

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA



CADMIO EN EL TABACO

MARTHA PATRICIA VILLALOBOS MERCADO

QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO
(BIOQUIMICO MICROBIOLOGO)

1 9 7 9



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.

AN. TESIS 1979
DE M.T. 3 ~~360~~ 360
FECHA _____
PROG. _____
S. _____



JURADO ASIGNADO

Presidente: Prof. IGNACIO DIEZ DE URDANIVIA
Vocal: " ETELVINA MEDRANO DE JAIMES
Secretario: " ENRIQUE CALDERON GARCIA
1er. Suplente:" CESAR DOMINGUÉZ CAMACHO
2o. Suplente: " MA. TERESA COPPOLA FERNANDEZ

Sitio donde se desarrolló el tema:
FACULTAD DE QUIMICA, U.N.A.M.

Sustentante:

MARTHA PATRICIA VILLALOBOS MERCADO

Asesor del tema:

Prof. ENRIQUE CALDERON GARCIA

A mis padres: Manuel y Teté

A Guillermo

A todos mis maestros

Al Prof. Enrique Calderón G.

INDICE

Introducción.....	pag. 8
1 Cadmio	
1.1 Historia y Fuentes Naturales.....	" 14
1.2 Propiedades	
1.2.1 Propiedades Físicas.....	" 16
1.2.2 Propiedades Químicas.....	" 17
1.3 Usos.....	" 19
2 Intoxicación por Cadmio	
2.1 Patogenia y Cuadro Clínico.....	" 22
2.2 Algunas Medidas Terapéuticas en la Intoxicación por Cadmio.....	" 32
3 Tabaco y Cadmio	
3.1 Concentración del Cadmio en el Tabaco y sus diferen- tes fracciones.....	" 35
4 Patología Probablemente Inducida por la Inhalación del Cadmio en el Humo del Tabaco	
4.1 Daño Producido por el Tabaco.....	" 47
4.2 Daño Producido por el Cadmio en el Tabaco.....	" 53
5 Comentarios y Consideraciones Finales.....	" 69
Bibliografía.....	" 73

Objetivo:

En este trabajo de investigación se pretende hacer un análisis de los posibles daños causados por uno de los metales pesados " el cadmio ", el cuál esta presente en el tabaco en forma de contaminante.

Se estudiará al cadmio como elemento químico, enumerando las propiedades que lo caracterizan como un metal de transición. Es necesario conocer los diferentes usos que tiene este metal, ya que de estos, se entenderá como es que llega a ser contaminante e introducirse a los organismos de plantas y animales e inclusive al hombre mismo.

Es igualmente interesante describir como es el cuadro de intoxicación por cadmio, y los males que son consecuencia del uso del tabaco, y partiendo de esto, empezar a hacer un análisis de los posibles daños que causaría el cadmio contenido en él.

INTRODUCCION:

La contaminación atmosférica es uno de los problemas indeseables, surgido a raíz de las diversas actividades que actualmente se realizan desde que el hombre de las cavernas encendió el fuego. Estos problemas crecieron al parejo con la urbanización; así la extracción del petróleo, del carbón y de su uso para obtener energía, es lo que ha creado una atmósfera de humo y de suciedad sobre sus ciudades. A pesar de que ha habido restricciones y limitaciones para evitar seguir contaminando la atmósfera, el hombre ha preferido tener una vida urbanizada. El desarrollo tecnológico y la industrialización se han aunado al incremento de la polución atmosférica. Miles y miles de fábricas de todo tipo han contribuido a lo largo de los años a seguir contaminando, no solo la atmósfera, sino también el agua y con esto a plantas y a animales y finalmente al hombre mismo.

Más tarde el automóvil ha venido a reforzar a todos los contaminantes ya existentes.

La contaminación del aire es un problema nuevo y actual, de vital interés; no es como otros problemas que se pueden hacer un lado y aceptarse como irremediables; se debe empeñar, tanto a nivel nacional como internacional, en lograr una calidad estándar de aire como base racional como medida de control. Para poder llevar a cabo esto, es necesario integrar e interpretar los resultados obtenidos de esta constante lucha en diferentes disciplinas.

Entre estas disciplinas se pueden nombrar las siguientes:

- 1) La Química, la cuál proporciona métodos para la determinación de las concentraciones de los diferentes contaminantes en el medio ambiente e información sobre las interacciones a nivel químico que sufren unos con otros;
- 2) La Meteorología, la cuál proporciona información sobre las condiciones que pueden llevar al estancamiento de masas de aire, en las que los contaminantes se acumulan y estudia también la dispersión que estos sufren desde el momento de ser emitidos de la fuente;
- 3) La Ingeniería, que proporciona los adelantos tecnológicos

necesarios para controlar la contaminación, ya sea evitando o disminuyéndola desde su lugar de origen;4)La Toxicología, la cuál facilita la obtención de datos sobre los efectos fisiológicos, bioquímicos y patológicos, provocados por concentraciones conocidas de ciertos contaminantes en animales de experimentación o en humanos;5)La Epidemiología, la cuál ayuda con su información a establecer una relación entre la salud de determinadas poblaciones y los niveles de concentración de contaminantes a los que estas están expuestas;6)La Patología Vegetal, la cuál proporciona datos sobre los efectos que varios contaminantes (tóxicos) tienen sobre la vegetación, ya sea bajo condiciones de crecimiento natural campestre o bajo condiciones de exposición experimental en invernaderos;7)La Economía, la cuál interviene por un lado, asesorando el costo de contaminación en términos de corrosión de materiales, pérdida de ingresos por la producción dañada, y otros efectos económicos; por otro lado, para evaluar el costo del control de la contaminación ambiental.

De vez en cuando han habido situaciones en las cuales el nivel de contaminación del aire que se respira, ha llegado a alcanzar concentraciones que definitivamente representan un gran riesgo para la salud del hombre y aún más para su vida.

Estas situaciones se pueden observar cuando se está en un ambiente cerrado, sin ninguna ventilación, donde existen varias personas, y algunas de ellas además contribuyen a viciar aún más el aire de ese lugar al estar fumando.

Se conoce que el uso del tabaco no sólo representa un daño para la salud del fumador, sino que también para los demás que lo rodean. El tabaco se considera como una amenaza para la salud. Se le atribuyen varios daños como la presencia de irritación en la garganta y en los pulmones; también se le acusa de provocar la pérdida del apetito y producir náusea, indigestión, palpitaciones, además de traer otras varias complicaciones que pueden ser trastornos cardiovasculares, entre otros.

El tabaco es la hoja seca de varias especies de Nicotiana, que es un género de plantas que pertenece a la familia de las patatas. Es nativa de la parte norte de América del Sur; era cultivada en varias partes de América antes de que Colón viniera al Nuevo Mundo. La palabra "Tabaco" probablemente se deriva de la palabra indígena Tabaco, usada tanto para designar la planta como la pipa en la que era fumado. De América se empezó a exportar el tabaco a Portugal, España, Francia e Inglaterra, y fue así como se difundió su uso por todo el mundo.

El tabaco puede ser fumado, masticado o aspirado por los orificios nasales. La nicotina sólo es liberada al fumar el tabaco. En la hoja original esta sustancia está unida a ácidos orgánicos y permanece unida a ellos cuando se deja secar lentamente. Pero si esta es quemada, la nicotina es liberada. Además de la nicotina, el humo del tabaco contiene compuestos derivados de la piridina, amoníaco, dióxido de carbono, monóxido de carbono, ácidos orgánicos, cetonas y aldehídos. También contiene el llamado "Tobacco-tar" (alquitrán) que se cree es el que produce la degeneración celular terminando en un cáncer pulmonar. Existen otros compuestos presentes en la hoja del tabaco, como producto de la contaminación debida al progreso del hombre, como en el caso de los contaminantes metálicos.

Para poder referirse a ellos hay que explicar como se han ido introduciendo a la tecnología desde que el hombre surgió de la Edad de Piedra. Desde entonces ha habido un incremento en el uso tecnológico de los metales, lo cual ha traído consigo un aumento en la contaminación atmosférica por los metales, incrementándose así el grado de exposición a ellos.

La primera exposición a estos metales tóxicos, pudo haberse debido a concentraciones altas y anormales de estos en los alimentos y el agua. El uso de utensilios metálicos de cocina ha aumentado el riesgo a sus efectos adversos; más tarde el empleo

de sales metálicas y otros materiales tóxicos inorgánicos como pesticidas, así como su uso intencional por sus efectos benéficos, incrementó la oportunidad de estas exposiciones peligrosas.

De más de 100 elementos, 77 son metales, de los cuales 52 pueden ser considerados de importancia económica e industrial. Otros de estos se consideran esenciales para los seres vivos (hierro, calcio, cobre, magnesio, etc.) pero también representan riesgos industriales y ambientales si el mecanismo homeostático que los mantiene próximos a los límites fisiológicos, está desequilibrado. Otros metales tienen uso biológico, mientras que otros tienen capacidad para producir daños al medio ambiente. Entre estos están los que tienden a acumularse en el organismo de los animales y vegetales, y del cuerpo humano.

El grado de contaminación de un metal está en función de sus usos y de aquí se deriva el grado de exposición, dando lugar a la intoxicación.

Entre los metales que son tóxicos para el organismo humano están: mercurio, plomo, zinc, cadmio, níquel, cobalto, aluminio, bario, boro, cromo, cobre, uranio, bismuto, estaño, antimonio, y muchos otros. Todo va en función de la concentración en que se encuentran, en que forma, de la vía de entrada y de la toxicidad del metal.

En este trabajo se analizará el caso particular del cadmio desde que contamina al tabaco, como se introduce y acumula en el cuerpo humano y que daños causa al estar como metal tóxico.

Los usos industriales del cadmio son muy variados, por lo tanto existe un alto grado de exposición a este metal. Si a esta exposición le agregamos los humos desprendidos por la combustión de los gases en los motores de los automóviles, el grado de exposición y por lo tanto de contaminación y de riesgo se ven aumentados.

De esta contaminación tan alta en el aire que se respira,

se puede esperar que los demás seres viviente (plantas y animales) se vean contaminados de la misma forma que el hombre; esto además contribuirá a la intoxicación del mismo. Se han hecho estudios y cálculos de la concentración de cadmio en el agua potable contaminada esta por desperdicio de las industrias de galvanizado. En los ríos también existe contaminación por cadmio, siendo esta mayor en los sedimentos que en las partículas suspendidas. Los niveles de cadmio en la leche de 61 ciudades de los Estados Unidos, se han encontrado que llegan a ser de 17 a 30 ppb. Estas cifras son mayores a los valores aceptados en el agua potable.

Al existir cadmio en el medio ambiente y estar presente en el agua, se puede inferir que estos factores contribuyan a la contaminación de los seres que habiten es ese sistema ecológico, estableciéndose así una cadena de contaminación que se va tornando viciosa.

En organismos marinos (zooplancton, moluscos y depredadores) la concentración de cadmio es más elevada que la que existe en el agua de mar. Los mariscos también acumulan el cadmio. Por ejemplo la carne comestible del cangrejo de mar contiene de 5 a 15 mg/kg de peso. Se ha visto que la acumulación del metal en el cangrejo y otros mariscos es principalmente en el riñón y otros órganos importantes de aparato digestivo. Parece no existir ninguna relación con la contaminación del medio ambiente que los rodea. Aunque algunos pájaros marinos que se alimentan de plancton y de peces, tienen altas concentraciones de cadmio iónico (20 a 50 mg/kg de peso húmedo) en el hígado. En general parece no haber evidencia de que existan concentraciones significativas del cation en cadenas alimenticias marinas. Los peces tanto marinos como de agua dulce que sirven de alimento al Reino Unido contienen pequeñas cantidades de cadmio. Se ha observado que los peces de agua salada soportan mayores concentraciones de cadmio en su organismo que los peces de agua dulce.

Aunque el cadmio no se considera como metal esencial, parece ser un constituyente normal de las plantas, probablemente fue absorbido por las raíces y las hojas. Los vegetales no poseen mecanismos de excreción para el cadmio, así que cualquier efecto lo presenta una vez absorbido. En el suelo el cadmio, se intercambia libremente con los ácidos ahí existentes, estando de esta manera disponible para ser absorbido por las plantas. Sin embargo el contenido de cadmio en el suelo no es agotado por los vegetales en forma significativa. Las concentraciones de cadmio en el suelo oscilan entre 0.01 y 0.5 mg/kg, pero estas son mayores en áreas industriales y agrícolas. La raíz acumula mayor cantidad de cadmio que las partes superiores de la planta, de esta manera se supone se restringe el movimiento del catión a través de las cadenas alimenticias.

Además se cree que el cadmio que existe en estas plantas generalmente será ingerido por animales herbívoros y no por las especies carnívoras. Por lo tanto, en los animales domésticos que son destinados para el consumo del hombre, los niveles de cadmio son menores, si comparamos el contenido renal de animales salvajes, viene siendo un 10% más bajo en los animales domésticos. En el ganado vacuno la glándula mamaria representa una barrera a al cadmio. Se han hecho cálculos que indican se excreta menos de un microgramo/litro.

Así es como se puede ver que a pesar de que el cadmio no es un elemento abundante, está distribuido extensamente en los minerales de la tierra, y a través del desgaste debido a las condiciones atmosféricas y a la erosión ha sido un contaminante del ambiente desde los principios de la vida. Sin embargo, este proceso natural es insignificante en comparación con las actividades humanas como fuente principal de la contaminación ambiental, en este caso refiriéndose al cadmio.

1 Cadmio

1.1 Historia y Fuentes Naturales

La historia del descubrimiento de cadmio es más simple que la del zinc. El cadmio es el único metal que no existen minas ni minerales que sean trabajados para su producción, excepto los del zinc.

En el otoño de 1817, F. Stromeyer de Göttingen notó que una muestra de carbonato de zinc, habiéndose obtenido de los trabajos que se efectuaban entonces sobre el zinc en Salzgitter, que sobre el material de zinc había un tinte más amarillo a pesar de que este debía estar libre de hierro; mientras que el carbonato de zinc obtenido de otras fuentes era blanco. El atribuyó esta coloración amarillenta a la presencia de un nuevo elemento, habiendo encontrado indicios del mismo en muestras de zinc y de óxido de zinc en muchos otros lugares.

En mayo de 1818, K.S.L. Hermann de Schönebeck, estudió algunas muestras de zinc, las cuales estaba prohibido usar por ser inseguras, pero de ellas obtuvo un precipitado amarillo, característico del arsénico, cuando una solución ácida de la muestra era tratada con ácido sulfhídrico. Pero él encontró que el precipitado amarillo no era sulfuro de arsénico sino el sulfuro de un nuevo elemento. Poco después, W. Meissner de Halle, confirmó tal descubrimiento. C.J.B. Karsten de Berlín, encontró la presencia de un nuevo elemento en las minas Silesianas de zinc, y propuso llamar el elemento "melinum". L.W. Gilbert propuso el término "junonium" en honor al descubrimiento del asteroide Juno en 1804. J.F. John propuso "klaprothium" en honor de M.H. Klaproth, pero J.F. Stromeyer propuso "cadmio" proveniente de "cadmium fornacum" debido a que el cadmio se acumula en las flores de zinc, ya que es colectado como un polvo fino en los hornos de zinc. Este nombre finalmente fue aceptado.

El zinc es un elemento bastante común, a diferencia del cad-

mio que es muy raro. F.W. Clarke calculó que el zinc es 200 veces más abundante que el cadmio. De acuerdo con G.H.F. Ulrich el zinc que se encuentra en las rocas basálticas de Brunswick contiene un 1% de cadmio. Se reportó que en los bancos del río Mitta Mitta hay depósitos de zinc que contienen un alto porcentaje de cadmio.

W. Biltz y E. Marcus encontraron zinc y cadmio en la piedra caliza de Coburg. Estos depósitos de zinc y cadmio representan severos problemas para los metalurgistas en cuanto al trabajo de extracción.

Se ha estimado que el cadmio existe en la corteza terrestre en una extensión de cerca del 0.00001%. El sulfuro de cadmio y el óxido de cadmio son las fuentes principales para su obtención. Nunca se ha encontrado cadmio en el estado metálico. Son raras las minas de zinc que no contengan cadmio, estando las principales en Rhodesia.

G. Stödler. F.O. Doltz y C.A. Groumann demostraron que cuando muestras del mineral de zinc que contenía cadmio eran calcinadas, una pequeña cantidad del cadmio se perdía ya sea por la volatilización del óxido o por la reducción del óxido y la volatilización del metal. Se calcula que de esta forma se pierde el 62%. El óxido de cadmio en estos minerales de zinc se reduce junto con el zinc en las retortas, y debido a la gran volatilidad del metal, el cadmio destila primero dando una tonalidad café a la flama del CO que se quema en la boca de la retorta. Cuando aparece una coloración verde azulada indicativa del zinc, en ese momento los dos metales destilan juntos; por lo tanto una parte del cadmio permanece unida al zinc líquido que se acumula en el condensador. Si se desea recuperar el cadmio de los vapores del zinc, se sugiere mezclarlo con cisco de coque o carbón y luego destilarlos fraccionadamente de la mezcla. La temperatura de la retorta debe mantenerse alrededor de 800°C de manera que un poco más del óxido de cadmio sea reducido. En esta forma se obtiene el

metal con una pureza del 99.5%.

Existen otras formas de purificación del cadmio, como por ejemplo si se somete polvo de cadmio a un calentamiento severo pasando por una corriente de hidrógeno puro por un lapso de tiempo prolongado y se destila al vacío; se obtendrá también cadmio con un grado de pureza espectroscópico.

1.2 Propiedades

1.2.1 Propiedades Físicas

El cadmio es un metal de transición de color blanco plateado con un tono azulado y de gran brillantez, la cuál pierde al instante de establecer contacto con el aire. El vapor del cadmio es de color amarillo naranja que a veces llega a tener un anaranjado más oscuro tirando a café.

En cualquiera de sus formas es un metal inodoro de aquí la facilidad de intoxicación.

Presenta varias formas de cristales que varían también en sus dimensiones; algunos de los que se han obtenido miden de 6 a 8 mm de largo, cuando el metal ha sido destilado en una corriente de hidrógeno. También se han logrado obtener cristales en forma de octaedros y dodecaedros regulares.

Otros cristales se han obtenido en forma de agujas con 6 caras planas. Estos últimos se han formado cuando el metal es sublimado al vacío.

Brasted y Sneed (1) mencionan en su libro que el cadmio solo tiene una forma cristalina siendo esta hexagonal, en la que los átomos están más cercanos unos de otros, presentando dimensiones de $2.9727 \text{ \AA} \times 5.607 \text{ \AA}$ a 25°C .

El cadmio es un metal bastante blando, con una gran ductilidad y maleabilidad, puede ser aplanado hasta dejarlo del grueso de una hoja, o alargarlo hasta formar un alambre. A pesar de la gran cantidad de datos publicados, el cadmio no atraviega por

una serie de estados maleables y quebradizos durante el proceso de calentamiento.

Su peso atómico es de 112.41, resultado de los isótopos estables que a continuación se mencionan en orden decreciente de abundancia: 111, 113, 116, 106 y 108. Otros isótopos menos estables se han formado por fisión nuclear. También existen isótopos estables electromagnéticos del cadmio.

El cadmio tiene puntos de ebullición y de fusión menores que el zinc. Su punto de fusión es de 320°C y el de ebullición es de 767°C bajo condiciones normales. Su densidad a 20°C es de 8.65 g/cc.

1.2.2 Propiedades Químicas

El cadmio es bivalente en casi todos sus compuestos, aunque hay pruebas de que en muy raras ocasiones funciona en forma univalente.

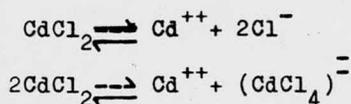
El cadmio permanece brillante en oxígeno seco o en aire seco a temperatura ordinaria, pero si hay algo de humedad se forma el hidróxido.

Cuando el cadmio es calentado al aire se volatiliza y quema emitiendo una brillante flama y gran cantidad de vapores de óxido de cadmio que se ha formado. El cadmio metálico es fácilmente soluble en ácido clorhídrico diluido, poco soluble en ácido clorhídrico, si este está caliente, y no es atacado por el ácido sulfúrico en frío. El cadmio a diferencia del zinc no se disuelve en álcalis.

El óxido de cadmio es insoluble en agua pero soluble en frío en una solución de diluida de ácido clorhídrico, ácido fosfórico y ácido acético. Si el aire en que es calentado el cadmio tiene bióxido de carbono se forma un poco de carbonato básico que impide la oxidación del metal subyacente.

El hidróxido de cadmio es soluble en agua a 25°C un 1.75×10^{-3} g de la sustancia anhidra por un litro de solución. Forma

iones complejos con el amonio y el radical cianuro: $(\text{Ca}(\text{CN})_2)^-$ y $(\text{Ca}(\text{NH}_3)_4)^{++}$. El hidróxido de cadmio es más básico que el correspondiente hidróxido del zinc. Las sales de cadmio se hidrolizan menos que las del zinc. Así como el cloruro de cadmio, da soluciones acuosas de baja conductividad, como es el caso en compuestos similares del mercurio. Estos compuestos salinos, por su estructura cristalina, muestran que no son verdaderamente compuestos iónicos, y su baja ionización se atribuye además del tipo de cristal, a la formación de autocomplejos. Se ha postulado que el cloruro de cadmio en solución se comporta de la siguiente forma:



Las sales de cadmio no dan precipitado con ácido clorhídrico. El cadmio en solución ácida con sulfuro de hidrógeno da un precipitado amarillo debido al sulfuro de cadmio formado, el cual difiere del precipitado amarillo del sulfuro de arsénico, es insoluble en sulfuros alcalinos y soluble en un exceso de ácido clorhídrico, en solución tibia de ácido nítrico o solución hirviente de ácido sulfúrico. En esta forma es posible detectar una parte de cadmio en 16 000 partes de solución.

Las sales de cadmio bajo soluciones neutras o alcalinas con sulfuro de amonio, ferrocianuro, carbonato, hidroxisulfuro forman el sulfuro de cadmio que es un coloide amarillo que se coagula si la concentración de la sal en la solución es alta.

Cuando se trata con álcali (NaOH), se precipita el hidróxido que no es soluble en el exceso, si esto se calienta ligeramente se desprende el óxido dando vapores de color café. De esta manera se puede detectar cadmio en una concentración de 1 parte del catión por 4000 partes de solución.

El amoniaco acuoso (NH_4OH) precipita el hidróxido de cadmio de color blanco que a diferencia del hidróxido de plomo, es solu

ble en el exceso debido a la formación de una sal compleja soluble: hexamina; como en el caso del zinc. Pero si la solución es diluida y calentada, el hidróxido de cadmio es reprecipitado.

El cobre precipita al cadmio de una solución acuosa concentrada de sulfato de cadmio en cianuro de potasio.

Por la posición que tiene el cadmio en la serie electromotriz de los metales por arriba del cobalto, níquel, plomo, estaño e hidrógeno, y por debajo del zinc y aluminio, puede ser precipitado de la solución por la adición de polvos de aluminio o zinc.

Los compuestos del cadmio que tienen mayor importancia técnica y comercial son: el sulfuro de cadmio, el óxido de cadmio, el cloruro e hidróxido de cadmio, el sulfato y el cianuro de cadmio.

1.3 Usos

Aunque no es muy conocido este metal, tiene una gran variedad de usos en las diferentes ramas de la industria.

El cadmio se usa como metal y también en forma combinada.

Entre los principales usos del cadmio metálico están:

- 1.- Cadminizado.-A pesar de que la primera patente de la electrodeposición del cadmio fue otorgada en 1841, este proceso no llegó a ser popularmente comercial sino hasta 79 años más tarde en 1920. Actualmente este proceso ocupa cerca del 75% del metal producido. El cadmio se aplica sobre aleaciones de hierro, acero, cobre o de aluminio; principalmente para dar una mayor resistencia a los agentes corrosivos y una apariencia más agradable. A pesar de ser menos electropositivo que el zinc, este tiene una acción similar previniendo el enmohecimiento y dando una cubierta compacta y adherente con un buen brillo.
- 2.- También se emplea para crear sellos de metal a metal en máquinas de combustión interna; cuando metales de antifricción, que consisten de un contenido de plomo con cadmio y plata o níquel o combinaciones de plata y cobre. Estas aleaciones combinan cualidades de antifricción con una alta tensión y dureza a una deter-

minada temperatura de operación, pero son corroídos por ácidos orgánicos que existen o se generan en ciertos lubricantes usados para el mantenimiento de maquinaria. Este uso del cadmio abarca el 15% del total del metal consumido.

3.- Aleaciones de baja fusión(5%).- Aquí el cadmio es un constituyente importante de muchas aleaciones de baja licuefacción. Se emplean en la fabricación de fusibles y en la fabricación de determinadas partes de los calentadores de agua.

4.- Usos Diversos.- El cadmio se alia con la plata para disminuir el brillo, y con el oro para darle un color verdoso. Cuando hay escasez de estaño, el cadmio se utiliza en soldaduras suaves. Cuando se alia al zinc, este adquiere fragilidad.

El cadmio también se ha usado como desoxidante en el bronce y en aleaciones del níquel. El cadmio fue utilizado junto con el mercurio para la fabricación de amalgamas dentales, pero perdió valor al ver que manchaban los dientes.

El cadmio aliado con el cobre eleva en un 1% su fuerza tensil, lo que lo hace ser más resistente; sin que disminuya su conductividad.

Es empleado como cátodo en la célula eléctrica de Weston, para generar fuerza electromotriz. El cadmio también se ha usado para remplazar las placas de hierro de los acumuladores de tipo alcalino. Se utiliza además en lámparas de vapor de cadmio, las cuales proporcionan una luz monocromática muy intensa. Proporcionan una luz amarillenta.

Dentro de los compuestos de cadmio el sulfuro de cadmio se utiliza en pigmentos luminiscentes para dar fluorescencia y fosforescencia roja y amarilla. Se emplea en trabajos de fuego dando una flama de un azul muy intenso.

Dentro de los usos comerciales de sulfuro de cadmio, que es un polvo amarillento que se expende en suspensión al 1% en un vehículo detergente, se aplica en forma de champoo terapéutico pa

ra el tratamiento de la seborrea capitis.

El óxido de cadmio es la fuente principal para la industria del cadminizado y para preparar otros compuestos del cadmio que sean útiles en la industria.

De esta variedad de usos del cadmio se deriva él que el grado de contaminación de este metal, haya alcanzado límites un poco alarmantes. (1,2)

2 Intoxicación por Cadmio

2.1 Patogenia y Cuadro Clínico.

Como ya se sabe, el cadmio es un elemento altamente tóxico, el cuál en los mamíferos tiene una vida media prolongada, además es acumulable. Durante su uso en la industria, deben tomarse las precauciones necesarias para evitar la inhalación de los polvos y vapores que se desprenden durante su proceso. En animales de laboratorio se han observado diferentes efectos producidos por la exposición al cadmio. Entre ellos se incluyen: 1) necrosis testicular, 2) destrucción de placenta, 3) aborto y reabsorción fetal o malformaciones teratógenas, 4) tumores en los testículos y en el sitio donde se aplicó la inyección, 5) daño en los túbulos renales acompañado de proteinuria y glucosuria, 6) daño hepático, tanto funcional como estructural, 7) cambios dentales, 8) deficiencias de Ca^{+2} , Fe^{+2} y/o Fe^{+3} , Cu^{2+} y Zn^{2+} , 9) descalcificación, 10) anemia, 11) lesiones hemorrágicas de los ganglios sensoriales, 12) hipertensión y 13) edema pulmonar y enfisema. Aunque algunos de estos solo ocurren después de una exposición aguda al cadmio, otros como la descalcificación, hipertensión, lesión renal, edema y enfisema pulmonar han sido observados en el hombre por inhalación accidental del óxido de cadmio.

Hace algunos años se reportó en Japón en la Bahía Toyana, un caso de intoxicación por cadmio conocido como el síndrome Itai-Itai. Este padecimiento fué debido a una intoxicación crónica, en la que la fuente de cadmio fué una mina localizada río arriba del área afectada. La intoxicación fue provocada por el agua contaminada, que se utilizó para regar los cultivos de arroz. Este síndrome se presenta con mayor frecuencia en mujeres postmenopáusicas que han tenido varios embarazos; la sintomatología característica es: dolor de piernas y dolor en la región lumbar, deformidades esqueléticas con un marcado descenso en la altura corporal, hay susceptibilidad para sufrir todo tipo de fracturas después de una ligera tensión fisiológica como el tocer, existe di-

ficultad para caminar y tal vez termine en la incapacidad para deambular. Las anomalías en los exámenes clínicos producidos por este síndrome son: proteinuria, glicosuria, reducción del fosfato urinario; el calcio y fósforo séricos alcanzan valores por debajo de los límites normales, hay un aumento en la fosfatasa alcalina sérica; aminoaciduria con una disminución del zinc sanguíneo y urinario. La electroforesis de proteínas revela que las fracciones α_2 , β y γ globulinas predominan, lo cual es indicativo de una disfunción renal de tipo tubular que concluye en: proteinuria. Se supone que debido a esta disfunción tubular renal, se pierden grandes cantidades de calcio y esto sea el causante de las deformidades óseas.

Los alimentos son la fuente principal de intoxicación por cadmio (incluyendo el agua). Existen datos estadísticos sobre el contenido de cadmio en la carne de puerco y el riñón de puerco, siendo de 0.5 y 0.25 mg de cadmio/kg de peso húmedo respectivamente. El contenido de cadmio en carnes frescas (carnero, puerco y muslo de cordero) es muy pequeño: 0.015-0.025 mg/kg de peso húmedo. Otras fuentes alimenticias (vegetales, productos vegetales, leche, huevos, pescado y mariscos) también contribuyen en pequeñas cantidades a la ingesta diaria de cadmio. En el Reino Unido se estimó que en el año de 1973 esta cantidad era de 15-30 microgramos de cadmio/persona. En este mismo año, en Canadá fue de 80 microgramos/persona el cual es un valor bastante más alto del permitido en la ingestión diaria (20-50 μ g/persona). Estos valores estuvieron influenciados por varios factores, entre ellos: la dieta, la edad, raza, y sexo.

Existe otro tipo de contaminación a través de los alimentos, pudiendo también contaminarse cuando los recipientes en donde son almacenados o los utensilios que se emplean para prepararlos estén cadmiados. Por ejemplo se ha visto que los alimentos ácidos como la limonada disuelven el cadmio de las paredes del recipiente, contaminando así los alimentos ahí contenidos.

La exposición industrial es otra de las fuentes principales de

intoxicación por cadmio. Como ya se mencionó, los usos del catión son muy variados: cadminizado, manufactura de aleaciones, platinas para acumuladores y fabricación de pigmentos entre otros; los cuales contribuyen elevando el número de intoxicaciones.

Tabla 2.1 Niveles Corporales y de Ingestión en la Dieta Diaria (3).

Elemento	Niveles Corporales (mg/70 kg)	Ingestión Diaria (mg)
Arsénico	100	0.7
* Cadmio	30	0.018-0.20
Cobre	120	0.3
Hierro	4,100	15.0
Mercurio	trazas	0.02
Plomo	120	0.3
Zinc	2,300	12.0

Tabla 2.2 Concentración de Partículas Metálicas en Aire Urbano en Estados Unidos (1964-1965) (3).

Metal	Concnetración Media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Arsénico	0.02
* Cadmio	0.002
Cobre	0.09
Hierro	1.58
Plomo	0.79
Zinc	0.67

Existen infinidad de fuentes no industriales, como el uso del tabaco pero todas finalmente, contribuyen a la contaminación atmosférica.

En cualquier tipo de intoxicación la vía de entrada juega un papel muy importante; entre las principales están: la vía aérea (inhalación) y la vía oral (ingestión). También el tóxico puede

ser absorbido a través de la piel.

La intoxicación por inhalación puede ocurrir como consecuencia de una exposición industrial o por contaminación del aire de un área no industrial.

Otro punto muy importante en la toxicidad de un metal, es definir su órgano blanco; en la siguiente tabla se pueden ver algunos ejemplos:

Tabla 2.3 Organos Afines de Algunos Metales (3).

	Tracto gastro- intestinal	Tracto respi- ratorio	SNC	Sistema cardio- vascular	hígado	riñón	hueso	sangre
Arsénico	+	+	+		+			+
* Cadmio	+	+	+	+	+	+	+	
Cobre	+							+
Hierro	+	+	+		+			+
Plomo	+		+			+		+
Mercurio		+	+			+		
Zinc	+						+	+

En una intoxicación por inhalación de cadmio, los primeros órganos afectados son los pulmones, en donde se acumula sobre todo después de los 40 años de edad, debido al estancamiento de partículas insolubles.

Algunas de las partículas inhaladas pueden también introducirse al tracto gastrointestinal, ya que estas serán transportadas hacia arriba por el árbol traqueobronquial por acción ciliar, luego son espectorados y tragados.

Los pulmones son los órganos que tienen un contacto más directo con el medio ambiente y, debido a que estos están conectados funcionalmente a muchos sistemas del cuerpo, las alteraciones que estos sufran a causa del cadmio inhalado repercutirán en muchos otros órganos del cuerpo.

Así como muchas partículas son inhaladas, muchos son excretadas por diferentes vías, según su solubilidad. Algunas de las partículas que son insolubles, son excretadas gracias al epitelio ciliado y a la secreción mucosa. En la región alveolar los movimientos respiratorios son los encargados de la expulsión hasta la zona ciliada. De las partículas solubles que llegan a la circulación, algunas son fagocitadas, otras son difundidas por todo el organismo. El grado de absorción y de excreción de una partícula esta en función de su tamaño, lugar de depósito, distribución, solubilidad, etc.

El cadmio es un metal tóxico capaz de producir daño en los pulmones, además de otros después de haber sido inhalado. Los síntomas después de una intoxicación aguda se presentan entre 8 y 24 horas más tarde; cuando ocurre la muerte esta sucede dentro de los 7 primeros días posteriores a la exposición.

Oettingen (5) opina en su libro que los primeros síntomas pueden presentarse desde los 10 minutos hasta varias horas después de la exposición.

Después de una exposición crónica los efectos deben ser locales, en las vías respiratorias altas, o sistemáticos debidos a la absorción del metal. Entre los daños sistemáticos se incluye lesión renal con proteinuria, anemia y una sedimentación globular elevada. La lesión más grave que puede ocurrir en el pulmón es la presencia de enfisema.

Snider y col (6) realizaron un estudio en ratas provocándoles enfisema centrilobular exponiéndolas a cloruro de cadmio en aerosol. Este estudio surgió a raíz de un accidente de trabajo ocurrido a trabajadores en contacto con el cadmio. Presentaron daños de tipo respiratorio; la lesión en general fue aguda y severa, con un índice de mortalidad alto presentando un cuadro de congestión pulmonar y edema. Los que lograron sobrevivir, murieron poco tiempo después por insuficiencia crónica pulmonar. En algunos casos de

exposición aguda. las lesiones pulmonares se comparan a una forma severa de enfisema centrilobular. Se cree que una exposición crónica a bajas concentraciones de cadmio puede producir enfisema en el hombre.

Los efectos lesivos del cadmio en el tracto respiratorio alto son seguidos o acompañados por efectos vasculares, lo cuál repercute en el riñón.

Como se observó en la tabla 2.3 los riñones son órganos muy afines a algunos metales tóxicos. El efecto que tengan estos metales se ve influenciado por el grado de excreción. El sitio más afectado en una intoxicación por cadmio es el riñón, en la región de los túbulos proximales. Si la intoxicación es aguda, ocurre necrosis tubular, oliguria e insuficiencia renal con proteinuria debida a la inhibición de la reabsorción.

Debido al gran flujo sanguíneo que reciben los riñones (4 ml de sangre/gr de corteza/minuto), es posible que cualquier cantidad de tóxico, por insignificante que esta sea, llegue rapidamente a ellos. Además tambien es capaz de filtrar las sustancias de la sangre y acumularlas dentro del parénquima renal o en el lumen tubular.

Se ha observado que en un envenenamiento por cadmio se presenta aumento en las fosfatasa ácida y alcalina urinarias. El cadmio tambien provoca efectos lesivos en el túbulo proximal producido por alteraciones vasculares. Tambien se ha notado una disminucón en la excreción de ácido úrico, aunque no se ha reportado que por esto se padezca "gota". Las proteínas que aparecen en la orina son de bajo peso molecular, (menores de 70 000 unidades de peso molecular); estas aparecen porque disminuye la reabsorción tubular de las proteínas y no por una filtración anormal.



FIGURA 2.1 (8)

Este tipo de gráfica es la que se obtiene en una intoxicación crónica por cadmio. Es posible apreciar otros componentes que tienen una movilidad similar a las fracciones α_2 y β globulinas.

En un estudio que se llevó a cabo en una población urbana de Australia (7), fueron analizados individuos normales que no estuvieran expuestos industrialmente al cadmio. La ingestión diaria en la dieta de los individuos era de 50 μg de cadmio con una absorción del 5%. En la orina se encontró un valor de 1.1 μg / litro. Las muestras de riñón fueron colectadas postmortem y contenían 16.8 μg / gramo de peso húmedo. Cálculos sobre el contenido total corporal de cadmio en autopsias, mostraron un incremento de 0.1 mg al nacer, a un valor de 15 a 30 mg (en Japón de 80 mg) en el adulto. El riñón contiene cerca de la tercera parte del cadmio corporal.

Como la placenta es una barrera contra la transferencia de cadmio de la madre hacia el feto, el contenido de cadmio en el recién nacido es mínima; pero desde que empieza la exposición, la acumulación del catión es inevitable.

Existe muy poca información cuantitativa sobre la absorción del metal por el hombre; casi todos estos datos han sido obtenidos por análisis de material de autopsia y basándose en datos sobre la ingestión en la dieta.

Se calcula que entre 3 y 8% del cadmio ingerido en la dieta es absorbido. La absorción se ve influenciada por diferentes proteínas; además la mayoría de los alimentos que el hombre ingiere son de origen animal o vegetal en los cuales el cadmio está presente en forma combinada. Sin embargo la absorción respiratoria es mayor (15-30%) que la absorción intestinal (5-8%).

Se han hecho estudios en animales, en los que después de la inyección del cadmio, este se une a compuestos no identificados del plasma y de aquí son distribuidos rápidamente. Después aparece en los eritrocitos y unidos a la hemoglobina; de esto se deriva el que los niveles de cadmio sanguíneo se elevan. En el hombre normal sin exposiciones extras, se ha calculado que el nivel de cadmio plasmático es menor de 1 $\mu\text{g}/\text{dl}$. En el ser humano se ha visto que los niveles máximos se alcanzan entre los 50 y 60 años; se desconoce porque se llega a esta edad a un máximo y después disminuye. Se cree se deba a cambios en la función renal, metabolismo y absorción intestinal.

En los individuos normales, como ya se mencionó, la excreción es muy baja; con la edad y si existe lesión renal previa aumenta la excreción del cadmio, además coincide con proteinuria. Pequeñas cantidades de cadmio son excretadas por las heces, sudor, descaamación de la piel y caída del pelo; después de que el promedio de vida media del cadmio en el riñón humano es de 17-33 años, y en el hígado es menos de 7 años, (cálculos aproximados en la ref.8).

La mayor parte (75-80%) del cadmio que se acumula en el hígado y riñón de los mamíferos está unido a una proteína soluble de bajo peso molecular, que tiene una gran afinidad por cationes metálicos. A pesar de que estas metaloproteínas de vario orígenes, muestran mínimas diferencias en su estructura primaria, que es indicativa de las especies y posiblemente de órganos, todas ellas tienen propiedades similares. Característicamente presentan deficiencias de aminoácidos aromáticos y tienen un alto contenido (cerca del 30%) de residuos de cisteína, en los que los grupos -SH pa-

recen estar involucrados en el enlace de cada átomo del metal. Meerkin y col (7) mencionan que el cadmio es un veneno celular que inhibe a las enzimas uniéndose a ellas en los grupos sulfhidrilo. Cuando el cadmio esta ligado a la proteína es retenido en el hígado y riñón; parece que estas metaloproteínas son las responsables de la vida biológica tan prolongada que posee este metal. Existe una transferencia continua, aparentemente a través de la completa degradación y resíntesis de la mitad de la proteína.

La tioneína tal vez tenga una función reguladora del metabolismo del cobre y del zinc: cobre y zincioneína, las cuales se han aislado de mucosa intestinal de pollos y ratas; por esta razón se les adjudica la función de absorción de dichos cationes. Por lo tanto, si esto sucede así con el cobre y el zinc, es de esperarse que tambien presente una gran afinidad por el cadmio.

Lewis & Miller (9) realizaron un análisis del contenido de cadmio en un extracto de hígados humanos. Los hígados fueron seleccionados de aquellos individuos que morían habiendo padecido bronquitis crónico y/o enfisema; el cadmio unido a la hemoglobina no interfirió en el análisis por ser tan reducido. Los resultados obtenidos indican que los niveles de cadmio en las proteínas de los individuos que habían padecido las enfermedades respiratorias era 3 veces mayor que el resto de individuos con otros padecimientos.

En el caso del riñón, no todo el cadmio que se acumula esta unido a la metaloproteína, por lo tanto la toxicidad se verá determinada por la unión del catión en otros sitios activos. Tambien se ha postulado (8) que la lesión en el riñón se deba a la interacción del cadmio con fosfolípidos. Por lo tanto se piensa que las metaloproteínas existan en la mayoría de los tejidos; ya que se han aislado de diferentes tejidos en los animales. Por lom mismo se ha llegado a la conclusión de que estas proteínas son comunes a todas las especies de animales, incluyendo al hombre.

La incorporación del cadmio en el riñón, se piensa sea por la filtración glomerular de la cadmio-tioneína, que es sintetizada y liberada por el hígado. La acumulación continúa en los túbulos por reabsorción hasta llegar a la saturación (200-300 $\mu\text{g/g}$ de peso húmedo) provocando una lesión tan severa que la orina presente proteínas y trazas de cadmio. La acumulación de cadmio en el riñón trae consigo un incremento en la relación $\text{Cd}^{2+} : \text{Zn}^{2+}$ renal que se considera como un factor de hipertensión en el humano. A pesar de que existe una relación entre el cadmio y la hipertensión en animales no se ha comprobado en el humano.

Hasta ahora sólo se ha mencionado la sintomatología a largo plazo, pero existen síntomas que se presentan inmediatamente después de la intoxicación.

Entre los síntomas que se presentan dentro de las primeras horas seguidas de la intoxicación están: náusea, vómito, dolor de estómago, a menudo sobreviene diarrea. En casos más severos hay dolor de cabeza, vértigo, alteraciones sensoriales en los brazos y manos que pueden llegar a desencadenar convulsiones. La inhalación de los vapores de de óxido de cadmio presenta una sintomatología diferente; principalmente hay irritación del tracto respiratorio muchas veces con elevación de la temperatura corporal. Esta irritación de las vías respiratorias comienza con resequedad en la garganta y un sabor metálico en la boca, después sobreviene un dolor subternal con tos y acortamiento en la respiración. El paciente también sufre de presión en el estómago con dolor y pérdida del apetito, gastritis, dolor de cabeza, mareo e insomnio. Después se presentan las lesiones en los pulmones y en los riñones que ya han sido descritas. Si se les practica una Citología Hemática a estos pacientes se comprobará la presencia de anemia con una relativa linfocitosis y reticulocitosis, lo que acarrea una elevación del valor de la sedimentación globular.

2.2 Algunas Medidas Terapéuticas en la Intoxicación por Cadmio.

Para poder aplicar cualquier tipo de terapia es necesario conocer la clase de padecimiento y su etiología. En el caso de un envenenamiento, de cualquier origen, el diagnóstico clínico y el pronóstico serían facilitados si fuera posible demostrar el material tóxico tanto en sangre como en la orina. Pero tratándose del cadmio, este no siempre puede ser detectado en estas muestras, porque no existe la metodología lo suficientemente específica y sensible, para su identificación definitiva.

Al principio se usaron métodos analíticos, basados en comparaciones con ciertos estándares ya preparados, cuyas concentraciones de cadmio eran conocidas. Hubo un método que fue muy útil en caso de envenenamiento por cadmio, o para el análisis de polvo, humo y material biológico; es el basado en la fluorescencia de estas partículas bajo los rayos de luz ultravioleta. Esta técnica fue descartada porque su sensibilidad era muy pobre y proporcionaba datos aproximados expresados en mg, además de lo laborioso del procedimiento que requería la preparación de muestras. Las partículas de óxido de cadmio depositadas sobre el tejido pulmonar había que hacerlas visibles al microscopio de luz ultravioleta exponiéndolas primero a los vapores de 8-hidroxiquinoleína; las partículas de óxido de cadmio formaban la sal correspondiente de cadmio-8-hidroxiquinoleinato dihidratado, el cuál presenta una fluorescencia verde bajo el microscopio de luz ultravioleta. (10)

El método más empleado ahora en este tipo de análisis es la espectrofotometría de absorción atómica; la cuál es bastante más sensible y específica que todas las ya conocidas hasta ahora, ya que proporciona los resultados en cantidades en microgramos.

En cuanto a medidas terapéuticas en el caso de envenenamientos agudos o por accidente, se debe tomar en cuenta la vía de entrada del tóxico (oral o aérea); así si el cadmio fue ingerido, se practica un lavado gástrico. A veces es recomendable emplear algún agente que-

lante como EDTA, que se combine con los iones de cadmio y forme complejos solubles en agua o quelatos que no son ionizables, y por lo tanto no son metabolizados y se excretan. La vía intravenosa se usa en los casos más severos. En la intoxicación por inhalación el paciente debe de ser retirado de la fuente de exposición y aplicarle terapia sintomática, a veces junto con un agente quelante EDTA (05 g/o horas por una o dos semanas).

Sin embargo el organismo tiene sus mecanismos normales de defensa ante cualquier tipo de invasión. Así la absorción del cadmio se ve antagonizada por la interacción con otros iones metálicos esenciales como: Zn^{+2} , Cu^{+2} , Fe^{+3} y/o Fe^{+2} y Ca^{+2} . El zinc protege contra muchos de los efectos agudos del cadmio, mientras que el cobre disminuye la inducción que tiene el cadmio para producir anemia. Se cree que bajo condiciones de dieta limitada pero adecuada de cobre, valores muy bajos de cadmio interfieren en el metabolismo del cobre y reducen la actividad de la seruloplasmina plasmática. Niveles más altos de cadmio aumentan los efectos llegando a presentar la sintomatología del síndrome tan conocido " ITAI-ITAI ".

Sin embargo hasta ahora se desconoce el verdadero mecanismo del antagonismo que el metabolismo de cobre y zinc tienen sobre el cadmio, pero se piensa que esta basado en competición por determinados sitios de transporte.

Tambien se estudió, pero con menor intensidad, la interferencia entre el metabolismo del hierro y el cadmio, y se observó que el transporte del hierro se ve reducido con la ingestión diaria de cadmio; tambien el cadmio ingerido se incorpora a la proteína de almacenamiento: ferritina, disminuyendo así la cantidad de hierro absorbido y almacenado como la cantidad de apoproteína.

Se llegó a la conclusión de que el efecto lesivo del cadmio sobre el metabolismo del calcio sobreviene por el daño que ocasiona

en el riñón. Existen indicios de que hay interacciones competitivas entre estos cationes y los sitios de desorción, por lo tanto la absorción del cadmio se ve aumentado con deficiencias de calcio(8).

3 TABACO Y CADMIO

3.1 Concentración del Cadmio en el Tabaco y sus Diferentes Fracciones

En capítulos anteriores se ha hablado sobre los niveles de cadmio en productos naturales como los alimentos y como este ha llegado hasta ellos; pero también existen referencias acerca del contenido de este catión en el tabaco y en el humo del cigarro.

Ya se mencionó el hecho de que el envenenamiento crónico por cadmio puede inducir enfisema pulmonar. Experimentos efectuados en animales han demostrado que la inhalación crónica de los humos de cadmio puede producir enfisema y conducir a la acumulación del metal en los pulmones, hígado y riñones principalmente.

Estas consideraciones fueron tomadas en cuenta por varios investigadores y fué lo que los orilló a realizar una gran cantidad de determinaciones del contenido de cadmio en el tabaco, cenizas y humo del cigarro principalmente.

Casi todas estas determinaciones fueron hechas bajo el método de extracción con un solvente orgánico como acetona y posteriormente sujetos a una ~~digestión oxidativa~~ digestión con ácido nítrico a diferentes concentraciones. Algunos autores modificaron un poco la técnica pero los resultados obtenidos siempre fueron muy semejantes; a pesar de que existen diferentes factores que intervienen en el contenido del cadmio en el tabaco del cigarro. Estas discrepancias se deben al diferente tratamiento a que el tabaco es sometido para la fabricación del cigarro, ^{en} el país donde es cultivado el tabaco; donde además intervienen las condiciones climatológicas, el tipo de suelo y atmósfera en la que la planta se desarrolla.

La determinación de la muestra una vez digerida es sujeta a un análisis en el espectrofotómetro de absorción atómica. El método mencionado fue elegido por su rapidez y superioridad en

sensibilidad y precisión sobre los otros métodos analíticos como la espectrofluorometría, polarografía y colorimetría.

En forma rápida se explicará el fundamento de esta técnica: una lámpara de una descarga gaseosa especial, en la que el cátodo emite entre otros, uno o varios rayos brillantes de resonancia del elemento del cuál está constituido el cátodo y que se va a determinar. Entonces un haz luminoso, que es emitido de esta lámpara, atraviesa una flama en la que se encuentran dispersos átomos disociados y que no han sido emitidos del mismo elemento, seguido por efecto de resonancia, se mide la absorción selectiva y cuantitativa del elemento deseado. El fenómeno de absorción atómica, a pesar de la presencia de átomos extraños, permite la identificación y cuantificación del elemento buscado.

Ante la superioridad y las ventajas de la espectrofotometría de absorción atómica, esto ha sido empleado en la determinación del cadmio en el tabaco para así poder evaluar los efectos fisiopatológicos que ejerce sobre el organismo humano (15).

Se han hecho estudios del contenido del cadmio en el tabaco del cigarro, cenizas, humo y filtros en E.E.U.U., Francia y Alemania; así como en otras partes del mundo como Rusia y Japón. Los resultados que son de importancia para México son los de E.E.U.U. ya que son los que más semejanza tienen a las condiciones de vida en este país.

No solo se ha determinado el cadmio en el cigarro completo sino en las cenizas, humo liberado y filtros; tanto el humo inhalado como el desprendido del extremo del cigarro encendido.

Westcott & Spincer (16) efectuaron estudios sobre el contenido de cadmio en el tabaco y humo del cigarro de diferentes marcas de los E.E.U.U. El primer paso fué determinar el contenido del metal en el total de humo colectado el cuál fué sometido posteriormente a la oxidación con ácido nítrico. Después se separaron del humo la fase vapor y las partículas que lo consti-

tuyen y fueron analizadas individualmente. Ambos contituyentes se trataron con ácido nítrico para oxidarlos, se redujo el volúmen y se tomó una alícuota que fue analizada en el espectrofotómetro (4 cigarros).

El tabaco fué preparado sometiendo a la digestión todo el cigarro excepto el filtro y luego se analizó en el espectrofotómetro.

Las muestras de humo contenidas en el filtro tambien se les oxidó con ácido nítrico, reducido el volúmen y se tomó una alícuota.

Los resultados obtenidos se pueden apreciar en las siguientes tablas:

Tabla 3.1 Contenido de Cadmio de Tabaco de Diferentes Países(11)

<u>País de origen</u>	<u>Cadmio ($\mu\text{g/g}$)</u>
USA (antes)	0.70
USA (después)	1.01
Malawi	1.07
USA (Georgia)	0.77
Canadá	3.50
Brasil	1.72
India	1.08
Japón	3.20

Tabla 3.2 Efecto de la Posición de la Planta en el contenido de
(11) Cadmio

<u>Posición de la Planta</u>	<u>Cadmio ($\mu\text{g/g}$)</u>
Superior	0.77
Inferior	1.27

Tabla 3.3 Contenido de Cadmio de tabaco de Cigarros Comerciales(11)

Tipo de Cigarro	Cadmio ($\mu\text{g/g}$)
Inglés	1.66
Francés	1.59
Belga	1.22
Italiano	1.96
Alemán	2.21

Tabla 3.4 Contenido de Cadmio en las partículas del humo en algunos Cigarros Comerciales (11)

Tipo de Cigarro	Cadmio:	
	liberado ($\mu\text{g/cig}$)	transferido (%)
Inglés con filtro	0.083	5
Inglés sin filtro	0.19	11
Francés sin filtro	0.18	11
Belga con filtro	0.08	6.5
Italiano con filtro	0.06	3.4
Alemán con filtro	0.08	3.6

Tabla 3.5 Distribución de Cadmio en el Humo (Partículas y vapor)

Tipo de Cigarro	Partículas	Vapor	(11)
Inglés sin filtro	0.19	0.05	
Inglés con filtro	0.04	0.007	

Lo que se puede sacar en conclusión de estas tablas es que el tabaco de Jaocón y Canadá son los que mayor contenido de cadmio tienen. La tabla 3.2 indica que la concentración de cadmio

en la planta de tabaco es mas alta en las hojas de la parte inferior que en las superiores, esto se debe a que esas estan mas cercanas al suelo que es un medio contaminado.

En la tabla 3.3 se aprecia que la transferencia de cadmio de la porción de tabaco quemada en un cigarro sin filtro es del 11% aproximadamente mientras que para los cigarros con filtro es menor ya que gran parte es retenida en el filtro.

En cuanto al contenido de cadmio en las dos fases del humo, este es mas concentrado en las partículas que en la fase vapor.

El promedio de cadmio retenido en los filtros de cigarros es de 0.18 μg /cigarro que es aproximadamente el 70% del cadmio contenido en el humo; el filtro retiene más cadmio que nicotina.

Menden y col. (17) tambien realizaron análisis de cenizas húmedas y secas de cigarros y encontraron cadmio en cantidades apreciables en estos productos.

Trabajaron con cigarros sin filtros, de 85 mm de largo y un promedio de 1.12 g de peso aproximadamente. Los cigarros se fumaron en un fumador automático en igualdad de condiciones(número de aspiraciones/ min, duración e intensidad de la aspiración, tiempo de exposición al aire en el interválo de no aspiración). Fueron fumados hasta obtener colillas de 23 mm de largo.

Se colectaron las cenizas en matraces libres de metales. La parte del humo que corresponde al que es inhalado(mainstream) se colectó en trampas con acetona para ser evaporadas e incineradas posteriormente. Las colillas fueron igualmente tratadas.

Las muestras se procesaron de la siguiente manera: las cenizas húmedas del humo o del tabaco sin fumar fueron calentadas con ácido nítrico hasta licuarlas y oxidarlas; las cenizas secas tambien se les agregó el ácido para el mismo fin.

Los análisis por espectrofotometría de absorción atómica para el cadmio se efectuaron en las soluciones de ácido nítrico preparadas de las diferentes muestras.

Según los resultados obtenidos, estos indican que el cadmio está presente en casi todos los productos del tabaco, en una concentración que oscila del-2 $\mu\text{g/g}$.

Tabla 3.6 Concentración de Cadmio en los Productos del Tabaco(17)

Muestra	Cadmio $\mu\text{g/cig.}$
cigarros de referencia	1.56 ⁺ 0.19
cigarros comerciales	1.90 ⁺ 0.14
puros comerciales	1.86 ⁺ 0.00/g
tabaco de pipa comerciales	0.93 ⁺ 0.00/g

Todos los valores son promedio del número de pruebas realizadas en cigarros de 1.12 g.

En la tabla 3.7 se muestran los resultados de la concentración de cadmio en la parte de cigarro ya fumada, tanto en marcas comerciales como en los cigarros preparados como control; se incluyen los valores correspondientes a las cenizas, humo aspirado (mainstream) y colilla; además de valores calculados para el humo desprendido de extremo encendido del cigarro (sidestream).

Como se aprecia en los resultados obtenidos, solo un pequeño porcentaje(10.1 y 7%) del cadmio de la fracción fumada, tanto de cigarros preparados como comerciales, aparece en el humo aspirado y está en contacto directo para ser absorbido por el pulmón del fumador. La cantidad de cadmio en el humo del tabaco por cigarro es de 0.12 y 0.10 μg para los cigarros de referencia y los cigarros de marcas comerciales respectivamente. Sin embargo dependiendo de la forma química del cadmio esta puede ser una fuente de consumo del catión o un riesgo para la salud. En el caso del cigarro representa un gran riesgo para la salud del fumador y aún más para los individuos a su alrededor.

El total de humo aspirado que logró ser filtrado correspon-

de al 22 y 17% para los cigarrros de referencia y los comercia-
les respectivamente. El cadmio contenido en las cenizas y el hu-
mo aspirado constituye las fracciones mas fáciles de cuantificar
y en ambos tipos de cigarro representan el 62 y 50% respectiva-
mente. Por lo tanto queda un 38 y 50% de la porción original fu-
mada para ser considerada.

Tabla 3.7 Concentración del Cadmio en las diferentes Fracciones
del Cigarro (17)

Fracción	Cadmio ($\mu\text{g}/\text{fracción}$)
Cigarros de referencia fracción fumada (73% del total)	1.14
colilla	0.56 \pm 0.03
partículas del humo aspirado(mainstream)	0.12 \pm 0.03 10.1%
cenizas	0.45 \pm 0.03 39.4%
humo liberado del extremo encendido (sidestream)	0.43 38.0%
Cigarros comerciales fracción fumada (73%)	1.43
colilla	0.67 \pm 0.02
partículas del humo aspirado(mainstream)	0.10 \pm 0.01 7.0%
cenizas	0.48 \pm 0.02 33.5%
humo liberado del extremo encendido (sidestream)	0.72 50.0%

Los porcentajes se calcularon basándose en
la fracción fumada. El cadmio en el humo liberado
se calculó restando los valores de colillas, par-
tículas y cenizas de los valores de la tabla 3.6.

El cadmio que está presente en el humo desprendido de la combustión del cigarro, también ha sido considerado. Los valores que otros autores han encontrado para esta fracción son muy semejantes a los que en este análisis se calcularon (0.43 y 0.72 μg de cadmio para los cigarros de referencia y los comerciales respectivamente). Estas cantidades representan 8.6 y 14.4 μg por paquete de 20 cigarros.

La importancia que tiene el contenido de cadmio en el humo desprendido del cigarro es, que representa una cantidad considerable de este metal tóxico que está al alcance tanto del fumador como de cualquier persona vecina a él. Por lo mismo representa un contaminante a puertas cerradas.

Un estudio realizado en Alemania (18) reveló que el contenido de cadmio/cigarro es de 1.44 μg ; después de haber sido sometidos a la digestión en solución ácida y determinado espectrofotométricamente la concentración de cadmio. Otra determinación se hizo en el humo de 10 cigarros con filtro, el cuál fue atrapado en un matraz con solución ácida que fue sometida al espectrofotómetro obteniéndose una cantidad de 0.33 μg de cadmio por cada cigarro (0.178 \pm 0.12 μg de cadmio).

Otro estudio también llevado a cabo en Alemania (19) concluyó que el contenido de cadmio de 20 cigarros es de alrededor de 22.7 μg (1.14 μg /cigarro), y el humo de estos 20 cigarros contiene cerca de unos 16.0 μg (0.8 μg de cadmio/cigarro).

Franzke, Rinck & Schmidt (20) realizaron estudios sobre diferentes metales pesados en el tabaco y humo del tabaco de diferentes marcas de cigarros empleando las mismas técnicas descritas anteriormente; y encontraron los siguientes resultados: expresados en la tabla 3.8.

En este trabajo se estableció que el humo del tabaco contiene la suficiente cantidad de cadmio para poder causar enfisema pulmonar y arterioesclerosis.

Tabla 3.8 Concentración de Cadmio en el Tabaco del Cigarro, Cenizas y Humo (20)

Fracción	Cadmio ($\mu\text{g}/\text{cigarro}$)
cigarro total sin fumar	1.65
humo	0.052
cenizas	0.54

Todos son valores promedio obtenidos de todas las determinaciones

Existen otros estudios sobre el contenido de cadmio en el tabaco del cigarro, cenizas y filtros, realizado por Nandi y col (22) en la Universidad de Massachusetts U.S.A.

Ellos emplearon 6 diferentes marcas de cigarros con filtro que fueron fumados en un fumador automático con una succión de 5 seg por cada minuto. La intensidad de la succión era tal que los cigarros deberían mantenerse encendidos por un lapso de 10 a 12 minutos.

Los fragmentos de los cigarros fueron sometidos a digestión con ácido nítrico, agua y agua oxigenada, se neutralizó la solución con hidróxido de sodio utilizando azul de timol como indicador, y fue titulado hasta obtener el cambio de coloración de rosa a amarillo. A este proceso se sometieron tanto los filtros como las cenizas de 18 cigarros fumados.

En este reporte el método empleado para la cuantificación del cadmio fue la técnica colorimétrica descrita por Saltzman (31).

En la tabla 3.9 se muestran los resultados logrados por este método colorimétrico, pero por 20 cigarros.

Existen algunas variaciones cuando se compara el contenido de cadmio del cigarro completo de un paquete con el de otros de la misma marca, pero a pesar de esto el contenido de cadmio en las diferentes marcas de cigarros no variaba en forma significativa. La concentración de cadmio de las cenizas de los cigarros fu-

mados es relativamente constante, y representa entre el 15% y 20% del total contenido en el cigarro sin fumar.

Tabla 3.9 Concentración de Cadmio en un paquete de 20 Cigarros(22)

Marca	Paquete	Cigarros completos	Cenizas	Filtros	Total de cadmio concentrado en el humo
A	1	24.0	3.2	2.8	17.7
	2	24.5	4.2	. .	
B	1	24.5	4.0	4.4	15.8
	2	28.0	4.2	4.2	
	3	20.0	. .	. .
C	1	27.0	3.0	2.9	16.1
	2	19.0	3.9	. .	
D	1	23.0	4.2	2.7	15.4
	2	23.0	. .	4.2	
E	1	20.0	2.6	2.4	15.0
	2	21.0	. .	3.5	
	3	. .	. .	3.0	
F	1	23.0	3.6	. .	. .
	2	18.5	. .	. .
	3	22.0	. .	. .
Promedio		22.7(100%)	3.6(16%)	3.3(15%)	16.0(69%)
Equivalente a un cigarro		1.14	0.18	0.17	0.8

Todos los resultados están expresados en μg . La cantidad total contenida en el humo del cigarro se estimó restando los valores promedio de la suma de las cifras correspondientes a cenizas y filtros del valor promedio del cigarro completo.

Estos resultados indican que durante el fumar, la mayor parte del cadmio que se encuentra en el tabaco del cigarro pasa a formar parte del humo. Esto se explica considerando que la temperatura de combustión del tabaco en el extremo del cigarro al momento de ser aspirado, puede exceder el punto de ebullición del cadmio (767°C) (22). Aunque la inhalación y la absorción para el pulmón es del 10 al 20% del cadmio contenido en el humo del cigarro, esto puede en un individuo que fuma más de 20 cigarros al

día, conducirlo a un incremento en la cantidad acumulada de este elemento en el cuerpo, después de un período de varios años.

Después de haber hablado sobre el contenido de cadmio en el tabaco, sería interesante hacer una comparación de la cantidad de cadmio presente en las hojas de lechuga; debido a que estas se emplean con bastante frecuencia como sustituto del tabaco en la fabricación de cigarros.

Elia. Menden & Petering (23) usaron cigarros preparados a partir de hojas de lechuga especialmente para el análisis por unos laboratorios en Nueva Jersey, de los cuales se separó el filtro.

Los cigarros medían 65 mm de largo y fueron fumados mecánicamente succionando 2 veces por minuto cada cigarro hasta obtener colillas de 23 mm de largo. Las cenizas se colectaron en matraces libres de metales para el proceso de cenizas húmedas, y el humo aspirado se colectó en trampas de acetona.

Las muestras de cenizas, humo y colillas de los cigarros de lechuga se les agregó ácido nítrico y así se analizaron en el espectrofotómetro de absorción atómica. Los resultados se muestran en la tabla 3.10.

Las principales diferencias físicas que deben ser tomadas en consideración son: primero los cigarros de lechuga son de 65 mm de largo con un peso medio de 0.72 g, mientras que los de tabaco miden 85 mm y pesan 1.12 g. Los resultados muestran que las cantidades de cadmio por cigarro de lechuga son comparables a aquellas presentes en un cigarro de tabaco. Pero considerando su peso, los niveles de cadmio son mayores en los cigarros de lechuga.

Los valores del humo que se desprende del extremo del cigarro encendido entre cada aspiración se determinaron sustrayendo las cantidades en la ceniza, humo aspirado y las colillas del total de cadmio presente en el cigarro sin fumar.

El humo que se aspira contiene 3% del cadmio, y en el humo desprendido es liberado $0.72 \mu\text{g}$ /cigarro de lechuga, que equivale

al 30% del cadmio. En comparación con los cigarros de tabaco (referencia) que liberan $0.43 \mu\text{g}$, que es el 38% de la cantidad inicial en la porción fumada.

Tabla 3.10 Concentración de Cadmio en las diferentes Fracciones de los Cigarros de Lechuga (23)

Muestra	Cadmio ($\mu\text{g}/\text{cig.}$)
Cigarros de lechuga fracción fumada (65% del total)	1.39 ± 0.04
colilla	0.90
partículas del humo aspirado (mainstream)	0.52 ± 0.04
cenizas	$0.02 - 0.01$
humo liberado del extremo encendido (sidestream)	0.13 ± 0.02
Cigarros de referencia	0.72
Porcentaje de cadmio disperso en el humo desprendido (sidestream)	1.56 ± 0.19
cigarros de lechuga	80.0%
cigarros de referencia	38.0%
Los valores de los cigarros de referencia se tomaron de la referencia 17.	

Así los datos obtenidos establecen una comparación entre los cigarros de tabaco y los de lechuga. En el caso del tabaco ya ha sido establecido que el cadmio representa un riesgo para la salud del fumador y la presencia de este en el humo que se desprende del extremo del cigarro (sidestream), no solo es un daño para el fumador sino para cualquiera que este a su alrededor. Esto se puede aplicar de igual manera en el caso de los cigarros fabricados a base de hojas de lechuga y probablemente a la combustión de cualquier otro material vegetal seco.

4 PATOLOGIA PROBABLEMENTE INDUCIDA POR LA INHALACION DEL CADMIO EN EL HUMO DEL TABACO

4.1 Daño producido por el tabaco

Para conocer el daño que el tabaco provoca es necesario conocer su composición química.

El componente principal de importancia farmacologica es la nicotina; el tabaco del cigarro contiene 1.5% de nicotina, el humo puede contener varias dosis terapéuticas de la misma. La nicotina se encuentra en la hoja del tabaco como una sal de los ácidos orgánicos; la base se libera por el calor y pasa al humo en grado variable. Parte del alcaloide se quema, pero este llega a las vías respiratorias en diferente cantidad, según la humedad del tabaco, filtros, el calor, la rapidez de los fumadores, la práctica y la profundidad de la inhalación, etc. Sin embargo no toda la nicotina inhalada es absorbida, pues parte es exhalada de nuevo. Pero del alcaloide inhalado se llega a absorber 90% y 25 a 50% solo del humo que llena la boca y se expulsa.

Además de la nicotina, el tabaco contiene más de 500 compuestos diferentes que ya han sido aislados; como piridina y otras bases nitrogenadas, un grupo de compuestos isoprenicos (constituido por unidades de isopreno), ácidos volátiles, fenoles y otras sustancias de alquitran, y especialmente furfural y acroleína. Sin duda estas sustancias contribuyen a la irritación de las mucosas producidas por el tabaco y el humo. También se han aislado metales pesados como polonio, níquel, plomo, zinc, cadmio, etc, a los cuáles se les atribuye participación causal es la inducción del cáncer pulmonar y otros padecimientos como enfisema pulmonar y bronquítis crónica. También estos metales han sido aislados de los pulmones de los fumadores.

Existen proporciones importantes de monóxido de carbono en el humo del tabaco: cigarro 1% en volúmen, tabaco de pipa 2% y el tabaco del cigarro puro hasta 6%; por lo tanto el 5% de la hemoglobi

na circulante puede convertirse en carboxihemoglobina como resultado de fumar cigarros con mucha frecuencia. Quizá concentración no altera la eficiencia respiratoria en circunstancias normales, pero puede significar hipoxia a grandes altitudes.

La cantidad de ácido cinhídrico en el humo del tabaco es insignificante. Antes los insecticidas usados para fumigar las plantas de tabaco tenían plomo y arsénico que dejaban grandes cantidades de estos superiores a los límites legales permitidos en los alimentos.

Los efectos agudos del fumar observados en el novato se deben casi todos a la nicotina; que es una de las sustancias más tóxicas contenidas en el cigarro. La dosis de nicotina contenida en un cigarro se aproxima a dos dosis mortales para el hombre (dosis mortal para el adulto 60 mg). (24)

La iniciación de los síntomas de un fuerte envenenamiento agudo con nicotina es rápido y puede sobrevenir la muerte en pocos minutos. Debido a su alcalinidad, tiene acción caústica local en la boca y en el estómago. Ocurren pronto náuseas y salivación, seguido de dolor abdominal, vómitos y diarrea grave, hay cefaléa, mareos con alteraciones de la visión y audición, confusión mental y debilidad. Pulso lento y al final rápido, con arritmias cardíacas, colapso con convulsiones terminales.

En el caso del tabaco la intoxicación por nicotina no es aguda sino crónica y los síntomas aunque desagradables, son transitorios y no muy alarmantes. Esta intoxicación crónica se acompaña de la intoxicación debida al resto de los componentes del tabaco.

La irritación nasofaríngea y bronquial producida por el humo del tabaco es resultado no solo de la alcalinidad de la nicotina, sino también producto de otros compuestos del tabaco o del humo; los cuales juntamente con el calor pueden causar epitelio-ma de las mucosas. Se ha visto relación entre el cáncer de pulmón y la frecuencia de fumar cigarros; estas observaciones han demostrado que mueren 11 fumadores de cigarrillos por cáncer de

pulmón por cada no fumador que muere de la misma causa (24). A mayor número de cigarros fumados mayor índice de mortalidad, e inversamente la mortalidad disminuye entre los exfumadores. También se ha visto relación entre el hábito de fumar y el cáncer de la cavidad bucal, laringe y esófago. Se ha descrito un síndrome respiratorio del fumador que se caracteriza por disnea, respiración reducida y ruidosa, constricción faringea, dolor torácico e infecciones frecuentes de las vías respiratorias superiores; que se confunde con asma. El síndrome desaparece al suspender el vicio del cigarro. Los síntomas pueden deberse a la depresión del mecanismo ciliar de defensa del árbol respiratorio por los compuestos del humo del tabaco. Hay pruebas de que el fumar puede alterar la eficiencia ventilatoria, por lo tanto el riesgo de enfisema pulmonar aumenta.

El enfisema es un estado patológico de un tejido, producido por la presencia o aumento anormal de gas o aire en su interior. Hay muchas formas de enfisema pulmonar debido a que existen diferentes factores que influyen sobre él; el más común (40% de los casos) es causado por múltiples brotes inflamatorios bronquiales (bronquitis por ejemplo) que provoca estenosis de los bronquios y dilatación difusa de los alveolos. Esto trae consigo insuficiencia respiratoria (hipoxia) y una hipertensión progresiva no solo de la circulación pulmonar.

El fumar estimula la salivación por el efecto irritante del humo y no por la nicotina. Las contracciones del hambre son abolidas de manera refleja por el fumar, y la inhibición causada por un cigarrillo puede durar de 15 a 60 minutos. El tiempo de vaciamiento gástrico de la comida de prueba no se altera en los fumadores crónicos, pero hay reducción de la acidez gástrica en fumadores con úlcera péptica, el fumar cigarros no influye ni en el tiempo de vaciamiento ni en la acidez del estómago. El volumen y la acidez del estómago en ayuno continuo disminuye notablemente en

muchas personas normales, y la acidez de la secreción gástrica basal disminuye en los pacientes con úlcera péptica.

Se ha puesto mucho interés en los efectos del tabaco en el aparato cardiovascular. Los fumadores de cigarros tienen un índice alto de mortalidad mayor por su enfermedad coronaria que los no fumadores. Se ha observado una relación semejante entre el fumar y los trastornos vasculares del cerebro. El fumar excesivamente puede producir sístoles prematuros, ataques paroxísticos de taquicardia auricular y disminución de la amplitud o inversión de la onda T. No hay prueba de que el tabaco ~~cause arterioesclerosis~~ o angina de pecho. Sin embargo en individuos con esclerosis coronaria o angina de pecho, el abuso del cigarro es un factor que precipita los ataques de angina probablemente por aumento de la presión arterial y de la frecuencia cardíaca causada por la nicotina. La observación de que el humo del cigarro puede favorecer la formación de un trombo ha sugerido la idea de que es un factor posible en la enfermedad coronaria. En condiciones controladas, se ha visto que el fumar produce vasoconstricción periférica, de modo especial en la piel, en la mayoría de las personas, ya sean sanas o sufran alguna alteración vascular; e independientemente del tiempo que lleven fumando. La vasoconstricción se acompaña de enfriamiento notable de la piel; no ocurre en las extremidades simpatectomizadas. El riego sanguíneo del músculo esquelético no se reduce por el fumar. La mayoría de las personas reaccionan al cigarro con aumento en las presiones sistólica y diastólica. Las alteraciones cardiovasculares observadas se deben a la nicotina. Se han descrito casos de sensibilidad i-deopática (no reagínica) al humo del tabaco, cuyo carácter sobresaliente es la taquicardia; hay que aconsejar a las personas que la sufren dejen de fumar o disminuyan en gran cantidad el consumo del tabaco.

La ambliopía por tabaco es una secuela relativamente rara del

hábito del tabaco. Se caracteriza por disminución gradual, aunque a veces es súbita, de la agudeza visual, mas notable en el campo central; en especial de los objetos de color. Si no se trata puede evolucionar hasta atrofia del nervio óptico y lesión permanente de la visión. En este padecimiento debe suspenderse por completo el uso del tabaco, basándose en el hecho aceptado de que la ambliopía se debe en este caso a un espasmo de los vasos retinianos producido por el tabaco, se ha recomendado el tratamiento por vasodilatadores.

Tambien se han estudiado los efectos que tiene el tabaco y el humo en el organismo humano en general (25).

Se han hecho estudio en los que se analizó el promedio de vida tanto de hombres y mujeres, ya sea que hayan usado el tabaco en forma regular o no durante el 90% de su vida. Algunos autores como Millet (1957) llegaron a la conclusión de que la inhala-
ción del humo del cigarro acorta el período de vida, provocando padecimientos que precipiten la muerte. Pezrl(1938) concluyó que el consumo de tabaco tenía una asociación estadística con un de-
censo de la duración de la vida y el valor o grado de este decre-
mento iba aumentando conforme aumentaba la cantidad de tabaco fu-
mado. Otros autores opinan que la relación con el acortamiento de
la vida de los fumadores, no solo es debido a los efectos produci-
dos por el tabaco, sino tambien a otros factores tales como una
forma antihigiénica de vivir y hábitos de alcoholismo.

Se ha propuesto tambien la posibilidad de que el tabaco usa-
do en forma moderada no acorta el lapso de vida, explicando que
tal vez en ciertos casos la narcotización con tabaco pueda prolongar
la vida ya que quizás algunos defectos o padecimientos se en-
cubran y reduzca algunos de los síntomas de las enfermedades ya
existentes. Esta hipótesis no ha sido muy aprobada, sin embargo
es importante mencionarla.

El efecto que tiene el tabaco sobre la reproducción tampoco

ha sido perfectamente bien aclarado; sin embargo se cree que exista una degeneración progresiva de las generaciones futuras debidas al abuso del tabaco. Tambien se piensa que el uso del tabaco durante el embarazo trae consigo niños con alteraciones del sistema nervioso, pero sin efectos exteriores, y si sobreviene una debilidad constitucional.

Se propuso que la nicotina no tiene un efecto enticonceptivo.

El peso de los productos de mujeres embarazadas fumadoras es en promedio 170 g menor que el peso de los productos de las mujeres no fumadoras. Se postuló que el tabaco restringe el crecimiento del feto, tal vez debido a que disminuye la circulación placentaria y por lo tanto limita el suplemento de nutrientes al feto.

En cuanto a la eficiencia mental se ha observado que los fumadores tienen un record de educación más bajo que los no fumadores. Clarke (1909) generalizó diciéndo que el que no fuma era mentalmente superior, pero tampoco aseguró que fuera la única causa. Respecto a este punto no se han puesto de acuerdo ya que algunos autores afirman que el tabaco no ejerce ninguna influencia sobre la inteligencia, mientras que otros afirman que posee un efecto dañino cuando el uso es exagerado y por un tiempo prolongado.

En lo que toca a la eficiencia física se dice que el tabaco aumenta la velocidad de reacción pero los fumadores presentan una menor resistencia al trabajo físico.

Se dice que los grandes fumadores tienden a perder peso tal vez derivado de la pérdida del apetito. Los no fumadores se ha establecido son un 20% más altos que los fumadores; no obstante no se ha encontrado en todos los casos.

4.2 Daño Producido por el Cadmio en el Tabaco

Tomando en consideración todos los datos expuestos en los capítulos anteriores, es necesario mencionar otros trabajos realizados surgidos a raíz del contenido de cadmio en el tabaco del cigarro, y el daño posible que este pueda causar.

Lewis había demostrado ya una asociación entre la contidad de cadmio en los pulmones, hígado y riñones, y el número de cigarros fumados.

Shauman (26) empleó material de autopsia de 106 hombres blancos entre los 16 y 91 años de edad, escogiendo preferentemente a aquellos que habían muerto a causa de padecimientos cardiovasculares. Tanto los pulmones como riñones e hígado fueron pesados. Se trabajó con una fracción de 2 a 4 g del órgano de apariencia más o menos normal los cuáles, posteriormente fueron congelados e incinerados. Las cenizas se concentraron en una solución 1:10 para así ser cuantificada la cantidad de cadmio presente en estos especímenes, por espectrofotometría de absorción atómica, basando los cálculos en curvas de calibración preparadas previamente al análisis.

Fueron recopilados datos acerca de la edad, raza, sexo, lugar de residencia, hábito de fumar, grado de exposición ocupacional al tabaco, etc; gracias a cuestionarios que fueron enviados a sus familiares y datos obtenidos del hospital.

Solo se trabajó con los órganos que procedían de individuos que fumaban cigarro, debido a que el contenido de este metal en puros y tabaco para pipas no ha sido completamente determinado.

La clasificación hecha según las encuestas fue en función del hábito del cigarro considerando 5 años antes de su muerte, de acuerdo al número de cigarros ó paquetes fumados diariamente:

- 1.- No fumadores
- 2.- Fumadores de menos de un paquete
- 3.- Fumadores de un paquete

4.- Fumadores de un paquete y medio

5.- Fumadores de 2 o más paquetes

En el caso de que se fumara pipa o puro en combinación con el cigarro, solo se consideró el número de cigarros fumados; si solo se fumó pipa o puro se clasificó dentro de la 2a. categoría. Los exfumadoresse consideraron como no fumadores.

Los resultados obtenidos en cuanto a la concentración de cadmio en los órganos se multiplicarón por los pesos de los diferentes órganos y fueron sumados los tres valores (riñón + hígado + pulmón). Eso puede apreciarse en la figura 4.1.

El valor geométrico estimado para los no fumadores ($9.6 \text{ mg} \pm 1.1 \text{ mg}$). El coeficiente de relación entre el nivel de los 3 órganos juntos y el hábito de fumar es de 0.56. En la tabla se numeran estos índices.

Tabla 4.1 Correlación entre varios índices de los niveles de cadmio con el hábito de fumar (26)

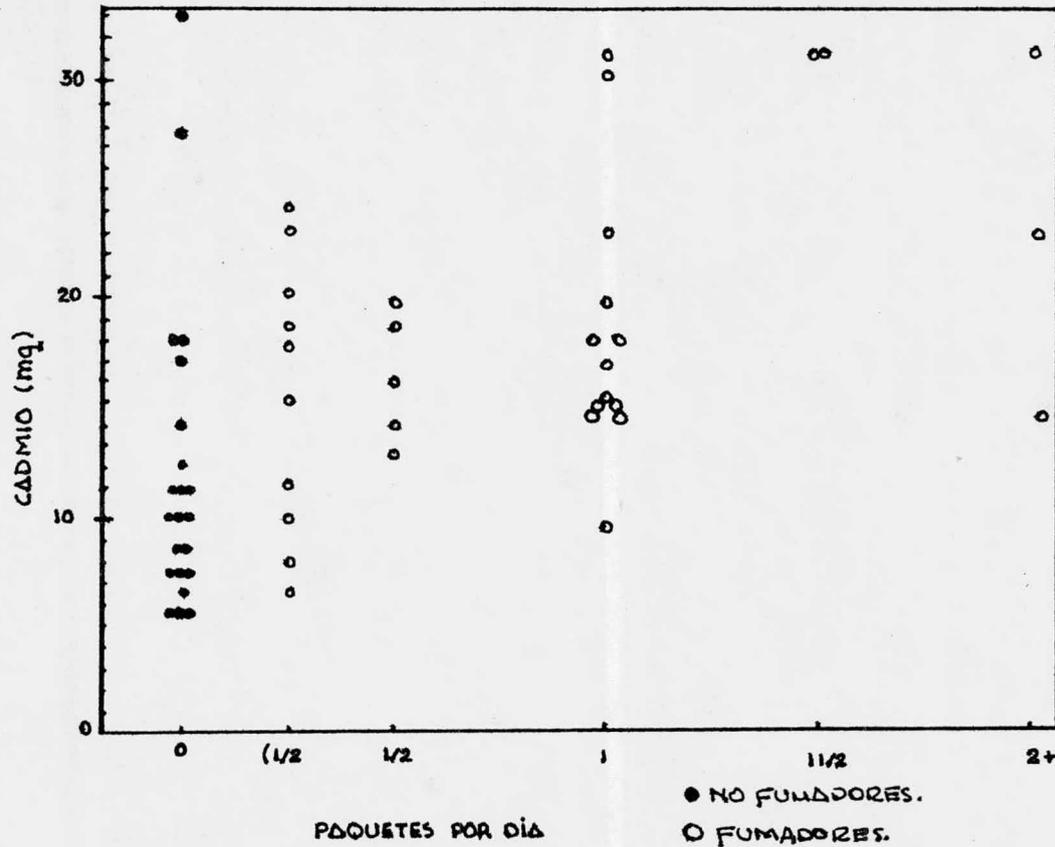
Organo	Coeficiente de correlación con el hábito de fumar
Pulmón	0.26
Hígado	0.26
Riñón	0.63

De acuerdo a la tabla anterior se puede deducir que el cadmio tiene una mayor afinidad por el riñón que por los otros órganos.

La edad, sexo y raza no alteró de ninguna manera la relación entre la acumulación del catión y el hábito del cigarro. Tampoco hubo diferencias significativas con las personas que además estuvieron expuestas ocupacionalmente al cadmio, como se expresa en la tabla 4.2.

Después de estas observaciones se concluyó que el cigarro e-

ACUMULACIÓN DEL CADMIO EN RELACIÓN CON LA CANTIDAD DE CIGARROS, FUMADOS.



PAQUETES POR DÍA

FIGURA 4.1 (26)

FIGURA 4.1 (26)

ra la fuente principal de acumulación de cadmio en el hombre. Esto es de gran interés ya que dicha asociación puede ser útil para establecer a nivel de una determinada población la patogenicidad probablemente debida al cadmio. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Lewis en 1972 en cuanto a la existencia de la relación entre los niveles corporales de cadmio y el número de cigarrillos fumados.

Tabla 4.2 Valores geométricos de la acumulación de cadmio (en mg) por el hábito de fumar y por la exposición al humo irritante, polvo o vapores en material de autopsia (26)

Exposición a vapores, polvo y humo irritantes	no fumadores	fumadores
No	8.7	15.2
Si	11.6	18.8

En Dinamarca en 1976 K. Østergaard (27) desempeñó un estudio acerca de la concentración del cadmio en el tejido renal tanto de fumadores como de no fumadores.

El material de autopsia que se escogió perteneció a 61 pacientes entre 45 y 65 años con hábitos de fumar definidos. Se pesó entre 1 y 2 g de tejido conteniendo médula y corteza renal. Estos especímenes se congelaron y posteriormente se incineraron. Las cenizas se disolvieron en ácido nítrico y estas soluciones fueron analizadas en el espectrofotómetro de absorción atómica empleando cloruro de cadmio como solución estándar.

Los resultados que se obtuvieron en este experimento están resumizados en la tabla 4.3.

La concentración de cadmio de los no fumadores fué de $1106 \mu\text{g}$ en promedio por gramo de cenizas, en contraste con $2268 \mu\text{g/g}$ encontrado en los riñones de los fumadores. Los fumadores se clasificaron en 3 grupos:

Tabla 4.3 Relación entre la edad y sexo con la acumulación del cadmio en los sujetos investigados (27)

	Edad (años)	Concentración de cadmio en el riñón ($\mu\text{g/g cen.}$)			
		Promedio	Valores geométricos		
			Todos	Normotensos	Hipertensos
No fumadores	60.6	1 106	953	1 269	747
hombres	62.5				
mujeres	58.4				
Fumadores	57.7	2 268	1 920		
hombres	57.5				
mujeres	59.0				
Fumadores de puro y pipa	58.2	1 817	1 494		
< 20 cig/día	57.9	2 415	2 242	2 885	1 643
> 20 cig/día	56.8	2 778	2 310		

- 1.- Fumadores de pipa y puro
- 2.- Fumadores de menos de 20 cigarros al día
- 3.- Fumadores de más de 20 cigarros al día

Haciendo una comparación entre estos grupos se aprecia una gran diferencia entre los no fumadores y los que fuman menos de 20 cigarros diarios, mientras que los valores de los fumadores de pipa y puro no difieren notablemente de los que fumaban menos de 20 cigarros al día.

De estos y otras observaciones reportadas se cree que la presión de un individuo esta relacionada con la presencia de cadmio en el riñón. Como se ve en la tabla 4.3 la concentración de cadmio en los riñones de los fumadores es más del doble que la de los no fumadores ya sean normo o hipertensos. Estos datos tambien concuerdan con los resultados que Lewis obtuvo en 1972, y los reportados por otros autores ya antes mencionados en el capítulo anterior en cuanto al contenido de cadmio en el tabaco.

No es fácil evaluar que tanto daño causará a la salud de los fumadores esta absorción extra de cadmio ya que la lesión se mani-

festará hasta que la concentración se aproxime a los 12 000 $\mu\text{g/g}$ de cenizas, siendo este un valor difícil de adquirir, si la única fuente de absorción de cadmio es el uso del tabaco.

Por las mismas fechas que Østergaard, Zielhuis, Stuick & Herber (28) realizaron otro estudio acerca de la relación entre los hábitos del cigarro y los niveles de cadmio en sangre de mujeres urbanas entre los 20 y 50 años.

No existen datos suficientes en la literatura sobre el cadmio sanguíneo y mucho menos de la relación que pudiera existir con el tabaquismo.

Los hábitos de fumar se clasificaron de la siguiente manera:

- 1.- No fumadoras
- 2.- Fumadoras entre 1 y 9 cigarros/día
- 3.- Fumadoras de 10 o más cigarros/día

Las muestras de sangre obtenidas en ayunas y por punción venosa, se analizaron empleando un micrométodo de absorción atómica sin flama. Las concentraciones de cadmio estan expresadas en sangre total (10 ppb \sim 1 $\mu\text{g}/100$ ml.).

Según los resultados obtenidos el valor más alto de cadmio corresponde a 4.4 ppb. (tabla 4.4)

Tabla 4.4 Niveles de cadmio sanguíneos en relación a los hábitos del cigarro (media geométrica en ppb) (28).

	no fumadoras	1-9 cig/día	> 10 cig/día
Cadmio	0.41	0.62	0.70

En la tercera categoría de clasificación, el valor geométrico del cadmio en sangre es un 70% mayor que en las no fumadoras.

Como ya se ha mencionado, existen muy pocos datos acerca de los niveles sanguíneos de cadmio en mujeres que no estan expuestas al metal por causa de su profesión. En la tabla 4.5 se mues-

tran algunos tomados de diferentes artículos habiendo empleado la espectrofotometría de absorción atómica.

Tabla 4.5 Niveles de cadmio en sangre en mujeres adultas, por el método de espectrofotometría de absorción atómica(28)

País	edad (años)	cadmio en sangre (ppb)	fumadora	referencia
Bélgica	30 \pm 2	12.0 \pm 4	si	32
	28 \pm 2	7.8 \pm 2	no	
Reino Unido	adultas	24.4 \pm 1.9	si	33
	adultas	19.7 \pm 1.9	no	
Suecia	20 a 55	2.0	si	34
	20 a 55	0.5	no	
Holanda (presente estudio)	20 a 50	0.70	10 cig/día	28
	20 a 50	0.62	1-9 cig/día	
	20 a 50	0.41	no	

Los datos en esta tabla difieren bastante de los obtenidos en este estudio tal vez debido a diferencias en la técnica, solo los valores encontrados en Suecia son más o menos semejantes. También puede ser consecuencia de que no todos los laboratorios han desarrollado las técnicas apropiadas para cuantificar los niveles de cadmio sanguíneos.

Sin embargo los valores de cadmio en fumadores son siempre más altos que los reportados para los no fumadores. Es notable como los niveles de cadmio se van haciendo mayores en proporción directa al número de cigarrillos fumados por día.

Lewis, Jusko & Coughlin (29) llevaron a cabo otro estudio acerca de la acumulación del cadmio en el hombre, considerando la influencia del tabaco, el alcoholismo y el tipo de enfermedades que padecieron.

Las muestras (0.5 g corteza renal, 2.0 g hígado y 4.0 g de pulmón), fueron secadas y disueltas en ácido nítrico. La solu-

ción ácida se sometió a reflujo y destilada, ajustándose el pH a 2.8-2.9 con hidróxido de sodio, se agregó agua para obtener un volumen determinado. El cadmio fue determinado en espectrofotómetro de absorción atómica a partir de estas soluciones ácidas.

Se llevó un récord de estadísticas vitales y su historia clínica, determinándose el peso del órgano y del cuerpo del paciente, así como la estatura, edad, sexo, raza, presión sanguínea, superficie corporal, etc.

La población fue dividida en diferentes categorías según el tipo de tabaco que era fumado:

- 1.- No fumadores (NF)
- 2.- Fumadores de puro o pipa (P)
- 3.- Fumadores cigarro (C)
- 4.- Exfumadores (E) que dejaron el cigarro entre uno y 40 años antes de ocurrir la muerte.

Los fumadores (C) además fueron subdivididos en función del número de paquetes fumados:

- a) Fumadores de menos de un paquete diario
- b) Fumadores de 1-2 paquetes diarios
- c) Fumadores de 2 o más paquetes diarios

También se clasificó a los pacientes según el grado de alcoholismo:

- 1.- No alcohólicos
- 2.- Consumidores de menos de 1 o 2 cocteles o de 2 a 3 cervezas/día
- 3.- Consumidores de menos de 4 cocteles o 5 cervezas al día
- 4.- Consumidores de más de 5 cocteles o más de 6 cervezas diarias
- 5.- Consumidores de mas de 5 coc eles o de 6 cervezas/día

Según el diagnóstico obtenido en las necrópsias también se establecieron diferentes ramas:

- 1.- Bronquitis crónica y/o enfisema
- 2.- Carcinoma de bronquios o de pulmones
- 3.- Hipertensión arterial

Estas fueron seleccionadas ya que es bien conocida la asociación entre la acumulación del cadmio y dichos padecimientos.

En la tabla 5.6 se tabularon los resultados obtenidos y su relación con el cigarro.

Tabla 4.6 Concentración de Cadmio en tejido ($\mu\text{g/g}$)(29)

Categoría del fumador	Valores Promedio		
	Riñón	Hígado	Pulmón
NF			
Hombres	13.2 \pm 2.33	1.06 \pm 0.11	0.30 \pm 0.05
mujeres	18.0 \pm 2.83	2.06 \pm 0.29	0.41 \pm 0-10
C			
<1 paquete/día	24.3 \pm 3.00	1.79 \pm 0.32	0.51 \pm 0.11
<1 paq. >2/día	32.5 \pm 2.49	2.02 \pm 0.17	0.59 \pm 0.04
>2 paquetes/día	30.9 \pm 2.38	2.16 \pm 0.22	0.52 \pm 0.04
E	21.6 \pm 2.49	1.69 \pm 0.18	0.70 \pm 0.13
P	16.4 \pm 2.23	1.33 \pm 0.25	0.42 \pm 0.06

La concentración de cadmio/g de tejido no es la mejor forma para expresar la acumulación del cadmio en el órgano, debido a que no se está considerando la variación del volumen de distribución del metal, que depende del tamaño del órgano. Por lo tanto se estimó conveniente calcular el total de cadmio acumulado por cada órgano.

Los valores medios del total de cadmio contenido en los órganos de todos los pacientes está resumido en la tabla 4.7.

Tabla 4.7 Concentración media de cadmio en riñón, hígado y pulmón(29)

Organo	Cadmio en mg
riñón	9.06 \pm 0.50
hígado	2.92 \pm 0.14
pulmón	0.73 \pm 0.46

En la figura 4.2 se muestra la distribución de estos valores según la categoría de fumadores. Se puede apreciar que los fumadores tienen mayor cantidad de cadmio acumulado en los órganos que los no fumadores, sobre todo en los riñones.

En la figura 4.3 observamos un análisis similar relacionado con el grado de alcoholismo. Es evidente que el uso del tabaco influye de manera más drástica en la acumulación de cadmio orgánico que el alcoholismo.

Los datos demuestran que un adulto no fumador de un promedio de 60 años tiene un nivel corporal de cadmio de 13 mg aproximadamente; los fumadores llegan a tener niveles hasta de 440 mg. Esta diferencia sugiere el hecho de que más de la mitad del cadmio encontrado en los fumadores se deriva del uso del tabaco.

El cigarro como ya se sabe, contiene cantidades apreciables de cadmio (más de $1 \mu\text{g/g}$ cigarro), se cree que por su punto de ebullición (767°C) tan bajo en relación con otros metales, se evapora parte del cadmio que haya en el tabaco al ser quemado y pase a formar parte del humo en un 70% aproximadamente. Se ha sugerido que puede absorberse de 0.75 hasta $3.0 \mu\text{g}$ de cadmio por cada paquete fumado (0.3-1.1 mg/añualmente).

La bronquítis, enfisema, cáncer de los bronquios o de los pulmones e hipertensión arterial están asociados con niveles altos de cadmio en el riñón e hígado. Se sabe que un envenenamiento subagudo y crónico por cadmio puede inducir enfisema pulmonar en el hombre.

Tomando como base el nivel corporal de 13 mg (no fumadores) y considerando la mínima contribución del aire contaminado (0.01 mg/año), es posible calcular la cantidad de cadmio que se acumula añualmente; y considerando qué en la dieta se alingiere un promedio de aproximadamente 0.22 mg/año .

En la Universidad de Tokio, Japón Taguchi. T. Suzuki & Takemoto (30) llevaron a cabo un análisis sobre la variación en la

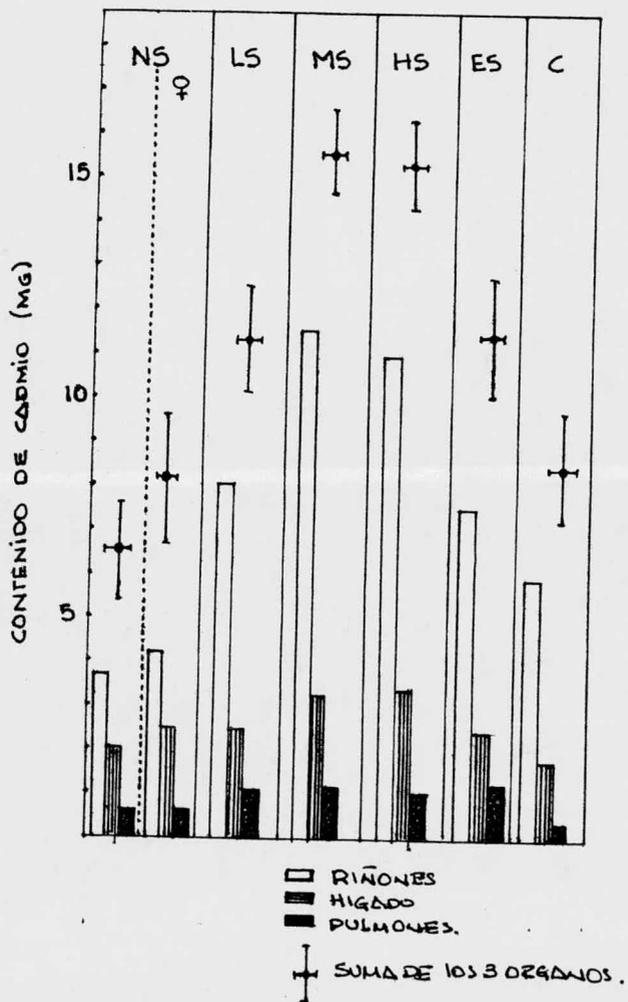


FIGURA A.2 (29)

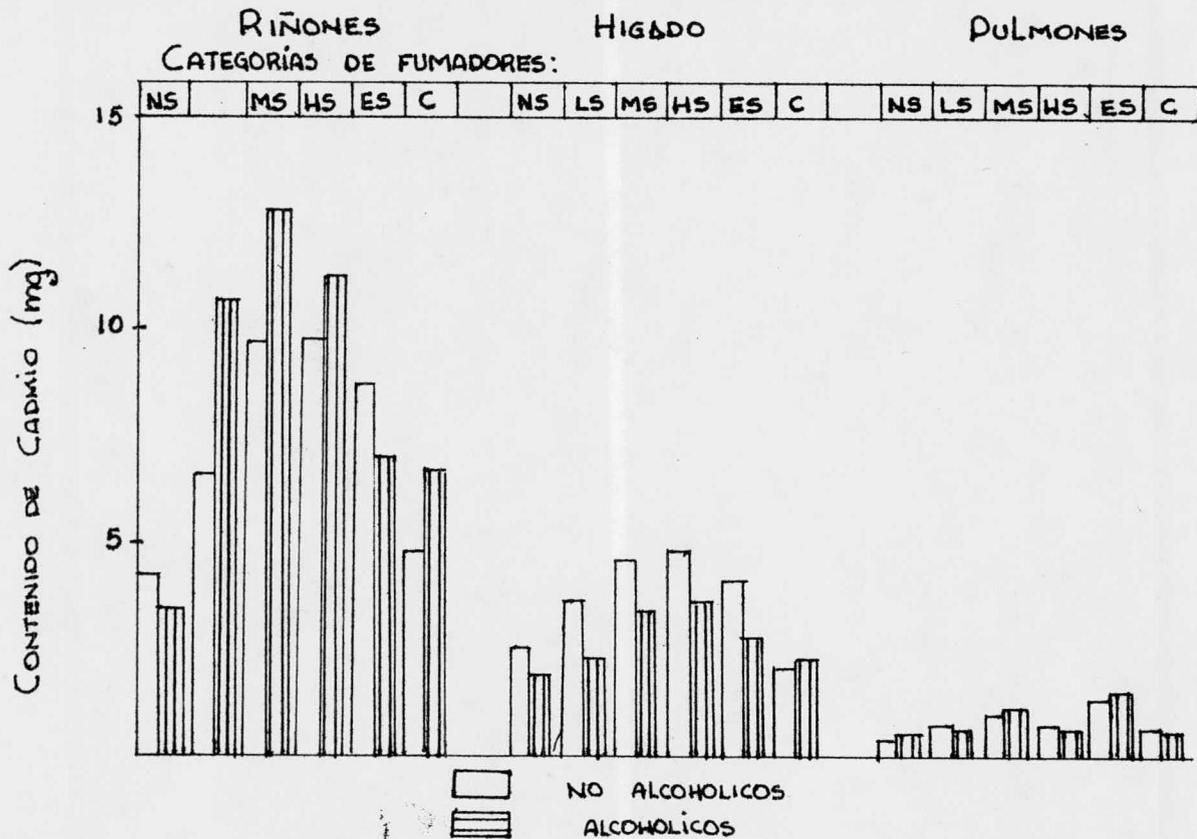


FIGURA 4.3 (29)

excreción urinaria de cadmio en 5 hombres que no tenían contacto ocupacionalmente con este catión.

Se colectó la orina de 24 horas de 5 adultos durante 5 días.

En la tabla 4.8 estan sumarizados los datos de los 5 individuos.

Tabla 4.8 Datos sobre los sujetos examinados (30)

<u>sujeto</u>	<u>edad</u>	<u>alt(cm)</u>	<u>pso(kg)</u>	<u>cig/día</u>
1	33	168	67	0
2	33	163	50	20
3	31	166.5	58	15
4	37	166	62	25
5	27	175	67.5	10

Se midió el volumen de orina remitido y posteriormente cuantificada la cantidad de cadmio por espectrofotometría de absorción atómica despues de haber obtenido las cenizas húmedas de la orina, haciendo una extracción con ditiocarbamato de pirrolidina amónica en en metilisobutilcetona.

La excreción diaria de cadmio se expresó en 2 formas diferentes: cantidad excretada diariamente y cantidad por litro de orina.

En las figuras 4.4 y 4.5 se muestran graficamente las cantidades diarias de volumen de orina y de cadmio en $\mu\text{g}/\text{día}$.

En la figura 4.6 se observa la relación entre el uso del tabaco y la excreción urinaria de cadmio.

Habiendo analizado la disposición de los datos obtenidos en las figuras, se aprecia la existencia de una relación entre el número de cigarros fumados y la excreción de cadmio. Ya ha sido confirmado por varios autores, la presencia de cadmio en el tabaco (1-1.65 $\mu\text{g}/\text{cigarro}$); y esto aunado a la cantidad de cadmio ingerido en la dieta constituyen una fuente importante para la acumulación del cadmio en el hombre. La cantidad de cadmio excretado diariamente por unidad de peso corporal es directamente proporcional al número de cigarros fumados cada día.

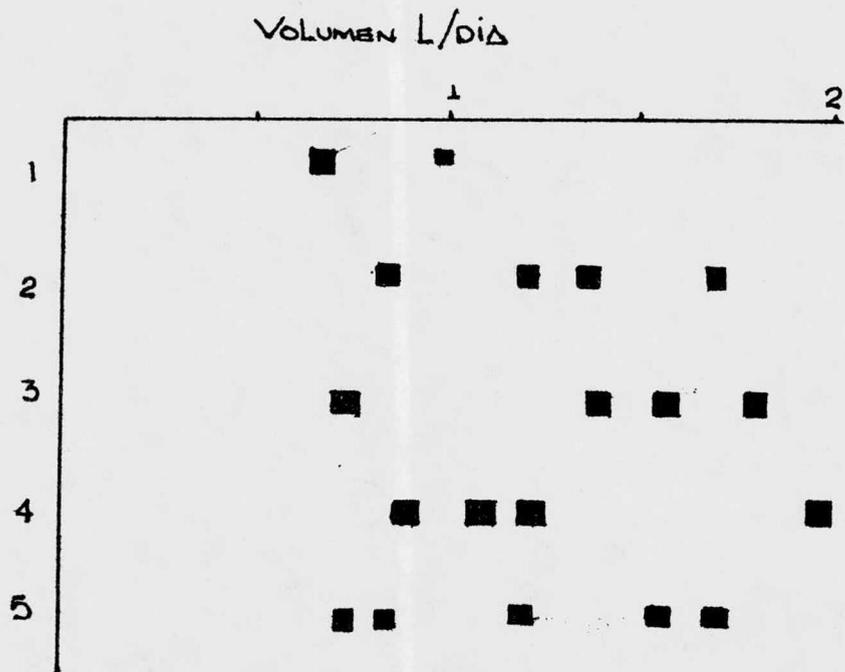


FIGURA 4.4 (30)

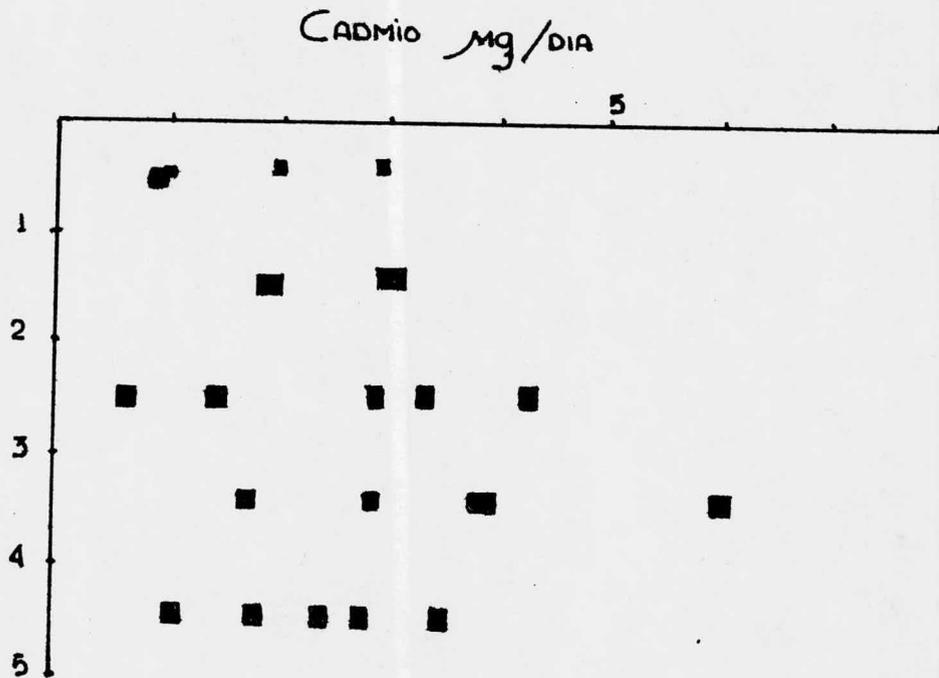


FIGURA 4.5 (30)

CADMIO

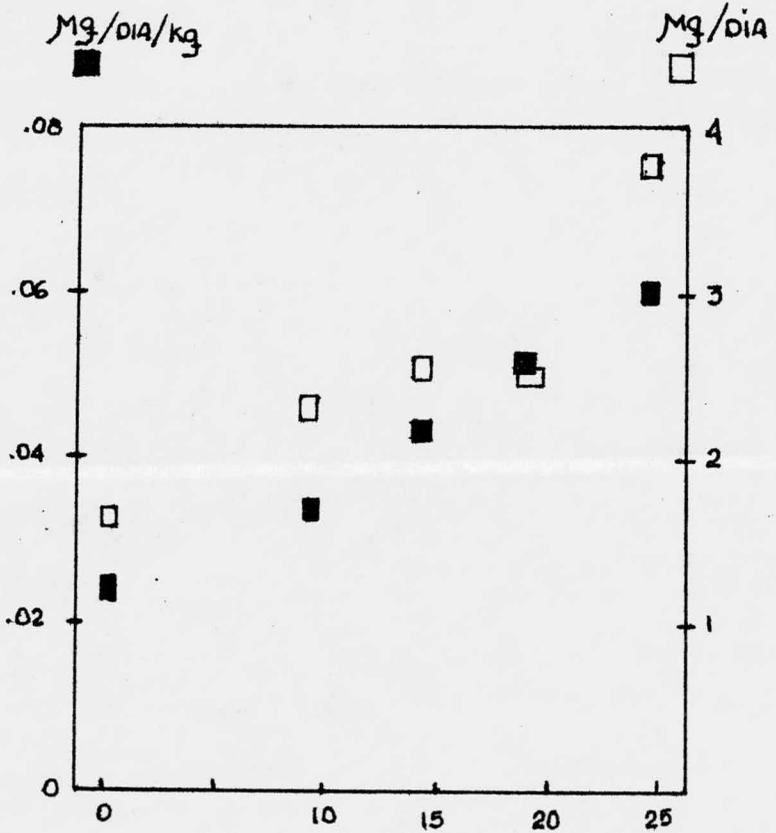


FIGURA 4.6(30)

5 COMENTARIO Y CONSIDERACIONES FINALES

Al cabo de analizar la gran variedad de usos que tiene el cadmio, es evidente el hecho de que sea un gran contaminante del medio ambiente y por lo tanto de los seres vivos.

La introducción del cadmio en el hombre puede ser por ingestión (en los alimentos) o por inhalación (aire contaminado); aquí es donde tiene un papel muy importante el uso del tabaco.

Cuando el cadmio penetra al organismo humano se desencadena una patología que puede ser aguda o crónica. La intoxicación aguda generalmente se presenta debido a la ingestión de una alta concentración de cadmio (Itai-Itai), y la crónica se produce cuando el cadmio ha sido ingerido o inhalado en forma paulatina y en menores dosis, como es el caso del tabaco.

No existe una terapia específica en contra del cadmio que esta produciendo una intoxicación. Lo que se acostumbra hacer en estas situaciones es aplicar una terapia sintomática y evitar el volver a tener contacto con el metal. No hay antídoto.

En el caso del tabaco, el cadmio inhalado a través del humo se deposita en los riñones principalmente, y por lo tanto serán estos los órganos más afectados. Para que esta lesión sea manifiesta es necesario fumar en exceso.

Después de hacer una revisión minuciosa de todas las cifras sobre el contenido de cadmio en el tabaco, que han sido expuestas, en las diferentes tablas se llegó a la conclusión que el cadmio esta presente en todos los productos del tabaco (cigarro, puro y tabaco para pipa) en una concentración que oscila entre 1 y 2 $\mu\text{g/g}$.

Si se observa con cuidado la tabla 3.6, se apreciará el contenido de cadmio en el tabaco de cigarro y el del puro no hay mucha diferencia ya que el cadmio en el cigarro es de $1.90 \pm 0.14 \mu\text{g/cigarro}$ (cigarros de 1.12 g) y en el puro la concentración es de 1.86 $\mu\text{g/g}$. En cambio si se compara con la cantidad que existe en el tabaco que se emplea para la pipa, se encontrará que la diferencia si es

notable ($0.93 \mu\text{g/g}$) que es casi de la mitad de los anteriores. De aquí surge la idea de que el tratamiento que se le dá al tabaco para fabricar el cigarro y el puro sea el causante de que el cadmio este más concentrado en estos que en el tabaco que se destina para la pipa. A partir de esta observación nace la pregunta del ¿porqué el fumar cigarro deja una mayor cantidad de cadmio acumulado en el organismo del fumador que el fumar puro?, esto se puede explicar si se toma en cuenta el hecho de que un fumador de cigarro fuma con mayor frecuencia y con aspiraciones más profundas que un fumador de puro.

En el tabaquismo lo que perjudica al fumador es el humo que se desprende del cigarro, tanto el inhalado como el que permanece libre. La cantidad de cadmio en el humo de cigarro que se inhala es de $0.10 \mu\text{g/cigarro}$ aproximadamente, y el del humo desprendido es de $0.72 \mu\text{g/cigarro}$ que representa un 50% del total de cadmio del cigarro completo; de aquí que sea de gran importancia considerar el cadmio contenido en el humo ya que es una cantidad apreciable que sugiere un riesgo doble para el fumador, quién percibe las dos fracciones del humo, y para cualquier persona vecina a él que igualmente esta aspirando el humo que se desprende libremente del cigarro, pero con aspiraciones menos profundas y con menor frecuencia que el fumador; es por esto que los niveles de cadmio no se elevan en la misma magnitud que en los fumadores.

Es también interesante hacer incapié sobre el cadmio contenido en las hojas de lechuga, que actualmente han sido muy explotadas en cuanto a su uso comercial como sustituto del tabaco, ya que se dice mucho que el tabaco daña a la salud por su contenido tan alto en nicotina; sin embargo no se considera el hecho de que el tabaco no esta constituido únicamente de nicotina y que existen otros componentes que igualmente perjudican a la salud como lo es el caso del cadmio, que casualmente en las hojas de lechuga se encuentra en mayor concentración que en el tabaco, aunque en el contenido en nicotina

si sea menor. Esto se puede hacer extensible a cualquier vegetal que se fume la hoja seca.

En los análisis realizados sobre el material de autopsia, se encontró siempre un mayor contenido de cadmio en los órganos de los fumadores que en los de los no fumadores, lo que confirma la creencia de que el cigarro incrementa en forma considerable la cantidad de cadmio acumulado en el organismo del fumador.

Aunque existen algunas discrepancias en las observaciones que señalan los autores sobre los resultados que obtuvieron en sus trabajos, estas se deben a diferencias de criterio, como lo es el caso puntualizado por K. Østergaard en el que dice: "el daño causado por el cadmio contenido en el tabaco, será manifiesto siempre y cuando se alcance la cantidad de 12 000 μg del catión/g de cenizas, la cuál es una concentración difícil de adquirir si la única fuente de absorción es el uso del tabaco"; sin embargo dentro de la bibliografía revisada para este contexto, no se encontró otro autor que tuviera la misma opinión apoyando la de Østergaard, ya que tanto la cantidad como la definición expresadas por ella, fueron aparentemente establecidas según su criterio. En cambio la mayoría de los autores, cuyos trabajos fueron expuestos, concuerdan en los resultados obtenidos y en sus conclusiones, y algunos llegan a basarse en los resultados logrados por otros para continuar su investigación.

También se confirmó la relación existente entre ciertos padecimientos como bronquitis, enfisema, cáncer de bronquios o de pulmón e hipertensión arterial, y niveles elevados de cadmio en riñón e hígado, teniendo en cuenta que la principal fuente de absorción del metal es el uso excesivo del cigarro.

No hay duda de que el cadmio contenido en el tabaco produce daño, en algunos casos graves, en los individuos que acostumbran fumar en exceso.

Después de haber estudiado detenidamente el problema del cadmio en el tabaco y los daños que se cree son consecuencia de lo mismo, es realmente difícil de creerse el alto número de fumadores que existen a pesar de tener conocimiento del enorme daño que el vicio les causa.

El problema de contaminación a que actualmente se enfrenta el hombre es de considerarse, y si a eso se le suma la contaminación que el fumar representa sobre todo en determinadas situaciones, donde el aire que ~~cierta cantidad de personas~~ esta respirando, esta sumamente viciado; conteniendo altas concentraciones de todos los componentes del tabaco, entre ellos el cadmio y la nicotina, los cuáles son los más perjudiciales para la salud no sólo para el fumador sino para cualquier persona que se encuentre a su alrededor. Ante esta problemática se antepone la propaganda que se hace para fomentar el uso del cigarro, para propiciar su venta, a costa de incrementar la contaminación tanto individual como social, pero logrando aumentar las ganancias de las compañías que fabrican los cigarros y otros derivados del tabaco.

Las autoridades, quiénes podrían controlar su venta y evitar la contaminación que este produce, lo único que han hecho es anunciar que el producto puede ser nocivo para la salud. Si ~~ni siquiera se atre-~~ ven a afirmar un hecho que científicamente ya está comprobado, es de esperarse que no exista ningún otro obstáculo que impida su producción, entonces corresponde al fumador tener en cuenta lo que su "placer" representa y asumir la responsabilidad del enorme daño que a sus semejantes les esta causando.

Bibliograffa.-

- (1) Sneed M. Cannon & Brasted Robert C.
Comprehensive Inorganic Chemistry
Volume IV
Zinc, Cadmium and Mercury; Scandium Yttrium and the Lanthanide Series
Thomas D.O'Brien and the Editors
D.Van Nostrom Co. Inc.
1955

- (2) Mellor J.W.
A Comprehensive Treatise on Inorganic & Theoretical Chemistry
Volume IV
Ra & Ac families; Be, Mg, Zn, Cd and Hg.
Longmans Green & Co.
9th. Impression
1957

- (3) Casarett Louis. J. & Doull John
Toxicology: The Basic Science of Poisons
Macmillan Publishing Co., Inc.
1975

- (4) Miller G.J., Wylie M.J., and McKeown D.
Cadmium Exposure and Renal Accumulation In An Australian Urban Population.
Med. J.Aust.
January 3/10, 1976, 1: 20-23

- (5) Von Oettingen, M.D. Ph.D.

A Guide to Clinical Diagnosis And Treatment.

2d. edition

W.B. Saunders Company

1958

- (6) Snider G.L., Hayes J.A., Korthy A.L. and Lewis G.P.

Centrilobular Emphysema Experimentally Induced By Cadmium Chloride Aerosol.

American Review Of Respiratory Disease,

Volume 108

1973

- (7) Meerkin M. et. al.

Chronic Cadmium Poisoning.

Med. J. Aust.

January 3/10, 1976, 1:23-24

- (8) Webb M.

Cadmium

Br. Med. Bull.

31(3):246-50

Sep 75 (41 ref)

- (9) Lewis G.P., Lyle H., Miller S.

Association Between Elevated Hepatic Water-Soluble Protein-Bound Cadmium Levels And Chronic Bronchitis And/Or Emphysema
The Lancet

December 20, 1969 1330-33

- 10) Lawrence T. Fairhall
Industrial Toxicology
The Williams & Wikins Company
2d. edition
1957
- 11) W.F. Von Oettingen
Poisoning: A Guide to Clinical Diagnosis and Treatment
W.B. Saunders Company
2d. edition
1958
- 12) Vincet J. Brookes & Morris B. Jacobs
Poisons: Properties, chemical; identification, symptoms and
immunology treatment
D.Van Nostrand Company Inc.
2d. edition
1958
- 13) Jay M. Arena
Chemist, Symptoms and Treatment
Charles c. Thomas Publisher
1963
- 14) Elkins Hervey B.
The Chemistry of Industrial Toxicology
John Wiley & Sons, Inc.
2d. edition
- 15) Delage C. N. Oudart et C. Guichard
Détermination du cadmium par spectrophotométrie d'absorption
atomique, en vue de concrétisations toxicologiques: dosage dans

les aliments et le tabac
Annales pharmaceutiques française
34 no. 7-8 (315-322)
1976

- 16) Westcott D.T. & Spincer D.
The Cadmium, Nickel and Lead Content of Tobacco and Cigarette
Smoke
Beiträge zur Tabakforschung
Band 7 Heft 4 (217-221)
April 1974
- 17) Menden E.E., Elia Victor J., Michael L.W. and Petring H.
Distribution of Cadmium and Nickel of Tobacco During Cigarette
Smoking
Environmental Science and Technology
Volume 6 Number 9 (830-832)
September 1972
- 18) Unterhalt B. und Pindur U.
Kurze Originalmitteilung
Zum Cadmiumgehalt von Tabak
Eingegangen am 22 (99-100)
September 1972
- 19) Einbrodt H.J., Rosmanith J. und D. Prajsnar
Der Cadmiumgehalt im Blut und Rauchgewohnheiten
Eingegangen am 7 (148)
Januar 1976
- 20) Franzke C. Ruick G. und Schmidt M.
Untersuchungen zum Schwermetallgehalt von Tabakwaren und

Tabakrauch

Die Nahrung 21 No 5 (417-428)

1977

21) Windemann H. und Müller U.

Die Bestimmung von Cadmium in Tabak mittels Atomabsorptions-
spectophotometrie

Mitt.Gebiete Lebesm. Hyg 66 (64-73)

1975

22) Nandi M, Slone D., Jick H., Shapiro S. & Lewis G.

Cadmium Content of Cigaretts

The Lancet (1329-1330)

December, 1969

23) Elia J. Victor, Mend E.E., & Petering H.G.

Cadmium and Nickel- Common Characteristics of Lettuce Leaf
and Tobacco Cigarette-Smoke

Environmental Letters 4(4) (317-324)

1973

24) Goodman L.S. & Gilman A.

Bases Farmacológicas de la Terapéutica

Editorial Interamericana

4a. edición

1970

25) Larson P.S., Haag H.B. & Silvette H.

Tobacco: Experimental and Clinical Studies

The Williams & Wilkins Company

1961

- 26) Shuman M., Vors W.A., & Gallagher P.N.
Contribution of Cigarette Smoking to Cadmium Accumulation
in Man
Bulletin of Environmental Contamination & Toxicology
Vol 12 No 5 (570-576)
1974
- 27) Østergaard Karen
The Concentration of Cadmium in Renal Tissue from Smokers and
Non-Smokers
Acta. Med. Scand. 202: 193-195
1977
- 28) Zielhuis R.L., Stuik E.J., Herber R.F.
Smoking Habits and Levels of Lead and Cadmium in Blood in Urban
Women
Inst. Arch. Occup. Environ. Hlth 39 (53-58)
1977
- 29) Lewis G., Jusko W. & Coughlin L.
Cadmium Accumulation in Man: Influence of Smoking, Occupation,
Alcoholic Habit and Disease
J. Chron. Dis. Vol. 25 (717-726)
1972
- 30) Taguchi T., Suzuki T., Suzuki S. & Takemoto
Variation in Daily Urinary Excretion of Lead, Cadmium, Delta-
Aminolevulinic Acid and Coproporphyrin in Five Men without O-
ccupational Exposure to Metals
Ind. Health Vol 10 (77-83)
1972

31) Saltzman, B.E.

Analyt. Chem 25, 493

1953

(tomado de la ref. 22)



32) Lauwerys, R., Buchet, J.P., Roels H.

Dosage du Cadmium et du Plomb dans le sang et les Urines par Spectrophotométrie d'absorption atomique précédée d'une chromatographie sur résine échangeuse d'ions.

Proc. Intern. Symp.

Luxembourg, 1973

(tomado de la referencia 28)

33) Willden, E.G.:

Urinary and Whole Blood Cadmium Concentrations in Renal Disease

Ann. Clin. Biochem. 10, 107

1973

(tomado de la referencia 28)

34) Ulander, A., Axelson, O.

Mesurement of Blood-Cadmium Levels

Letter to the editor. Lancet I, 682

1974

(tomada de la referencia 28)

35) Millet 1957, Pearl 1938 y Clarke 1909 se encuentran en la bibliografía de la referencia 25.