo del maíz, es el estado de capacidad del campo. La cantidad de agua durante la temporada de crecimiento no debe ser menor de 300mm.

La cantidad óptima de lluvia es de 550 mm, la máxima, de 1000 mm. Las variedades precoces necesitan menos agua que las tardías.

Las impurezas del aire pueden causar pérdidas, pues dañan en forma visible las hojas o limitan el crecimiento de las plantas.

El maíz necesita suelos profundos y fértiles para dar una buena cosecha. El suelo de textura franca es preferible para el maíz. Esto permite un buen desarrollo del sistema radicular, con una mayor eficiencia de absorción de la humedad y de los nutrientes del suelo.

Los suelos con estructura granular proveen un buen drenaje y retienen el agua.

2.2 Contaminación

La contaminación ambiental, los peligros que representa para la humanidad así como las posibilidades y la necesidad de combatirla, constituyen uno de los temas más importantes de nuestro tiempo.

La producción de contaminantes alcanza límites no antes superados y por ello, se advierte el peligro de daños irreversibles que de no evitarse, seguramente dislocarán el orden social y pondrán en peligro la supervivencia de la humanidad.

La contaminación no sólo es un peligro para la vida y la salud del cuerpo sino para la armonía y el equilibrio de la convivencia en los planos de paz y de concordia. Asimismo se altera la vida vegetal y animal en sus necesarias correlaciones con la vida del hombre ya que la creciente industrialización del país y su desarrollo económico, han traído como consecuencia la ampliación de industrias ya existentes y la creación de otras nuevas, las cuales, al realizar sus actividades liberan directa o indirectamente contaminantes del ambiente, que por otra parte, el considerable aumento en el número de vehículos de combustión interna en circulación, así como el empleo cada vez más frecuente de plaguicidas y de otras sustancias susceptibles de alterar el equilibrio ecológico, contaminando el aire, agua y tierra, representan un riesgo para la salud y el bienestar público y daños para la fauna y la flora.

En México se ha definido como contaminación, la presencia en el medio ambiente de uno o más contaminantes, o cualquier combinación de ellos que perjudiquen o molesten la vida, la salud y el bienestar humano, la flora y la fauna, o degraden la calidad del aire, del agua, de la tierra, de los bienes, de los recursos de la Nación en general, o de los particulares. Tres grandes áreas de contaminación son consideradas en la Legislación Mexicana: aire, agua y suelos, por ser la atmósfera, las corrientes fluviales, lagos y mares, así como la superficie terrestre, los sitios en los que los vectores de la contaminación descargan su contenido.

2.2.1. Contaminación del aire

El aire fué considerado como un elemento por 1 o s antiguos alquimistas griegos, junto con la tierra, el fuego y el agua. Los componentes del aire pueden dividirse convenientemente en dos grupos: componentes constantes y componentes accidentales.

Los componentes constantes son el nitrógeno, el oxígeno y los gases inertes o nobles, cuyas proporciones son prácticamente invariables. Además, hay tres componentes siempre presentes, pero cuya cantidad varía según el lugar y el tiempo: son el dióxido de carbono, el vapor de agua y el polvo.

Los componentes accidentales son los demás gases y vapores característicos del aire de una determinada localidad por ejemplo, el dióxido de azufre procedente de quemar carbón sulfúreo o de tostar minerales sulfurados; el amoníaco de la materia orgánica en descomposición; los óxidos de nitrógeno resultantes de las descargas eléctricas en la atmósfera durante las tormentas; el plomo tetraetilo que se usa como antidetonante en motores de aviación así como en los automóviles de compresión elevada. En México, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDEUE), informó que en la Ciudad de Guadalajara y su Área Metropolitana, se registraron aproximadamente un total de 600,000 vehículos motorizados en el año de 1987 los cuales en su mayoría consumen gasolina con éste tipo de contaminante.

También son encontrados en el aire compuestos orgánicos de mercurio que son usados como plaguicidas y en la industria de los plásticos.

Por lo que se refiere a la medición de partículas suspendidas en el aire, según la Organización Mundial de la Salud, en una zona urbana con las características de la Zona Metropolitana de Guadalajara, deben existir un mínimo de 10 estaciones de monitoreo, considerando para su ubicación el tipo de área a muestrear, la topografía, el flujo vehicular, datos meteorológicos, tipos de construcción, vegetación y población. En base a éste tipo de criterio en el Estado de Jalisco La Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEUVE), estableció una Red Manual de Monitoreo que consta de 14 aparatos medidores instalados estratégicamente en la Zona Metropolitana de Guadalajara (Fig. 3).

La operación del monitor consiste en absorber el aire de la atmósfera durante 24 horas continuas, haciéndolo pasar a través de un filtro, quedando el contenido de polvo. Después por diferencias de peso se determina la cantidad de polvos en el ambiente, de esta manera se calculan concentraciones de metales pesados como plomo, cobre, cadmio, zinc, hierro y cromo. También insecticidas, bifenilos policlorados, nitritos y sulfatos.

Cada monitor tiene teóricamente, un radio de acción de 1.75 Km aceptándose en la práctica que cubre efectivamente un área de dos kilómetros de diámetro, variando la cobertura según la intensidad y dirección de los vientos. En la Tabla No. 5 se presentan los resultados obtenidos hasta la fecha y los comparativos de la información que había disponible respecto a años anteriores utilizando éste tipo de medidor.

Fig. 3. UBICACION DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO EN EL AREA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE GUADALAJARA

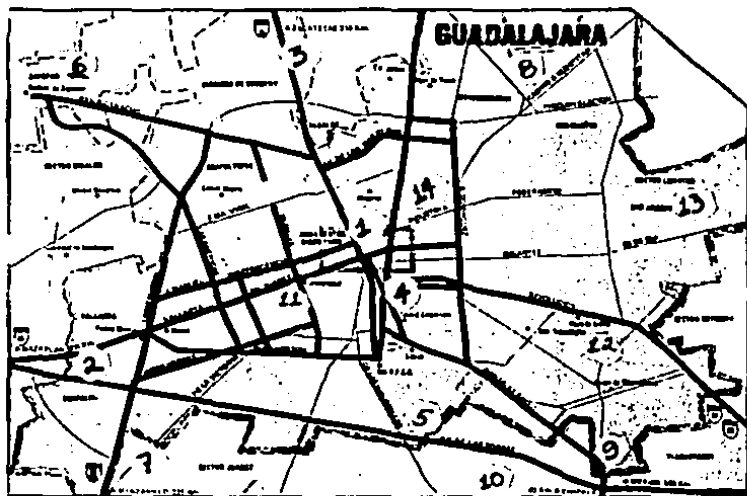


Tabla No. 5

MECION DE PARTICULAS SUSPENDIDAS TOTALES (PST)
 EN EL AREA METROPOLITANA DE GUADALAJARA DE 1975 a 1985
 Promedio anual en micrograsos por m³ (Ucg/m³)

UBICACION DEL MONITOR	1975	1976	1978	1984	1985
Inst. Cultural Cabañas (Zona Centro)	223.5	219.7	207.3	205	177
Tequila Sauze (Vallarta Sn. Jorge)	97.3	127.2	120.2	120	204
Depto. de Tran. del Edo (Zona Norte)	138.8	285	152	142	187
Edificio SIAPA (Central Camionera)	1/	1/	1/	1/	195
Zona Industrial Sur	325.5	488.7	444.9	884	592
Zapopan (Centro)	1/	232	181.7	128	173
Unidad Activa. Sur (Zona Sur)	1/	122	130.9	132	147
Huentitán-Oblatos (Zona Norte)	1/	172.2	161.1	220	219
Edificio SARH (Zona Ind. el Alamo)	1/	179	179.2	365	397
Planta Potabilizadora (Zona Sur)	1/	1/	229	336	368
Inst. Cultural Mexicano Norteamericano	1/	176	1/	1/	156
CFE (Boulev. Tlaquepaque)	1/	1/	1/	1/	211
San Andrés (oriente)	1/	1/	1/	1/	226
Sub Delegación de Ecol.	1/	1/	1/	1/	4/
Sec. libertad	104.0	186	7/	173.0	2/

1/Sin monitor 2/Se realizó 3/no se monitoreó 4/condi-
 FUENTE: SEMAR ra 1986

En base a los resultados obtenidos, se ha logrado detectar y evaluar emisiones contaminantes y se considera de principal interés a la medición de plomo en el aire por estimarse que es el elemento más nocivo a la salud del ser humano.

En 1978, en la Zona Industrial El Alamo se encontró la máxima concentración de plomo en la ciudad 20 mcg/m^3 , derivándose de ello la clausura de la fundidora que provocaba tal alteración en la atmósfera.

En 1985, el nivel máximo encontrado es de 2 mcg/m^3 en el área de la Central Camionera.

Actualmente operan en el Estado más de 1800 plantas industriales consideradas de riesgo potencial contaminante de éstas, 1200 están ubicadas en el Área Metropolitana de Guadalupe, siendo las principales las de la rama de la siderurgia, cementos, caleras, productos químicos y tenarías.

Tabla 6. ELEMENTOS TRAZA EN EL MEDIO AMBIENTE Y SU TOXICIDAD PARA EL SER HUMANO(1)

Elemento	Dosis oral que produce intoxicación (mg)	Dosis fatal (Ingestión)	Vida media en el organismo (días)
Antimonio	100	100-200 mg	38
Arsénico	5-50	120 mg	280
Bario	200	1 g	65
Berilio	-	-	180
Cadmio	1	-	25 años
Cromo	200	5 g	616
Cobalto	50-250	10 g(2)	80
Estaño	2,000	17	35
Hierro	-	5-10 g (3)	800
Mercurio	-	-	17
Manganeso	-	20-1,000 mg(4)	70(5)
Níquel	-	-	667
Plata	60	2 g (6)	1,460
Plomo	10	0.5	1,460
Selenio	5	-	11
Zinc	-	10 g (7)	933

(1) "Contaminants Associated With Direct and Indirect Reuse of Municipal Wastewater". U.S. Environmental Protection Agency, 1978.

- (2) Gas sulfato de cobalto.
 (3) Gas de un niño de dos años.
 (4) Gas sales de aluminio.
 (5) Gas antimonio.
 (6) Gas nitrato de plata.
 (7) Gas sulfato de zinc.

FUENTE: (11)

2.2.2. Contaminación del Agua

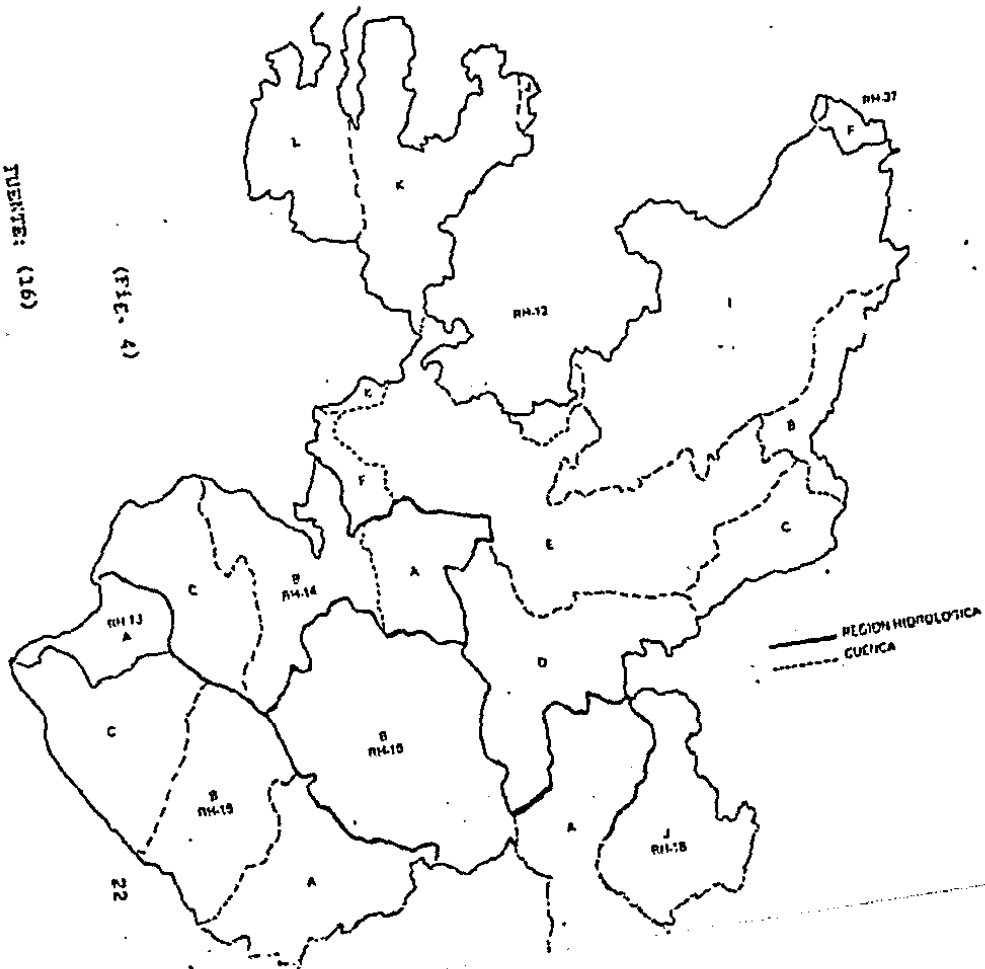
Desde hace muchos años México ha tenido que enfrentarse al grave problema de la contaminación de sus aguas, subterráneas, superficiales y de los ríos que se han convertido en portadoras de contaminantes físicos, químicos y biológicos, que alteran la salud de sus consumidores.

Graves problemas se presentan en nuestros ríos tal es el caso de los Ríos Tánaco, Papaloapan, Coatzacoalcos y Lerma Bajo; los que figuran entre los más afectados por la contaminación derivada de las industrias textil, petrolera, petroquímica y la de los ingenios azucareros. Los embalses y lagos como por ejemplo el Lago de Chapala, Zapotlán, Catemaco y Texcoco también se encuentran afectados por este tipo de contaminación.

Para el estudio del País se le ha dividido en regiones hidrológicas y el Estado de Jalisco queda comprendido en la región hidrológica (Fig.4) "Lerma-Chapala-Santiago" (No.12) que abarca la mayor parte del estado con una área de 40,213.22 Km², Mijtilán (No.13), pequeña porción en la parte centro-oeste con sólo 1,431.63 Km²; Ameca (No.14) en la parte centro-noroeste con 8,884.52 Km²; Costa de Jalisco (No.15) en la parte noroeste con 11,590.69 Km²; Armería Coahuilana (No.16) ubicada en el sur del estado, colindante con Colima con 12,336.02 Km²; Alto Río Balsas (No.18), pequeña porción ubicada en la parte SE, con 4,042.72 Km²; y el Salado (No. 37), pequeña porción en los límites con el Estado de Zacatecas, en la parte NE, con 390.07 Km².

FUENTE: (16)

(FIG. 4)



La Región Hidrológica Lerma-Chapala-Santiago, es la más importante del Estado, no sólo por representar el 50% de la superficie estatal, sino por incluir un 70% de su población y prácticamente la mayor parte de la industria.

Esta cuenca tiene su origen a 50 kilómetros al suroeste de la Ciudad de México, en el antiguo lago de Almoloya, continúa por el lago de Chapala y termina en la desembocadura del Río Santiago en el Océano Pacífico, a 55 km. al noroeste de la Ciudad de Tepic, Nay. La superficie total drenada es de 130,000 km², de los cuales un 40% pertenece a las contribuciones del Río Lerma.

En esta región se localizan varias zonas agrícolas, industriales y ciudades como Toluca, Acámbaro, Salvatierra, Salamanca, Irapuato, La Piedad y La Barca, las cuales directamente descargan sus aguas residuales al Río Lerma, y éstas a su vez al Lago de Chapala, donde los efectos de contaminación del Río Lerma se conjugan con las descargas municipales de los poblados que se encuentran en los márgenes del lago.

Por otro lado las aguas residuales generadas en la Ciudad de Guadalajara y Zonas aledañas son descargadas al Río Santiago (Fig.5), dichas aguas contienen una gran cantidad de contaminantes y éstas son usadas frecuentemente en el riego agrícola, estas aguas utilizadas en la irrigación de cultivos contienen iones de elementos, algunos de ellos presentes en grandes cantidades.

FUENTES CONTAMINANTES

PRINCIPALES DESCARGAS INDUSTRIALES

- ψ INDUSTRIA TEQUILERA
- ⊙ EMPACADORAS
- ⊞ INDUSTRIAS ACEITERAS
- ⊛ INDUSTRIAS TEXTILES
- * INDUSTRIAS QUIMICAS
- ⊕ INDUSTRIAS PLASTICAS
- Ⓛ LACTEOS
- Ⓜ DESCARGAS MUNICIPALES
- Δ PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES



FUENTE: SARH - Dirección General de Ordenación y Protección Ecológica.

El origen de las descargas principalmente al lago son municipales, de retorno agrícola, ranchos de engorda de ganado, industria química y refinación de petróleo.

Se ha investigado que algunos elementos traza contenidos en aguas utilizadas en irrigación, ocasionan efectos adversos a las funciones normales de las plantas tales como los procesos de transpiración; fotosíntesis y respiración; en el metabolismo del nitrógeno; en las hormonas y en el crecimiento de las mismas. Los elementos traza afectan los procesos normales de fotosíntesis, debido a la cierre de los estomas y a los daños que ocasionan en los cloroplastos de las plantas. Uno de los síntomas de intoxicación que los elementos traza ocasiona a las plantas es la clorosis.

Varios cationes divalentes, tales como el Bario, Cesmio, Cobalto, Manganeso, Niquel, Plomo y Estroncio, presentes en aguas de irrigación afectan la tasa de respiración de las plantas, ya que alteran las propiedades de las membranas de la mitocondria órgano donde se realiza la respiración de las células. Los efectos sobre las auxinas (hormonas de las plantas vasculares) en parte son debidos a sus propiedades quelatantes. De ahí que los elementos traza pueden alterar estos procesos quelatantes e impedir la actividad de las auxinas.

En la tabla 7 se presenta una relación de los valores recomendables para los contaminantes contenidos en las aguas residuales utilizadas para el riego de cultivos.

Tabla 7 NIVELES MAXIMOS RECOMENDABLES DE LOS ELEMENTOS
TRAZA EN AGUAS UTILIZADAS EN LA IRRIGACION DE
CULTIVOS

Elemento	Concentraciones recomendables(mg/l)(1)			
	Suelo permeable(2)		Suelo mal drenado(3)	
	Periodo de irrigación			
	20 años	100 años	20 años	100 años
Aluminio	4.64	1.3	10.8	3.0
Arsénico	0.32	0.07	2.24	0.5
Berilio	0.128	0.025	0.3	0.06
Boro(4)	0.5	0.5 a 1.5	1.0	0.5 a 1.5
Cadmio	0.0116	0.0025	0.027	0.006
Cobalto	1.16	0.012	2.71	0.027
Cromo	1.28	0.05	2.71	0.12
Cromo	0.257	0.025	0.60	0.06
Hierro	4.65	1.16	10.8	2.7
Níquel	3.5	0.15	8.13	0.35
Litio(5)	1.5	1.5	1.5	1.5
Manganeso	2.3	0.05	5.4	0.10
Mercurio	(6)	(6)	(6)	(6)
Molibdeno	0.0116	0.0023	0.027	0.0054
Níquel	0.46	0.046	1.08	0.11
Picno	2.3	1.2	5.4	2.7
Selenio(7)	0.0051	0.0045	0.012	0.010
Vanadio	0.23	0.0023	0.54	0.0054
Zinc	2.6	0.5	6.0	1.2

- (1) El valor del pH del agua se encuentra entre 6 y 8.
 (2) La lámina de agua es de 3.5 m/año.
 (3) La lámina de agua es de 1.5 m/año.
 (4) El nivel máximo tolerable depende de la tolerancia al boro del cultivo que se siembra en base a los datos presentados en las tablas 1.10 y 1.11.
 (5) El nivel recomendable de litio no depende del tipo de suelo que se tenga, ya que no es retenido en el suelo. Para irrigación de cítricos es recomendable que este valor sea inferior a 0.07 mg/l.
 (6) No es necesario recomendar un nivel máximo.
 (7) La relativa movilidad de este elemento en el suelo en comparación con otros elementos traza y la lenta remoción de selenio en cultivos cosechados proporcionan un margen de seguridad en cuanto a la toxicidad de este elemento.

FUENTE: (11)

Se ha determinado que la raíz es el órgano de la planta más sensitivo a los metales tóxicos, ya que se ocasiona una mayor reducción en la producción de la raíz de la planta que en sus demás partes.

Por otro lado, se ha establecido que la clorosis, causada por el exceso de estos metales en la planta, se debe a que estos reducen la capacidad de transferencia por las raíces, principalmente de iones Hierro del suelo.

Dentro de los cultivos agrícolas más sensibles a los metales tóxicos presentes en aguas de irrigación, se encuentra la remolacha, nabo, brécol y tomate; otros vegetales menos sensibles a los elementos tóxicos presentes en estas aguas es frijol, col, y chayote. Los cultivos típicos de granjas, tales como el maíz, granos pequeños y hortalizas son moderadamente resistentes a los elementos tóxicos, mientras que los pastos son tolerantes a las altas cantidades de estos elementos.

El Mercurio contenido en aguas utilizadas en la irrigación que llega al suelo, no ocasiona daños a las plantas, pero éste se precipita inmediatamente y, por lo tanto, es absorbido por las raíces de las plantas. Se presenta en el agua en diferentes formas; Cerca del 100 % del mercurio inorgánico en el agua se transforma rápidamente a los sedimentos. El mercurio presente en cuerpos de agua participa en diversas reacciones, siendo las dos principales reacciones: el intercambio de iones mercurio por otros cationes en minerales insolubles de azufre y la reacción de iones mercurio con sulfuros de hidrógeno biogenerados .

Estas dos reacciones ocurren principalmente en los sedimentos de los cuerpos de agua dando como resultado la formación de sulfuro de mercurio (HgS). Similarmente, se realiza la reacción del ión metilmercurio (CH_3Hg^+) con el ión sulfuro (S^{-2}) para formar sulfuro de metil mercurio $(\text{CH}_3\text{Hg})_2\text{S}$.

El Mercurio en los sedimentos se encuentra en diferentes formas que incluyen partículas provenientes de la erosión de minerales conteniendo sulfuro de mercurio o precipitado del ión sulfuro de mercurio; como gotitas de mercurio metálico o los iones mercurio o metil mercurio absorbido en materia orgánica o inorgánica.

La Tabla B presenta los valores máximos de elementos traza en cuerpos receptores, según El Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas de la S.A.R.H., este Reglamento se establece en base a los criterios de calidad del agua para cada uno de los distintos usos que se le da. Un criterio reúne los requisitos científicos que pueden referirse a aspectos químicos, físicos y biológicos que deben cumplir una fuente de agua para poder usarla con un uso determinado, por lo cual dichos criterios de calidad rigen el suministro del agua para un uso particular y éstos pueden ser diferentes para cada uso.

Otro tipo de contaminante presente en el agua de riego son los plaguicidas los cuales son benéficos para la agricultura pero éstos han provocado efectos adversos sobre diversos cultivos cuando son irrigados con aguas que contienen altas concentraciones de estos compuestos. Los plaguicidas llegan a los cuerpos de agua por medio de escurrimientos, aplicación directa,

Tabla 8 VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES DE
ELEMENTOS TRAZA EN LOS
CULMINOS RECEPTORES

	Límite máximo en miligramos por litro			
	+ DA	++DI	+++ DII	++++PIII
Arsénico	0.05	0.05	1.00	5.00
Bario	1.00	1.00	5.00	-
Boro	1.00	1.00	-	2.00
Cadmio	0.01	0.01	0.01	0.005
Cobre	1.00	1.00	0.1	1.00
Cromo	0.05	0.05	0.1	5.00
Mercurio	0.005	0.005	0.01	-
Plomo	0.05	0.05	0.10	5.00
Selenio	0.01	0.01	0.05	0.05
Cianuro	0.20	0.02	0.20	-

+ Abastecimiento para mixturas de agua potable e industrial-alimenticia con desinfección - únicamente. Recreación (con fecto primario) y libre para los usos D, DII y DIII.

++ Abastecimiento de agua potable con tratamiento convencional (coagulación, filtración y desinfección) e industrial.

+++ Agua adecuada para uso recreativo, conservación de flora, fauna y usos industriales.

++++ agua para usos agrícola e industrial.

FUENTE: Reglamento para la Prevención y Control de la contaminación de Aguas.

derrames accidentales, arrastre con el agua de lluvia o por las malas técnicas de disposición de los desechos de estos productos.

Como se mencionó anteriormente, otro de los caminos - por el que llegan los plaguicidas a cuerpos de agua - es a través de su aplicación directa para el control de larvas de mosquitos, control de maleza y en algunos casos para el control de ciertas especies de fauna acuática (tales como víboras).

Por otro lado, los herbicidas presentes en las aguas utilizadas en la irrigación ocasionan daños a las plantas. Estos herbicidas alcanzan cuerpos de agua cuando se aplican directamente a estos para el control de malezas acuáticas o cuando se aplican en las orillas de canales de irrigación para el control de hierbas.

El método de aplicación del agua de irrigación conteniendo residuos de plaguicidas, influye en la presencia y concentración de éstos sobre las plantas. Por ejemplo, la concentración de plaguicidas en cultivos frondosos es mayor cuando éstos se riegan por asperoseros, mientras que las concentraciones de residuos de plaguicidas en las raíces de las plantas son mayores cuando éstas se irrigan por canales.

Cuando se presentan derrames accidentales de plaguicidas en cuerpos de agua utilizados en la irrigación, que contamina al suelo y a los cultivos vegetales o forrajeros, es importante considerar el tiempo transcurrido entre el derrame del plaguicida y la cosecha de los cultivos, la cantidad de plaguicida derramado, la etapa de desarrollo de la planta, la tasa de dilución del plaguicida y su degradabilidad, son objeto de evaluar la cantidad de plaguicida que puede ingerir

el consumidor directo. Por último, la aplicación de plaguicidas durante el crecimiento de las plantas puede afectar su calidad causando cambios químicos en su composición, apariencia, textura y sabor.

2.2.3. Contaminación de Suelos

La contaminación del suelo es generalmente consecuencia de hábitos insalubres, incorrecto manejo de desechos sólidos: eses domésticos, industriales o mineros y de prácticas agrícolas erróneas. También puede originarse por la precipitación de sustancias que contaminan la atmósfera o por uso en el riego de aguas contaminadas o aguas residuales no tratadas.

Por lo que respecta a la presencia de elementos traza en los cultivos, cuando un elemento se añade al suelo éste se puede combinar con el suelo para reducir su concentración abasteciendo al suelo de este elemento, pero existen elementos tóxicos los cuales se acumulan a través de los años provocando situaciones que presentan toxicidades por varios años, décadas e incluso siglos después de estar irrigando continuamente una zona con aguas que contienen elementos tóxicos.

El contenido de metales tóxicos en suelos con valor de pH de 7 no ocasionan daños a los cultivos; mientras que, cuando el valor de pH es de 5.5 o menor, estos elementos son letales para la mayoría de las plantas.

Sin embargo, las altas concentraciones en las que se presenta el plomo en la superficie del suelo se debe a que es absorbido por las plantas en cantidades sustanciales ya que es fuertemente fijado por el suelo. La fijación en el suelo de este elemento, se debe a que se hidroliza y se pulveriza convirtiéndose más activo conforme el valor del pH se incrementa. En zonas de cultivos cercanos a carreteras, la adición aérea de plomo (proveniente de los vehículos automotores) es muy importante.

En varios estudios realizados con cultivos se ha encontrado que se requieren 25 mg/l de nitrato de plomo para ocasionar efectos tóxicos en cultivos de avena y tozate y que concentraciones de 50 mg/l de este compuesto ocasionan la muerte de las plantas. Se ha demostrado que el plomo se introduce a la planta principalmente por acumulación aérea más que por la absorción de este elemento contenido en el suelo.

En estudios realizados en raíces de algunas plantas, donde se estudiaron altas concentraciones de plomo en el suelo se encontró que este elemento se concentra en las paredes de las células del núcleo durante la mitosis reduciendo la proliferación de las células de las plantas.

La Tabla 9 muestra las concentraciones típicas y tóxicas de algunos metales pesados en suelos y plantas, señaladas por la Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hídricos (S.A.R.H.).

Tabla 9 CONCENTRACIONES TÍPICAS Y TÓXICAS DE ALGUNOS METALES PESADOS EN SUELOS Y PLANTAS (1)

Metal pesado	Concentraciones (ppm, materia seca)			
	Suelos Típico	Rango	Plantas Rango	Límite tóxicos(2)
Cadmio	0.06	0.01-0.7	0.2-0.8	100
Cobalto	8	1-40	0.05-0.5	-
Cobre	20	2-100	4-15	30
Plomo	10	2-200	0.1-10	-
Manganeso	850	100-4,000	15-100	500
Níquel	40	10-1,000	1	25
Zinc	50	10-300	8-15	500

FUENTE: (11)

2.3. Toxicología

Intoxicaciones por Metales

La intoxicación por metales se lleva a cabo cuando penetran estos en el organismo y provocan efectos nocivos aún en concentraciones muy bajas.

Dicha penetración se realiza por distintas vías como son: oral, cutánea, mucosa y respiratoria, ya que como se ha visto estos elementos se pueden encontrar en el agua, aire, y suelos.

Los metales pueden provocar diversas clases de intoxicaciones que son consideradas bajo un criterio patocrónico, es decir, estimado su curso o evolución en función del tiempo, así podemos clasificarlas en intoxicaciones agudas, subaguda y crónica (Fig. 6).

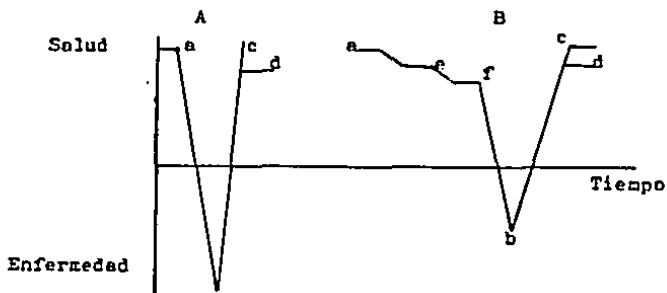
Intoxicación aguda: Consiste en la aparición de un cuadro clínico patológico, a veces dramático, tras la absorción de una sustancia química. El caso más representativo es la presentación de los fenómenos tóxicos antes de las 24 horas de una única administración del agente. La evolución puede llevar al intoxicado a la muerte, o a una recuperación total o parcial, en la cual quedarían secuelas o lesiones persistentes.

Intoxicación subaguda: No es tan sólo un menor grado de gravedad o aperiodicidad de la intoxicación aguda, sino que a veces sigue un curso subclínico, sin que se presente de forma aparente y clara, aunque produzca trastornos a distintos niveles biológicos.

Intoxicación crónica: Es la consecuente a la repetida absorción de un tóxico. A veces esta absorción se produce en cantidades por sí mismas insuficientes para hacer patentes trastornos tóxicos, pero que por acumulación del producto dentro del organismo, normalmente

en órganos o tejidos concretos, o por suma de efectos lesivos, con el transcurso del tiempo, lleva a estados patológicos. Muchas veces los trastornos permanecen latentes hasta que por cualquier causa se manifiestan, ya sea por una movilización del tóxico de los lugares donde estuviera depositado, ya sea por una baja de la condición fisiológica general (enfermedad), lo que produciría una intoxicación aguda al aumentar los niveles hemáticos del agente.

La intoxicación crónica es muy frecuente en nuestros días como consecuencia del mal uso de medicamentos, productos industriales, plaguicidas y de la contaminación ambiental.



(Fig.6) Evolución de Toxicidad.

A: Intoxicación aguda
 B: Intoxicación Crónica

- a. Estado Normal de salud
- b. Posibilidad de muerte
- c. Recuperación total
- d. Rec. con secuelas
- e, f. Progresivos déficits de salud.

FUENTE: (9)

+ Rangos de Toxicidad

En la Tabla 10 se establecen los rangos de toxicidad, en el que para su realización han sido tomados en cuenta la vía de administración especie animal, el tipo de dosis, cantidad de sustancia por peso corporal o concentración por volumen de aire, duración de la exposición, tipo de efecto, etc.

Tabla 10 Rangos de Toxicidad*

Vías de administración

Rango de toxicidad	Denominación usual	Dosis oral única, rata DL50	Dosis cutánea única, conejo DL50	Inhalación 4 h (120, ratas) ppm	Posible dosis letal hombre
1	Extremadamente tóxico	< 1 mg/kg	< 5 mg/kg	10	1 gota, 1 grano
2	Altamente tóxico	1-50 mg/kg	5-50 mg/kg	10-100	1 cucharilla (4 on)
3	Moderadamente tóxico	50-500 mg/kg	50-500 mg/kg	100-1.000	30 g
4	Ligeramente tóxico	0.5-5 g/kg	0.5-5 g/kg	1.000-10.000	250 g
5	Prácticamente no tóxico	5-15 g/kg	5-25 g/kg	10.000-100.000	1 l
6	Relativamente inofensivo	> 15 g/kg	> 25 g/kg	> 100.000	> litro

* Se refiere exclusivamente a toxicidad aguda.

FUENTE: (9)

De los metales que existen en la naturaleza, o que son arrojados al medio ambiente y que se consideran un peligro para la salud humana por ser altamente tóxicos, se encuentran el Plomo y el Mercurio que a continuación se describen para los fines de esta investigación

+Plomo

Elemento metálico, se encuentra en diversos minerales abundantemente en la naturaleza. Su símbolo químico es Pb su número atómico es 82, y su peso atómico, 207.2 se funde a 327.4°C .

Las fuentes minerales más importantes son la galena y el sulfuro de plomo más o menos argentífero, que contiene un 86 % del elemento. Otras de menor importancia son la anglesita o sulfato de plomo y la cerusita o carbonato de plomo.

Propiedades Físicas y Químicas: El Plomo metálico es de color blancoazulado con tendencia al gris y tiene un color brillante. En estado puro es muy blando y maleable, menos dúctil y poco tenaz. Su punto de fusión es de 327.4°C, a esta temperatura, el plomo no emite vapores tóxicos. Es mal conductor de la electricidad.

Industrialmente se utiliza como plomo blando, procedente de minerales no argentíferos; plomo refinado y plomo duro o antimonio. Las dos primeras se emplean por su ductilidad, y pueden ser fácilmente laminadas en planchas u hojas; con ellas se fabrican tuberías para conducción de agua potable, aguas residuales, gas sifones, sanitarios, conducciones eléctricas, revestimientos de conducciones eléctricas, cables telefónicos y telegráficos. En la industria de la construcción se emplean planchas de plomo para el techado de edificios y revestimientos anticorrosivos de depósitos.

Los compuestos orgánicos de plomo; lauratos, octoatos y naftenatos se emplean como aditivos secantes en las pinturas y en los aceites lubricantes. Los estearatos de plomo tienen, últimamente, gran aplicación como estabilizantes de resinas sintéticas para constituir macromoléculas de plásticos vinílicos, poliésterénicos, plásticos vinílicos y polietilénicos.

Los derivados etilados cuyo representante principal es el plomo tetraetilo se emplea como antidetonante en los carburantes de motores de explosión, y su mayor o menor adición a ellos les proporciona su octanaje.

La "gasolina etilada" es el nombre comercial de la que contiene plomo tetraetilo como antidetonante, y también dibromoetileno, siendo su proporción mayor en las gasolinas eficientes para motores de aviación y la de los motores de automóviles de compresión elevada, en las que además de plomo tetraetilo se sustituye una parte de dibromoetileno por dicloruro de etileno.

Absorción: La absorción de plomo por vía digestiva, - puede realizarse a través del esófago que puede deglutirse, y también por ingestión directa a través de alimentos, bebidas, cigarrillos, manos y otros objetos contaminados con plomo en todas sus formas.

Una vez absorbido el plomo, se combina con los fosfatos del plasma formando fosfatos de plomo coloidales en forma de fosfato plumboso muy soluble que constituye el llamado plomo circulante, al que se deben las manifestaciones tóxicas.

El metabolismo inorgánico del plomo es similar al del calcio y por esto el organismo actúa convirtiendo por vía enzimática, el fosfato plumboso en fosfato -

plúmbico, cien veces menos soluble que el compuesto en el que se halla el plomo circulante, y por este mecanismo, el plomo poco soluble se deposita en distintos órganos: hígado, pulmón, encéfalo y cortical de los huesos largos. La escasa solubilidad del plomo depositado al pH orgánico, principalmente en el esqueleto - cuando la absorción es lenta como ocurre en las intoxicaciones profesionales, lo hacen prácticamente atóxico.

Esta reacción es reversible por su inestabilidad, y un cambio de pH hacia la acidez o una explotación del calcio óseo puede convertirlo en sal-soluble, y por tanto, tóxica.

El hígado, pulmón, riñón y encéfalo pueden contener - cantidades importantes de plomo absorbido, en especial cuando esta absorción ha sido rápida introduciendo grandes cantidades de plomo en el organismo en poco tiempo.

El balance absorción- excreción es el que determina la acumulación de plomo orgánico.

Excreción. Se realiza por el riñón de modo principal. Normalmente, y como resultado de la ingestión de plomo por los alimentos, aguas de bebidas y la inhalada por el aire contaminado, se eliminan por la orina un total de 4 mcg/100ml. en 24 horas, y por las heces - 2.6 mcg/100 ml en 24 horas.

Mecanismo de acción toxicológica. El plomo tiene efectos sobre el sistema hematopoyético, ejerciendo su acción tóxica sobre los eritrocitos y la síntesis de la hemoglobina, pero se conocen mucho mejor sus efectos sobre ellos que los que produce en otros sistemas orgánicos.

El resultado de esta acción tóxica se traduce en la aparición de una anemia hipocroma, conocida como saturnismo, que generalmente no reviste grandes proporciones. No obstante, las dificultades que han tenido que superarse en las investigaciones realizadas en este campo han sido recompensadas al poder atribuir a los efectos hemáticos del plomo un papel de "reñador clínico" de la intoxicación, y al propio tiempo han contribuido al conocimiento del metabolismo de las porfirinas.

Las teorías concernientes a la génesis de la anemia del saturnismo han girado en torno al efecto del plomo disminuyendo la producción de eritrocitos y su tiempo de supervivencia.

Se ha indicado que la disminución o acortamiento de la vida eritrocitaria es debida a un incremento de la fragilidad de la membrana eritrocitaria con consiguiente rotura de ésta por acción directa del plomo.

Se ha considerado que esta disminución del tiempo de vida eritrocitaria es también la base de la acción toxicológica del plomo sobre los precursores del hematie en la médula ósea, resultando de ello el paso de hematies inmaduros a la circulación periférica.

El plomo se fija sobre la membrana globular alterando su función osmótica, que se traduce por una pérdida de potasio con reducción de ATP-asa. Esto ocurre sin un concomitante aumento del sodio eritrocitario. Existe, pues, un aumento de la resistencia osmótica de la membrana celular del hematie con reducción de la actividad ATP-asa. La anemia se presenta cuando los niveles de plomo en sangre son superiores a los 30 mcg/100 ml.

En la fibra muscular, el plomo tiene una acción electiva sobre esta. Las fibras musculares lisas como células desprovistas de membrana sufren el ataque directo del plomo, experimentando un gran aumento de su contractilidad. En consecuencia, el plomo es un contrictor de toda la musculatura lisa, hecho de gran trascendencia en su fisiopatología toxicológica, producción de fenómenos contráctiles intensos en todos los órganos que disponen de ella. El mecanismo íntimo de esta acción se desconoce.

En la musculatura estriada, la acción del plomo se localiza en la placa motora muscular.

En el sistema nervioso el plomo, tiene una gran aptencia por el sistema nervioso; la absorción rápida de una gran cantidad de plomo hace que se deposite en el encéfalo, donde provoca lesiones neuronales difusas.

La absorción lenta de plomo provoca, entre otras alteraciones, la afectación del sistema nervioso periférico. Las lesiones histopatológicas de la neuropatía periférica saturnina se caracterizan por la degeneración de las neuronas motoras, vacuolización celular y formación de glóbulos de goma en el interior de las neuronas.

Otras lesiones del plomo de menor frecuencia es la alteración renal por afectación de la nefrona (glomérulo-túbulo), que, juntamente con las alteraciones vasculares, producirían la nefropatía saturnina aminoacídica, uricémica y uremigena que aboca a la esclerosis renal.

El plomo disminuye la captación del yodo por la tiroides, y este comportamiento, de producirse la exposición bajo ciertas condiciones, podría tener efectos teratogénos.

Respecto a las alteraciones genitales en el hombre, se ha demostrado que la espermatogénesis se altera, con hipospermia, astenospermia y teratospermia, y asimismo está dificultada la erección y eyaculación con reducción del orgasmo y disminución del libido.

En la mujer se producen trastornos menstruales, y frecuencia de abortos en los tres primeros meses de la gestación.

Se han demostrado trastornos genéticos con aberraciones cromosómicas en los individuos expuestos al plomo, con efectos embriotóxicos y teratogénicos.

Finalmente, hay que considerar la posible acción tóxica del plomo en el lactante al encontrarse en la leche materna.

+Mercurio

Elemento metálico, en la naturaleza se le puede encontrar en forma libre, pero existe en su mayor parte en forma de sulfuro de mercurio, conocido como cinabrio. También se le puede encontrar formando parte de rocas diversas, como la serpentina, la andesita y la riolita en la corteza terrestre se encuentra en $4 \times 10^{-5}\%$.

Propiedades físicas y químicas. El mercurio metálico es líquido a temperatura ambiente. Su peso atómico es de 200.61; su punto de ebullición, 356.58°C ; punto de congelación -38.87°C . Su presión de vapor es muy débil a las temperaturas ordinarias, por lo que emite vapores a temperatura ambiente.

Químicamente puro, es estable a temperatura ambiente, no reacciona con el aire, oxígeno, anhídrido carbónico, óxido nítrico ni amoníaco. Se combina rápidamente con el azufre y los halógenos, formando dos tipos de sales, que son las mercururosas y las mercuricas.

Industrialmente el mercurio es empleado en la fabricación de instrumentos de precisión, tales como termómetros, barómetros, manómetros y bombas de vacío. En la industria eléctrica, se emplea para la fabricación de contadores de corriente continua, acumuladores eléctricos y termostatos. En la industria química, en la fabricación de compuestos de mercurio y sus sales, es especialmente por vía seca; fabricación de compuestos de bermellón y pigmentos rojos con mercurio, como catalizador en la fabricación de alcohol sintético, acetileno y acetona. También es utilizado en la fabricación de compuestos orgánicos de mercurio entre otros.

Desde el punto de vista toxicológico, existen dos clases de compuestos organomercuriales:

Los que se desdoblán en el organismo, rompiéndose el radical orgánico y liberando la molécula inorgánica del mercurio.

Los que permanecen inalterados manteniéndose el enlace del radical orgánico con el mercurio, actuando toxicológicamente como una molécula orgánica.

Los del primer grupo están representados por los compuestos alquílicos que tienen gran volatilidad y mayor facilidad de penetración en el organismo. Entre los del segundo grupo, figuran los derivados arílicos y alcoxilalquílicos, de toxicidad menor, parecida a la de los derivados inorgánicos y mercurio metálico. Los derivados fenílicos tienen muy poca actividad toxicosistémica, y son irritantes de la piel y mucosas. Aunque en la industria la vía principal de absorción de estos compuestos es la respiratoria, también se absorben por la piel y la vía oral es importante en la producción de intoxicaciones comunitarias al ingerir alimentos vegetales tratados con fungicidas.

La tabla 11 muestra la clasificación de los plaguicidas agroquímicos, diseñados para combatir las diversas plagas que atacan los cultivos, y la tabla 12 presenta las aplicaciones de los derivados organomercurílicos que son utilizados en la agricultura.

Tabla 11 CLASIFICACION DE PLAGUICIDAS AGROQUIMICOS

PLAGUICIDAS	Insecticidas	Inorgánicas	Arsenicales ...	Arsenato de Pb. Arsenato de Na.	
			Organicas	Fosforicos ...	Fosfifosfos. Fosfurosi.
				Cianuros ...	Cianuro de H. Cianuro de Ca.
		Organicas de síntesis	Nitradas	Azules del petróleo.	
				Vegetales ...	Nicotina. Piretrina. Rotenona.
			Carbamicas		
				Fosforicas	Alfida. Carbena. EDP. Tobifin. Tetlin.
		Organicas de síntesis	Fenolicas	Fenolatos ...	Dicretin. Dylis. Estimac.
				Fosforicas	Dibon. EDVP.
				Tiofosforicas	Diazinon. Bero. Mafoson.
Organicas de síntesis	Carbamicas		Meth. Dipenta.		
			Soda. Tolun.		
Fungicidas	Organicas	Carbolicas (Bordeaux). Sulfocarbolicas (Oxal).			
		Carbolicas (Bordeaux). Carbocarbolicas (Oxal oxal).			
Fungicidas	Organicas	Triazolinas (Triazol). Carbolicas (Oxal, H ₂ O). Nitrosulfidas (Kantac).			
		Inorgánicas	Azules. Oxidatos de cobre.		
Fungicidas	Organicas	Carbamicas (Fenilmercapt).			
		Carbolicas	Sal de Mercurio (Mercurio cianuro).		
Fungicidas	Organicas	Derivados de ácido succinico (S, 4D, 2, 4, 5D).			
		Derivados de ácido succinico (A, 4, 5D).			
Fungicidas	Organicas	Carbolicas (Oxal).			
		Nitradas (Nitro).			
Fungicidas	Organicas				
			Soda (Sulfato de Sulfato). Soda (Sulfato de Mercurio).		

Tabla 12 Aplicaciones de los derivados organomercuríales

Denominación	Aplicación
Cloruro de etilmercurio (Granasan)	Semillas de algodón y lino.
Acetato de metilmercurio (en mezcla con 2,3-dihidroxipropilmercajida, es el Gra- nosan L o Ceresan L).	Semillas en general.
Sulfato de metilmercurio (Ceresan Liq. Cereset)	Semillas en general.
Acetato de amonio dimetilmercurio (Metasul DMA)	Semillas. Acción nematocida.
Cloruro de metocetilmercurio (Ceresan Universal)	Cereales, remolacha, patatas y hortalizas.
Acetato de metocetilmercurio (Mercuran)	Semillas.
Citrato de etocetilmercurio (Verida)	Semillas.
Acetato de fenilmercurio	Muestreo de mazorcas y peral.
Hidroximercurio-clorofenol (Seinesan)	Semillas.
Fenilmercurio-urea	Semillas.
Fenilmercurio-tri-nitroamonió (Parafid)	Céspedes.
8-Hidroxiquinoleno de metilmercurio (Orlin LMI)	Plantas ornamentales.
Metilmercurio diisotiocarbato (Langex) Muy tóxico.	Semillas.
N-Etilmercurio-tolueno-sulfonilido (Ceresan M)	Semillas.

Metabolismo. El mercurio metálico no es tóxico más que en estado de vapor o extremadamente dividido en finísimas gotitas, que pueden estar suspendidas en el aire formando un verdadero aerosol.

Una vez que el mercurio es absorbido, se ioniza rápidamente, solubilizándose en los líquidos con reacción neutra. Así que, estas propiedades le permiten atravesar fácilmente las membranas celulares y depositarse en los órganos ricos en lípidos, principalmente en el cerebro, hígado, pulmón y riñón.

La eliminación del mercurio se realiza después de oxidado, por vía renal y fecal. La rápida oxidación con formación de ion mercuríico, le permite fijarse a las proteínas hemáticas e histicas, y la estabilidad de esta forma química, siendo débil, permite su eliminación. La eliminación renal se realiza por secreción tubular y no por filtración glomerular.

El metil mercurio y otros compuestos de aquil mercurio de cadena corta afectan principalmente al sistema nervioso. La concentración de metil mercurio en las células de la sangre y en el pelo son los principales indicadores de la exposición del sistema nervioso del hombre a estos compuestos (la concentración de mercurio en la sangre se debe a exposiciones recientes mientras que el del pelo muestran el promedio absorbido a través de un período largo).

La intoxicación de personas que laboran en industrias que manejen derivados mercuriales orgánicos se presenta de modo insidioso después de un tiempo de latencia, más o menos largo, que en algunas ocasiones puede ser de dos a tres meses, después de la exposición.

Ello es debido a que la mayor parte del compuesto absorbido se deposita en los hematíes y posteriormente en el encéfalo. La eliminación de estos compuestos es lenta, y se hace, en 90% por las heces, a través de la vía biliar-intestinal, y sólo un 10% se elimina por la orina.

La sintomatología neurológica que presentan estos enfermos es expresión de una encefalopatía tóxica, con atrofia de los hemisferios occipitales y del cerebelo y alteraciones histológicas en la capa granular del lóbulo medio del cerebelo, neuronas de la cirra calcarina y haz posterior medular.

El primer síntoma que aparece es en forma de parestesias de los dedos de las manos y alrededor de la boca. Seguidamente, se produce una considerable reducción del campo visual en forma concéntrica y bilateral, acompañada de disartria y ataxia cerebelosa, con trastornos de la palabra y de la escritura. En los casos graves se puede producir confusión mental, seguida de coma y muerte. Sin embargo, en la evolución más frecuente no se afecta el intelecto. Las lesiones citadas son irreversibles. En la tabla 13 aparece la clasificación de plaguicidas de acuerdo a su toxicidad.

El diagnóstico de esta intoxicación es, muchas veces, difícil, y es porque es forzoso reconocer que la excreción urinaria de mercurio en estos enfermos no es un índice valorable, debido a que la mayor proporción de mercurio orgánico absorbido se fija de manera muy estable en los hematíes.

Tabla 13. Clasificación de los plaguicidas de acuerdo a su toxicidad.

CATEGORIA	DL50-ORAL (mg/Kg)	DL50-DERMAL (mg/Kg) 24 hrs. de contacto	CL50-POR INHALACION (ug/l) (ppm en volumen) 1 hr. de exposición
I Altamente tóxicos	0 a 50	0 a 200	0 a 2000 (0 a 200 ppm)
II Muy tóxicos	> 50 hasta 500	> 200 hasta 2000	> 2000 hasta 20 000 (200 hasta 2000 ppm)
III Medianamente Tóxicos	> 500 hasta 5000	> 2000 hasta 20 000	> 20,000 (2000 ppm)
IV Poco tóxicos	> 5000	> 20,000	

Tanto en su fabricación como en su aplicación en la agricultura, se recomienda el uso adecuado, teniendo en cuenta que la máxima concentración permitida en el aire de los lugares de trabajo es de 0.01 mg/m^3 de aire, lo que da idea de su extrema toxicidad.

Mecanismo de acción toxicológica. La esencia del trastorno bioquímico responsable de la sintomatología de hidrargirismo profesional no se conoce. No obstante, se sabe que el mercurio y sus derivados tienen una acción inhibitoria general sobre los grupos sulfhidrilos al combinarse con gran facilidad con éstos, y por tanto, ser capaz de inhibir un gran número de enzimas - que contienen este radical sulfhidrilo. De esta manera, son inhibidas, preferentemente, la succinodeshidrogenasa, difosfo-piridín-nucleótido, trifosfo-piridín-nucleótido, nucleótido-diaforasa y E-glicerofosfatas.

Al propio tiempo, el mercurio es un precipitante de proteínas, en especial las sintetizadas por las neuronas. De aquí su selectivo neurotropismo, especialmente localizado en la región rubrotalámica, donde se proyectan las vías cerebrales aferentes por el pedúnculo superior hacia el núcleo rojo y tálamo ventrolateral.

2.4. Métodos Analíticos.

Dentro del grupo de métodos analíticos que se utilizan para resolver y separar compuestos estrechamente relacionados, se encuentran La Espectroscopía de Emisión y La Espectrofotometría, los que han sido utilizados para la presente investigación.

.Espectroscopía de Emisión Atómica

La Espectroscopía de Emisión Atómica o Emisión en Llama tiene amplias aplicaciones en el análisis elemental y se basa en los espectros de líneas producidos por los átomos excitados, es decir a la temperatura ambiental, esencialmente todos los átomos de una muestra de materia se encuentran en el estado fundamental, y la excitación de los electrones a orbitales más altos puede conseguirse por el calor de una llama o una chispa o arco eléctricos. El tiempo de vida del átomo excitado es breve, y su vuelta al estado fundamental va acompañada de la emisión de un cuanto de radiación.

Los instrumentos para la espectroscopía de emisión, son de dos tipos, espectrómetros simultáneos para elementos múltiples, y espectrofotómetros secuenciales. Los primeros pueden detectar y medir líneas de emisión de un gran número de elementos (en algunos casos de 50 a 60) en forma simultánea. Por otra parte, los instrumentos secuenciales miden las intensidades de las líneas de diferentes elementos de una por vez.

El problema central en la espectroscopía de emisión analítica es la gran influencia de la fuente sobre el tipo y la intensidad de las líneas producidas por una especie dada. Es evidente que la fuente debe ejercer -

dos funciones, la primera consiste en proporcionar suficiente energía para volatilizar la muestra y convertir los componentes individuales en átomos o iones gaseosos; en este proceso es esencial que la distribución de los elementos en el vapor se relacione en forma reproducible con su concentración o distribución en la muestra. La segunda función es proporcionar suficiente energía para provocar una excitación electrónica de las partículas elementales del gas, de nuevo en forma reproducible.

.Espectrofotometría

La Espectrofotometría se basa principalmente en la absorción de la radiación la cual se produce cuando pasa un haz de radiación por una capa transparente de un sólido, líquido o gas, capaz de absorber radiación. En este caso la energía electromagnética se transfiere a los átomos o moléculas que constituyen la muestra; como resultado de ello, estas partículas pasan del estado de más baja energía a estados de mayor energía, o estados excitados. A temperatura ambiente la mayoría de las sustancias se encuentran en su nivel energético más bajo, o sea en estado fundamental. La absorción, por tanto, produce por lo general una transición entre el estado fundamental y estados con mayor contenido energético.

Los átomos, moléculas o iones tienen un número limitado de niveles de energía cuantizado discreta; para que se produzca absorción de radiación, la energía del fotón excitante debe igualar a la diferencia de energía entre el estado fundamental y uno de los estados excitados de la especie absorbente. Como estas diferencias de energía son únicas para cada especie, un estudio

de las frecuencias de radiación absorbida ofrece un medio de caracterizar a los constituyentes de una muestra de materia.

A pesar de que los métodos absorciométricos no poseen limitaciones respecto de la longitud de onda de la radiación examinante, la cual puede variar a lo largo de todo el espectro electromagnético, se dirigirá la atención fundamentalmente a la absorciometría asociada con la pequeña porción del espectro que abarca la zona de luz visible, los absorciómetros que se emplean con más frecuencia, son los fotómetros o espectrofotómetros, los cuales utilizan como fuente de luz una lámpara con filamento de tungsteno. La temperatura del filamento, a voltajes de operación normal entre 6 y 12V es aproximadamente de 2,400°C. En general los espectrofotómetros son instrumentos más sensibles que están constituidos por una fuente luminosa, un prisma o red monobromática, una ranura, un portacuerdas, un detector fotoeléctrico y un dispositivo medidor de corriente.

3. DESARROLLO EXPERIMENTAL

3.1. Selección del Sitio de Muestreo

Para determinar el nivel de contaminación por la presencia de Plomo y Mercurio en granos, masa y tortilla de maíz, en la Ciudad de Cuadalupe y Zona Metropolitana, que cuenta con un total de 1700 establecimientos productores de tortilla, - de los cuales 200 se encuentran ubicados en el Sector Hidalgo el que fue seleccionado el lugar para la realización del muestreo, que fue efectuado durante el mes de mayo de 1987.

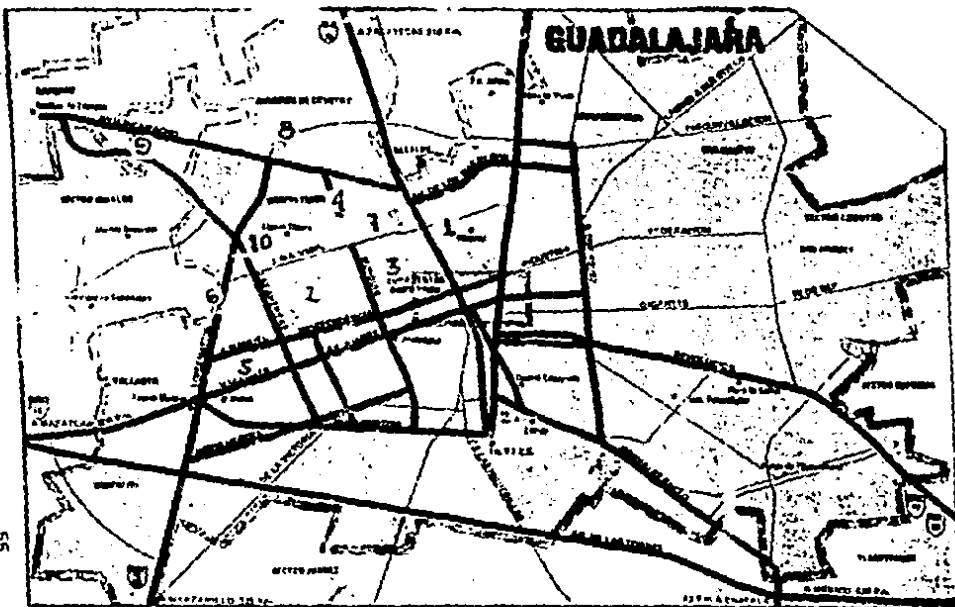
El muestreo fue realizado de la siguiente manera: De los 200 establecimientos registrados en el Sector Hidalgo, se seleccionaron cinco expendios que son molino y tortillería, de los que se tomaron muestras de 1000 gr. de grano y tortilla respectivas, ya que estos directamente procesan el grano para la obtención de la tortilla.

También fue realizado el muestreo en cinco tortillerías, de las que se obtuvieron muestras de 1000 gr. de Tortilla y masa respectivamente, ya que estos establecimientos reciben la masa de otros molinos.

La figura 7 muestra la localización de los sitios en los que fue realizado el muestreo.

La recolección de las 20 muestras, fueron obtenidas durante las horas en que se realizaba la elaboración de las tortillas, para ser trasladadas posteriormente a la Escuela de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Cuadalupe, y ser sometidas éstas a su respectivo análisis.

(FIG. 7)



55

3.2. Análisis de las Muestras

Para la determinación y cuantificación de Plomo y Mercurio en grano, masa y tortilla de maíz, su análisis fué efectuado de acuerdo a las técnicas establecidas por Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC).

Determinación de Plomo.

10 gr. de muestra son sometidos a una digestión húmeda con una mezcla de HNO_3 - HClO_4 . La digestión es tratada con HCl y refluja, posteriormente es diluida y analizada por Espectroscopía de Emisión Atómica, utilizando para ello el Espectrómetro de Emisión Multi-elementos; Modelo Plasma 200; Tipo IL Plasma 100.

Determinación de Mercurio.

La muestra (10gr.) es digerida con HNO_3 y H_2SO_4 bajo reflujo, en aparato especial. El mercurio es aislado por extracción, el cobre es removido y el mercurio es estimado por mediciones espectro fotométricas de mercurio dietazonado, utilizando para su cuantificación el Espectrofotómetro Coleman Junior II Modelo G/35, y graficando para su efecto la Absorbancia (A) en función de la Concentración(c) de la muestra.

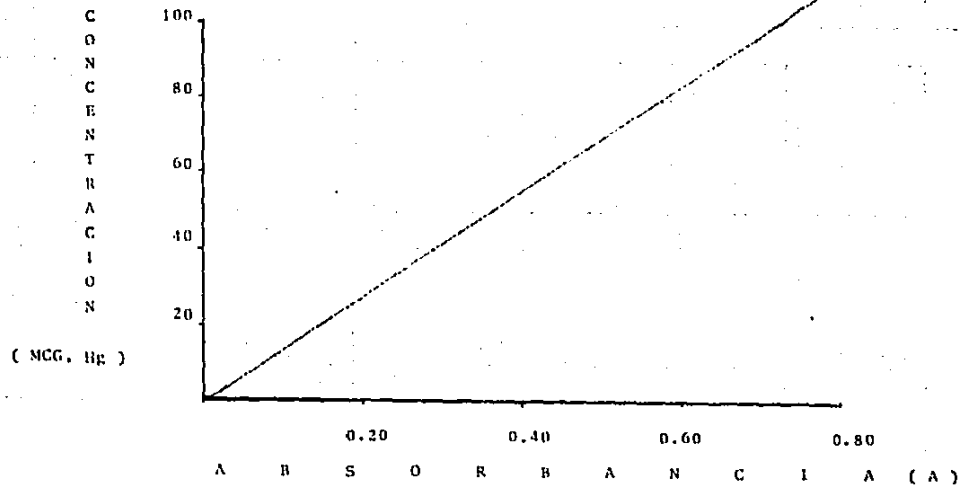
4. RESULTADOS

La Tabla siguiente presenta los resultados obtenidos del análisis de las muestras de grano, masa y tortilla de maíz. El número corresponde al establecimiento y localización mostrado en la figura 7, expuesta anteriormente.

Tipo de muestra	Plomo p.p.m.			Mercurio p.p.m.		
	grano	masa	tortilla	grano	masa	tortilla
+ 1	0.29	*	0	0.0124	*	0
- 2	*	0	0	*	0	0
- 3	*	0	0.01	*	0	0
- 4	*	0	0	*	0	0
- 5	*	0.35	0	*	0	0
+ 6	0.12	*	0.15	0.0072	*	0
- 7	*	0.04	0	*	0	0
+ 8	0	*	0	0.0084	*	0
+ 9	0.94	*	1.15	0.0084	*	0.0224
+10	1.28	*	1.34	0	*	0

- + Molino y Tortillería
- Tortillería
- * No se recolectó muestra

CURVA STANDARD PARA LA DETERMINACION DE
MERCURIO
MCG Hg VS A
 $\lambda = 490 \text{ nm.}$



5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el muestreo de grano, maza y tortilla de maíz en el Sector Hidalgo, de la Ciudad de Guadalajara, podemos concluir que en cuanto al contenido de Plomo éste se encuentra en cantidades ligeramente inferiores a las señaladas por la OMS (Organización Mundial de la Salud) y la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), las que han establecido para Cereales con un límite de 1.37 p.p.m.

En cuanto a los resultados de Mercurio obtenidos, una de las muestras presenta considerable diferencia por encima del reglamento, que determina un contenido máximo de Mercurio en Cereales de 0.015 p.p.m.

Es importante destacar que en este caso el Comité Mixto OMS/FAO ha definido el reglamento para Cereales en general, y a nivel mundial; sin embargo considerando que en México la alimentación humana es basada principalmente en el Maíz, por lo que son de primordial importancia los resultados reportados en la presente investigación, y tales valores son la consecuencia de la existente y elevada contaminación, del medio ambiente por lo que se hace necesario establecer e implantar programas junto con las autoridades sanitarias para evitar y reducir estos elementos presentes en el medio ambiente, que son causantes de alteraciones en los ecosistemas. El control de la contaminación no puede ni debe posponerse, no es admisible ser indiferente ante la magnitud del problema y la improvisación es un modo de ser indiferente y el haberla tenido durante tantos años de progreso cobra en la actualidad su rédito.

Restaurar el daño obliga a grandes sacrificios, pero no hacerlos puede significar el ocaso de una civilización. Cuál sea el medio que permita reducir la emisión de contaminantes no es lo importante, lo trascendente es que no se genere más contaminación, porque restaurar un medio degradado, como el que actualmente existe, exige como condición ineludible que ca se ha la degradación, no se puede reparar si se continúa destruyendo.

Para alcanzar el desarrollo debemos empezar por comprender que la infraestructura de la actividad humana no solamente consiste en obras materiales, caminos, energéticos y servicios, sino en una sana condición humana, en la calidad del medio que hayamos creado para todos.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

6. BIBLIOGRAFIA

- 1.- AOAC, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists: 12a Ed., USA, Edit. Senzel-Reynolds, 1975
- 2.- Cremlyn R.J., Plaguicidas Modernos y su Acción Biológica: México, Limusa, 1982
- 3.- El Informador, Preocupan Industria y los Automotores, 31/111/87.
- 4.- El Occidental, Males Cancerígenos y Gastrointestinales en Tortillas Contaminadas que nos Vendan, - 4/11/87
- 5.- Huizingh D., Factores que influyen en la toxicidad de los metales pesados en los alimentos, Tecnología de Alimentos, Vol.X: No.4, 1975.
- 6.- Kent N.L., Tecnología de los Cereales: España, Acribia, 1971.
- 7.- Parsons D.B., Manuales para Educación Agropecuaria Maíz: México, Trillas, 1981.
- 8.- Quer S.-Brossa, Toxicología Industrial: Ed.Salvat, España, Salvat, 1983.
- 9.- Repetto M., Toxicología Fundamental: España, Científico-Médica, 1981.
- 10.- SARH, Información Agropecuaria y Forestal, Subsecretaría de Agricultura y Operación, Dirección General de Economía Agrícola, México, 1983
- 11.- SARH, Investigación del Comportamiento de la Calidad del Agua en Función de Descargas de Contaminantes y su Efecto en la Flora y Fauna Acuáticas Anexas, Subsecretaría de Planeación, México, 1980.

12. - SARH, Manual de Plaguicidas Autorizados para 1984, Dirección General de Sanidad Vegetal, México, 1984.
13. - SARH, Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas DGTGE, México, 1980.
14. - SEDUE, Resultados Obtenidos a la Fecha de las Mediciones de Contaminantes en la Atmósfera, México, - 1985.
15. - Skoog-West, Análisis Instrumental: 2a Ed., México, Interamericana, 1984.
16. - SARH, Aspectos Generales sobre el Control de la Contaminación del Agua: Subsecretaría de Planeación, - Dirección General de Usos y Prevención de la Contaminación, México, 1982.
17. - Valle-López, Determinación de Plomo en Cebolla y Lechuga Consumidos en el Distrito Federal, Tecnología de Alimentos, Vol.XVII: No.4, 1982.