

71
2c



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**"DETERMINACION DE SELENIO POR
ABSORCION ATOMICA EN FRIJOL Y MAIZ
ORIGINARIOS DE CINCO ESTADOS DE
LA REPUBLICA MEXICANA."**

TESIS MANCOMUNADA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

P R E S E N T A N:

DIANA VERONICA LABASTIDA PIÑA

FAVIOLA MORALES LEDESMA

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

MEXICO, D. F.

1990.



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 está 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

Capitulo	Página
I.-INTRODUCCION.....	1
II.-OBJETIVO.....	2
III.-GENERALIDADES.	
III.1.-Propiedades físicas y químicas del selenio.....	3
III.2.-Distribución de selenio en suelos y plantas.....	8
III.3.-Niveles de selenio en agua y ali mentos.....	16
III.4.-Efectos tóxicos del selenio en el hombre.....	21
III.5.-Diferentes métodos de análisis del selenio.....	26
III.6.-Conceptos de Espectroscopía de Ab sorción Atómica.....	31
IV.-MATERIAL Y METODOS.	
IV.1.-Localización de la zona de trabajo...	40
IV.2.-Muestras.....	40
IV.3.-Determinación del nivel de selenio en frijol y maíz.....	41
V.-RESULTADOS.....	45
VI.-ANALISIS DE RESULTADOS.....	47
VII.-CONCLUSIONES.....	50
VIII.-BIBLIOGRAFIA.....	51

I.-INTRODUCCION.

El selenio es un elemento mineral esencial para todas las formas de vida, sin embargo, se debe tener sumo cuidado en su ingesta, ya que el límite entre toxicidad y esencialidad de este elemento es casi imperceptible.

La determinación del selenio es de gran importancia debido a que se considera esencial para el óptimo crecimiento de los humanos y animales domésticos cuando está presente a niveles traza, mientras que a niveles elevados representa un peligro potencial de intoxicación, también debe considerarse que no existe una relación entre el selenio total presente en el suelo y la absorción de él por los vegetales.

En algunas áreas los suelos tienen concentraciones muy altas de selenio, esos lugares en algunos países se denominan "zonas seleníferas"; así mismo la vegetación ahí crece acumulando altas concentraciones de este mineral. De acuerdo a la capacidad que tienen las plantas para acumular selenio se clasifican en "acumuladoras, indicadoras y no acumuladoras".

El maíz y el frijol en México son considerados base de la alimentación, de ahí la importancia de conocer los niveles de selenio en ellos.

Para evaluar el contenido de selenio existen varias técnicas, al escoger la más adecuada se debe tener en cuenta el tipo de muestra por analizar, así como el material que se tenga a disposición.

II.-OBJETIVO.

Contribuir al conocimiento de los niveles de selenio en maíz y frijol cosechados en cinco Estados de la República Mexicana: Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Tamaulipas y Zacatecas debido a que estas regiones son consideradas seleníferas, además de encontrarse entre las principales zonas productoras de dichos granos.

III.-GENERALIDADES.

III.1.-Propiedades físicas y químicas del selenio.

El selenio al igual que oxígeno, azufre, telurio y polonio son elementos que pertenecen al grupo - VIB de la Tabla Periódica, siendo su número atómico y configuración electrónica la siguiente:

Elemento	N ^o atómico	Configuración electrónica
Oxígeno	8	$1s^2 2s^2 2p^4$
Azufre	16	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$
Selenio	34	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^4$
Telurio	52	$\dots\dots\dots 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^4$
Polonio	84	$\dots\dots\dots 5s^2 5p^6 5d^{10} 6s^2 6p^4$

Los elementos del grupo VIB muestran la sucesión de propiedades no metálicas a metálicas que se encuentra en cualquier grupo periódico con el incremento del número atómico. El oxígeno y el azufre son no metales, el selenio y el telurio son semiconductores y el polonio es metálico.

Estos elementos pueden entrar en combinación química y completar su octeto por ganancia de dos electrones y formar el ion divalente; por ejemplo, O^{2-} , S^{2-} , excepto el polonio por ser metálico, o por formación de dos enlaces covalentes, como en los hidruros H_2O , H_2S , H_2Te y H_2Po .

Debido a que el azufre, selenio, telurio y polonio tienen orbitales "d" vacíos que pueden utilizar sin un gran cambio energético, éstos tienen la capacidad-

de formar compuestos covalentes en los cuales se ex -
pande su octeto de electrones; por ejemplo, las valenci
as del azufre en el H_2S , SCl_4 y SF_6 son dos, cuatro
y seis respectivamente. El oxígeno al igual que los -
otros miembros de la primera línea de la Tabla Periódic
a, no puede expandir su octeto.

El oxígeno existe en forma de moléculas discreta
s; un doble enlace mantiene unidos a dos átomos de
oxígeno, $O=O$. Los átomos de los demás elementos del -
grupo VIB no constituyen enlaces múltiples consigo -
mismos y el azufre en particular muestra una fuerte -
tendencia a la concatenación. El selenio se encuentra
en dos formas que estructuralmente corresponden a los
azufres rómbico y monoclinico en las cuales están pres
entes anillos de Se_8 . Estas formas, sin embargo, se
convierten con facilidad en la forma metálica del elem
ento denominado selenio gris, la cuál está constituid
a por cadenas espirales infinitas de átomos de selen
io. Hasta donde se conoce, existe sólo una forma del
telurio con la misma estructura del selenio gris. El
polonio es exclusivamente metálico y exhibe un número
de coordinación de seis en sus formas alotrópicas (8).

El selenio forma el $10^{-8}\%$ de la composición de
las rocas ígneas de la tierra. Se presenta en estado-
nativo en Japón, México, Estados Unidos de Norteamérica
y en forma de seleniuro en Argentina, Alemania, -
Japón, Chile y Honduras (9).

Los minerales más importantes son la Berzelianita (Cu_2Se), Tiemanita (HgSe), Nauminita (Ag_2Se) y Crookesita ($\text{Cu, Tl, Ag}_2\text{Se}$) (9).

Su forma estable a temperaturas ordinarias es de aspecto metálico y de color gris. El selenio puede formar compuestos con estados de oxidación de -2 (seleniuros), +4 (selenitos) y +6 (selenatos) (9).

En la tabla I se observan los estados de oxidación del selenio, punto de fusión en $^{\circ}\text{C}$ y punto de ebullición en $^{\circ}\text{C}$, comparandolos con los elementos de su familia.

TABLA I

	O	S	Se	Te
Estados de oxidación	+2, 0, -2	-2, 0, +2, +4, +6	-2, 0, +4, +6	-2, 0, +4 +6
Punto de fusión en $^{\circ}\text{C}$.	-219	119	220	450
Punto de ebullición en $^{\circ}\text{C}$.	-183	445	688	1390

El selenio es principalmente obtenido como un subproducto de la refinación del cobre. El telurio es también frecuentemente encontrado en estos minerales y muchos riesgos industriales pueden ser debido a la combinación de estos minerales (7).

El selenio existe en tres formas alotrópicas diferentes, una metálica y las otras dos no metálicas. La forma metálica del selenio es debilmente conductora pero su conductividad aumenta en presencia de luz (8).

El telurio posee la misma estructura del selenio metálico y conduce un poco mejor la electricidad.

El selenio, telurio y polonio forman hidruros gaseosos del tipo H_2X donde X es Se, Te o Po. Con el sulfuro de hidrógeno éstos forman parte de una serie bien escalonada; por ejemplo, sus puntos de fusión ascienden con el peso molecular y sus estabilidades térmicas disminuyen en el mismo orden (8).

Los selenuros, telururos y polonuros, al igual que sus sulfuros correspondientes, en general, son sólidos covalentes. Los selenuros y telururos de los metales del grupo IA, al igual que los sulfuros son iónicos y contienen iones Se^{2-} y Te^{2-} , respectivamente (8).

Como el azufre, el selenio y el telurio forman haluros que exhiben valencias 2, 4, y 6. Ejemplos típicos de estos haluros son los siguientes:

SeCl_2 (gas), SeF_4 (líquido), SeF_6 (gas), todos son covalentes y sus estructuras se asemejan a las de los haluros de azufre. Mientras que el SF_6 es notablemente inerte frente al agua y los álcalis, el SeF_6 se hidroliza lentamente (8).

El selenio forma un dióxido sólido, SeO_2 , de estructura en cadena; éste se disuelve en agua para dar ácido selenioso, H_2SeO_3 . Este ácido forma hidrógeno selenitos, pero a diferencia del ácido sulfuroso, éste es un agente oxidante. El trióxido de selenio, SeO_3 , no se ha obtenido puro, se disuelve en agua para dar ácido selénico, H_2SeO_4 , un agente oxidante fuerte (8).

El selenio es usado en la industria electrónica para rectificadores, fotoceldas y baterías solares en la manufactura de vidrio y cerámica, como agente vulcanizante del caucho; en la manufactura del acero, en pinturas y barnices.

En la manufactura química el dióxido de selenio es usado en raras instancias como un agente de oxidación y el selenio como un oxidante en lubricación y otros aceites.

El selenio se usa también en fungicidas, insecticidas y como un repelente de insectos, además es utilizado en medicina como un agente antiseborreico (7).

III.2.-Distribución de selenio en suelos y plantas.

El selenio se encuentra ampliamente distribuido en la corteza terrestre, pero es raro encontrarlo en cualquier material en concentraciones que excedan 500 ug/g. La cantidad de selenio en cualquier suelo depende de una serie de factores: 1) La ausencia o presencia de selenio en los materiales originales del suelo; 2) La posible remoción de selenio por lixiviación durante la formación del suelo; y 3) Los procesos subsecuentes a la formación del suelo, removiendo o adicionando selenio (16).

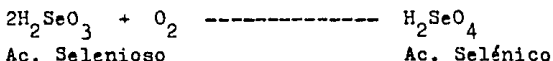
Los suelos pueden obtener su selenio de las rocas formadas, de fertilizantes que contienen fortuitamente selenio, de desechos industriales, del agua de irrigación y del volcanismo contemporáneo (11).

Las rocas sedimentarias cubren más de las tres cuartas partes de la superficie de la tierra, siendo el material mayoritario en los suelos agrícolas. Los suelos más deficientes son los que derivan de las rocas ígneas, debido a que el selenio tiende a perderse durante la cristalización del magma (16).

Se estima que del 60 al 80 % de selenio de una roca se pierde en la formación de los suelos, dependiendo de la inclinación del terreno. Las áreas montañosas pierden más selenio debido al escurrimiento y escasez de árboles (18).

De acuerdo al pH, los suelos se pueden clasificar como: Ácidos, neutros y alcalinos.

Por regla general los suelos más alcalinos contienen menor cantidad de selenio, en los suelos donde su pH sea mayor de 6.5, el selenio presente puede ser más fácilmente oxidado a selenatos solubles. La reacción que toma lugar en un medio alcalino con mayor facilidad es la siguiente:



Los suelos alcalinos se encuentran en áreas poco húmedas o donde la lluvia es poco frecuente. Si los suelos son irrigados el selenio puede ser removido a otros lugares (16).

El selenio puede ser oxidado a $\text{SeO}_4^{=}$ en los suelos alcalinos, formandose rápidamente sales solubles que están sujetas a la lixiviación. En regiones áridas estas sales solubles pueden acumularse en los suelos (11).

Los suelos ácidos están principalmente compuestos por materia orgánica en descomposición. La reducción del selenio a selenitos o a selenidos probablemente tiene lugar en los horizontes ricos en materia orgánica ácida. En este tipo de suelos el selenio pasa del suelo a la vegetación y regresa al suelo si la vegetación muere y se descompone en ese mismo lugar, por ejemplo cuando la vegetación es removida durante la cosecha el selenito se agota a menos que éste sea-

suministrado como fertilizante, agua con selenio, o -
polvos de selenio (16).

En suelos ligeramente ácidos a neutros el sele-
nio puede ser retenido en forma de sustancias orgáni-
cas (11).

En las áreas semiáridas el selenio también -
existe en la forma de selenoides insolubles. El meta-
loide igualmente puede encontrarse en formas solubles
en agua cuando esta en la presencia de un sulfido se-
mejante a la marcasita que es capaz de ser lixiviado-
rápidamente (18).

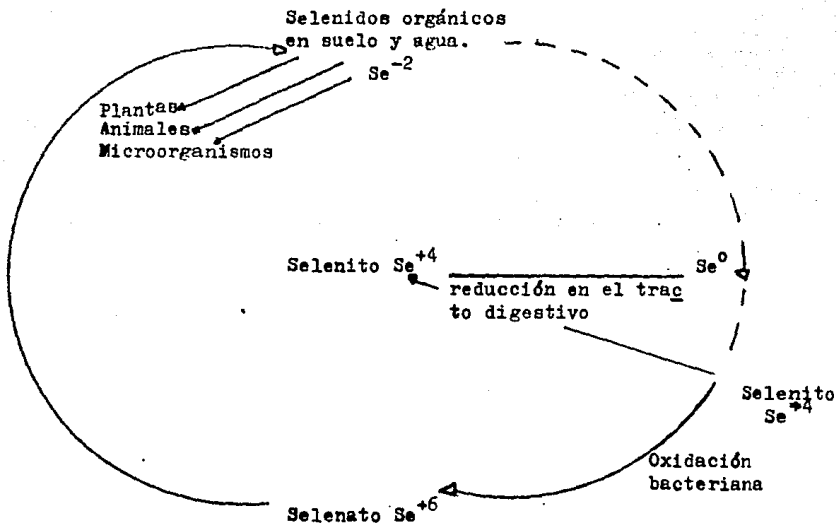
Existen compuestos orgánicos de selenio solu-
bles en los suelos, siendo posible que estos compues-
tos se encuentran presentes debido a la descomposi-
ción de plantas seleníferas (18).

Se ha determinado que el selenio se presenta -
en formas solubles en agua en muchos suelos y estan -
disponibles para los granos y pastos (18).

Las formas más disponibles para la absorción -
de selenio por las plantas son los selenatos, seleni-
tos y selenitos férricos debido a la lenta hidrólisis
del selenio elemental (18).

La fuente natural del selenio para la agricul-
tura y otros usos biológicos es el suelo, en donde es
este elemento se acumula en diferentes cantidades pasan-
do a las plantas que son consumidas por animales (16).

Para seguir la forma en que el selenio pasa de un medio a otro, es necesario consultar el ciclo siguiente:



Existe muy poca información sobre las concentraciones de selenio en suelos de México, sin embargo Williams et al en 1940 y Figueroa en 1938 encontraron que el área del Valle del río de Guanajuato y el área de Irapuato contienen niveles tóxicos de selenio en los suelos superficiales de 0.3 a 20 ppm y en los subsuelos de 0.1 a 6 ppm. Estos niveles tan altos de selenio en el suelo se deben a los procesos usados para extraer la plata de las minas, los niveles encontra-dos indican que el selenio está en una forma soluble en agua o disponible. En México no se han encontrado otras áreas con concentraciones tan altas de este elemento (18).

En 1978 Escobosa et al encontraron que los niveles de selenio en el noroeste y el centro de la República Mexicana son altos sin llegar a ser tóxicos - (18).

La distribución de selenio en tejidos y orgá-nos de varias especies de plantas tiene importantes implicaciones en relación a la fisiología de las plantas y a la ingesta de éstas por los animales. Las plantas generalmente absorben mucho más selenio - cuando el elemento se ha adicionado o está en el suelo como selenato, que cuando cantidades equivalentes son suministradas en forma orgánica. El selenito es - absorbido en menor proporción que el selenato pero en mayor proporción que el selenio orgánico (11).

En los suelos seleníferos de los E.U.A. y Méxi-
co, existen varias especies de plantas que crecen sola-
mente en estas áreas, debido que para su crecimiento -
necesitan de selenio, denominándose a estas plantas co-
mo " indicadores " de este elemento (18).

Entre las especies de plantas que se conocen es-
tan: Astragalus, Xylorhiza de Machaeranthera, Oconis-
de Haplopappus y Stanleya. Muchas de estas plantas tie-
nen un olor ofensivo debido a la presencia de altos ni-
veles de compuestos orgánicos selenoides en sus teji-
dos. La concentración de selenio en estas plantas es -
capaz de intoxicar y matar animales después de algunas
horas de haber sido consumidas. También pueden acumu-
lar altos niveles de selenio, plantas de los géneros -
Aster, Atriplex y Grindelia, cuando crecen en áreas -
con concentraciones de selenio disponible (18).

Se debe considerar que así como existen plan-
tas que necesitan selenio para su crecimiento, también
existen plantas que lo acumulan encontrándose niveles-
elevados de este elemento, a este tipo de plantas se -
les denomina " acumuladoras "; otro tipo de plantas -
son las " convertidoras " de selenio, las cuáles absor-
ben el selenio no disponible para la mayoría de las -
plantas convirtiendolo a la forma disponible (11).

Las plantas " indicadores " pueden acumular mi-
les de ppm de selenio sin signo de clorosis, mientras-

que las plantas acumuladoras y las plantas cosechadas pueden acumular al máximo unos cientos de ppm de Se. - Las plantas "indicadoras" probablemente tienen la capacidad de regular por algún mecanismo las grandes cantidades de selenio y evitar así su intoxicación. Los signos característicos de las plantas intoxicadas con selenatos son: clorosis blanca de las hojas jóvenes y coloración amarilla de las hojas viejas de la planta afectada, con el selenito las hojas cambian a un color café. Altas concentraciones de selenito producen la clorosis blanca y muerte de la planta (18).

Entre los factores que afectan la acumulación de selenio en plantas se encuentran los siguientes:

1) La semejanza estructural entre el selenio y el azufre, ocasiona una competencia por el mismo sitio. Las plantas "indicadoras" generalmente acumulan niveles altos de azufre, sugiriendo que la substitución de Se por azufre ocurre en los componentes de células normales. También se ha encontrado que los suelos tratados con S o sulfato pueden reducir la cantidad de Se absorbido por las plantas, pero no impide totalmente su absorción. 2) Ambiente Físico, se ha reportado que el contenido de selenio en las plantas aumenta con una mayor precipitación pluvial, sin embargo, se encontró que la lluvia tiende a reducir los niveles del metaloide absorbido por las plantas debido a la dilución del-

selenio en el suelo. 3) Edad y Fase de Crecimiento, - todas las plantas "indicadoras" son perennes con un sistema radicular bien desarrollado. Estos sistemas pueden acumular y absorber el selenio durante la vida de la planta. Se han encontrado niveles de 447 ppm Se en las hojas de A. bisulcatus inmadura y de 2920 ppm-Se en la planta madura.

El selenio no se almacena en las partes aéreas de la planta, es metabolizado por las hojas y almacenado en las raíces. La distribución de selenio en un orden de creciente es: raíces, tallos, hojas, flores y frutas. Esta distribución varía dependiendo de la especie, fase de crecimiento y estado fisiológico de la planta - (18).

III.3.-Niveles de selenio en agua y alimentos.

El contenido promedio de selenio en la mayoría de los océanos es de 0.09 ug/l. En aguas ácidas con un pH de 2.4 a 3.0 y ligeramente alcalinas con un pH de 7.4 a 8.0 presentan altas concentraciones de selg-nio. En general, el agua contiene menos de 1 ug/l(16).

En los alimentos el contenido de selenio varía ampliamente dependiendo del área donde se cosechan, o del proceso a que son sometidos para su conservación, o bien del tipo de alimento que ingieran los animales de consumo humano (16).

En las tablas que a continuación se muestran, se observa que los alimentos marinos, riñones, hígado, carne de res y puerco, y los granos enteros son generalmente una buena fuente de selenio (arriba de 0.2 ppm de Se), a diferencia de las frutas y vegetales que son fuentes pobres de selenio (0.01 ppm de selenio o menos), a excepción del ajo (16).

Tabla II. Contenido de selenio en cereales y sus productos.

<u>Producto</u>	<u>ug Se/g</u>
Avena preparada para desayuno	0.428
Arroz	
Pulido	0.318
Café	0.387
Arroz inflado para desayuno	0.028
Cebada	0.659
Fan	
Blanco	0.277
Trigo entero	0.665
Trigo preparado para desayuno	0.105

Tabla III. Contenido de selenio en vegetales y frutas.

<u>Productos</u>	<u>ug Se/g</u>
<u>VEGETALES</u>	
Ajo fresco	0.250
Cebolla blanca y fresca	0.015
Col fresca	0.022
Coliflor fresca	0.006
Chícharos	
Frescos	0.006
Enlatados	0.009
Hongos	
Frescos	0.130
Enlatados	0.109
Lechuga fresca	0.008
Maíz	
Fresco	0.004
Enlatado	0.004
Nabo fresco	0.007
Papa	
Dulce, fresca	0.007
Blanca, fresca	0.004
Blanca, enlatada	0.009
Pimienta verde y fresca	0.007
Rábano fresco	0.040
Tomate	
Fresco	0.005
Enlatado	0.010
Zanahoria	
Fresca	0.022
Enlatada	0.013
<u>FRUTAS</u>	
Durazno	
Fresco, pelado	0.004
Enlatado	0.003
Manzana fresca y pelada	0.004
Salsa de manzana enlatada	0.002
Naranja fresca y pelada	0.013
Pera	
Fresca y pelada	0.006
Enlatada	menos 0.002
Piña	
Fresca	0.006
Enlatada	0.010
Plátano fresco y pelado	0.010

Tabla IV. Contenido de selenio en productos lacteos, huevo, sacarina y azúcar.

<u>Productos</u>	<u>ug Se/g</u>
Crema	0.005
Leche	
Evaporada y enlatada	0.012
Descremada	0.045
Descremada en polvo	0.096
Completa homogenizada	0.012
Queso	
Procesado americano	0.090
Cottage:	0.052
Suizo	0.100
Huevo	
Yema	0.182
Clara	0.051
Sacarina	0.005
Azúcar	
Blanca	0.003
Café	0.011

Tabla V. Contenido de selenio en alimento colado para bebé.

<u>Productos</u>	<u>ug Se/g</u>
Avena con salsa de manzana y plátano	0.030
Arroz con salsa de manzana y plátano	0.021
Borrego	0.130
Chícharos	0.005
Durazno	0.003
Hígado	0.258
Pera	0.003
Pollo	0.107
Pudín con vainilla	0.016
Puerco	0.124
Res	0.116
Zanahoria	0.002

Tabla VI. Contenido de selenio en carnes y alimentos marinos.

<u>Productos</u>	<u>ug. Se/g</u>
<u>CARNES</u>	
Borrego	
Costilla	0.178
Riñones	1.420
Pollo	
Pechuga	0.116
Pierna	0.136
Piel	0.150
Puerco	
Costilla	0.239
Riñones	1.890
Res	
Bistec	0.340
Molida	0.199
Hígado	0.431
Riñones	1.550
<u>ALIMENTOS MARINOS</u>	
Camarón descortezado	0.588
Cola de langosta	0.657
Filete de bacalao	0.427
Filete de lenguado	0.335
Ostras	0.652

The Food and Nutrition Board (1980) of the National Academy of Science ha recomendado una ingestión diaria de 50-200 ug Se/día para adultos. Las recomendaciones para otros grupos de diferentes edades son: Infantes de 0-6 meses, 10-40 ug; infantes de 6 meses a 1 año, 20-60 ug; niños de 1-3 años, 20-80 ug; niños de 4-6 años, 30-120 ug ; adolescentes de 7-11 años, - 50-200 ug (16).

III.4.-Efectos tóxicos del selenio en el hombre.

La toxicidad de selenio en los animales y en el hombre varía con la cantidad y formas químicas del mineral ingerido, la duración y continuidad de la ingesta de éste, así como la naturaleza del resto de la dieta (20).

El selenio es utilizado comercialmente en forma elemental. Entre los compuestos de importancia de este elemento se encuentran: dióxido de selenio, selenito de sodio, selenato de sodio y selenurio de fierro.

El selenio entra al cuerpo por inhalación, en forma de polvo o vapor, o bien a través de la piel, también puede ser deglutido por medio de los alimentos que se ingieran ejerciendo su acción tóxica al absorberse por el tracto digestivo (11).

Los síntomas de intoxicación por selenio varían significativamente de un individuo a otro, siendo muy difícil establecer generalizaciones sobre los síntomas y los niveles a los cuales se puede considerar normal (11).

El promedio de tolerancia del selenio en el cuerpo humano es aproximadamente de 14.6 mg, encontrándose la mayor concentración en los riñones, el nivel de este elemento en el hígado es cerca de la mitad descubierta en los riñones (7).

Los órganos donde se puede hallar la mayor cantidad de selenio son: Hígado, riñones, bazo, pán-

creas, corazón y pulmones, siendo el más afectado el hígado, ya que sufre una degeneración grasa, sin embargo esta afección puede ser reversible si la duración de la exposición al selenio no es muy prolongada (11).

Entre los compuestos de selenio que producen problemas de intoxicación por inhalación, contacto, exposición prolongada, etc, se encuentran: Oxícloruro de selenio (SeOCl_2), dióxido de selenio, selenitos, selenatos y selenurio de hidrógeno (11).

Oxícloruro de selenio.-Es un líquido casi incoloro a temperatura ambiente, muy tóxico y severamente vesicante, capaz de producir quemaduras de tercer grado. Para su tratamiento se debe dejar fluir agua en la parte afectada y agregar un álcali suave como bicarbonato de sodio.

Dióxido de selenio.-Es un sólido cristalino blanco que sublima a 315°C y se disuelve rápidamente en agua formando ac. selenioso. El dióxido de selenio y el ac. selenioso, así como sus sales son muy tóxicos e irritantes. Estos compuestos son capaces de penetrar a la piel causando una irritación e inflamación local intensa, una exposición prolongada causa dermatitis. Una alergia al dióxido de selenio puede desarrollarse en algunos individuos, manifestandose como decoloración rosa de los párpados y conjuntivitis.

Selenurio de hidrógeno.-Es un gas con olor ofensivo - y es probablemente el más tóxico e irritante de los - compuestos de selenio que se conocen. Una propiedad - importante de este compuesto es su capacidad para cau - sar fatiga olfatoria. El signo más común de intoxicación por este compuesto es la irritación de las mem - branas mucosas de la nariz, ojos y de la parte supe - rior del tracto respiratorio, a estas manifestaciones le sigue una sensación de rigidez en el área afectada. Cuando la víctima es removida del área de exposición, estos síntomas desaparecen. Si se expone al individuo durante un período largo o bien si el individuo es su - ceptible a este compuesto, pueda desarrollar un edema pulmonar.

No se han notificado incidentes tóxicos en el uso de compuestos orgánicos del selenio, excepto don - de el selenurio de hidrógeno ha sido desarrollado du - rante la síntesis de estos compuestos, además parece - ser que los compuestos orgánicos del selenio son me - nos tóxicos que las formas inorgánicas (16).

La intoxicación aguda por selenio produce efec - tos en el sistema nervioso central, manifestandose en nerviosismo, somnolencia y algunas veces convulsio - nes (7).

Los síntomas de una exposición por inhalación - crónica pueden incluir palidez, desordenes gastroin -

testinales, nerviosismo, aliento con olor a ajo, daño en hígado y bazo, anemia, irritación en las mucosas y dolor lumbar (7).

Dentro de ciertos límites fisiológicos el cuerpo tiene un mecanismo que permite retener cantidades-traza de selenio y excretar el exceso de éste. La toxicidad del selenio ocurre cuando la ingesta excede la capacidad excretora (7).

En comunicaciones recientes se puede encontrar información referente a que el selenio causa toxicidad fetal y efectos teratogénicos en humanos (7).

El selenio es excretado en la orina, la cual normalmente contiene alrededor de dos veces la cantidad presente en las heces. Si aumenta la cantidad de selenio en la orina indica que el individuo ha estado expuesto por un período largo a este elemento. La salida normal de selenio en la orina es de 0.0 a 15 - ug/100 ml (7).

Un posible mecanismo de los efectos protectores de selenio ha sido postulado involucrando la inhibición de la formación de malonaldehído, producto peroxidativo del tejido dañado, el cual es carcinogénico además de este aparente efecto protector contra algunos agentes carcinogénicos, el selenio es un antídoto al efecto tóxico de otros metales. A niveles apropiados la detoxificación mutua de Se y Hg, Se y Tl, Se y Cu, Se y As, y Se y Sb ha sido demostrada (11).

Tres posibilidades existen para la prevención o tratamiento de la intoxicación por selenio (selenosis) y son:

- 1) Tratamiento del suelo, de modo que el selenio absorbido por las plantas es reducido y mantenido a niveles no tóxicos.
- 2) Tratamiento del individuo de modo que la absorción de selenio es reducida o la excreción se incrementa, previniéndose la acumulación tóxica en los tejidos.
- 3) Modificando la dieta del individuo por la inclusión de compuestos que antagonizan o inhiben los efectos tóxicos del selenio dentro de los tejidos y fluidos del cuerpo (20).

III.5.-Diferentes métodos de análisis de selenio.

Para la determinación de selenio en alimentos- existen diversos métodos, siendo de mayor importancia los que a continuación se citan:

1) Método colorimétrico de Robinson con hidroxilamina: El proceso consta de cuatro pasos: (1) Com- bustión húmeda de la muestra con ácido sulfúrico y - ácido nítrico, (2) destilación con ácido bromhídrico, con conversión del selenio a la forma hexavalente pri- mero y después a la forma tetravalente, (3) precipita- ción con clorhidrato de hidroxilamina y (4) determina- ción colorimétrica en una solución de goma arábiga; - este método fue adoptado para productos vegetales - (22).

2) Ensayo de Schmidt con sulfato de codeína: - Este método se basa en el color azul que se forma al reaccionar el selenio con sulfato de codeína. La de- terminación se realiza con hojas desecadas que son di- digeridas con ácido nítrico, al producto de ésta se le concentra hasta volumen reducido, enseguida es vuelto a digerir y concentrar, finalmente se hierve con áci- do sulfúrico, se enfría, diluye y se procede a ensa- yar con el sulfato de codeína, la lectura se realiza en un colorímetro (22).

3) Método oficial para determinar selenio en alimentos (AOAC): La determinación consiste en una di- gestión vía húmeda con ácido nítrico y ácido sulfúri- co en presencia de óxido mercuríco; posteriormente se

procede a la separación de selenio por destilación como bromuro volátil, a continuación se efectúa una reducción del bromuro a selenio elemental con dióxido de azufre, aislación y estimación como H_2SeO_2 por titulación con tiosulfato de sodio (6).

4) Modificación del método oficial fluorométrico para determinar selenio en plantas: La modificación al método oficial se hizo con el fin de obtener mayor precisión en la determinación.

El tiempo de digestión se incrementa de 15 a 30 minutos para asegurar una completa oxidación de todas las formas de selenio a selenito. En cuanto a los reactivos, la preparación del 2,3-diaminonaftaleno se recomendaba hacerla diariamente, sin embargo se comprobó su estabilidad, por lo tanto se recomendó guardarla varias semanas sin temor a su descomposición.

Este método modificado es conveniente y aplicable a un amplio rango de materiales (13).

5) Revisión del método fluorométrico para determinar selenio en alimentos: En este método se hacen varias modificaciones como lo es el cambio de reactivos en la digestión de la muestra, se utiliza una mezcla de ácido nítrico y ácido perclórico en lugar de la mezcla de ácidos nítrico, perclórico y sulfúrico ya que el ácido sulfúrico se adiciona después de la digestión con el fin de remover los ácidos y proveer un medio adecuado para el acomplejamiento con

el reactivo DAN (2,3-diaminonaftaleno). Para asegurar que todo el selenio presente se encuentra en estado tetravalente, se adiciona peróxido de hidrógeno después de que todo el material orgánico ha sido destruido y los ácidos nítrico y perclórico han sido removidos. El pH de la muestra digerida es controlado adicionando una solución buffer de glicina/HCl antes de adicionar amoníaco. Las muestras se calientan a temperatura baja por un tiempo largo para la complejación (10).

6) Análisis de alimentos para determinar Cd, Cu, Zn, As y Se, usando un sistema cerrado de digestión: El método involucra la digestión de una muestra del alimento con ácido nítrico bajo presión, usando alícuotas de la solución digerida se analiza por técnicas apropiadas cada elemento. El cadmio y el cobre se determinan por técnicas voltamétricas después de calentar la muestra con una solución equimolecular de nitrato de sodio/nitrato de potasio. Arsénico y selenio se determinan por espectrofotometría de absorción atómica después de la generación de sus respectivos hidruros. El zinc se analiza por la espectrofotometría de absorción atómica convencional (5).

7) Determinación de arsénico y selenio por la generación de hidruros con espectroscopía de absorción atómica, previa digestión vía seca de la muestra: A la muestra previamente molida finamente se le agre-

ga nitrato de magnesio y óxido de magnesio, se disuelve en ácido clorhídrico con el fin de secar la muestra. El selenato se reduce a selenito por ebullición de la muestra seca en HCl 4N, y el arsenato a arsenito por tratamiento con ioduro de potasio. Los hidruros de selenio y arsénico son generados por la adición de una solución de borohidruro de sodio (NaBH_4) y son arrastrados por nitrógeno o argón, todo esto ocurre en el espectrofotómetro de absorción atómica. El límite de detección es de alrededor de 5ppb por cada elemento basado en 10 g de muestra (19).

8) Óptimas condiciones para la generación de hidruros de selenio y su determinación por espectrofotometría de absorción atómica: Parámetros instrumentales y otras variables son estudiados para establecer los indicadores óptimos en la determinación de selenio por espectrofotometría de absorción atómica usando la generación de hidruros. Las condiciones óptimas son establecidas considerando las siguientes variables: Volumen de la solución de reacción, el tiempo que pasa después de la última adición de borohidruro, método de adición del borohidruro, la proporción de flujo del gas acarreador y los estados de oxidación del selenio. El límite de detección es alrededor de 2ng de selenio (2).

9) Medición de selenio en plantas de alto contenido de selenio por absorción atómica: Los métodos-

más comunmente usados para la determinación de selenio en plantas han sido designados para medir concentraciones muy bajas de este elemento. Así que cuando las plantas contienen altas concentraciones de selenio son analizadas utilizando una considerable dilución del material digerido. La modificación del método oficial AOAC se hace con el fin de poder determinar el contenido de selenio en plantas que lo acumulan, ya que en este tipo de material las concentraciones varían de 100 a varios miles de $\mu\text{g Se/g}$, lo que no se puede cuantificar fácilmente (12).

En base a la información anterior, se podrá escoger el método para la determinación de selenio más adecuado, de acuerdo a los intereses del investigador.

III.6.-Conceptos de Espectroscopía de Absorción Atómica.

El fundamento del método consiste en hacer pasar un haz de luz a través de una muestra y medir la intensidad de luz antes y después de haber pasado por ésta. El haz de luz debe ser de igual longitud de onda que la emitida por los átomos excitados del elemento a determinar. El elemento que se va a analizar en la muestra se debe encontrar en estado basal (3).

En absorción atómica, un sistema práctico de trabajo consta de tres partes: Una fuente de radiación, un medio para transformar la muestra a investigar en átomos libres y un sistema para medir el grado de absorción de la radiación; a continuación se detallan los componentes básicos del espectrofotómetro de absorción atómica.

Fuente de luz.-Para su obtención se usan lámparas de cátodo hueco que contienen el elemento a determinar, éstas son diseñadas para emitir energía de una particular longitud de onda, capaces de pasar del estado basal al estado excitado los átomos del elemento que nos interesa (3).

Las lámparas de cátodo hueco están constituidas por una envoltura de vidrio de aproximadamente 15 cm de largo y 5 cm de diámetro con una ventana transparente de cuarzo, en la parte interior se encuentran el cátodo (copa metálica donde se localiza el elemento a excitar) y el ánodo (varilla de tungsteno). El tubo

se evacúa y se llena con un gas portador monoatómico, ultrapuro, generalmente argón o neón, a una presión - de 4mmHg: se elige la presión del gas a utilizar, así como el voltaje para que la descarga quede en el interior del cátodo (3).

Sistema nebulizador (quemador).- Es aquí donde se transforma a la muestra por analizar en vapor atómico, el cuál absorberá la energía procedente de la fuente de luz, excitándose de esta manera los átomos neutros. No debe existir efecto de memoria, es decir, el contenido de una muestra no debe quedar retenido - y afectar el resultado de las demás muestras que se analicen. En el sistema existen otros requisitos que cumplir como: facilidad de limpieza y ajuste, y resistencia a la corrosión (1).

Por medio del sistema nebulizador, se aspira - la muestra a la cámara del mechero, mezclándose como fino aerosol con los gases de combustión, es en este momento cuando los metales se encuentran en solución - en las gotas de aerosol, conforme estas gotas pasan a la flama, el calor evaporará al solvente dejando finas partículas sólidas de la muestra, al continuar aplicando más calor, se efectuará la licuefacción y un calor adicional vaporizará la muestra. En este momento el metal en estudio permanece enlazado con algún anión para formar una molécula. Si se suministra más energía calórica, la molécula se disocia en los átomos individuales que la forman (1).

En la atomización un parámetro importante es - la temperatura, por lo que a continuación se enlistan las temperaturas de algunas flamas utilizadas en ab - sorción atómica:

Oxidante - Combustible	Temperatura °C
Aire - Metano	1875
Aire - Gas natural	1700-1900
Aire - Hidrógeno	2000-2050
Aire - Acetileno	2125-2400
N ₂ O - Acetileno	2600-2800

La flama de óxido nitroso-acetileno es consi - derada más caliente que la de aire-acetileno, por lo cual es usada con frecuencia para minimizar las inter - ferencias químicas que se presentan en la determina - ción de elementos que utilizan aire-acetileno (3).

El número de átomos metálicos en estado basal- formados en el paso de atomización del proceso de fla - ma, determinará la cantidad de luz absorbida. La con - centración se determina por comparación de la absor - bancia de la muestra con la absorbancia de una serie de estándares de concentración conocida. Las relacio - nes entre el número de átomos en la flama y la concen - tración del elemento analizado en solución, es gober - nado por el proceso de atomización. Si cualquier cons - tituyente de la muestra altera uno o más pasos de es - te proceso, existirá una interferencia y resultará u - na medida de concentración errónea si la interfere - ncia no se elimina.

El atomizador debe estar construido con materiales resistentes a la corrosión, así como resistente a altas temperaturas, debe poseer buena estabilidad y alta sensibilidad, además tiene que ser adecuado para la determinación de un gran número de elementos (3).

El gas oxidante y la muestra en solución, entran a través de canales separados y emergen al mismo punto de ignición, pero antes son mezclados en una cámara separada, grandes gotas caen al fondo de la cámara y sólo un fino "spray" llega a la flama (1).

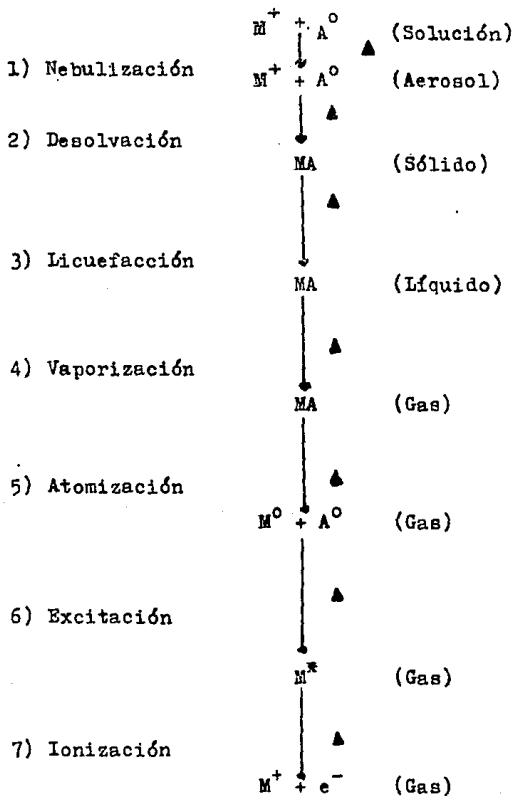
Monocromador.-Este aditamento se utiliza para dispersar las diferentes longitudes de onda de luz que se emiten de la fuente de luz, así como para aislar una longitud de onda específica. La selección de una fuente y longitud de onda en particular es para la determinación de un elemento que se selecciona en presencia de otros.

La función del monocromador es para aislar la línea deseada de otras líneas de emisión y para reducir notablemente el flujo total de luz que llega al detector. Para mejorar la precisión y el límite de detección, las rejillas se pueden abrir hasta cierto punto para permitir la entrada de luz (1).

Fotodetector.-Esta constituido por un fotomultiplicador al que llega la longitud de onda de la luz que es aislada por el monocromador. Este aditamento -

Produce una corriente eléctrica (depende de la luz que recibe) que es procesada por los instrumentos electrónicos para producir una señal correspondiente a la concentración de la muestra que es traducida produciendo una lectura dada en unidades de concentración (1).

PROCESO EN LA FLAMA



Sistema generador de hidruros.-Existen siste -
 mas de alta sensibilidad para determinaciones más pre -
 cisas, entre éstos se encuentra el sistema generador -
 de hidruros, en donde los hidruros gaseosos de cier -
 tos metales son producidos químicamente por la adi -
 ción de borohidruro de sodio a la muestra contenida -
 en un tubo de reacción, el cual se sella y los hidru -
 ros gaseosos e hidrógeno producidos por la reacción -
 son arrastrados por una burbuja de nitrógeno o argón a -
 una celda de cuarzo colocada sobre el quemador. Exis -
 te equipo manual y automático.

Cuando el vapor de la muestra es atomizado por la fla -
 ma, se produce una señal, la cual es proporcional a -
 la cantidad del elemento en la muestra.

Los límites de detección para los elementos determina -
 bles por esta técnica son los siguientes:

<u>ELEMENTOS</u>	<u>Límite de detección en solución ($\mu\text{g}/\text{l}$)*</u>
Arsénico	00.15
Antimonio	00.25
Bismuto	00.25
Estaño	00.20
Germanio	10.00
Selenio	00.15
<u>Telurio</u>	<u>00.25</u>

* Basado en 20ml de muestra.

Los elementos que se determinan por esta técnica son de gran importancia por sus implicaciones toxicológicas.

Por medio de este sistema se pueden analizar muestras de naturaleza compleja, las cuales son difíciles o generalmente imposibles por cualquier otro método. Además esta técnica es muy eficaz para detectar niveles muy bajos, de aquí que sea tan atractiva.

Por todo lo anterior la absorción atómica aplicada a la generación de hidruros es una técnica ampliamente usada.

Interferencias presentes en la absorción atómica.-La mayor parte de los elementos metálicos pueden actualmente determinarse por absorción atómica. Existen interferencias naturales como son la de un elemento con otro o bien por constituyentes no absorbidos, principalmente especies aniónicas que necesariamente están presentes en solución, tales interferencias se denominan "interferencias químicas", sus efectos son un aumento o disminución del grado de absorción dado por un elemento deseado. Una interferencia química típica es la del fosfato en la determinación de calcio o magnesio. Los fosfatos de calcio y de magnesio son sustancias muy estables que no se descomponen con facilidad en la llama de aire/acetileno, por lo que los átomos no se liberan. Si la concentración de fosfato es relativamente baja, este efecto se evita adicionan-

do una cantidad igual de fosfato a los estándares de calibración. Sin embargo, la interferencia se evita totalmente, sean bajas o altas las concentraciones de fosfato, por adición de un segundo metal (agente liberador), que a su vez forma un fosfato sumamente estable, por ejemplo el lantano y el estroncio actúan como liberadores de calcio, o utilizando una flama más caliente como la de óxido nitroso/acetileno (1).

Otro tipo de interferencia que es encontrada frecuentemente es la "interferencia por ionización", y ocurre que el proceso de disociación no se para necesariamente cuando el átomo regresa a su estado basal. Si se suministra energía adicional, el átomo en estado basal puede ser elevado térmicamente a un estado excitado, o si la energía térmica es suficiente, el electrón puede ser removido totalmente del átomo creando un ión. Como estos rearrreglos electrónicos agotan el número de átomos en estado basal disponibles para la absorción, ésta se ve reducida. Cuando un exceso de energía destruye los átomos en estado basal, existe una "interferencia por ionización".

La interferencia por ionización puede ser eliminada al adicionar un exceso de un elemento, el cual es también fácilmente ionizable, creando un gran número de electrones libres en la flama y suprimiendo así la ionización del elemento por analizar. Sodio, cesio y potasio son usados comunmente como supresores de ionización (1).

Existe otro tipo de interferencia conocida como "interferencia espectral". Si en el perfil de la absorción atómica de un elemento se traslapa la línea de emisión de otro, se dice que existe "interferencia espectral", esto no es frecuente que ocurra debido a que existe una longitud de onda específica para cada elemento en la absorción atómica. El riesgo de que esto ocurra se presenta cuando son usadas lámparas multi-elementos, donde la fuente puede contener líneas de emisión cercanas para diversos elementos (1).

IV.-MATERIAL Y METODOS.

IV.1.-Localización de la zona de trabajo.

El trabajo se realizó en el Departamento de Patología, Sección Toxicología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la U.N.A.M., debido a que el material necesario para la investigación se encontraba disponible en este lugar.

IV.2.-Muestras.

Las muestras para el análisis fueron facilitadas por PRONASE (Productora Nacional de Semillas), - dependiente de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, con la finalidad de que la recolección de éstas fuera realizada por gente especializada y que tuviera fácil acceso a las zonas de cosecha y almacenaje.

Se nos proporcionaron 50g de cada una de las muestras de frijol y maíz procedentes de cinco zonas diferentes de cada uno de los cinco Estados de la República Mexicana previamente seleccionados por sus atributos (presentan suelos ricos en selenio), a continuación se indican las zonas escogidas de cada uno de los Estados:

- 1)Guanaajuato: Acámbaro, Irapuato, Maritas, San Miguel y Yuriria.
- 2)Jalisco: Jalostitlán, San Miguel el Alto, Teocaltiche, Tepetitlán de Morelos y Yahualica de González.
- 3)Michoacán: Manuel Villalonguín, Numarán, Pastor Ortiz, Puruandiro y Uruapan.

- 4)Tamaulipas: Ciudad Mante, Hidalgo, El Naranjo, Pa-
dilla y San Miguel.
- 5)Zacatecas: El Cóndor, Guadalupe; El Coyote, Calera;
El Pastizal, Fresnillo; El Porvenir y -
San Felipe, Calera; y Pánuco.

Al recibir las muestras se llevaron al labora-
torio para su molienda y preparación con el fin de -
un inmediato análisis.

En total se analizaron 50 muestras, 25 de fri-
jol y 25 de maíz.

IV.3.-Determinación del nivel de selenio en frijol y maíz.

Para cuantificar el selenio se utilizó el mé-
todo de Gerard K.H. Tam y Gladys Lacroix de 1982 -
(19).

El método consiste en la determinación de se-
lenio por la generación de hidruros con espectroscó-
pia atómica, previa digestión vía seca de la muestra.

Aparatos:

Espectrofotómetro de Absorción Atómi-
ca, Perkin-Elmer. Modelo 2380.

Sistema MHS-10 para generación de hi-
druros (operación manual).

Lámpara de cátodo de selenio.

Las condiciones para su operación en
esta determinación: Flama de aire/a-
cetileno, gas de arrastre nitrógeno-
a 2.5 lb de presión, longitud de on-
da de 196 nm, con una abertura espec-
tral de 2.0 nm.

Reactivos:

- (a) Fundente.--Disolver 80 g de nitrato de magnesio $Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ en 200ml de agua. Adicionar 8g de óxido de magnesio MgO y agitar bien antes de usar.
- (b) Solución de borohidruro de sodio. Disolver 3g de $NaBH_4$ en 100 ml de una solución de $NaOH$ al 0.5% y filtrar. Almacenar en refrigeración.
- (c) Solución estandar de selenio (que contenga 1000 ppm). Disolver 1.0g de selenio en un mínimo de HNO_3 . Evaporar a sequedad, adicionar 2 ml de agua y evaporar, repetirlo dos o tres veces. Disolver en HCl al 1.5% y llevar a un litro.
- (d) Soluciones para la curva estandar Utilizar 10, 20, 50 y 100 ul de la solución estandar y adicionar 10 ml de HCl al 1.5%. Utilizar un blanco con el HCl al 1.5%.

Procedimiento:

Adicionar 10 ml del fundente a 2g de muestra en un crisol y mezclar bien. Cubrir con un vidrio de reloj y dejar secar en un horno a $110^{\circ}C$. Transferir el crisol a una mufla fría y elevar la temperatura lentamente a $500^{\circ}C$ dejar en estas condiciones por 12 hrs aproximadamente, se deja enfriar la

muestra a temperatura ambiente y adi
cionar 5 ml de agua para humedecer -
las cenizas y disolver con 35 ml de
HCl 6N, calentar la solución casi a-
ebullición en una parrilla para redu-
cir el selenato a selenito. Transfe-
rir a un matraz volumétrico de 50 ml
y diluir con HCl 6N. Se prepara un -
blanco por cada 10 muestras.

Cada una de las muestras se corre por
triplicado.

Determinación:

Se tomaron alícuotas de 10 ml y se -
colocan en tubos de generación de hi
druros, se adicionan 10 ml de HCl 6N
para obtener un volumen final de 20-
ml, se colocan los tubos de reacción
en el generador, se espera aproxima-
damente 15 seg a que se purgue el -
aire presente en el tubo. Se presio-
na la válvula que permite que fluya-
el NaBH_4 a la muestra y se genere la
reacción; el gas de arrastre lleva -
el vapor a la celda en donde al pa-
sar a través del haz de luz se gene-
rará el pico de absorción o la lectu-
ra electrónica, seleccionando la lec-
tura de mayor absorbancia.

Cada muestra se hace por duplicado.
Las soluciones de la curva estandar
se tratan de la misma manera que -
las muestras.

Cálculos:

Las lecturas obtenidas del espectro
fotómetro de cada muestra se extra-
polan a la gráfica de absorbancia -
vs concentración construida con los
valores de la curva estandar, estas
lecturas se transforman de la si -
guiente manera:

lectura de
la gráfica ----- 10 ml mta
x ----- 50 ml aforo

$x/2$ g de muestra = y ppb

F. - RESULTADOS.

CUADRO I

Zona de cosecha en Guanajuato	Niveles de selenio en Maíz (ppb)	Niveles de selenio en Frijol (ppb)
Acámbaro	5.00	16.25
Irapuato	7.50	58.75
Maritas	16.25	13.75
San Miguel	13.75	65.00
Yuriria	7.5	48.75

CUADRO II

Zona de cosecha en Jalisco	Niveles de selenio en Maíz (ppb)	Niveles de selenio en Frijol (ppb)
Jalostitlán	13.75	90.00
San Miguel el Alto	13.75	ND
Teocaltiche	57.50	187.50
Tepetitlán de Morelos	17.50	212.50
Yahualica de González	21.25	21.25

CUADRO III

Zona de cosecha en Michoacán	Niveles de selenio en Maíz (ppb)	Niveles de selenio en Frijol (ppb)
Manuel Villalongín	7.50	13.75
Numarán	5.00	13.75
Pastor Ortiz	2.50	ND
Puruandiro	5.00	46.25
Uruapan	7.50	15.00

ND=No detectable a niveles menores de 5ng/g.

CUADRO IV

Zona de cosecha en Tamaulipas	Niveles de selenio en Maíz (ppb)	Niveles de selenio en Frijol (ppb)
Ciudad Mante	ND	ND
Hidalgo	ND	62.50
El Naranjo	ND	2.50
Padilla	ND	ND
San Miguel	ND	ND

CUADRO V

Zona de cosecha en Zacatecas	Niveles de selenio en Maíz (ppb)	Niveles de selenio en Frijol (ppb)
El Cóndor, Guadalupe	ND	15.00
El Coyote, Calera	ND	17.50
El Pastizal, Fresnillo	ND	35.00
El Porvenir y San Felipe, Calera	ND	48.75
Pánuco	ND	20.00

ND=No detectable a niveles menores de 5ng/g.

VI.-ANALISIS DE RESULTADOS.

De acuerdo a los datos obtenidos, se observa en términos generales que el frijol absorbe mayor cantidad de selenio que el maíz, no encontrándose relación entre la cantidad de mineral absorbido y las zonas de cada Estado donde se cosecharon.

Se esperaba que en lugares mineros por excelencia como los Estados de Guanajuato y Zacatecas los valores de selenio absorbido serían mayores, sin embargo no sucede así, ya que en el Estado de Zacatecas la absorción de selenio por maíz es casi nula y en frijol si la hay pero en menor cantidad que en los Estados no mineros; algo similar ocurre en el Estado de Guanajuato donde los valores encontrados son mayores que en Zacatecas pero menores que los del Estado de Jalisco.

Las muestras originarias del Estado de Tamaulipas muestran una absorción casi nula de selenio tanto para maíz como para frijol, no obstante en este último se encontraron dos zonas con niveles muy diferentes del mineral como lo son 2.50 ppb y 62.50 ppb, demostrándose así que a pesar de que las cosechas pertenecen a un mismo Estado no existe relación entre ellas.

Los valores más altos de selenio encontrados en maíz y frijol fueron en las muestras provenientes del Estado de Jalisco, a excepción de una zona donde no se detectó la absorción del mineral en la leguminosa.

En el Estado de Michoacán las cantidades de selenio absorbido para maíz son tan bajos como 2.50 ppb pero para frijol son parecidos a las encontradas en los Estados de Guanajuato y Zacatecas.

Los niveles obtenidos se encuentran muy por debajo de lo esperado, a excepción de las zonas de Teocaltiche y Tepatitlán de Morelos pertenecientes al Estado de Jalisco, ya que muestran valores en frijol de 187.50 ppb y 212.50 ppb respectivamente, siendo cercanos a los reportados por Shamberger, quien indica que los cereales y leguminosas son una buena fuente de selenio presentando cantidades superiores a 0.2 ppm de Se, sin embargo, no se puede hacer una justa comparación, debido a que no existe una información particular sobre la cantidad de selenio en frijol y maíz, sólo se hace referencia a cereales como arroz, avena, cebada y trigo.

Si nos remitimos a los datos obtenidos en el área del valle del río de Guanajuato y el área de Irapuato donde se reportó valores tóxicos de selenio tan altos como 20 ppm, podemos ver que no existe relación con los niveles encontrados en este estudio del mismo Estado, atribuyéndose este comportamiento a diversas razones como son el tipo de técnica empleada, la época de cosecha en que se recolectó el grano, la erosión de los suelos a través de los años, la disponibilidad del selenio para ser absorbido del suelo por la planta, así como también que las zonas escogidas en este estudio difieran de las utilizadas en los 40's.

Considerando que el requerimiento diario recomendado para un adulto es de 50-200 ug/día, los niveles encontrados en las muestras de maíz suministran - del 1% al 20% , en el caso del frijol se encontro que los valores encontrados proveen del 1% al 100% , sin embargo a pesar de que estos granos son base de la - alimentación en México se debe considerar que la dieta de una persona sana y de condición económica media se rige por una gran variedad de alimentos que al combinarse regulan la ingesta de selenio, evitandose de esta manera la deficiencia del mineral, no obstante - no debemos olvidar a la población de escasos recursos que no tiene acceso a una alimentación variada y que pueden presentar deficiencias si la ingesta se reduce unicamente a maíz y/o frijol que manifiesten una baja absorción de este elemento.

Como se puede observar los niveles de selenio obtenidos son del orden de ppb lo que nos indica que el método utilizado para su determinación fue el adecuado.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

VII.-CONCLUSIONES.

El desarrollo del presente estudio ha permitido evaluar el contenido de selenio en frijol y maíz - provenientes de cinco Estados de la República Mexicana.

Se esperaban altas concentraciones de selenio en los granos estudiados considerando que los lugares donde fueron cosechados son seleníferos, sobretodo - de los Estados mineros como Guanajuato y Zacatecas, - sin embargo, no fue así, induciéndose que lo ocurrido pudo deberse a varias razones como: 1) A que el mineral no se encuentra en forma disponible para ser absorbido por las plantas, 2) La lixiviación, 3) La zona de cosecha tenga bajos niveles de selenio en su suelo o bien a 4) El tipo de fertilizantes utilizados en estos lugares sean azufrados; no obstante, no se puede decir de una manera comprobada en este estudio - a que se deba, ya que no se realizó un análisis a los suelos donde se cosecharon las muestras.

Concluyendo, se puede decir que se deben seguir con los estudios sobre selenio, para poder establecer los niveles mínimos y máximos de diversos alimentos no reportados en la bibliografía y que son base de la alimentación en diversos Países, así como su relación con la ingesta de éstos por el hombre. También se recomienda realizar investigaciones sobre el contenido de este mineral en los suelos de la República Mexicana considerados seleníferos y relacionarlos con las diferentes cosechas que de ahí se obtienen, - debido a que los ya existentes son muy pocos y vagos.

VIII.-BIBLIOGRAFIA.

- 1.-Beaty, Richard.: Concepts, Instrumentation and Techniques in Atomic Absorption Spectrophotometry. PERKIN-ELMER Corporation. Printed in U.S.A. 1978.
- 2.-Brooks, Robert.R., Willis, Janine.A., and Liddle, John.R.: Optimum Conditions for Hydride Generation of Selenium and Its Determination by Atomic Absorption Spectrophotometry. J.AOAC. - Vol.66, N^o1, 130-133. 1983.
- 3.-Browning, D.R.: Espectroscopía. 1^a ed. Toray-Masson S.A. Barcelona, España. 1971.
- 4.-García, J.W., Biessin, C.W., and Inglett, G.E. Heavy Metals in Whole Kernel Dent Corn Determined by Atomic Absorption. Cereal Chem. Vol.51. III. 1974.
- 5.-Holak, Walter.: Analysis of Foods for Lead, - Cadmium, Copper, Zinc, Arsenic and Selenium, - Using Closed Sistem Sample Digestion: Collaborative Study. J.AOAC. Vol.63, N^o3, 484-495. - 1980.
- 6.-Horwitz, W.: Official Methods of Analysis of - The Association of Analytical Chemists. 13th ed. The Association of Analytical Chemists. Washington. D.C. 1980.

- 7.-Klaassan, Curtis.D., and Amdur, Margo.: The Basic Science of Poisons. Second Edition. Editors: John Doull, Casarett and Doull's.
- 8.-Liptrot, G.F.: Química Inorgánica Moderna. 1^a ed. Compañía Editorial Continental. S.A. México, D.F. 1978.
- 9.-López Muñoz, B.E.: Estudio de la Transformación en Radioisótopos del Selenio. Tesis. Pac. Química. México, D.F. 1976.
- 10.-Mickle, Norman D., Dixon, John E., and Button, Norman G.: Critical Review of AOAC Fluorometric Method of Determining Selenium in Foods. J.AOAC. Vol.63, N^o3, 485-495. 1980.
- 11.-Muth, O.H., Oldfield, J.E., and Weswig, P.H.: Selenium in Biomedicine. Avi Publishing CO.- Westport, Connecticut. 1967.
- 12.-Olson, O.E., Emerick, R.J., and Palmer, I.S.: Measurement of Selenium in Plants of High Selenium Content by Flame Atomic Absorption Analysis. Atomic Spectroscopy. Vol.4, N^o2, 55-57. 1983.
- 13.-Olson, O.E., Palmer, I.S., and Cary, E.E.: Modification of the Official Fluorometric Method for Selenium in Plants. J.AOAC. Vol.58, N^o1, 117-121. 1975.
- 14.-Rehgl, J.R.: Handbook Series in Nutrition and Food. Section B. Nutritional Disorders.- Vol.I, II, III. C.R.C. Press Inc. 1978.

- 15.-Robinson, James W.: Atomic Absorption Spectroscopy. Marcel Dekker. Inc. New York, U.S.A. - 1966.
- 16.-Shamberger, Raymond.J.: Biochemistry of the Elements. Vol.2. Biochemistry of Selenium. Plenum Press. New York. 1983.
- 17.-Stadtman, T.C.: Selenium Biochemistry. Science 183: 915-922. 1974.
- 18.-Strouth Miller, Kathy Dawn: Niveles de Selenio en Alfalfa y Sangre de Vacas Holstein y Correlación entre Niveles de Selenio y Glutación Peroxidasa. Tesis. Fac. Medicina Veterinaria y Zootecnia. México, D.F. 1985.
- 19.-Tam, G.K.H. and Iacroy, G: Dry Ashing, Hydride Generation Atomic Absorption Spectrometric Determination of Arsenic and Selenium in Foods J.AOAC. Vol.65, N^o3, 647-650. 1982.
- 20.-Underwood, Eric, J.: Trace Elements in Human and Animal Nutrition. Fourth Edition. Academic Press. New York. San Francisco. London. 1977.
- 21.-Willard, H.H., Merrit, L.L.Jr., and Dean, J.A: Métodos Instrumentales de Análisis. 1^aed. Compañía Editorial Continental S.A. de C.V. México, D.F. 1981.
- 22.-Winton, A.L. y Winton, K.B.: Análisis de Alimentos. Ed. Hispano Americana S.A. Buenos Aires, Argentina. 1947.