



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

INSTITUTO DE CIENCIAS

POSGRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES



"La tierra no es de nosotros, nosotros somos de la tierra"

**PRESENCIA DE CROMO, CADMIO Y PLOMO
EN TERCEROS MOLARES, CABELLO Y SANGRE
DE PERSONAS SANAS**

TESIS

Que para obtener el grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS AMBIENTALES

Presenta

ROSA ELENA DÍAZ MARTÍNEZ

Asesor de tesis:
Dr. Jorge Antonio Yáñez Flores

Diciembre 2014



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

INSTITUTO DE CIENCIAS

POSGRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES



"La tierra no es de nosotros, nosotros somos de la tierra"

**PRESENCIA DE CROMO, CADMIO Y PLOMO
EN TERCEROS MOLARES, CABELLO Y SANGRE
DE PERSONAS SANAS**

TESIS

Que para obtener el grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS AMBIENTALES

Presenta

ROSA ELENA DÍAZ MARTÍNEZ

Comité tutorial:

Asesor y Tutor	Dr. Jorge Antonio Yáñez Santos
Coasesor de Tesis	Dra. María Lilia Cedillo Ramírez
Integrante de Comité Tutorial	Dra. Elsa Iracena Castañeda Roldán
Integrante de Comité Tutorial	Dr. José Antonio Munive Hernández

Diciembre 2014



BUAP

M.C. ROSA ELENA DÍAZ MARTÍNEZ

Por este conducto me permito comunicarle que los miembros del jurado integrado por:

Dra. María del Consuelo Flores Yáñez

Dra. María Lilia Cedillo Ramírez

Dra. Sonia Emilia Silva Gómez

Dra. Fabiola Avelino Flores

Dr. Jesús Armando Ruiz Careaga

Dra. Edith Chávez Bravo

Dra. Elsa Iracena Castañeda Roldán

Presidente

Secretario

1er. Vocal

2do. Vocal

3er. Vocal

1er. Suplente

2do. Suplente

designado para la defensa de su tesis ***“Presencia de cromo, cadmio y plomo en terceros molares, cabello y sangre de personas sanas”***, han manifestado mediante su voto que ésta cumple con los méritos suficientes para ser defendida como tesis de grado de Doctorado en Ciencias Ambientales, por lo que este Posgrado le autoriza la impresión de la misma.

Sin otro asunto en lo particular, quedo de usted.

ATENTAMENTE

“PENSAR BIEN, PARA VIVIR MEJOR”

H. PUEBLA DE Z., DICIEMBRE 11 DE 2014

DR. J SANTOS HERNÁNDEZ ZEPEDA

COORDINADOR



JSHZ/anma
c.c.p. Archivo
c.c.p. Minutario

ÍNDICE

Página

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
<i>1.1 Descripción de la Técnica de Espectrofotometría de absorción atómica</i>	5
2. CONTAMINACIÓN	7
3. METALES PESADOS	12
3.1 Plomo (Pb)	
3.2 Cadmio (Cd)	
3.3 Cromo (Cr)	
4. EFECTOS OCASIONADOS POR LA EXPOSICIÓN	14
5. METALES PESADOS Y SUSCEPTIBILIDAD A LA CARIES DENTAL	15
6. ECOSISTEMAS ORALES	15
7. CARIES	16
7.1 Epidemiología de la Caries	17
8. DIENTE	17
9. SALIVA	18
10. MICROBIOTA ORAL	19
10.1 Streptococcus del grupo mutans	23
10.2 Factores de virulencia	23
11. METALES PESADOS (Pb, Cd y Cr) Y SU RELACIÓN CON LA SALUD	24
12. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	25
13. JUSTIFICACIÓN	26
14. HIPÓTESIS	27
15. OBJETIVOS	28
16. MATERIALES Y MÉTODOS	29
16. 1 Diseño Experimental	29
16.2 Descripción del área de la muestra poblacional	29
16. 3 Obtención de Muestras Biológicas	29
16. 4 Análisis de Muestras Biológicas	32
16.5 Identificación de S. mutans	32
16. 6 Pruebas de Resistencia de S. mutans	33
16.7 Determinación de Metales Pesados Pb, Cr y Cd de muestras de cabello y terceros molares	34
16.8 Procesamiento de Datos	35

ÍNDICE

Página

17. RESULTADOS

17. 1. *Resultados sobre los niveles de plomo, cadmio y cromo en muestras de sangre, cabello y terceros molares de pacientes y estudiantes de la Facultad de Estomatología BUAP (FEBUAP).*

18. DISCUSIÓN

19 CONCLUSIÓN

20. REFERENCIAS

Pagina

ANEXO 1 FICHA OFICIAL (estado de Salud Oral)

ANEXO 2 INTOXICACIÓN POR PLOMO, CADMIO Y CROMO. Normas oficiales Mexicanas

ANEXO 3 FIGURAS

Fig. I Colonias bacterianas (a, b, c, d y e) *Streptococcus mutans* aisladas de muestras de saliva.

Fig II. Resistencia de *Streptococcus mutans* a diferentes concentraciones de Pb, Cr, Cd

Fig. III Presencia de halos de inhibición de *Streptococcus mutans* concentraciones de 40, 50 y 100ppm.

ANEXO 4 Tablas de Resultados.

Tabla 01 Número de unidades formadoras de colonias (UFC/ml) de *S. mutans*, Alumnos FEBUAP.

Tabla 02 Número de unidades formadoras de colonias (UFC/ml) de *S. mutans*, Pacientes FEBUAP

Tabla 03. Nivel de plomo en sangre e Índice de Caries de alumnos FEBUAP.

Tabla 04 Nivel de plomo e Índice de Caries en sangre de Pacientes FEBUAP.

Tabla 05 Niveles de plomo alto e Índice de Caries de alumnos de FEBUAP.

Tabla 05^a. Niveles de plomo bajo e Índice de Caries de alumnos de FEBUAP.

Tabla 06 Niveles de plomo alto e Índice de Caries de alumnos de Pacientes FEBUAP.

Tabla 06^a. Niveles de plomo bajo e Índice de Caries de Pacientes FEBUAP.

RESUMEN

El desarrollo industrial en los últimos siglos y la urbanización acelerada, han incrementado la intoxicación por metales pesados, a un porcentaje alto, cuyas consecuencias clínicas más importantes son daños relacionados con el aprendizaje, coeficiente intelectual (IQ) deficiente y el crecimiento, por muchas razones son de mayor importancia médica (72, 1, 43). Ya que estos metales son depositados no sólo en órganos, sino también en huesos y dientes.

Los metales pesados se han convertido en un tema actual tanto en el campo ambiental como en el de salud pública, debido a que cuando se acumulan en el suelo, agua o forman parte de la dieta de consumo humano, éstos a concentraciones altas se convierten en tóxicos y peligrosos para el hombre. Los daños que causan son tan severos y en ocasiones tan ausentes de síntomas, en particular el causado a la población infantil a estos elementos tóxicos (87).

Existe muy poca información acerca de la detección de contaminantes (a excepción del mercurio) por medio de la saliva; sin embargo, recientemente se le ha dado gran importancia a la relación que existe entre la salud dental y los contaminantes que se encuentran presentes en el ambiente, lo que ha atraído la atención de muchos investigadores, sobre éste problema de preocupación a nivel mundial.

Con base en lo anterior, en éste trabajo se ve la necesidad de realizar la presente investigación considerando que la contaminación ambiental ocasionada por sustancias químicas y de principal interés el causado por el Plomo (Pb), Cadmio (Cd) y Cromo (Cr) representan actualmente riesgos importantes para la salud y al ambiente.

1. INTRODUCCIÓN

Los metales pesados se han convertido en un tema actual tanto en el campo ambiental como en el de salud pública, debido a que cuando se acumulan en el suelo, agua o forman parte de la dieta de consumo humano, éstos a concentraciones altas se convierten en tóxicos y peligrosos para el hombre. Los daños que causan son tan severos y en ocasiones tan ausentes de síntomas, que las autoridades ambientales y de salud de todo el mundo ponen poca atención, en particular de la población infantil a estos elementos tóxicos ⁽¹⁾.

Durante los últimos veinte años se ha incrementado el interés en cuanto al papel biológico que juegan los metales pesados en el organismo humano. El plomo es un metal pesado que, hasta donde se sabe, no cumple ninguna función fisiológica normal en el hombre, se distribuye ampliamente y de forma natural en el ambiente, además de poseer una gran cantidad de usos.

La intoxicación por éste elemento es tan frecuente que desde épocas remotas se han documentado manifestaciones clínicas de envenenamiento o saturnismo. Este padecimiento llegó a ser considerado un importante problema de salud pública, ya que es capaz de provocar alteraciones renales, daño cerebral y muerte súbita entre los afectados, para el cual, durante muchos siglos no fue posible encontrar algún tratamiento correctivo eficaz.

El desarrollo industrial en los últimos siglos y la urbanización acelerada, han incrementado la intoxicación por metales pesados, a un porcentaje alto, cuyas consecuencias clínicas más importantes son daños relacionados con el aprendizaje, coeficiente intelectual (IQ) deficiente y el crecimiento, por muchas razones son los de mayor importancia médica ^(2, 3, 4). Ya que estos metales son depositados no sólo en órganos, sino también en huesos y dientes.

La toxicidad del plomo en el hombre ha desarrollado un amplio campo de debate para muchos investigadores, debido a que los diferentes compuestos de éste

metal ocasionan en el hombre efectos neurotóxicos, además la población infantil y adolescente son los más vulnerables en éste tipo de padecimientos, ^(2, 3, 4).

La exposición a éste metal puede evaluarse midiendo el nivel de plomo en sangre, dientes, cabello y huesos, los cuales son usados para estimar el nivel del plomo en el cuerpo ^(2,4). Por ende, pueden ser un buen indicador de contaminación en el ambiente. ^(5, 6).

En la última década se ha destacado la importancia que tiene el uso de la saliva para monitorear o detectar tanto fármacos como tóxicos o medicamentos en el paciente. Su utilización se basa en el hecho de que existe una cercana asociación entre los niveles de toxicidad que se presentan en el plasma y los que se manifiestan en la saliva (en especial en la saliva parotídea), cuya concentración es proporcional para muchas drogas o medicamentos ^(84, 85). Todo esto ha llevado en algunos casos al monitoreo de sustancias ajenas o extrañas al organismo humano en plasma por aquél que se hace en saliva, lo que permite en la actualidad un avance en el monitoreo terapéutico y así mismo es el material idóneo para el aislamiento de microorganismos de suma importancia, que son causantes de la enfermedad periodontal y la caries ^(86, 87, 88).

Existe muy poca información acerca de la detección de contaminantes (a excepción del mercurio), por medio de la saliva; sin embargo, recientemente se le ha dado gran importancia a la relación que existe entre la salud dental y los contaminantes que se encuentran presentes en el ambiente, lo que ha atraído la atención de muchos investigadores, sobre éste problema de preocupación de interés mundial.

El análisis documental de diversos estudios y el obtenido por nuestra anterior investigación, se ha comprobado la presencia de mezclas complejas de sustancias tóxicas en el agua de la presa Valsequillo, y en menor medida en el agua de consumo humano de poblaciones asentadas a los márgenes de la misma Presa, esto debido a los factores como los contaminantes, más los biomarcadores encontrados como la desnutrición, malformaciones congénitas y el bajo rendimiento escolar, éste

último señalado por sus maestros de la Escuela. Ésta por demás decir, que nos encontramos ante un problema de contaminación ambiental y de salud Pública.

Con base en lo anterior, en éste trabajo se ve la necesidad de realizar la presente investigación considerando que la contaminación ambiental ocasionada por sustancias químicas y de principal interés el causado por el Plomo (Pb), Cadmio (Cd) y Cromo (Cr) representan actualmente riesgos importantes para la salud y en virtud de su amplia distribución al ambiente, éstos ocasionan severos daños como la contaminación del agua, suelo, aire, alimentos, provocando severos daños al ser humano.

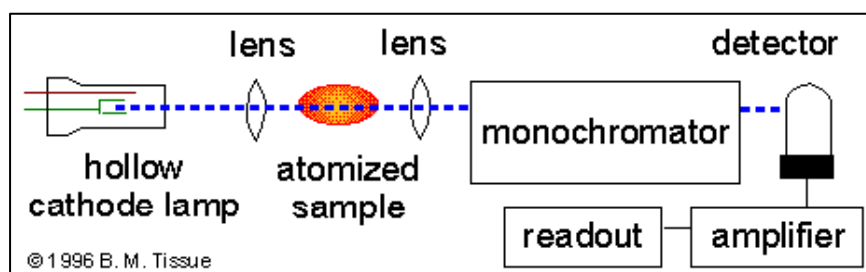
En este trabajo a diferencia de la investigación anteriormente realizada por nosotros, donde se determinó el nivel de plomo en sangre así como el índice de caries y a su vez el aislar e identificar a *Streptococcus mutans* y someterla a diferentes concentraciones de éste metal, y establecer una asociación entre la incidencia de caries dental y el nivel de plomo en sangre, y donde se demuestra que éste microorganismo tiene la capacidad de adaptación a condiciones de contaminación constante, resultados que dieron la pauta para la realización de éste estudio que nos permita no sólo cuantificar las concentraciones de plomo (Pb), sino de probar otros metales como Cadmio (Cd), Cromo (Cr), en piezas dentales, las cuales de acuerdo al tratamiento de ortodoncia de cada paciente, éstas serán retiradas, siendo material para nuestro estudio, por medio de la técnica de espectrofotometría de absorción atómica, la cual nos permitirá obtener resultados más confiables sobre los diferentes niveles de plomo (Pb), Cadmio (Cd) y Cromo (Cr), de los pacientes, pertenecientes a la comunidad de estudio, sino también establecer su posible asociación con factores sociodemográficos (lugar de residencia, alimentación, nivel socio-económico). Por otro lado, el análisis de saliva, además de ser una técnica sencilla y no dolorosa, permitirá aislar a *Streptococcus mutans* microorganismo presente en la cavidad bucal del paciente. Esto con el objetivo de saber si hay una adaptación de éste microorganismo a las condiciones de contaminación de dicha población. Y de ésta manera establecer una asociación entre

la acción de los diferentes metales pesados (Pb, Cd, Cr), y la susceptibilidad a la caries dental.

1. 1 Descripción de la Técnica de Espectrofotometría de Absorción Atómica

La espectroscopia de adsorción atómica usa la adsorción de la luz para medir la concentración de la fase gaseosa de átomos. Ya que la mayoría de las muestras son sólidas o líquidas, los átomos o iones de los analitos deben ser vaporizados a la flama o en un horno de grafito. Los átomos adsorben luz visible o ultravioleta y hacen transiciones a niveles de energía más altos. La concentración del analito es determinada por la cantidad de adsorción. Aplicando la ley de Beer-Lambert directamente en la espectroscopia AA es difícil debido a la eficiencia de la atomización de la muestra de la matriz y a la no-uniformidad de la concentración, y a la longitud de la trayectoria de los átomos del analito (en el horno de grafito AA). Las mediciones de concentración son generalmente determinadas de una curva de calibración, después de haber calibrado el aparato con los estándares de concentración conocida

(47, 58, 82, 83)



ESPECTROSCOPIA DE EMISIÓN EN FLAMA.- La espectroscopia de emisión en átomos se basa en medir la intensidad de una línea de emisión específica del elemento que se desea determinar. Cuanto mayor sea la intensidad de ésta línea mayor es su concentración.

En los instrumentos de Espectroscopia de Emisión Atómica de la Espectroscopia de Emisión Atómica (EEA) la flama atomiza y excita los componentes de la muestras. Estos emiten radiación electromagnética de diferentes longitudes de onda que son separadas en el monocromador y la línea de interés llega al detector, al amplificador y finalmente al sistema de lectura .

Las relativamente bajas temperaturas de la flama, limitan la aplicación práctica de la EEA en flama a los elementos más fáciles de excitar, o en bajos potenciales de ionización, como son los elementos alcalinos (Li, Na ,K ,Rb, Cs) y los alcalinotérreos (Ca, Mg, Sr, (etc.).

ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA EN FLAMA: La espectroscopia de absorción atómica (EAA), tiene como fundamento la absorción de radiación de una longitud de onda determinada. Esta radiación es absorbida selectivamente por átomos que tengan niveles energéticos cuya diferencia en energía corresponda en valor a la energía de los fotones incidentes. La cantidad de fotones absorbidos, está determinada por la ley de Beer, que relaciona ésta pérdida de poder radiante, con la concentración de la especie absorbente y con el espesor de la celda o recipiente que contiene los átomos absorbentes. Los componentes instrumentales de un equipo de espectrofotometría de absorción atómica son los similares a los de un fotómetro o espectrofotómetro de flama, excepto que en EAA se requiere de una fuente de radiación necesaria para excitar los átomos del analito. Estos componentes se representan en la Figura 1 ^(82,83)

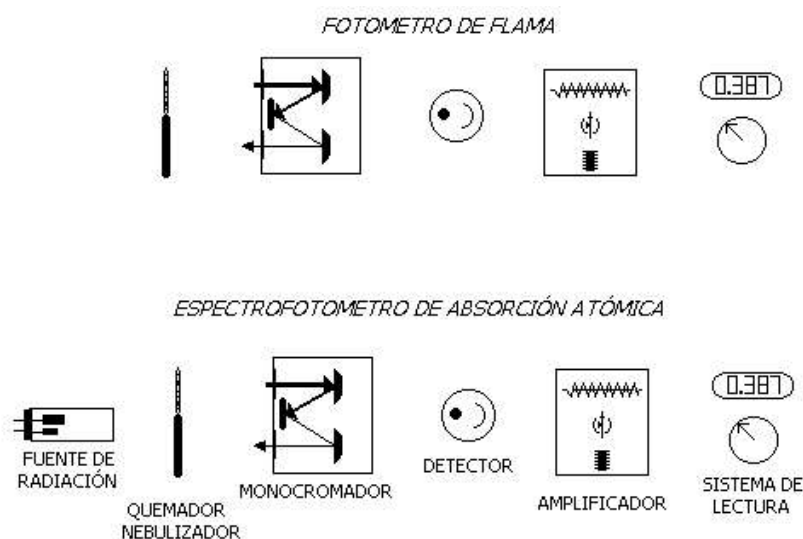


Figura 1: Componentes de un Fotómetro de Emisión de Flama y de un Espectrofotómetro de Absorción

Esta técnica se empleó para la determinación de metales pesados proveniente de las piezas dentales y de muestra de cabello, donadas de los pacientes (hombres y mujeres) bajo tratamiento de Ortodoncia de la Facultad de Estomatología (BUAP); de Puebla

2. CONTAMINACIÓN

Con la industrialización tan acelerada en las últimas décadas, se han venido incrementando las emisiones y desechos por metales pesados, que hoy día se han convertido en un tema actual tanto en el campo ambiental como en el de salud pública ⁽⁸⁹⁾. Los daños causados por estos padecimientos son tan severos y en ocasiones sin aparente sintomatología, en particular el de la población infantil. La contaminación a los márgenes de las grandes industrias metalúrgicas y siderúrgicas puede alcanzar niveles muy altos y desechos tan frecuentes que pueden dejar en el ambiente cantidades dañinas de residuos tóxicos, si no se recogen y tratan adecuadamente ⁽⁷⁾.

El envenenamiento por metales pesados entre los pobladores de la Comarca Lagunera es provocado por plomo, cadmio, mercurio y arsénico, elementos altamente dañinos para la salud. Sin embargo, las acciones que se han realizado en torno a éste problema tienen como actor principal al plomo. Esto no significa que sea el más tóxico de los metales -de hecho ocurre lo contrario- sino a que, es el que ha sido utilizado por la humanidad más ampliamente y, por ende, causa más problemas y más preocupación en el mundo ^(8, 90, 91).

Durante décadas, el plomo se ha utilizado en pinturas, gasolinas, soldaduras, plomería y docenas de aplicaciones. Por ello los Centros para el Control y la Prevención de las enfermedades de los Estados Unidos (CDC) declara que: “el plomo se encuentra en el ambiente como resultado de la industrialización. Los niños son especialmente susceptibles a los efectos tóxicos de éste metal ^(9, 91)”.

Las sales solubles en agua de los metales pesados como el plomo, mercurio, cadmio entre otros, son muy tóxicas y acumulables por los organismos que los absorben, los cuales a su vez son fuente de contaminación de las cadenas alimenticias al ser ingeridas por alguno de sus eslabones ^(92, 93). Al ser ingeridos por el hombre a través del agua y alimentos contaminados con causales de provocar ceguera, amnesia, raquitismo, miastenia o hasta la muerte ^(10, 11, 12).

La contaminación del agua por metales pesados, no se origina directamente por el metal, sino por sus sales solubles en agua que son generadas por las fábricas de pinturas, de acumuladores, por alfarerías con esmaltado, en foto-termografía, en pirotecnia, en la coloración a vidrios o por industrias químicas productoras de tetraetiluro de plomo (se usa como antidetonante en gasolinas) y por algunas actividades mineras, etc. ^(8, 94).

Las dos principales vías de acceso de los compuestos de metales pesados al organismo son el tracto gastrointestinal y los pulmones. Cerca del 10% del plomo ingerido es excretado en la orina y en menor cantidad en el sudor, en el pelo y en las uñas, 90% del plomo que se encuentra en el cuerpo humano se deposita en el esqueleto óseo y es relativamente inerte, y el que pasa a través del torrente sanguíneo puede depositarse en los tejidos ⁽²²⁾. Los signos más comunes de intoxicación por plomo son los gastrointestinales y sus síntomas comprenden anorexia, náusea, vómito, diarrea y constipación, seguida de cólicos. Además puede afectar la síntesis de la hemoglobina y el tiempo de vida media de los glóbulos rojos, así como, al sistema nervioso central y periférico ⁽⁵⁷⁾.

La contaminación por el plomo en riñones produce inflamación de las células del epitelio del túbulo proximal y alteraciones funcionales que provocan aminoaciduria, glucosuria e hiperfosfaturia (síndrome de Fanconi) ^(21, 58). Todos los compuestos de plomo son tóxicos en diferente grado, dependiendo de su naturaleza química y grado de solubilidad de cada compuesto, los más tóxicos son los compuestos orgánicos. Los compuestos de plomo afectan la vida marina ya que originan la formación de una película coagulante la cual provoca alteraciones hematológicas. En el hombre provoca saturnismo, enfermedad que engloba trastornos nerviosos, digestivos y renales ^(13, 14). La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda que para los niños el nivel de plomo en sangre no debe rebasar los 30 µg/100 dL de sangre y tomar medidas drásticas cuando el nivel de plomo en la sangre de los adultos alcanza los 40 µg/100 dL de sangre. Dicha organización, limita la exposición a compuestos inorgánicos de plomo a 50 mg/m³ de aire durante un tiempo promedio de 8 horas para un trabajador sin mascarilla para respirar. Una de

las medidas sanitarias para controlar la exposición a compuestos de plomo es el uso de ventilación, de mascarillas para respirar y ropa apropiada ^(12, 15,16).

Las intoxicaciones crónicas por cadmio son de origen profesional o industrial. Las lesiones bucales se manifiestan por un ligero ribete gingival sin inflamación de las encías de color dorado, pero lo más característico es la pigmentación amarilla de los dientes que comienza a nivel de la encía marginal y se extiende hasta la mitad de la corona. Esta coloración es indeleble ⁽¹⁾.

En mucosa bucal ha sido demostrada la presencia de sales solubles de mercurio circulando en vasos sanguíneos de la encía. Característico el aumento notable de la secreción salival, que se torna densa y viscosa, sabor metálico y dolor. El paciente tiene la sensación de diente alargado por la periodontitis. Presencia de pigmentación grisácea de la encía. Se puede observar una gingivitis serosa, purulenta y necrosis fétida que deja ulceraciones. La lengua se presenta eritematosa e indentada ^(59, 60). En los casos graves también pueden producirse osteítis con secuestros óseos y caída de los dientes. Las lesiones bucales se atribuyen a un fenómeno de biotropismo, exaltado por la eliminación del metal por la encía y la mucosa bucal. Se produce sulfuro de hidrógeno que se transforma en sal metálica, la cual da a la encía un color azul negruzco y gusto metálico característico ^(61, 62).

Entre los pocos estudios sobre el problema de la contaminación por metales pesados en nuestro país, sobre la exposición al cadmio y arsénico en niños de San Luis Potosí, a causa de la fundidora ⁽³⁰⁾. De igual manera al caso de una fundidora de plomo en el Paso, Texas, que afecta la salud de los niños de esa ciudad norteamericana y de la vecina Ciudad Juárez ⁽¹⁾.

El problema de Torreón se debe al funcionamiento de la cuarta fundidora de plomo más importante del mundo, propiedad de la compañía Peñoles, situada en el centro de la ciudad. En otros lugares del país se presenta la contaminación por plomo, pero las fuentes son distintas, como en el caso que afecta a los vecinos de la empresa Pigmentos y Óxidos, S. A., en Monterrey, y la reciente la presencia de plomo en el agua de Salamanca, Guanajuato ⁽¹⁾.

Por otro lado Valdés ⁽¹⁷⁾, realizó la detección de plomo en sangre de 190 niños de la zona de Valsequillo, de las comunidades de San Baltazar Tetela, Los Ángeles Tetela y San José del Rincón, ubicadas alrededor de la Presa Manuel Ávila Camacho (lago de Valsequillo), municipios de Puebla, los cuales fueron sometidos a un estudio clínico comprobándose que el nivel de plomo, cadmio, mercurio, arsénico entre otros, fue de hasta 20 µg/dL de sangre, el doble de lo que acepta el cuerpo humano, y de acuerdo con la norma oficial. El límite máximo permisible de metales pesados en la sangre de un niño, según **la NOM-SEMARNAT-001-1993, específicamente Cromo, Cobre, Plomo, Zinc, Níquel y Cadmio. (Norma Oficial Mexicana), es de 10 µg/dL** (anexo 2); y **la NOM-199-SSA1-2000**, (^{anexo 3}), salud ambiental, establece los límites máximos permisible sobre los niveles de plomo en sangre. Sin embargo, éste nivel no es seguro ni normal, ni deseable, pues aún no se ha identificado el umbral a partir del cual se presenten los efectos dañinos del plomo, al igual que en los demás metales pesados. La Academia Americana de Pediatría ubica el nivel deseable de plomo en la sangre de los niños en cero ⁽¹⁸⁾.

En recientes años se ha establecido considerablemente un alto índice de contaminación por emisiones en el aire, incluyendo las emisiones por plomo, el estudio realizado en la ciudad de México, D. F. y Zona Metropolitana, sobre los niveles de plomo en dientes primarios de niños. Estableciendo un alto contenido de plomo en dientes maxilares superiores ⁽⁴⁾.

Otro caso reportado, es el de Karachi, Pakistán, donde los niños presentan niveles de plomo en sangre sobre 10µg/dL. Se estableció un estudio para evaluar la exposición al plomo crónica en niños midiendo los niveles del plomo en dientes temporales, teniendo como fuente de estudio a las escuelas primarias de Karachi ⁽¹⁹⁾.

Por otro lado uno de los casos más divulgados de intoxicación por metales pesados y el cual originó una mayor dedicación al estudio de sus efectos el punto de vista toxicológico especialmente, fue la contaminación por Mercurio (Hg) en Minamata, (Japón) en 1950, por ingerir peces y moluscos contaminados ⁽³⁹⁾. De igual manera, otro caso de gran importancia para la humanidad es el efecto ocasionado

por el plomo (Pb) y el Cadmio (Cd), en Toyama, (Japón) en 1956, ocurriendo una gran contaminación de estos metales en campos de cultivo de arroz, tratados con fertilizantes fosfatados y aguas contaminadas por cadmio, dando lugar a la enfermedad “Itai-Itai” ⁽²⁵⁾.

Otro antecedente importante, es la investigación anteriormente realizada por nosotros, donde por un lado se probó la resistencia al plomo de *Streptococcus mutans*, de adolescentes de la localidad de San Baltazar Tetela, municipio de Puebla, resultados que demuestran que la población estudiantil de San Baltazar Tetela, presenta una alta concentración plomo en sangre debido a su cercanía a la presa Valsequillo, cuyo promedio de plomo en sangre menores a los 10 µg/dL fue de 7.89, mientras que para las muestras mayores a los 10µg/dL de plomo en sangre fue de 13.18. Además de presentar una alta incidencia de caries dental, y un alto índice de unidades formadoras de colonias por mililitro (UFC/ml) de bacterias de *Streptococcus mutans* y con un valor promedio de 7.41 UFC/ml, por otro lado, las muestras con un nivel de plomo menor a los 10µg/dL de sangre, el índice de caries fue de 3.99.

Aunque los resultados obtenidos en éste estudio no muestran ser estadísticamente significativos, es evidente que hay una asociación entre los niveles de plomo en sangre y la incidencia de caries dental.

En los diferentes grupos estudiados se encontró que la cantidad promedio de niveles de *Streptococcus mutans*, expresados en UFC/ml de saliva, la cual es significativo debido a que éste dato correlaciona con lo visto en la ficha clínica (estado de salud oral) es decir no solo tenían mayor número de bacterias, sino que también se observó un incremento en cuanto a su estado de salud oral.

3. METALES PESADOS

3.1 Plomo

El plomo (Pb) es un metal pesado, que se conoce desde hace miles de años, utilizado por los Romanos en grandes cantidades para la conducción de agua y desde entonces ha tenido múltiples usos. Éste metal se caracteriza por presentar una apariencia blanco azulado, brillante, muy blando, muy maleable, además de ser un pobre conductor de la electricidad y el calor. Ya que en proporciones altas de exposición se aloja en la sangre de las personas y definitivamente provoca daños serios al ser humano, sobre todo en los niños, afectándolos con problemas de aprendizaje, reducción de crecimiento físico, hiperactividad, mal función del oído y hasta lesiones del cerebro, además en niveles muy altos puede causar ataques epilépticos, estado de coma e incluso la muerte. Éste metal se extrae de minas junto con otros metales como plata, oro y cobre ^(2, 5, 8 20).

3.2 Cadmio

Uno de los mayores agentes tóxicos asociado a contaminación ambiental e industrial es el cadmio, pues reúne cuatro de las características más peligrosas de un tóxico:

- Efectos adversos para el hombre y el medio ambiente.
- Bioacumulación.
- Persistencia en el medio ambiente.
- “Viaja” grandes distancias a través del viento y en los cursos de agua.

El cadmio, se obtiene como subproducto del tratamiento metalúrgico del zinc y del plomo, a partir de sulfuro de cadmio; en el proceso hay formación de óxido de cadmio, compuesto muy tóxico. Además de contaminar el ambiente desde su fundición y refinación, contaminante de múltiples aplicaciones industriales ⁽⁶³⁾.

Los principales usos y aplicaciones del cadmio o sus compuestos son:

- Como pigmento en pinturas, esmaltes, plásticos, textiles, vidrios, tintas de

impresión, caucho, lacas, etc.

- En aleación con cobre, aluminio y plata.
- En la producción de pilas de cadmio-níquel.
- Como estabilizador de termoplásticos, como el PVC.

En lo ambiental, el cadmio es un elemento relativamente raro en la litosfera. Por afinidad química, se le encuentra junto al zinc, en proporción muy variable. Las principales fuentes de contaminación son: la metalurgia de metales no ferrosos, la metalurgia del hierro y acero, la fabricación de fertilizantes fosfatados, la incineración de residuos de madera, carbón o “plásticos”, la combustión de aceite y gasolina y las aplicaciones industriales de cadmio ⁽⁶³⁾.

El tiempo de permanencia del cadmio en suelos es de hasta 300 años y el 90% permanece sin transformarse ⁽¹⁾. El cadmio llega al suelo de terrenos agrícolas por deposición aérea (41%), con los fertilizantes fosfatados (54%), por aplicación de abono de estiércol (5%). Algunas investigaciones indican que, en suelos contaminados, los niveles de cadmio alcanzan valores de hasta 1mg de Cd/g y el agua de ríos contaminados puede contener hasta 0.14 mg de Cd por L ^(2,3).

3.3 Cromo

Es un metal que se halla en el agua y suelo. También se le encuentra en los cultivos y como elemento remanente en los suelos agrícolas provenientes de la actividad industrial.

El cromo forma tres series de compuestos con otros elementos; éstos se representan en términos de los óxidos de cromo: cromo con valencia dos, CrO , óxido de Cr(II) u óxido cromoso; con valencia tres, Cr_2O_3 , óxido de Cr(III) u óxido crómico, y con valencia seis, CrO_3 , anhídrido de Cr(VI) o anhídrido de ácido crómico. El cromo es capaz de formar compuestos con otros elementos en estados de oxidación (II), (III) y (VI) ^(64, 65, 66, 67).

Se conocen también los peróxidos, ácido percrómico y perchromatos. Los halogenuros (fluoruro, cloruro, yoduro y bromuro) de cromo son compuestos bastante comunes de este metal. El cloruro, por ejemplo, se utiliza en la producción de cromo

metálico mediante la reducción del cloruro cromoso, CrCl_2 , con hidrógeno ^(67, 68).

4. EFECTOS OCASIONADOS POR LA EXPOSICIÓN

En México, actualmente, uno de los graves problemas de la agricultura y, en particular, de Puebla, es el deterioro ambiental. Un componente importante de este fenómeno es la contaminación del agua de ríos, manantiales y la extraída de los pozos por bombeo, lo que genera graves problemas para la salud humana, en forma directa o a través de la cadena trófica ⁽²⁶⁾.

En México, el uso de aguas residuales para regar parcelas agrícolas inició en el Valle del Mezquital, en 1886. Los altos grados de contaminantes y la cantidad de patógenos encontrados en agua, productos agrícolas y suelo, en parcelas continuamente regadas por aguas residuales, han provocado problemas de salud ⁽²⁷⁾.

La asociación entre el uso humano de agua biológicamente contaminada y la aparición de gastroenteritis es un hecho bien establecido, así como la asociación entre el uso de agua químicamente contaminada e intoxicaciones y la relación entre el uso de agua contaminada por metales pesados y cáncer ⁽²⁸⁾. Al respecto, Cervantes y Moreno (1999) señalaron al Cr (VI), Ni, Co, Cd, As (III) y Pb como carcinogénicos para el humano; este efecto se relaciona con la inducción del daño oxidativo del DNA y con la inhibición de los procesos de reparación del DNA ⁽²⁹⁾. Shoental (1975) explicó la carcinogenicidad ocasionada en particular por el Cr, debido a la producción de epoxialdehidos en una reacción catalizada por lipasas lisosomales, y Gómez-Arroyo *et al.* (1981) explicaron la reacción producto del intercambio de cromátidas hermanas en cultivos de linfocitos humanos. Evidencias de los daños de los metales pesados en humanos en México, registran a poblaciones de alto riesgo, como niños, mujeres embarazadas y ancianos, en San Luis Potosí ⁽³⁰⁾, en Xalostoc y Tlalnepantla en la Ciudad de México ⁽³¹⁾, en Monterrey ⁽²⁸⁾ y en Torreón, Coahuila ⁽³²⁾.

Los efectos del plomo (Pb) en niños se manifiestan en el sistema nervioso central; causa daño neuro-conductual, que se refleja en el decremento de la atención, bajos puntajes en pruebas psicométricas y problemas de conducta como la hiperactividad; a largo plazo, cerca de 95% del metal presente en el organismo se acumula a nivel óseo, sustituyendo al Ca. ⁽³³⁾. Los iones de plomo actúan aparentemente en el cuerpo mineral, el cual actúa

remplazando al calcio y al fósforo dentro de las celdas cristalinas en la hidroxiapatita, e induce a la hipercalcemia y a la hiperfosfatemia ^(34,35).

El Cd, proveniente de la elaboración y del uso de pigmentos y pinturas, tintas de imprenta, pilas y plásticos, es llevado al cuerpo humano mediante la ingestión de vegetales y en éste tiene una vida media de 10 a 30 años. Causa irritación severa al estómago, provocando vómito y diarrea; en mayores cantidades es carcinógeno ⁽³⁶⁾; en vegetales, reduce el crecimiento, la germinación, la respiración y la fotosíntesis e induce clorosis, inhibir la oxigenación de semillas. ⁽³⁷⁾. Todas las formas de Cr, en grandes cantidades, son tóxicas, pero lo es más el Cr⁶⁺. En humanos produce úlceras estomacales, convulsiones, alergias en la piel, daños renales, hepáticos y pulmonares; resta capacidad a las propiedades de la sangre y reduce la de los glóbulos rojos ⁽³⁸⁾.

Los efectos potenciales del cromo (Cr) sobre la salud dependen de una diversidad de factores, tales como la forma química en que se presente, la cantidad, el tiempo de exposición y la forma de incorporación del cromo al organismo (ingestión. Inhalación o absorción a través de la piel). Las reacciones y sus efectos potenciales en gran medida de factores tales como la edad, el sexo, el peso corporal y el estado de salud del individuo ⁽³⁹⁾.

5. METALES PESADOS Y SUSCEPTIBILIDAD A LA CARIES DENTAL

Se han determinado varios mecanismos por los cuales los metales pesados están relacionados con la susceptibilidad a la caries dental. La información sobre los efectos del plomo en esmalte y dentina es escasa, aunque se indica que la acumulación sobre los niveles de plomo en residuos dentales en varias comunidades, presenta una estrecha relación entre el plomo en sangre y lo explorado en el esmalte y dentina dental ^(40,35).

6. ECOSISTEMAS ORALES

La cavidad oral puede ser considerada como un conjunto de ecosistemas en los que existen diferentes microorganismos que se relacionan entre sí, inmersos en

un ambiente específico con elementos abióticos de los que están rodeados y con los que también se encuentran en estrecha relación ⁽⁷¹⁾. Se trata de un sistema que se encuentra abierto, en constante dinamismo y expuesto a numerosos factores que condicionan la composición y características microbianas presentes en cada uno de sus ecosistemas ⁽⁷²⁾.

Principales ecosistemas presentes en la cavidad oral

- Mucosa.
- Superficies dentales.
- Película Adquirida.
- Placas dentales.
- Saliva.
- Surco gingival.
- Materiales artificiales.

La microbiota normal es considerada hasta cierto punto beneficiosa al impedir la colonización de otros agentes patógenos. Sin embargo, aunque a través de un complejo sistema de señales moleculares entre ella y el hospedero, se constituye un estado de equilibrio ^(41, 69, 70).

7. CARIES

La caries dental es una enfermedad infecciosa multifactorial dependiente del azúcar, que favorece la destrucción de las estructuras dentales. Además de ser una de las enfermedades más prevalentes que padece el hombre moderno la cual afecta a todos los sectores sociales y se encuentra enraizada en la tecnología y economía de nuestra sociedad ^(14, 74).

Esta enfermedad se puede presentar en el esmalte, fisuras, superficies lisas; en la dentina expuesta y en el cemento. Sus síntomas son muy diversos como dolor y el malestar causados por la inflamación de la pulpa debido a la progresión de la caries. Desde nuestro nacimiento, las superficies externas del cuerpo están en contacto con una amplia variedad de microorganismos, pero nuestro organismo está protegido por barreras físicas, químicas y propiedades biológicas que disminuyen el

número de microorganismos que nos pueden colonizar. Además tenemos una flora normal que vive en armonía con nosotros, ésta flora tiene diferentes funciones; la principal es su capacidad para actuar como barrera contra subsecuentes colonizaciones por microorganismos patógenos que producen enfermedades ^(40, 42, 43).

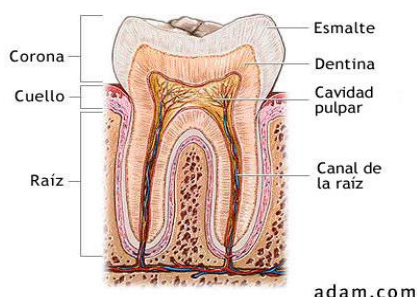
La causa principal de la caries dental es la presencia de *Streptococcus mutans*, que es un coco gram-positivo, catalasa negativo e inmóvil que al ser observado al microscopio presenta una estructura en forma de cadena ^(34, 39).

Los ácidos generados por acción del metabolismo de los hidratos de carbono por la placa bacteriana producen un descenso del pH en la superficie del diente. Esto produce una pérdida de iones de calcio y fósforo en el esmalte y la consiguiente desmineralización ⁽³⁵⁾. Este proceso es reversible si el pH de la saliva vuelve a subir. Se puede considerar a la caries como un proceso dinámico, caracterizado por episodios de desmineralización y remineralización a lo largo del tiempo. Si predomina la desmineralización se perderá tejido mineral, lo que producirá la aparición de una cavidad ^(4, 44, 45, 46).

7.1 Epidemiología de la Caries

Bajo la óptica epidemiológica se considera una de las enfermedades infecciosas de mayor prevalencia, aunque existen variaciones en función de los hábitos culturales, zonas geográficas, o nivel socioeconómico. Los estudios en esta materia llevados a cabo sobre la caries han permitido determinar la necesidad y la eficacia de diferentes tratamientos odontológicos como de las distintas medidas preventivas ⁽⁴⁷⁾.

8. DIENTE



El diente maduro está compuesto por cuatro tejidos diferentes en la parte interna: Esmalte, Dentina, Cavidad pulpar y canal de la raíz.

La aparición de los dientes normales varía, especialmente la de los molares. Los dientes pueden resultar mal formados debido a distintas condiciones. Enfermedades específicas pueden tener un efecto profundo sobre la forma de los dientes, su color, tiempo de aparición o ausencia de los mismos.

La parte del diente que está a la vista se conoce como corona. Ésta parte es sólo un tercio a veces menor de la longitud total del diente.

La raíz, que está enterrada en el hueso de la encía y unida al hueso por una especie de membrana o ligamento periodontal (formado por fibras que unen el diente al hueso). Este ligamento tiene receptores nerviosos que permiten captar sensaciones de presión o fuerza, las cuales se transmiten al sistema nervioso central y permiten regular la fuerza de la musculatura que cierra los dientes ^(48, 49).

9. SALIVA

La saliva es una secreción exocrina compleja, importante en el mantenimiento de la homeostasis de la cavidad bucal. Se sabe que sus funciones están en relación con el flujo y la composición molecular (proteínas, glucoproteínas y fosfoproteínas), además de proteger los tejidos bucales contra la desecación y las agresiones del medio ambiente, modular los procesos de desmineralización-remineralización, lubricar las superficies oclusales y mantener el balance ecológico ^(49,50).

Posee componentes orgánicos e inorgánicos como calcio, fosfatos, magnesio y fluoruros. El calcio como elemento importante existe unido a proteínas, ionizado o como ión inorgánico; participa en la adherencia de los microorganismos gram-positivos a la placa dental adquirida. Interactúa en el proceso de mineralización y desmineralización del esmalte y también se encuentra en la placa calcificada en forma de fosfato y calcio ^(50, 51).

Dentro de los componentes orgánicos se detectan carbohidratos, proteínas ricas en prolina, glucoproteínas, y enzimas como α -amilasa, peroxidasas salivales y anhidrasas carbónicas ^(46, 49).

Una producción constante de saliva, con un promedio en el flujo de 1-3 ml/min, es secretada con características específicas en respuesta a un grupo diverso de estímulos. Las variaciones en el porcentaje de flujo salival (hiposalivación/xerostomía

vs hipersalivación/sialorrea) y la composición y síntesis de proteínas que forman la saliva total, han sido estudiadas por muchos años, en un intento por determinar y auxiliar en el diagnóstico de alteraciones sistémicas y de las glándulas salivales ^(50,52). A pesar de que aproximadamente entre 85 y 90% de las proteínas encontradas en saliva son secretadas por células acinares, existen pocos informes sobre la concentración de proteínas en saliva total y el papel que éstas últimas juegan en el mantenimiento de la salud bucal ⁽⁵⁰⁾.

10. MICROBIOTA ORAL

Existen una gran variedad de microorganismos en la cavidad oral y que forman parte de la flora natural en el ser humano ^(Tabla 3). Dentro de esta hay especies de estreptococos reconocidos, que suelen verse como causantes de problemas infecciosos ^(Tabla 4).

Las diferentes zonas que componen la boca así como la secreción salival tienen cargas microbianas específicas que pueden o no causar problemas de enfermedades cuando se ve perdido el equilibrio homeostático ^(Tabla 3 y 3a), estas son las que se han encontrado con mayor frecuencia ^(40, 54).

Tabla 3 Géneros bacterianos encontrados en la cavidad oral

Cocos	BACILOS
<i>Abiotrophia</i>	<i>Actinobacillus</i>
<i>Enterococcus</i>	<i>Actinomyces</i>
<i>Peptostreptococcus</i>	<i>Bifidobacterium</i>
<i>Streptococcus</i>	<i>Cantonella</i>
<i>Staphylococcus</i>	<i>Capnocytophaga</i>
<i>Stomatococcus</i>	<i>Centipeda</i>
<i>Moraxella</i>	<i>Corynebacterium</i>
<i>Neisseria</i>	<i>Campylobacter</i>
<i>Veillonella</i>	<i>Desulfobacter</i>
	<i>Desulfobacter</i>
	<i>Desulfovibrio</i>
	<i>Eikenella</i>
	<i>Eubacterium</i>
	<i>Fusobacterium</i>
	<i>Haemophilus</i>
	<i>Johnsonii</i>
	<i>Lactobacillus</i>
	<i>Leptotrichia</i>

Tabla 3a Especies reconocidas de Estreptococos Orales.

Grupo	Especies
<i>mutans</i>	<i>S. mutans</i> , serotypes c, e, f <i>S. sobrinus</i> serotype d, g <i>S. cricetus</i> , serotype a <i>S. rattus</i> , setotype b <i>S. ferus</i> <i>S. macacae</i> <i>S. downei</i> , seritype h
<i>salivarius</i>	<i>S. salivarius</i> <i>S. vestibularis</i>
<i>anginosus</i>	<i>S. constellatus</i> <i>S. intermedius</i> <i>S. anginosus</i>
<i>mitis</i>	<i>S. sanguis</i> <i>S. gordonii</i> <i>S. parasanguis</i> <i>S. oralis</i> <i>S. mitis</i> <i>S. crista</i>

Tabla 4 Distribución de las bacterias orales encontradas con más frecuencia en diferentes zonas de la boca.

	Orificios y fisuras de diente	Superficies lisas del Diente	Encías
Cocos Gram positivos			
<i>S. mutans</i>	++	+	0
<i>S. sanguis</i>	++	++	++
<i>S. sobrinus</i>	+	+	0
<i>S. mitior</i>	+	++	++
<i>S. salivarius</i>	0	0	0
<i>Staphylococcus epidermitidis</i>	0	+	+
<i>Peptostreptococcus sp</i>	0	+	+
Cocos Gram negativos			
<i>Nisseria sp</i>	0	+	+
<i>Veillonella sp</i>	+	+	+
Bacilos Grampositivos			

<i>Bacterionema matruchotti</i>	+	+	+
<i>Actinomyces viscosus</i>	+	++	++
<i>A. naeslundii</i>	+	++	+
<i>A. israelii</i>	+	++	++
Otros actinomycetos	+	+	+
<i>Lactobacillus</i> sp	+	0	0
<i>Propionibacterium acnes</i>	0	+	+
<i>Rothia dentocariosa</i>	0	+	+
<i>Eubacterium</i> spp	0	0	0
Bacilos Gram negativos			
<i>Porphyromonas gingivalis</i>	0	0	+
<i>P. intermedius</i>	0	0	+
<i>P. melaninogenicus</i>	0	0	+
<i>P. oralis</i>	0	+	+
<i>P. forsythus</i>	0	0	0
<i>Eikenella corrodens</i>	0	0	+
<i>Fusobacterium nucleatum</i>	0	+	++
<i>Capnocytophaga</i> sp	0	0	+
<i>Haemophilus</i> spp, incluyendo			
<i>H. parainfluenzae</i>	+	+	+
<i>H. segnis</i> , <i>H. aphrophilus</i>	0	+	+
<i>A. actinomycetemcomitans</i>	0	0	0
<i>Campylobacter concius</i>	0	0	+
<i>Wolinella recta</i>	0	0	+
<i>Selenomonas sputingena</i>	0	0	+
Pequeños treponemas			
<i>Treponema macrodentum</i>	0	0	+
<i>T. oralis</i>	0	0	+
<i>T. denticola</i>	0	0	+

Tabla 4 (continuación)

	Zona periodontal	Saliva (secreción)	Lengua
Cocos Grampositivos			
<i>Streptococcus mutans</i>	0	0	0
<i>S. sanguis</i>	0	+	+
<i>S. sobrinus</i>	0	0	0
<i>S. mitior</i>	0	+	+
<i>S. salivarius</i>	0	++	++
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	0	+	+
<i>Peptostreptococcus</i> sp	0	+	+
Cocos Gramnegativos			
<i>Nisseria</i> sp	0	+	+++
<i>Veillonella</i> sp	+	++	
Bacilos Grampositivos			
<i>Bacterionema matruchotti</i>	0	0	+
<i>Actinomyces viscosus</i>	+	+	+
<i>A. naeslundii</i>	+	+	+
<i>A. israelii</i>	+	+	+
Otros actinomicetos	+	+	+
<i>Lactobacillus</i> sp	0	0	0
<i>Propionibacterium acnes</i>	0	+	+
<i>Rothia dentocariosa</i>	0	+	+
<i>Eubacterium</i> spp	0		
Bacilos Gram negativos			
<i>Porphyromonas gingivalis</i>	+	0	0
<i>P. intermedius</i>	++	0	0
<i>P. melaninogenicus</i>	+	0	0
<i>P. oralis</i>	+	+	+
<i>P. forsythus</i>	0	0	0
<i>Eikenella corrodens</i>	++	0	0
<i>Fusobacterium nucleatum</i>	++	+	+
<i>Capnocytophaga</i> sp	++	0	0
<i>H. parainfluenzae</i>	0	+	+
<i>H. segnis</i> , <i>H. aphrophilus</i>	0	0	+
<i>A. actinomycetemcomitans</i>	++	0	0
<i>Campylobacter concius</i>	+	0	0
<i>Wolinella recta</i>	+	0	0
<i>Selenomonas sputingena</i>	+	0	0
Pequeños treponemas			
<i>Treponema macrodentum</i>	+	0	0
<i>T. oralis</i>	+	0	0
<i>T. denticola</i>	+	0	0

0 Encontrado en una baja o imperceptible proporción.

+ Frecuentemente encontrado en una moderada o baja proporción.

++ Frecuentemente encontrado en grandes proporciones.

Fuentes: Hamada, S. and H. D. Slade 1980.

Biology, Immunology and Cariogenicity of *S. mutans*.

Microbiol. Rev. 44 (29 p. 331-384 ⁽⁴¹⁾).

10.1 Streptococcus del grupo *mutans*.

Estos microorganismos poseen características comunes de los *Streptococcus*, son por tanto bacterias gram positivas, anaeróbicas facultativas, que se asocian formando parejas o cadenas de coco que fermentan la glucosa con la producción de ácido láctico ^(40, 75, 76). Estructuralmente no difieren del modelo general de todos los *Streptococcus*. Por el contrario poseen una capa mucosa en cuya composición siempre hay glucanos tanto solubles como insolubles, por lo que poseen glucosiltransferasas (GTF's) de bajo y de alto peso molecular ⁽⁵³⁾. Su pared celular posee una serie de polisacáridos de diferente composición, permitiendo en función de la misma distinguir los serotipos a, b, c, d, e, f, g y h. Estos se encuentran presentes de forma variable en las diversas especies y que participan en fenómenos de adhesión inter bacteriana ^(70, 73, 75).

Su significación patógena va ligada a la formación de placas y el desarrollo de caries aunque también se relaciona con otros cuadros como gingivitis, abscesos periapicales, pulpitis o celulitis ^(55,77).

10. 2 Factores de virulencia

Aquellas condiciones o características específicas de cada microorganismo que le confieren su capacidad patógena. La mayoría de ellos se relacionan con estrategias para producir ácidos (láctico) y resistir el cambio de pH, aunque inicialmente es necesaria la adhesión como paso previo al desarrollo de la biopelícula ⁽⁷⁸⁾.

11. METALES PESADOS (Pb, Cd, Cr) Y SU RELACIÓN CON LA SALUD.

En la figura 1, puede explicarnos más ampliamente la relación de los metales pesados y la salud, la cual está dado por:

1. Factor de contaminación ambiental
 - ↳ Industria (agua, aire)
2. Salud
 - ↳ Alimentación e higiene.
3. Económico
 - ↳ Nivel de vida, empleo y pobreza.

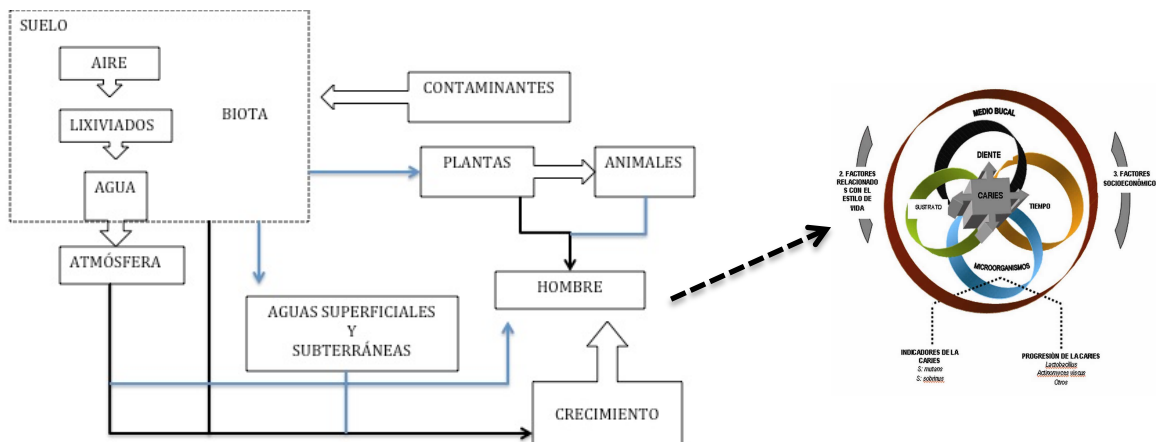
El impacto ambiental de los contaminantes metálicos en suelos y sedimentos es estrictamente dependiente de la capacidad de complejidad de estos metales con los componentes del medio ambiente y su respuesta a las condiciones fisicoquímicas y biológicas de su entorno.

Una vez que los metales han formado aleaciones no son degradables. Por tal motivo, una vez volcados al medio ambiente, sólo pueden distribuirse entre los entornos aire-agua-suelo, a veces cambiando su estado de oxidación, o incorporarse a los seres vivos ⁽⁷⁹⁾. Los procesos de adsorción y la formación de complejos en medios naturales son responsables de que la mayor parte de los vestigios de metales pesados se acumulen en los sólidos en suspensión incorporándose rápidamente a los sedimentos, donde se presentan los mayores niveles de concentración de estos contaminantes ^(39, 80).

Estudios recientes realizados acerca del nivel de plomo en los dientes fueron hechos en Sudáfrica, donde el contenido de plomo fue superior a 0.8 g/l. Otros estudios han demostrado el nivel de plomo en dientes en individuos que muestran niveles bajos de plomo en el medio, aunque las concentraciones de plomo en dientes fueron altas, el nivel de plomo en sangre no lo fue, haciendo mucho más difícil la comparación del plomo en dientes y en sangre ^(12, 35, 56, 81).

Figura 1 dinámica de los contaminantes en suelo y las interacciones planta-animal-hombre como parte del medio ambiente.

(diseño para este estudio 2014)



12. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Se tiene la referencia de estudios relacionados con la contaminación de la cuenca hidrológica del municipio de Puebla, presa de Valsequillo formalmente llamada como "Presa Manuel Ávila Camacho" y su impacto en la salud ⁽⁶⁵⁾. Antecedente que nos dio la pauta para la realización del estudio y la importancia que existe entre la salud y los contaminantes presentes en el ambiente, suceso de importancia nuestra, ya que éste problema sigue siendo una preocupación de índole mundial.

Para abordar este problema en este trabajo, se determinó la presencia de plomo, cadmio y cromo, en muestras de cabello, terceros molares y sangre de personas sanas.

En este trabajo también se planteó la utilidad de emplear a *Streptococcus mutans*, como indicador de la constante exposición a metales pesados al determinar su resistencia a diferentes concentraciones de plomo, cadmio y cromo.

Por lo anterior se plantearon las siguientes interrogantes que plantearon el desarrollo del proyecto:

- ¿Cuáles son las concentraciones de Pb, Cr y Cd en terceros molares, cabello y sangre en personas sanas?
- ¿Es posible aislar o encontrar a *Streptococcus mutans* en muestras de saliva en una muestra poblacional?
- ¿Cuál es la capacidad de crecimiento de *Streptococcus mutans* a diferentes concentraciones de Pb, Cd y Cr?

13. JUSTIFICACIÓN

En México las condiciones de salud bucal son deficientes. La caries dental, la enfermedad periodontal y otro tipo de entidades patológicas afectan a la mayoría de la población y los adolescentes e infantes son los que presentan los más altos índices en relación con los dos primeros padecimientos ^(14, 57).

Es por eso importante llevar a cabo estudios relacionados con este tipo de problema, ya que:

Por un lado contamos con referencias del estudio relacionado con la contaminación de la cuenca hidrológica del municipio de Puebla y su impacto en la salud ⁽¹³⁾, y así mismo con la referencia y los resultados obtenidos de nuestra anterior investigación relacionada con la presencia de plomo (Pb) en sangre, de la comunidad estudiantil (escuela “Telesecundaria Justo Sierra”), de San Baltazar Tetela, proveniente de la contaminación de la cuenca hidrológica del municipio de Puebla y su impacto en la salud Oral, antecedente que nos dio la pauta para llevar a cabo ésta investigación. Además se sabe que en la actualidad existe poca información acerca de la detección de contaminantes (a excepción del mercurio) y por otro lado se ha dado importancia a la relación que existe entre la salud oral y los contaminantes que se encuentran presentes en el ambiente, lo que ha atraído nuestra atención ya que éste problema sigue siendo una preocupación de índole mundial.

Es por eso, que en éste trabajo se pretende aislar no solo a *Streptococcus mutans* de saliva, sino además determinar la resistencia o susceptibilidad de ésta bacteria ante diferentes concentraciones de metales pesados y por otro lado determinar el nivel de metales pesados en piezas dentales de una zona expuesta a la constante contaminación y utilizar estas determinaciones como indicadores de exposición a metales pesados.

En zonas altamente urbanizadas, la población se encuentra estrechamente relacionada con los desechos industriales, que son arrojados al agua, emisiones de gas provenientes de las mismas industrias, los cuales contienen niveles elevados de metales pesados, es posible que exista un cierto grado de contaminación en las aguas que consumen los habitantes de esas comunidades, por lo que queremos detectar o determinar si las cepas de *Streptococcus mutans* aisladas de esta población tiene una mayor resistencia a crecer en presencia de Plomo, Arsénico y Cadmio, debido a que no hay referencias recientes con respecto a este tipo de estudios en México.

Además, éste tipo de estudios aportará resultados importantes que nos permitan desarrollar alternativas para trabajos futuros ya que no se han abordado de manera sistemática y reclaman la participación de investigadores interesados en encontrar una respuesta a las múltiples interrogantes.

14. HIPÓTESIS

En virtud de las evidencias sobre estudios anteriores, se diseñó éste estudio para probar la hipótesis de que la exposición a los diferentes metales pesados (Plomo, Cadmio y Cromo).

- *Streptococcus mutans* si presenta resistencia ante diferentes concentraciones de los diferentes metales pesados (Plomo, Cadmio y Cromo).
- *Streptococcus mutans* si presenta susceptibilidad ante diferentes concentraciones de los diferentes metales pesados (Plomo, Cadmio y Cromo).

15. OBJETIVO

General.

Determinar la presencia de cromo, cadmio y plomo en terceros molares, cabello y sangre de personas sanas.

Específico.

1. Determinar las concentraciones de plomo, cromo y cadmio de terceros molares, cabello, y sangre de pacientes sanos, mediante la técnica de espectrofotometría de absorción atómica-por flama.
2. Mediante muestras de saliva, aislar a *Streptococcus mutans* de pacientes y estudiantes sanos.
3. Probar la capacidad de las cepas aisladas de *Streptococcus mutans* de crecer a diferentes concentraciones de plomo, cadmio y cromo, como marcador biológico.

Diagrama 1 Resumen de las diferentes etapas del desarrollo experimental.

2014



16. MATERIALES Y MÉTODOS

16.1 Diseño experimental

En el diagrama 1 se muestra un resumen de las diferentes etapas del desarrollo experimental que se explican brevemente en los siguientes incisos.

16.2 Descripción de la muestra poblacional

Para la realización de éste trabajo se establecieron los siguientes criterios:

Pacientes y estudiantes (hombre mujeres) de la Facultad de Estomatología (BUAP) que no recibieron tratamiento con alguna clase de antibiótico.

16.3 Obtención de Muestras Biológicas

Muestra Poblacional	Muestras biológicas
Pacientes	○ Saliva ○ Cabello ○ Índice de caries ○ Piezas dentales (terceros molares)
Estudiantes	○ Saliva ○ Cabello ○ Índice de caries ○ Sangre

16. 4 Obtención de Muestras

Las muestras de saliva fueron de suma importancia, para aislar e identificar a *Streptococcus mutans*.

Los Pacientes depositaron su muestra de saliva en tubos de ensaye estériles de 7 ml, e hicieron entrega de su o sus piezas dentales extraídas por indicación del Estomatólogo que lleva su tratamiento ⁽⁷⁵⁾.

Para las muestras de cabello se procedió de la siguiente manera, se tomó un mechón de cabello del paciente de la parte de la nuca cortando lo más cercanamente posible al cuero cabelludo, evitando cortar la piel del paciente. Unas veces obtenidas la muestra de cabello, ésta se colocó en un tubo de ensaye estéril, para su análisis posterior ⁽⁸⁸⁾.

La etapa de salud oral, reconocimiento del índice de caries (en caso de haber), fue apoyada por los Docentes del Cuerpo Académico de Ciencias Básicas de la Facultad de Estomatología (BUAP).

Dichos datos proporcionaron las condiciones de salud oral de cada paciente y el número de piezas dentales extraídas que se donaron para la realización de la determinación de metales pesados que se realizó por la técnica de Espectrofotometría de absorción atómica ⁽⁸⁸⁾.

Una vez colectadas ambas muestras (saliva, cabello y piezas dentales (terceros molares) éstas trasladadas al Laboratorio de Investigación de Microbiología Oral (FEBUAP), donde se concentraron, se inició el procedimiento para su análisis las muestras de saliva se depositaron en crioviales colocándolas a -70°C , para su análisis posterior. Por otro lado las piezas dentales fueron colocadas en tubos de ensaye estériles para su clasificación y su análisis posterior, de igual manera las muestras de cabello.

Para población Estudiantil la toma de muestras de saliva y cabello se siguió el mismo procedimiento de colecta, en el caso de la toma de muestras de sangre, éstas fueron colocadas en tubos de ensaye estériles con anticoagulante, en refrigeración para su análisis posterior.

16. 4 Análisis de Muestras Biológicas

Para la identificación de *Streptococcus mutans*, se inició en primera instancia por la descongelación de las muestras de saliva, una vez hecho esto, se tomaron las dichas muestras sin diluir y se colocaron en placa (cajas Petri) con medio mitis – salivarius y 2 diluciones decimales subsecuentes. Al final de éste procedimiento, fueron colocadas en jarras de anaerobiosis por un periodo de 24 a 48hrs a 37° C, en una atmósfera de CO₂ 5%, al término de éste se dejaron 24hrs más a temperatura ambiente, posterior se realizó la identificación morfológica de las colonias ⁽⁷⁵⁾.

16.5 Identificación de *Streptococcus mutans*

Para la identificación de *Streptococcus mutans*, Se realizó pruebas de hidrólisis de Arginina al igual que el proceso de la fermentación de los siguientes carbohidratos:

- | | |
|-------------|-----------------------|
| ❑ Glucosa | ❑ Manitol (polioles) |
| ❑ Rafinosa | ❑ Sorbitol (polioles) |
| ❑ Melobiosa | |
| ❑ Sacarosa | |

Para las pruebas bioquímicas se utilizaron microplacas con 96 pocillos y se incubaron durante 24 hrs. a 37°C ⁽⁷⁵⁾.

Una vez que se identificó a *Streptococcus mutans* fue depositado un inóculo de ésta bacteria en crioviales con caldo Todd-Hewitt más sangre de carnero nuevamente a -70 °C para su conservación.

Posteriormente, se utilizó cada muestra, para probar la capacidad de las cepas aisladas de *Streptococcus mutans* de crecer a diferentes concentraciones de Plomo (Pb), Cromo (Cr) y Cadmio (Cd).

16.6 Prueba de Resistencia de *Streptococcus mutans*.

De muestras aislada de *Streptococcus mutans*, probar la capacidad de crecer a diferentes concentraciones de Pb Cr y Cd, se utilizando diferentes sales, ya que estos reactivo es mucho más soluble y un poco más manejable para este tipo de estudio.

Para este ensayo, se adaptó la técnica de antibiograma, utilizando discos de papel filtro (No. 1) con un diámetro de 7mm, los cuales se colocaron en tubos de ensayo con tapón de rosca para ser esterilizados a 15 libras de presión por 15 minutos. Al término de éste se colocó cada disco en placas (cajas de Petri) estériles debidamente rotuladas con 10µl de cada una de las concentraciones de metales pesados respectivamente.

Las cepas de *Streptococcus mutans*, ya identificadas, se sembraron nuevamente en placa (cajas Petri) con medio Mitis –Salivarius para confirmar la viabilidad de las mismas, transcurrido el tiempo estimado se tomó una unidad formadora de colonia y se resembró en caldo Todd-Hewitt por un periodo de 18hrs, posteriormente, se realizó un sembrado en masivo utilizando las placas con medio soya tripticaseina modificado, una vez hecho éste procedimiento se colocaron cada uno de los discos con diferentes concentraciones de metales pesados, ésta prueba se hizo por duplicado, una réplica se dejó por un periodo de 24hrs a 37°C y la otra réplica se colocó bajo condiciones de anaerobiosis por un periodo también de 24 hrs.

La resistencia se determinó mediante el crecimiento en la placa y la sensibilidad mediante la presencia de halos de inhibición (ausencia de crecimiento).

16.7 Determinación de Metales pesados Pb, Cr y Cd de muestras de cabello y terceros molares.

Este procedimiento fue realizado en el Laboratorio de Química Inorgánica bajo la dirección del M en C. Leopoldo Castro Caballero.

Las piezas dentales colectadas fueron clasificadas de acuerdo a su posición y nombre, posteriormente, para determinación de metales pesados se inició de la siguiente manera: se pesó cada diente colectado, se colocaron nuevamente en tubos de ensaye y se adicionó 10 ml de ácido nítrico, dejando estas muestras por un periodo de 48 a 72 hrs. a temperatura ambiente para su desmineralización.

Por otro lado se colocaron cada una de las muestras de cabello en vasos de precipitado con capacidad de 20 ml donde se les adicionó 10 ml de ácido nítrico para su digestión, al término de éste, se calentó cada muestra para eliminar rastros de cabello, se dejó enfriar cada muestra, posterior se aforó a 20ml, para iniciar la determinación de metales pesados.

Se elaboraron buffers con diferentes concentraciones de metales pesados para calibración del espectrofotómetro, dando paso a la lectura de las muestras de cabello a diferentes concentraciones de metales pesados.

Una vez desmineralizados los terceros molares, se aforaron a hasta obtener un volumen de 20ml de muestra total, seguido se inició la lectura de las mismas, siguiendo el procedimiento de calibración antes de iniciar con la lectura.

16.8 Procesamiento de datos.

Debido a que las concentraciones de cadmio, cromo y plomo en la sangre, cabello y terceros molares no tuvieron una distribución normal, se realizó una transformación logarítmica de esta variable para todo el análisis. Se identificaron las variables predictoras de plomo en sangre mediante la prueba F-test y ANOVA de acuerdo a las características de la población. Las variables significativas a $p=0.10$ se incluyeron en un modelo multivariado para determinar los principales predictores de plomo en sangre, cabello y terceros molares y se efectuó una prueba para conocer la frecuencia con el índice de caries.

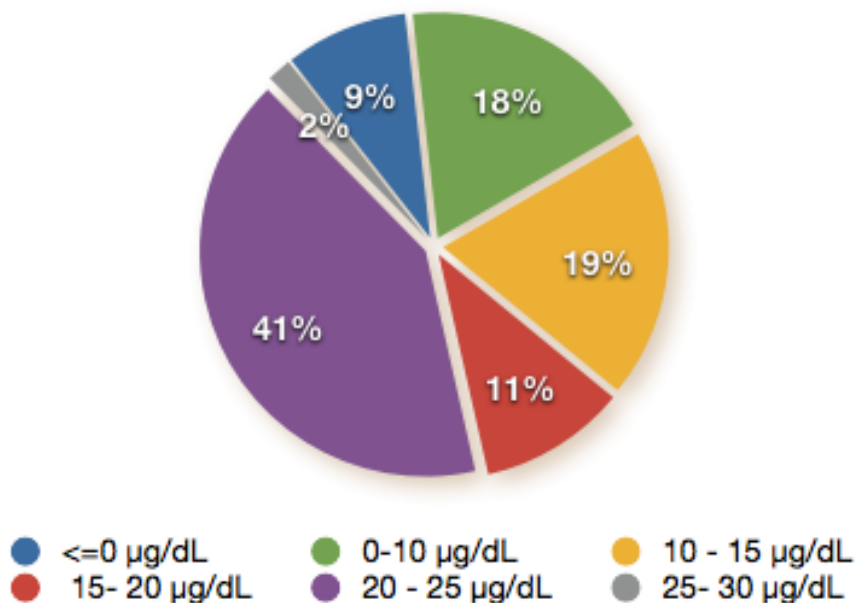
17. RESULTADOS

17. 1. Resultados sobre los niveles de plomo, cadmio y cromo en muestras de sangre, cabello y terceros molares de pacientes y estudiantes de la Facultad de Estomatología BUAP (FEBUAP).

El estudio realizado a los Estudiantes, con una población de 89 individuos, de los cuales se obtuvieron 68 muestras sangre, 82 muestras de saliva y 82 muestras de cabello, tenemos los siguientes:

El porcentaje de Pb en sangre, presentó valores menores a $10\mu\text{g/dL}$ de sangre (gráfica 1) la cual muestra un valor del 27%, mientras que el nivel de plomo mayor a $10\mu\text{g/dL}$ de sangre fue del 72%.

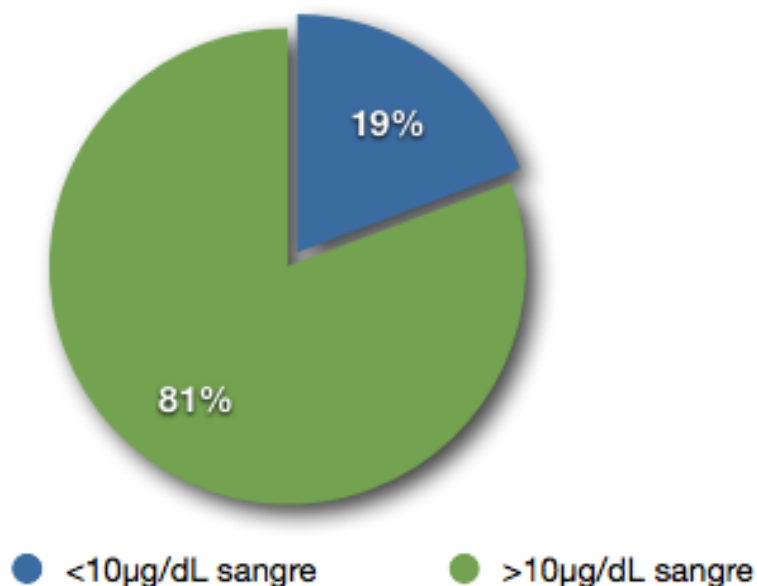
Gráfica 1. PORCENTAJE DE PLOMO (Pb) EN SANGRE DE ESTUDIANTES FEBUAP



Gráfica 1. Porcentaje de sangre de muestras colectadas. Estudiantes de FEBUAP.

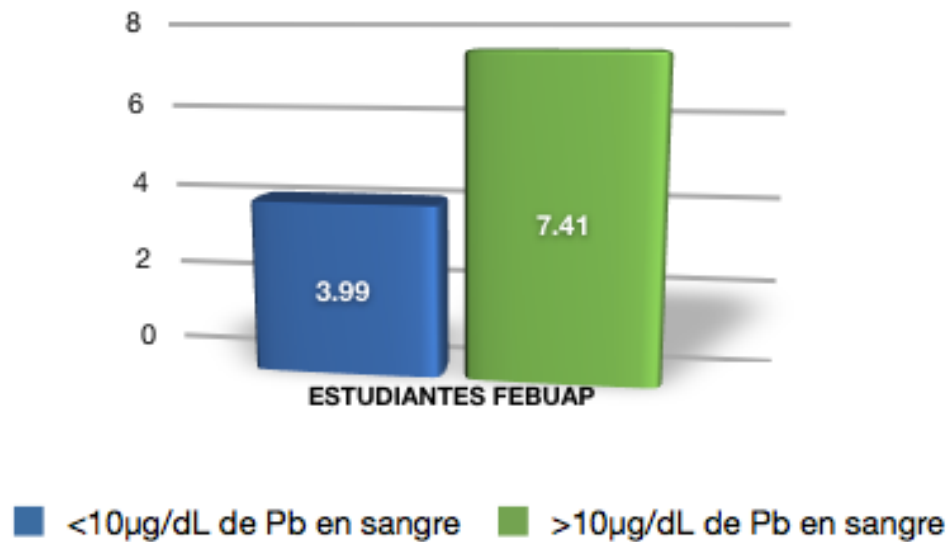
El valor promedio en sangre presentó un valor de 3.64 $\mu\text{g/dL}$ de sangre (gráfica 2) dentro de los niveles de plomo menores a 10 $\mu\text{g/dL}$ de sangre. Por otro lado el valor promedio de plomo en sangre con niveles de plomo mayores a 10 $\mu\text{g/dL}$ de sangre fue de 15.27. Sin embargo, no hubo diferencia estadísticamente significativa, al aplicar la prueba, en relación con la investigación se obtuvo de igual manera el valor promedio de CPO (índice de caries) para los estudiantes con valores normales de plomo en sangre el cual fue 3.99 (gráfica 3) y para los estudiantes con un nivel de plomo mayor a 10 $\mu\text{g/dL}$ de sangre fue de 7.41.

Gráfica 2. VALOR PROMEDIO DE PLOMO (Pb) EN SANGRE



Gráfica 2. Valor promedio de muestras colectadas de sangre, Estudiantes de FEBUAP.

Gráfica 3. VALOR PROMEDIO DE ÍNDICE DE CARIES



Gráfica 3. Valor promedio de índice de caries de muestras colectadas, Estudiantes de FEBUAP.

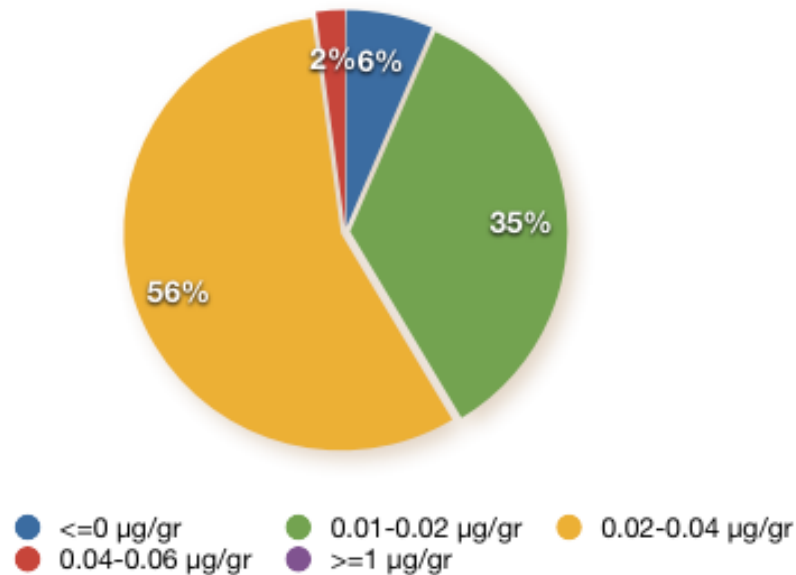
Aunque los datos sobre el nivel de plomo obtenidos por esta investigación, no sean estadísticamente significativos, se puede observar que si hay una relación entre el índice de caries y los niveles de plomo en sangre.

Por otro lado también se observa que entre el número de unidades formadoras de colonias (UFC/ml) y los niveles de plomo en sangre hay una adaptación de este microorganismo a los diferentes niveles de plomo que presentaron los estudiantes.

Otra de las variables que se empleó para ésta investigación fue la toma de muestras de cabello y dientes (terceros molares) para lo cual tenemos los siguientes:

El porcentaje de plomo en cabello de los estudiantes que presentaron valores menores a 10 µg/gr, se puede observar en la gráfica 4, dicha gráfica muestra un valor del 56% con un rango de 0.02 a 0.04 µg/gr, siendo éste el más alto con un valor promedio de 0.02 µg/gr de plomo.

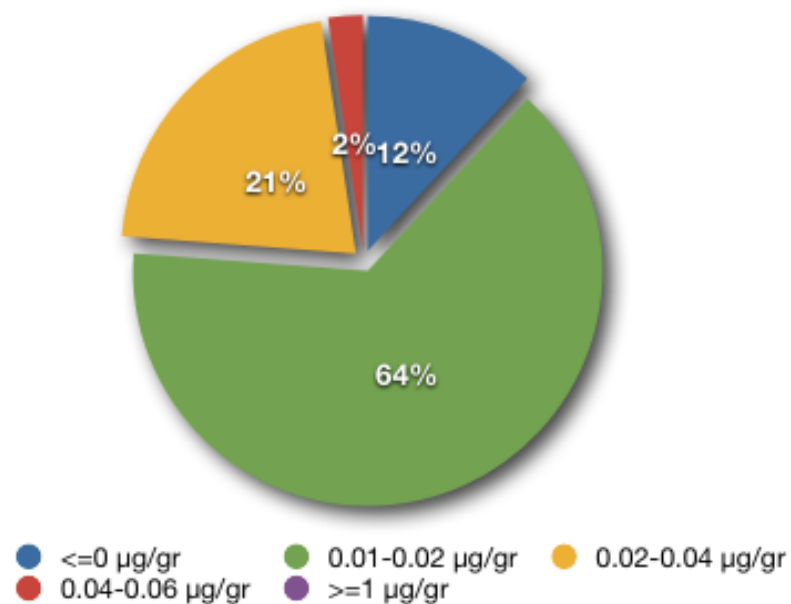
Gráfica 4. PORCENTAJE DE PLOMO (Pb) EN CABELLO ESTUDIANTES FEBUAP



Gráfica 4. Porcentaje de plomo en cabello, Estudiantes de FEBUAP.

De igual manera el resultado obtenido de las muestras provenientes de pacientes correspondientes al plomo en cabello muestra un valor menor al de referencia, teniendo un porcentaje del 64% como el más alto, esto se muestra en la gráfica 5.

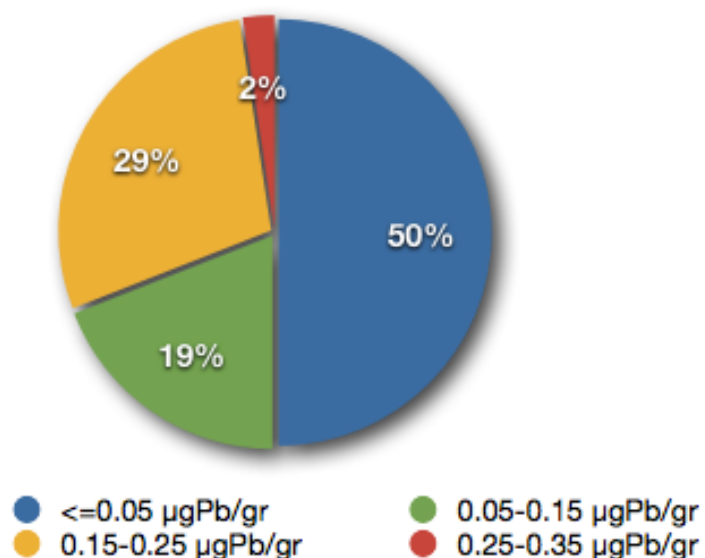
Gráfica 5. PORCENTAJE DE PLOMO (Pb) EN CABELLO EN PACIENTES



Gráfica 5. Porcentaje de plomo en cabello, Pacientes de FEBUAP

En cuanto al porcentaje de plomo en dientes (terceros molares) provenientes de pacientes, tenemos un valor de 0.16, menor a 10 $\mu\text{g/gr}$, teniendo un porcentaje del 50%, el cual se presenta en la gráfica 6.

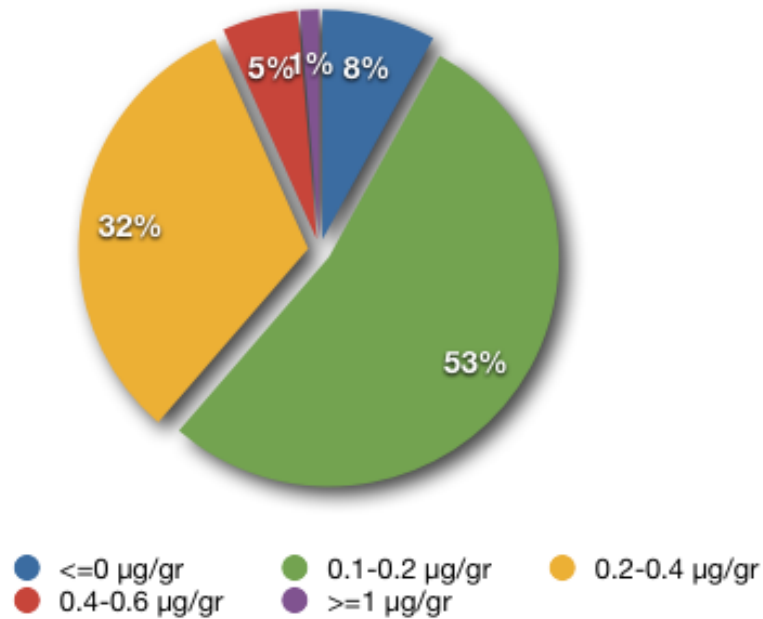
Gráfica 6. PORCENTAJE DE PLOMO (Pb) EN TERCEROS MOLARES DE PACIENTES FEBUAP



Gráfica 6. Porcentaje de plomo en terceros molares, Pacientes de FEBUAP

El resultado que obtuvimos de la identificación de cadmio (Cd) en cabello en estudiantes, se presenta en la gráfica 7, dicha gráfica muestra que el porcentaje mayor fue de 53%, con un valor promedio de 0.2 $\mu\text{g/gr}$. Valor obtenido de las muestras procesadas.

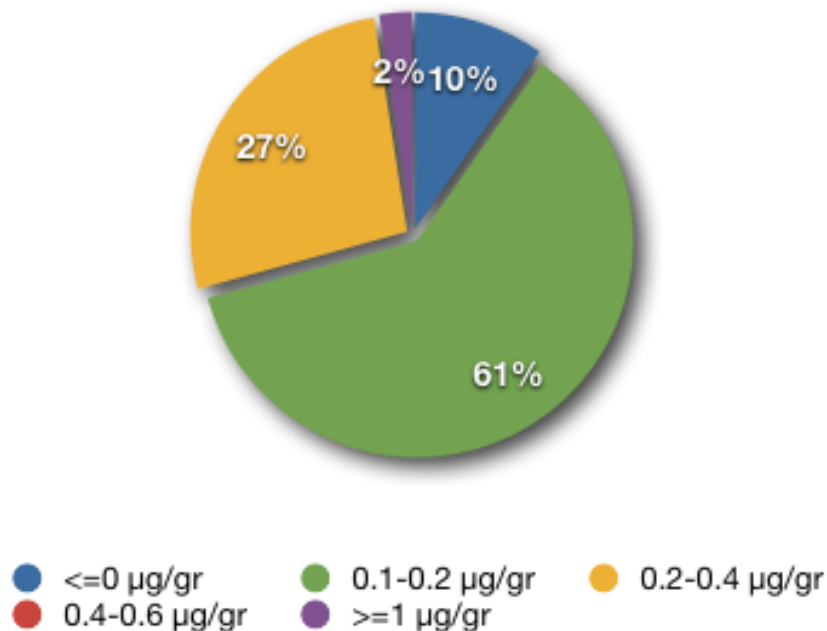
Gráfica 7. PORCENTAJE DE CADMIO (Cd) CABELLO DE ESTUDIANTES



Gráfica 7. Porcentaje de Cadmio (Cd) en muestras de cabello, Estudiantes FEBUAP.

La gráfica 8, presenta el porcentaje de cadmio en las muestras de cabello de pacientes FEBUAP, la cual presenta unos valores menores a los 10 µg/gr, con un valor de 0.2µg/gr y muestra un porcentaje de 61%.

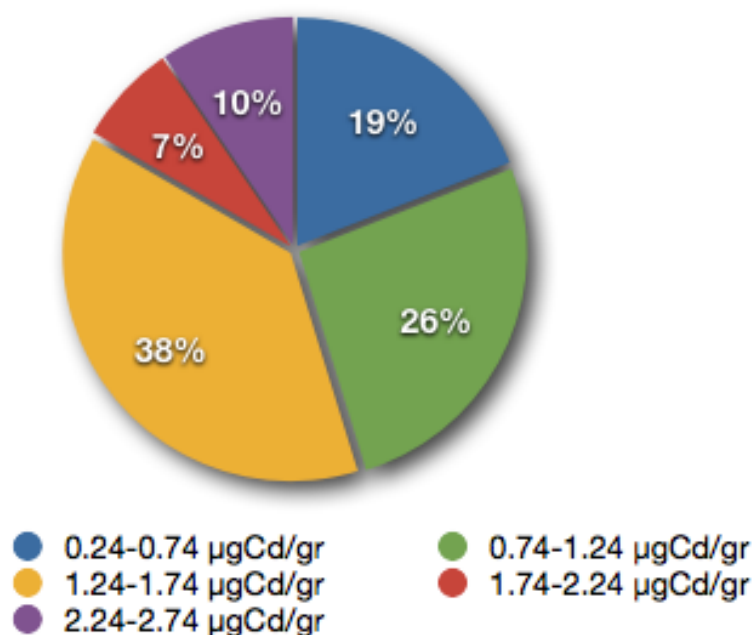
Gráfica 8. PORCENTAJE DE CADMIO (Cd) EN CABELLO DE PACIENTES



Gráfica 8. Porcentaje de Cadmio (Cd) en muestras de cabello, Pacientes FEBUAP

El porcentaje de cadmio en dientes, corresponde a las muestras colectadas de pacientes, que presentaron valores menores a 10 $\mu\text{g/gr}$, se puede apreciar en la gráfica 9, dicha gráfica muestra que el porcentaje mayor es de 38% con un valor de 1.65 $\mu\text{g/gr}$.

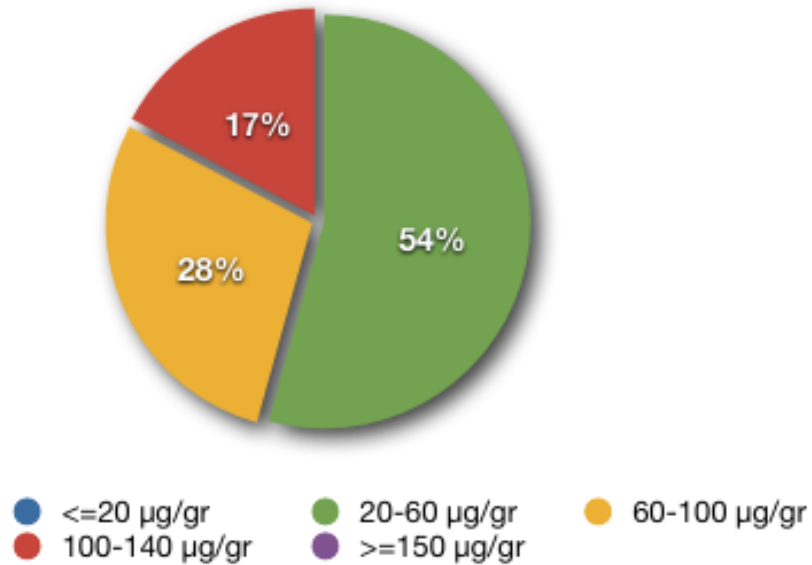
Gráfica 9. PORCENTAJE DE DE CADMIO (Cd) EN 3eros. MOLARES DE PACIENTES FEBUAP



Gráfica 9. Porcentaje de Cadmio (Cd) en muestras de terceros molares, Pacientes FEBUAP.

El valor promedio de cromo en cabello presenta un valor de 54 $\mu\text{g/gr}$, gráfica 10, en niveles mayores a 10 $\mu\text{g/gr}$ y un valor de 1.87 $\mu\text{g/gr}$ en niveles menores a 10 $\mu\text{g/gr}$. Sin embargo, no hubo diferencia estadísticamente significativa, al aplicar la prueba.

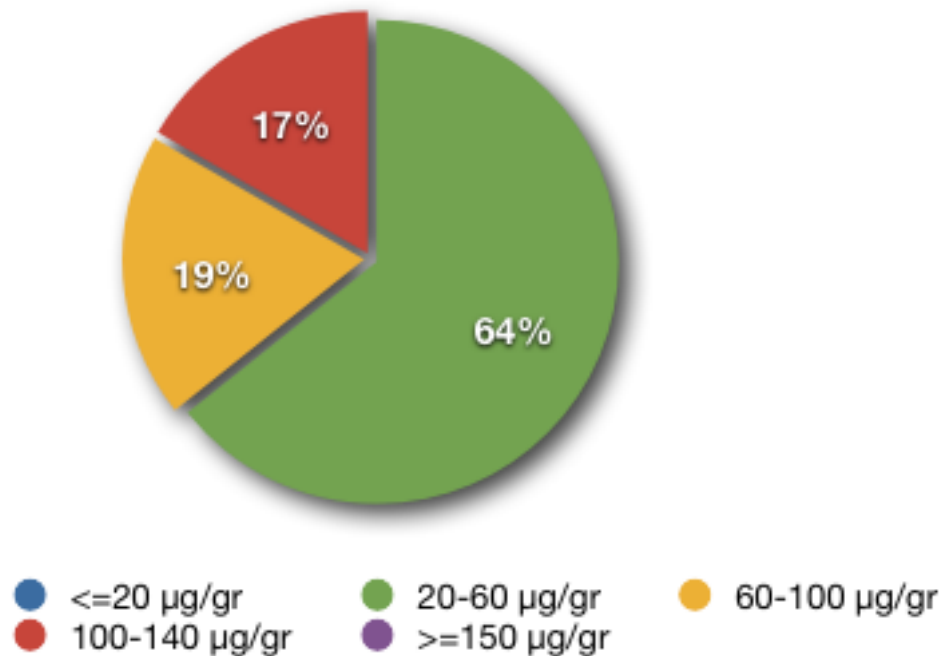
Gráfica 10. PORCENTAJE DE CROMO (Cr) EN CABELLO DE ESTUDIANTES FEBUAP



Gráfica 10 Porcentaje de cromo (Cr) en cabello, Estudiantes FEBUAP

El porcentaje de cromo en muestras de cabello de estudiantes, presenta un valor promedio de $68.8 \mu\text{g/gr}$, representado en la gráfica 11, con un porcentaje de 64%, mayor a $10 \mu\text{g/gr}$.

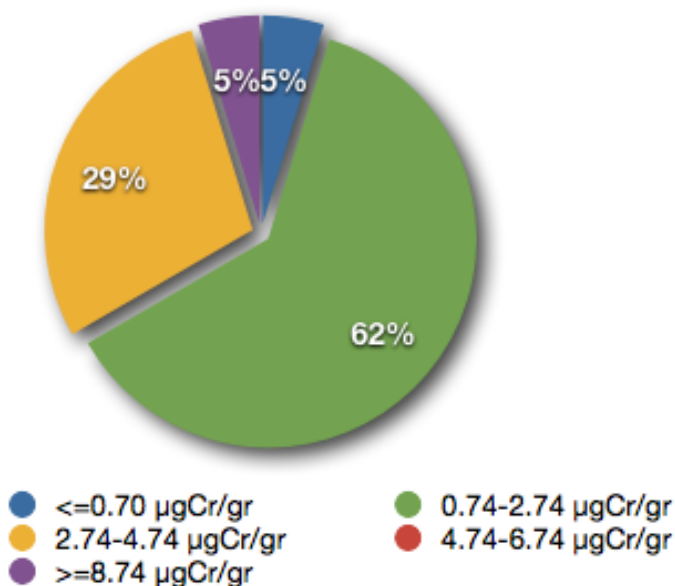
Gráfica 11. PORCENTAJE DE CROMO (Cr) EN CABELLO DE PACIENTES



Gráfica 11 Porcentaje de cromo (Cr) en cabello, Pacientes FEBUAP

El valor promedio de cromo en terceros molares, fue de $1.8\mu\text{g/gr}$, en niveles menores a $10\mu\text{g/gr}$. Por otro lado el valor promedio de cromo con niveles mayores a $10\mu\text{g/gr}$, no se obtuvieron teniendo un valor de $8.5\mu\text{g/gr}$.

Gráfica 12. PORCENTAJE DE CROMO (Cr) EN TERCEROS MOLARES DE PACIENTES FEBUAP



Gráfica 12 Porcentaje de cromo (Cr) en terceros molares, Pacientes FEBUAP

17.2 Resultados sobre la susceptibilidad de *Streptococcus mutans*, a diferentes concentraciones de plomo, cadmio y cromo, en muestras de sangre, cabello y terceros molares.

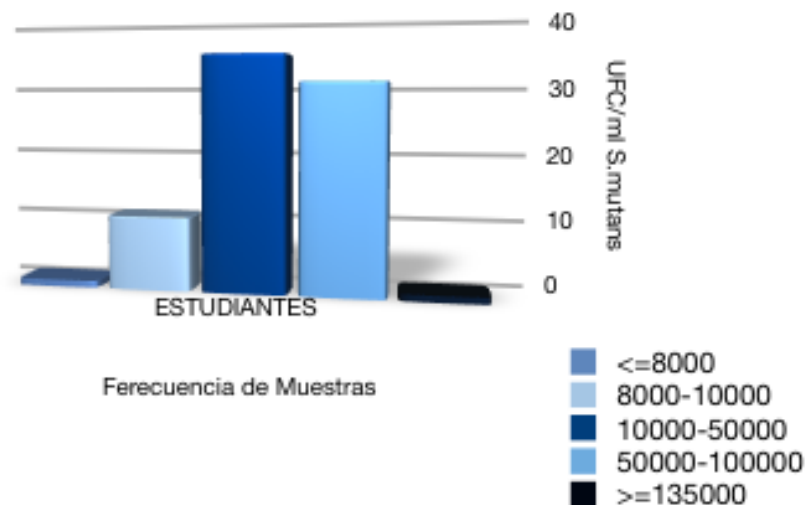
Antes de probar la capacidad de *Streptococcus mutans* a crecer bajo diferentes concentraciones de plomo, cromo y cadmio, se obtuvieron los siguientes resultados:

El número de unidades formadoras de colonias (UFC/ml) de *Streptococcus mutans*, provenientes de estudiantes y pacientes FEBUAP, se muestra en la tabla 1 (anexo 4) éste resultado nos indica la carga bacteriana que presentaron los estudiantes, y pacientes, cabe señalar que ellos no fueron sometidos algún tratamiento o con antibiótico antes de coleccionar las muestras de saliva.

El número de UFC/ml de *Streptococcus mutans*, de estudiantes y de pacientes presentó una alta concentración de las mismas, esto debido al tipo de higiene de cada estudiante y paciente, no olvidemos los hábitos alimenticios que cada uno de ellos presenta (gráfica 13 y 14).

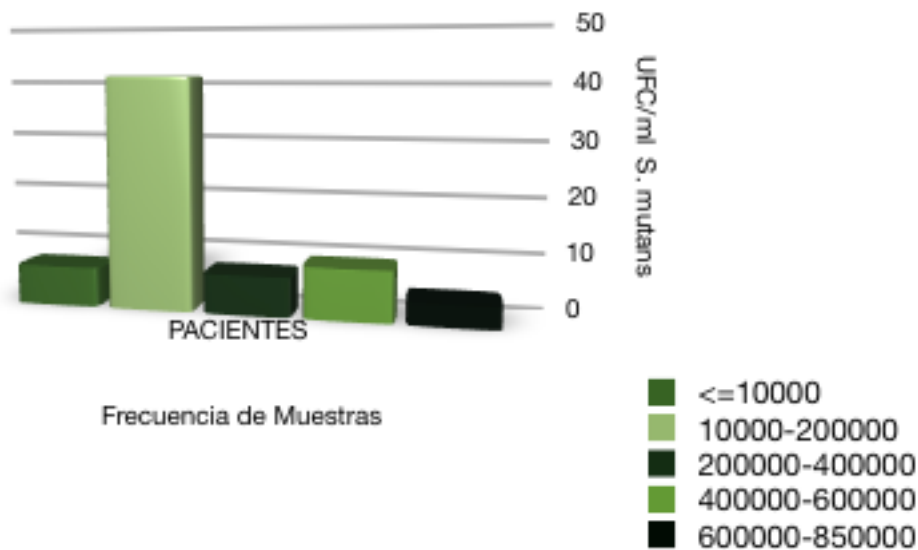
Es evidente que el número de UFC/ml que los estudiantes y pacientes presentan en una alta carga bacteriana al ser comparados los datos de ambos grupos. Sin embargo, aunque el número de unidades formadoras de colonias es alto para el grupo de pacientes, en comparación con los valores que muestra el grupo de estudiantes, estos valores están muy cercanos entre ellos.

Gráfica 13. UFC/ml de *S. mutans* aislada de saliva-estudiantes FEBUAP



Gráfica 13 UFC/ml de bacterias de *Streptococcus .mutans* aisladas de Estudiantes de FEBUAP

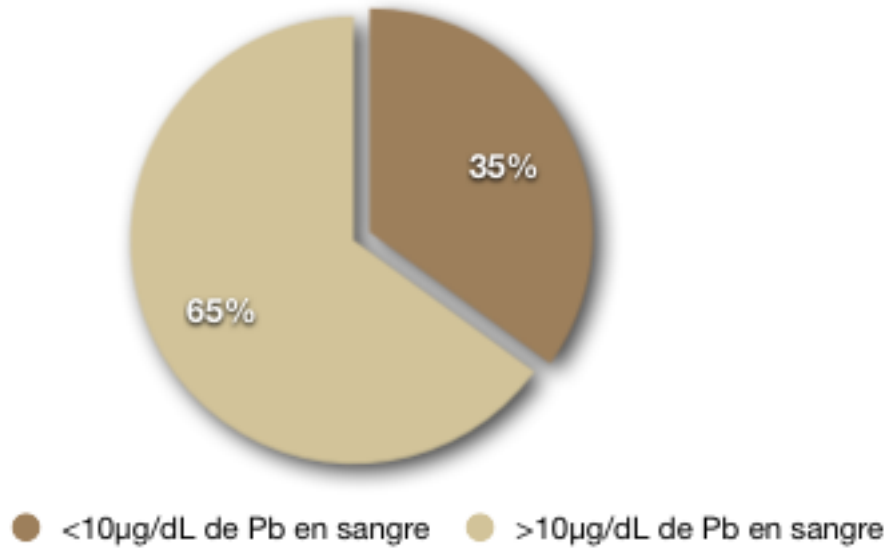
Gráfica 14. UFC/ml de *S. mutans* aislada de saliva-Pacientes FEBUAP



Gráfica 14 UFC/ml de bacterias de *S. mutans* aisladas de Pacientes de FEBUAP

Para valorar el efecto de la concentración de plomo en sangre con la cantidad de *Streptococcus mutans* en UFC/ml de saliva de las muestras con un nivel de plomo menor a 10µg/dL de sangre fue igualado a el 100% observándose de esta manera que el promedio de las muestras de *Streptococcus mutans* con niveles mayores al 10µg/dL de sangre, expresadas en UFC/ml son mayores en ambos grupos. Donde podemos observar que las muestras de estudiantes presentaron un valor 65% en muestras con niveles de plomo en sangre menores a 10µg/dL de sangre.

Gráfica 15. Porcentaje de UFC/ml de *S. mutans* en Estudiantes -FEBUAP



Gráfica 15 Porcentaje de UFC/ml de bacterias de *S. mutans* aisladas de los Estudiantes de FEBUAP

Por otro lado, el número de unidades formadoras de colonias de bacterias (UFC/ml) de *Streptococcus mutans* fue relativamente alto y el efecto de la concentración de plomo en muestras de cabello, muestran un valor promedio de 0.023 µgr, esto nos indica que la carga bacteriana fue mayor que la muestra de plomo en cabello.

El valor promedio que se obtuvo de la concentración de cromo en las muestras de cabello fue 67.13, valor relativamente alto en comparación con el promedio obtenido de unidades formadoras de colonias de bacterias (UFC/ml) de *Streptococcus mutans*.

En cuanto al valor promedio de cadmio en muestras de cabello el valor fue de 0.26, siendo éste bajo con respecto al valor promedio de unidades formadoras de colonias de bacterias (UFC/ml) de *Streptococcus mutans*.

Por otro lado para valorar el efecto de la concentración de plomo en muestras de cabello y terceros molares de pacientes, con la cantidad de *Streptococcus mutans* en UFC/ml de saliva, se obtuvo un valor promedio de 0.24 en muestras de cabello y

de 0.16 en muestras de terceros molares. Sin embargo el valor promedio de UFC/ml de saliva fue mayor.

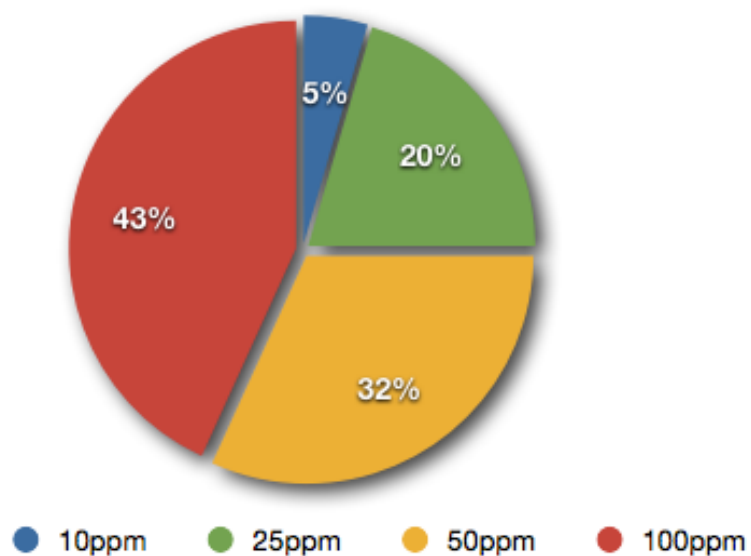
De igual manera los valores obtenidos sobre el efecto de las concentraciones de cromo en cabello y terceros molares de pacientes, con la cantidad de ***Streptococcus mutans*** en UFC/ml de saliva, se obtuvo un valor promedio de 62.54 en las muestras de cabello siendo éste mayor que el valor promedio obtenido de UFC/ml de saliva y 2.48 en muestras de terceros molares.

Por otro lado el valor promedio obtenido sobre el efecto de las diferentes concentraciones de cadmio en cabello y terceros molares de muestras de pacientes es el siguiente, 0.23 en cabello y 1.33 en terceros molares, siendo éstos valores menores al promedio de obtenido de UFC/ml de saliva.

Mediante la técnica de antibiograma, pudimos observar algunas de las muestras aisladas de *Streptococcus mutans* provenientes de estudiantes y pacientes FEBUAP, presentando los siguientes resultados.

En la exposición a acetato de plomo se manejaron las concentraciones de 10, 25, 50 y 100 ppm (gráfica 16) donde observamos un porcentaje del 42% a una concentración de 100 ppm, observando halos de inhibición a ésta concentración (fig. 1, pag. I) mientras que para la concentración de 50 ppm el porcentaje fue del 32%, siendo menor el porcentaje de las concentraciones de 25ppm y 10ppm, observando que a estas concentraciones las cepas de *Streptococcus mutans* aisladas presentan una alta capacidad a crecer bajo éstas concentraciones de acetato de plomo.

Gráfica 16. RESISTENCIA DE *S. mutans* AISLADO DE SALIVA DE ESTUDIANTES A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE PLOMO



Gráfica 16 Susceptibilidad de *S. mutans* aislada de los estudiantes FEBUAP.

Siguiendo el mismo procedimiento, las muestras aisladas de *Streptococcus mutans* provenientes de los estudiantes FEBUAP, resultaron resistentes a las diferentes concentraciones de acetato de plomo.

17.3 Resultados sobre los niveles de plomo, cadmio y cromo en muestras de sangre, cabello y terceros molares de estudiantes y pacientes FEBUAP y la incidencia de caries dental.

De acuerdo a la norma (anexo 1) se observó que los datos que obtuvimos de las muestras de sangre de los estudiantes, se encuentran dentro de la categoría I; sin embargo, se obtuvieron valores que están muy cercanos a la siguiente categoría ($10 > 24 \mu\text{g/dL}$) la cual solo hace referencia a las observaciones necesarias que debe seguir el paciente.

Para obtener el índice de caries de los estudiantes, se obtuvo de los expedientes sobre Salud Oral que se les realizó a los mismos, presentando los valores correspondientes al índice de caries (anexo 2).

Estos valores nos muestran la incidencia de caries dental que cada estudiante presentó en el momento de la revisión dental, donde podemos ver que el número de piezas lesionadas va de 0 a 8.

En la tabla 2 (anexo 2) se presentan los datos obtenidos de los niveles de plomo en sangre y el índice de caries de los estudiantes.

Como podemos observar, el límite máximo permisible de plomo en la sangre, según la Norma Oficial Mexicana, es de $<10 \mu\text{g/dL}$ (anexo II) sin embargo, éste nivel no es seguro, ni normal, ni deseable, pues aún no se ha identificado el umbral a partir del cual se presentan los efectos dañinos del plomo.

De acuerdo a esta norma, se observó que los datos que obtuvimos de las muestras de sangre de los estudiantes, se encuentran dentro de la categoría I; sin embargo, valores que se presentan en la tabla 2, muestran que son muy cercanos a la siguiente categoría ($10 > 24 \mu\text{g/dL}$) la cual solo hace referencia a las observaciones

necesarias que debe seguir el paciente. No obstante también se tiene valores por arriba de 10 μ g/dL.

Así mismo, los valores que muestran la incidencia de caries dental que cada paciente presentó en el momento de la revisión dental, vemos que el número de piezas lesionadas el cual fue de 1 a 14.

La tabla 3 (anexo 4) presenta los valores sobre los niveles de cadmio en cabello y el índice de caries.

En este caso obtuvimos valores menores a los 10 μ g/gr, del cual solo se hace referencia a las observaciones necesarias que debe seguir el paciente.

El índice de caries de los estudiantes, fue obtenido de los expedientes sobre Salud Oral que se les realizó a los mismos (anexo 2). Estos valores nos muestran las incidencias de caries dental que cada estudiante presentó en el momento de la revisión dental, donde vemos que el número de piezas lesionadas va de 0 a 8.

En las tablas siguientes se observa que los niveles de cromo, presentan valores menores a 10 μ g/gr, como se observa en la tabla 4 (anexo 2) donde se muestran los niveles de cromo e índice de caries de estudiantes. En dicha tabla los niveles de cromo se encuentran en nivel bajos, sin embargo, de acuerdo a la norma se debe realizar una prevención.

De igual manera podemos observar que en la tabla 5 (anexo 4) se presentan valores referentes al nivel de plomo en cabello de pacientes, los cuales también presentan valores menores a los 10 μ g/gr con un promedio de 0.022. Mientras que el valor promedio que se obtuvo de las muestras de cabello para determinar cadmio fue de 0.23, siendo éste menor a los 10 μ g/gr, por otro lado se tiene un valor promedio de cromo del 62.54, siendo éste valor mucho más alto que los obtenidos por plomo y cadmio.

En cuanto al índice de caries (CPO) tenemos que para los pacientes el daño observado en piezas dentales permanente va de 3 a 9 piezas lesionadas.

En la tabla 6 (anexo 4) se presentan valores referentes a el nivel de cadmio en cabello de pacientes, los cuales mostraron un valor promedio de $0.23\mu\text{g/gr}$, situando éste valor dentro de la categoría I, establecido por la Norma Oficial Mexicana (anexo 2). Si observamos dichos datos tenemos que, para los pacientes se presentan valores menores al $10\mu\text{g/gr}$, al mismo tiempo el valor promedio obtenido con respecto al cromo en muestras de cabello de pacientes fue de 62.5.

Ahora bien como podemos observar el daño en las piezas dentales permanentes fue de 3 a 9 piezas lesionadas, podemos observar en la tabla 7 los niveles de plomo en terceros molares y el índice de caries. En dicha tabla se muestran los niveles de plomo en terceros molares los cuales se encuentran ubicados en la categoría I de la Norma Oficial Mexicana (anexo 2). Como podemos observar se presenta valores con nivel de plomo bajo, considerado así ya que los valores no sobrepasan lo estipulado por dicha norma.

En éstos valores tenemos un promedio de $0.22\mu\text{g/gr}$, situándose en la categoría I. Por otro lado el valor promedio de cadmio fue de $0.23\mu\text{g/gr}$, considerado como valor menor a los $10\mu\text{g/gr}$, sin embargo el valor promedio que se obtuvo en cromo fue de $62.5\mu\text{g/gr}$, valor mucho más alto que los reportados obtenidos en plomo y cadmio ya que los valores obtenidos por cadmio y plomo presentan una cercanía entre sí.

18. DISCUSIÓN

Numerosos estudios han identificado los efectos adversos que pueden causar los diferentes metales pesados, de forma particular el plomo, cadmio y cromo en altas y bajas dosis sobre el sistema nervioso, y en altas dosis sobre los sistemas hematopoiético hematopoyético, renal y reproductivo ⁽⁶²⁾. Otros estudios hacen referencia a los niveles relativamente bajos de plomo en sangre los cuales pueden producir en los niños trastornos neurofisiológicos, incluyendo aquellos que afectan la habilidad para aprender, la conducta y la coordinación motora ⁽⁷¹⁾.

Como sabemos el problema sobre la exposición al plomo, cadmio y cromo afecta a todos los países de Latinoamérica y el Caribe (LAC) ya que, si bien México y Perú son los productores más importantes de ese metal, las principales vías de absorción de éste metal, son la respiratoria, digestiva y la cutánea, aunque la segunda es la más importante en niños y adolescentes ^(3, 18). Ello se debe a que los menores se caracterizan por explorar su entorno con las manos y boca, los cuales dan como resultado que muchos ingieran partículas de tierra o polvo contaminado con metales, así como partes de objetos y productos cubiertos con pinturas a base de plomo. Por otra parte, el organismo de los niños y adolescentes tiene la capacidad de absorber el plomo en porcentajes más altos que los de los adultos, y una vez dentro del organismos éste metal es distribuido en la sangre y en los tejidos blandos; posteriormente se redistribuye y almacena en huesos ⁽⁵⁾. Sin embargo, no se han abordado estudios relacionados con la incidencia de caries y los niveles de plomo, cadmio y cromo en México, así como la adaptación que presenta *Streptococcus mutans* a crecer bajo diferentes concentraciones de éstos.

Los resultados de éste estudio muestran que los estudiantes de esta Institución presentaron concentraciones altas de plomo en sangre, uno de los aspectos de suma importancia fue el porcentaje que presenta con respecto al sexo, 42% para el sexo masculino y un 58% para el femenino.

En cuanto al porcentaje de plomo en sangre que presentaron los estudiantes, tenemos un valor 27% en alumnos con un nivel de plomo menor a 10 $\mu\text{g/dL}$, resultado relativamente alto, mientras que el nivel de plomo mayor a los 10 $\mu\text{g/dL}$ fue 71%. Ahora bien, los resultados indican que el valor promedio de las muestras que presentaron un nivel de plomo menor a 10 $\mu\text{g/dL}$ fue de 3.64 $\mu\text{g/dL}$, mientras que para los niveles de plomo mayores a 10 $\mu\text{g/dL}$ fue del 15.27 $\mu\text{g/dL}$. Esto es, que la población estudiada presentó un nivel de plomo en sangre mayor a los 10 $\mu\text{g/dL}$.

Otro aspecto muy interesante, está relacionado con el valor promedio de índice de caries (CPO) ésto es, que con un nivel de plomo menor a los 10 $\mu\text{g/dL}$ presentaron un promedio de 3.99, mientras que con un nivel de plomo mayor a 10 $\mu\text{g/dL}$ un valor promedio de CPO de 7.41, con un nivel de plomo alto también presentan un índice de caries alto. Aunque cabe mencionar que no hubo diferencia estadísticamente significativa. Sin embargo, podemos ver que hay una relación entre el nivel de plomo en sangre y el índice de caries.

La relacion con *Streptococcus mutans* y la capacidad de éste, a crecer a diferentes concentraciones de plomo, cadmio y cromo. Del cual podemos discutir lo siguiente:

Como podemos ver, el principal agente etiológico en relación con la caries dental en el grupo designado como *Streptococcus mutans*, del cual se tiene conocimiento de ello hace miles de años así como sus propiedades de patogenicidad de algunos de ellos, produce una adaptación en su crecimiento sobre la película del esmalte y así la colonización del diente, la cual depende de factores exógenos como el mayor o menor consumo de sacarosa en la dieta. El grupo de *Streptococcus mutans* se encuentra ampliamente distribuido en la población mundial, siendo el serotipo c, d, y f biotipo I, la especie que presenta una mayor prevalencia, al igual que el *Streptococcus sobrinus* (serotipo d/g, biotipo IV) pero con menor frecuencia que el anterior.

Como se observa, los resultados que se presentan a lo largo del desarrollo del estudio, han mostrado que las UFC/ml (unidades de colonias por mililitro) de bacterias de *Streptococcus mutans*, así como el nivel de plomo en sangre, indican que estas poblaciones, han ingiriendo diversos contaminantes, tanto químicos, biológicos como los metales pesados.

Otro asunto que nos queda claro es que presentaron un alto nivel de plomo y también una alta incidencia de caries, como nos muestran los resultados. Es decir, que el UFC/ml de *Streptococcus mutans* fue considerablemente alto al ser comparado con las muestras que presentaron un nivel de plomo menor a los 10 µg/dL, esto no quiere decir que no presenta una alta población bacteriana. Tal vez los diversos factores ambientales jugaron un papel muy importante en la adaptación de este microorganismo.

En los grupos estudiados se observó que el promedio de *Streptococcus mutans*, expresados en UFC/ml de saliva, fue siempre mayor al igual que los niveles de plomo, el cual correlaciona con el resultado en la ficha clínica (estado de salud oral).

Por otro lado, en las muestras con un nivel de plomo mayor a los 10 µg/dL el índice de caries fue de cero, pero el UFC/ml fue alto; lo que nos hace pensar que posiblemente el tiempo de exposición al plomo fue mayor que al encontrarse ya almacenado en diente, éste no permite la adherencia de *Streptococcus mutans*.

A pesar de no haber una relación estadísticamente significativa tenemos que, las concentraciones de plomo son altas y que de alguna manera la presencia de este contaminante esta influyendo en la adaptación de *Streptococcus mutans* a vivir bajo esas condiciones y así desarrollar la caries. Aspectos que pudimos observar, al someter las cepas aisladas de *Streptococcus mutans* a crecer a concentraciones altas (40, 50 y 100 ppm) resultado que asociado a los nivel de plomo alto y no sólo eso sino que también en éstas también UFC/ml resultó ser alto, constatando que es

éste microorganismo adaptable y puede crecer bajo diferentes concentraciones de cromo y cadmio.

19. CONCLUSIÓN

Actualmente, la intoxicación por plomo en la infancia es uno de los principales problemas de salud ambiental pediátrica en el mundo, lo cual representa un reto para las autoridades de salud pública, los profesionales clínicos, las agencias de regulación y la sociedad.

Las fuentes de exposición a plomo en humanos pueden clasificarse en dos grupos, de acuerdo con las poblaciones afectadas, uno se refiere a las industriales y ocupacionales, y el otro a las “domésticas”, cuyas poblaciones blanco incluyen a los adultos que no trabajan directamente con plomo. En el cuadro 2 se resume el conjunto de estrategias para la reducción de intoxicación por plomo, basadas en dos ideas: la primera consiste en la identificación de las principales fuentes de exposición ambiental a plomo y su eliminación, y la segunda en el desarrollo de recursos humanos (médicos, maestros y trabajadoras sociales) para la implementación de medidas preventivas.

Cuadro 2 Estrategias para la prevención de la intoxicación por plomo (Idiseño para este estudio)

1 Identificación de las fuentes de plomo

- ⌚ Gasolina y otros productos del petróleo
- ⌚ Baterías y Municiones
- ⌚ Vidriado con plomo
- ⌚ Pinturas y barnices
- ⌚ Medicamentos indígenas
- ⌚ Tuberías con plomo

2. Recomendaciones para la eliminar el plomo

- ❏ Legislación y litigio

- ❏ Acción voluntaria

3. Monitoreo

- ❏ Niños en riesgo

4. Intervención Ambiental

- ❏ En suelos, aire y agua

5. Aporte nutricional

- ❏ Combatir la deficiencia de hierro y calcio en los niños

- ❏ Combatir el parasitismo intestinal (deficiencia de hierro secundaria)

- ❏ Medidas para prevenir la reinfección

- ❏ Prevenir la desnutrición proteico-acalórica

La importancia en la población femenil, que presentó un porcentaje mayor en cuanto a este padecimiento, refiere a la predisposición que presenta este género a diferencia de masculino. Todavía nos queda el objetivo sobre la presencia de otros metales en sangre como el cromo y el cadmio, debido a que las cantidades de cromo exavalente, que se encontraron en otros estudios fueron muy semejante al que se obtuvo en éste trabajo.

Con el análisis documental de diversos estudios, se ha comprobado la presencia de mezclas complejas aunque en menor medida en el agua de consumo humano, factores contaminantes, más los biomarcadores encontrados como la desnutrición, malformaciones congénitas. Esta por de más decir, que nos encontramos ante un problema de contaminación ambiental.

Estos resultados muestran la relevancia de este tipo de problema que afecta directamente al ser humano, la alteración en la misma media al ecosistema y por ende el grave daño que se presenta hoy en día.

Este proyecto muestra claramente la constante contaminación y afección que se presenta debido a la predisposición a los diferentes factores ambientales en el que se esta constantemente expuesto. Por ello la hipótesis planteada para este proyecto nos muestra se comprueba.

REFERENCIAS

1. Bautista Zúñiga, Francisco 2002. Introducción al Estudio de la Contaminación del suelo por metales pesados, Yucatán: UNAM, p. 99.
2. *Appleton, J. 1991. The effect of lead acetate on dentine formation in the rat. Archives of. Oral Biology 36: 377-382.*
3. Aguinaga, I., Manso, E., Guillén, F., Vi-es, J.J., Guillén, J.J., Martínez, M.J., Pérez de Ciriza, J.A., Brun, C., Marín, B., Herrera, T., García-Marco, L., Bayo, J. & grupo EPLODIN, 2000. Estudio de la acumulación de plomo en dientes primarios. Anales del Sistema Sanitario de Navarra, 23 (1).
4. Bagg, J. 1999. Essentials of Microbiology for Dental Students. Editorial Oxford University Press. 1st edition, p. 252, 253, 256.
5. Balakrishnan. 2001. Diverse Activity Spectra of Bacteriocin like inhibitory substances having Activity against mutans Streptococci. Caries Res. 35 (1): 75-82.
6. Baughan, L. 2000. Salivary mucin as related to Oral Streptococcus mutans in elderly people. Oral Microbiology and immunology. Vol. (15) Issue 1 p. 10.
7. Brodeur J, Iaccesse Y, Talbot D. 1983. Influence of removal from occupational lead exposure on blood and saliva lead concentrations, Toxicol lett 1983; 19:195-199.
8. Burnett George.1990. Manual de Microbiología y Enfermedades infecciosas de la boca, Ed. Ciencia y Técnica, México.
9. Campbell JR, Moss ME, Raubertas RF. 2000. The association between caries and childhood lead exposure. Environ Health Perspect 108:1099–1102.
10. Moss ME, Lanphear BP, Auinger P. 1999. Association of dental caries and blood lead levels. JAMA 281:2294–2298
11. Cleymaet R. et al. 1991. Study of lead and Cadmium content of surface enamel of school children from an industrial area in Belgium. Community Dent Oral Epidemiol; 19: 107-111.
12. Dietrich KN, Berger O, Succop P. 1993. Lead exposure and the motor developmental status of urban six-year-old children in the Cincinnati Prospective Study. Pediatrics 91:301–307
13. N. Mañay et al; 2008. Lead Contamination in Uruguay: The “La Teja” Neighborhood Case.
14. Glover SR, Theunissen FS, Kotzen TJ, 2000. The relation between lead concentrations in human dental tissues and in blood, Arch Oral Biol 45:607-609.
15. Iwami, Y., S. Takanashi-abbe, N. Takanashi, k. Abbe, T. Yamada. 2000 Rate-limiting Steps of glucose and sorbitol metabolism in *S.mutans* cell exposed to air. Oral Microbiology and Immunology. 15 (5) p. 325.
16. Joklik W. et. al 1994. Zinsser Microbiología; Ed. Médica Panamericana. 20^{va} Ed. p. 220-933.

17. Valdés F. 2001 En Defensa del Ambiente. El caso Peñoles: contaminación por metales pesados en Torreón, Coahuila <http://www.jornada.unam.mx/2001/abr01/010430/eco-valdez.html>
18. Mobarak NG, Pan AY. 1984. Lead distribution in the saliva and blood fractions of rats after intraperitoneal injections. *Toxicology* 32:67-74.
19. Molina, F. N., M. E. Irigoyen. 1998. *Streptococcus mutans* prevalencia de caries en una población escolar. Universidad Autónoma metropolitana de Xochimilco. Depto. De Atención a la salud. *Epidemiología* 17 (8) 20-24.
20. Morhart, R. & Fitzgerald 1988. Composición y ecología de la flora oral. P. 280- 289.
21. Pán AY. 1981. Lead Levels in saliva and in blood. *J Toxicol Environ Health* 7: 273-280.
22. Plomo en el agua potable: lo que usted puede hacer para reducir el plomo en el agua potable. 2000. U. S. Environmental Protection Agency.
23. Purchase NG, Fergusson JE. 1986. Lead in teeth: the influence of the tooth type and the sample within a tooth on lead levels. *Sci Total Environ* 52:239-250.
24. Ross, P. W., W. P. Holbrook. 1985. *Microbiología Bucal y Clínica*. Editorial Científica PLM SA de CV. P. 82-85.
25. Sánchez, I., J. Nava. 1998*. Niveles de infección de *Streptococcus mutans* y caries dental en un grupo de niños de 12 años de edad. (UAEM). Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología Facultad de Odontología. *Investigación Clínica*. Vol. 17 (3) p. 6-9.
26. Sanín, L. H., T. González, I. Romieu, M. Hernández. 1998. Acumulación de plomo en huesos y sus efectos en la Salud. *Salud Pública de México* Vol. 40 (4) p. 359-368.
27. López J. 2000. Intoxicación por plomo en niños menores a seis años en un asentamiento humano del Callao. *Anales de la Facultad de medicina, Universidad Nacional de Mayor de San Marcos*. Vol. 61 (1).
28. Togelius, J., K. Kristofferson, H. Anderson and D. Bratthall. 1984. *Streptococcus mutans* in saliva: intraindividual variations and relation to the number of colonized sites. 42: 157-163.
29. Valdéz José A. Efectos contaminantes que provoca en la salud el agua de la presa de Valsequillo, Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Puebla. Posgrado en Ciencias Ambientales, Tesis Doctorado.
30. Williams, R. A. D., C. J. Elliot. 1990. *Bioquímica Dental Básica y Aplicada*. Editorial manual Moderno 2^{da} Ed. p. 277- 309.
31. Romieu I. 1999. Niveles de plomo en sangre y desarrollo neuroconductual entre niños de la ciudad de México. Organización Panamericana de la Salud, Perú.
32. Ávila E., Palazuelos, Matte. 2000. Intoxicación aguda por plomo en tres escolares residentes de la Ciudad de México. Instituto Nacional de Salud Pública, México.
33. Lacataña M., Aguilar C. 2000. Plomo Contaminación Ambiental y Salud de los Niños en América Latina.

34. Yarto R, Gavilán g, castro J, 2004. La contaminación por mercurio en México: Gaceta Ecológica, No. 072 Instituto Nacional de Ecología, Distrito Federal, México.
35. Martínez O, Álvarez F, 2005. Exposición a tóxicos de uso industrial y ambiente laboral Centro de Salud Madrid España.
36. Berlotti F, et. al. 2004. Both lactoferrin and ion influence aggregation and biofilm formation in *Streptococcus mutans*. Springer Netherlands, vol. 17 No. 3 pp 271-278.
37. Yañez S., et al. 2001 Metodología para el aislamiento e identificación de *Streptococcus mutans* a partir de muestras orale. Métodos de investigación en ambiente y Salud. Benemérita Universidad Autónoma de puebla. p 119-127.
38. González, F. R., F. I. Cameros. Microbiología Bucal. Editorial Méndez 1999. editores. 3^{ra} Ed. p.220-232.
39. Hamda, S. and H. D. Slade 1980. Biology, Immunology and Cariogenicity of *S. mutans*. Microbol. Rev. 44 (29 p. 331-384.
40. Himech, M. D. **Maryland**, D. Grenier, L. Trahan. 2000 Xylitol disturbs protein Synthesis, including the expression of HSP-60, in *S. mutans*. Oral Microbiology and Immunology 15 (4) p. 249.
41. Solórzano H. El impacto de las amalgamas dentales sobre la salud. <http://www.hector.solorzano.com>
42. Cuellar, M. A., G. I. Hernández, M. M. Mondragón, H. E. Martínez. 1999. Prevalencia de Caries y Factores asociados en niños de Estancias Infantiles. Información epidemiológica Gac. Méd. Méx. Vol. (136) No. 4,2000 p. 391-394.
43. Dental Caries: http://www.informed_dental.com
44. Iwami, Iwami, **I. S.** Rate-limiting Steps of glucose and sorbitol metabolism in *S.mutans* cell exposed to air. Oral Microbiology and Immunology. 15 (5) p. 325.
45. Benavides A, Magdalena B, Alarcón M, 2006. Determinación espectrofotometrica de plomo en plantas. Centro de investigación en metales pesados Avanzados S. c. Chihuahua. Boletín Mineralogía No.17.
46. Diente: <http://pcs.adam.com>
47. Denmark. A. 1992. Dental amalgam environmental aspects. Dental Reserch 6 p. 125-130.
48. Banderas, J. A., M. González, A. Sánchez, E. Millan. 1997. Flujo y concentración de proteínas en saliva total humana. Centro de Investigación y Estudios Avanzados de la Facultad de Odontología, Universidad Autónoma del Estado de México. (CIEAO, UAEM). Salud Pública de México, Vol. 39 (5) p. 433-441. <http://cenids.insp.mx>
49. Molina, F. N., M. E. Irigoyen. 1998. *Streptococcus mutans* y prevalencia de caries en una población escolar. Universidad Autónoma metropolitana de Xochimilco. Depto. De Atención a la salud. Epidemiología 17 (8) 20-24.

50. Baughan, L. W., F. j. Robertello, D. C. Sarret, P. A. Denny and P. C. Denny. 2000. Salivary mucin as related to Oral *Streptococcus mutans* in elderly people. Oral **Microbiology** and immunology. Vol. (15) Issue 1 p. 10.
51. **Borlotti** F, et al.2004. Both lactoferrin and ion influence aggregation and biofilm formation in **Streptococcus** mutans. Springer Netherlands, vol. 17 No. 3 pp 271-278
52. Baughan, L. W., F. j. Robertello, D. C. Sarret, P. A. Denny and P. C. Denny. 2000. Salivary mucin as related to Oral *Streptococcus mutans* in elderly people. Oral **Microbiology** and immunology. Vol. (15) Issue 1 p. 10.
53. **Borlotti** F, et al.2004. Both lactoferrin and ion influence aggregation and biofilm formation in **Streptococcus** mutans. Springer Netherlands, vol. 17 No. 3 pp 271-278
54. Cappiello, M. G. Physical and Genetic Map of **Streptococcus** mutans GS-5 and Localization of five rRNA operons. Oral Microbiology and **Immunology** Vol. (14) No. 4 p. 225
55. <http://www.fda.gov/opacom/catalog/leadspan.html>
56. Purchase NG, Fergusson JE. 1986. Lead in teeth: the influence of the tooth type and the sample within a tooth on lead levels. Sci Total Environ 52:239-250.
57. Michalek, S. M. 1982. Oral Streptococci with emphasis on *Streptococcus mutans* in: Michalek, S. M., G. H. Cassell, J. R. Mc Ghee. (ed) Dental Microbiology. Harper and Row. Publishers. 1st edition. p. 680-684.
58. Lacataña M., Aguilar C. 2000. Plomo Contaminación Ambiental y Salud de los Niños en América Latina.
59. **Marsh PM**. Acquisition, adherence, distribution and metabolism of the oral microflora. In: Marsh P, Martins Eds. Oral microbiology. Wright Oxford. 1999, pp 34-57
60. Loesche Wj. Role of *Streptococcus mutans* in human dental decay. Microbiology Rev 1986; 50: 353-380
61. Morhart, R. Y Fitzgerald 1988. Composición y ecología de la flora oral. P. 280- 289.
62. Negroni. Etiología de la Cavidad bucal. Caries Dental Microbiología, **Estomatológica**. Fundamentos y guía practica. Editorial Panamericana. P. 203-335.
63. Brockans A. Exposure to Lead and Cadmium of Children Living in different areas of North-west Germany; Results to biological monitoring studies 1982-1986.
64. **Centro de Estudios de Sanidad Ambiental**: <http://www.envtox.ucdavis.edu/CEHS/Index.htm>
<http://www.ehs.ucdavis.edu/enviro/factshts/hexchrom.html>
65. **Centro de Estudios de Sanidad Ambiental**: <http://www.dhs.ca.gov/opa/prssrels/2001/18-01.htm>
66. <http://www.epa.gov/OGWDW/dwh/c-ioc/chromium.html>
67. **Centro de Estudios de Sanidad Ambiental**: <http://www.envtox.ucdavis.edu/CEHS/Index.htm>
68. Water treatment solutions LENNTECH <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/cr.htm>
69. Davis, B. D., R. **Dulbecco**. et al 1996 Tratado de Microbiología Editorial Masson 4ta Ed. P. 697-705.

70. Morhart R. E. Cowman R. A. y Fitzgerald R. J. ecological determinants of the oral microbiota, in menaker, 1999. 86 (4): 881-885
71. Nottle, W. 1986. Microbiología Odontológica. Editorial Panamericana 4^{ta} Ed. p. 224-229; 320-325.
72. Ross, P. W., Holbrook W. P. Microbiología Bucal y Clínica 1985. Editorial Científica PLM SA de CV. P. 82-85.
73. Sánchez, I., J. Nava. 1998*. Niveles de infección de *Streptococcus mutans* y caries dental en un grupo de niños de 12 años de edad. (UAEM). Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología Facultad de Odontología. Investigación Clínica. Vol. 17 (3) p. 6-9.
74. Murray, R. K., P. A. Mayes, D. K. Granner. VI Rorwell. 1997. Bioquímica de Harper. Editorial Manual Moderno 14th Ed. p. 216.
75. Yáñez S. Espinoza C. Cedillo L., Katz J, Michalek. S; Metodología para el aislamiento e identificación de *Streptococcus mutans* a partir de muestras Orales. Métodos de Investigación en ambiente y Salud 2001. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Pp 119-127.
76. Williams, R. A. D., C. J. Elliot. Bioquímica Dental Básica y Aplicada. 1990 Editorial manual Moderno 2^{da} Ed. p. 277- 309.
77. Togelius J, Kristoffersson K, Anderson H, Bratthall D: *Streptococcus mutans* in saliva: Intraindividual variations and relation to the number of colonized sites. Acta Odontol Scand 1984;42:157–163.
78. http://www.umm.edu/esp_encu/article; Carbohidratos
79. Clemamaet R. Bonttenberg P, Slop D, Clara R, Coomans D, Study of lead and Cadmium Content of surface enamel of School children form an industrial area in Belgium. Community Dent Oral Epidermal. 19991; 19: 107-111.
80. Cleymaet R, Colly S, Refief DH, Micote Y, Slop D, Taghoun E, et al. Relation between lead in surface tooth enamel, blood, and saliva from children residing in the vicinity of a non-ferrous metal plant in Belgium. Br J Ind Med 48.702-709.
81. Edga, W. M., D. M. O' Múllanse 1999. Saliva and Oral Health British Dental Association. U. K. 2nd edition, p. 1-97
82. Rocha E. Principios Básicos De Espectroscopia; Edit. UACH, México 2000, p 123-203
83. Skoog. James D.A., Holler F. Principios de análisis Instrumental, 5ta edt. McGraw Hill 1998, p. 219-239
84. Burnett, W. G. 1998. Microbiología y Enfermedades de la boca Edit. Limusa. 5^{ta} Ed. P. 309-324.
85. Caries: <http://www.miexamen.com.mx/caries.htm>
86. Bratthall D, Birgitta K, *Streptococcus mutans* Serotypes, 1976. Some Aspects of their Identifications, Distributions, antigenic Shifts, and Relationship to Caries. Journal of Dental Research. American Dental Association.

87. Dental Amalgam and Mercury in Dentistry. 1999. Report of and national Health & Medical Research Council. Commonwealth of Australia.
88. Dental Caries: <http://www.hsc.wvu.edu/some/micro> MB26PRINT/Lecture. P32-34.

Fecha

IDENTIFICACIÓN

Nombre del alumno: _____ edad Sexo
Grupo _____

Escuela:_____fecha:_____años de residencia

--	--

Padre

- Madre

(1) Primaria incompleta	(2) Primaria completa	(3)Secundaria completa	(4)Preparatoria	Padre	
(5)Est. Técnica	(6)Profesional	(7)No estudio		Madre	

3. ¿Acostumbra lavar tus dientes? Si / No Frecuencia al día

a) Cepillo dental b) pasta dental con fluoruro c) pasta dental sin fluoruro

--	--	--

d) sólo agua e) bicarbonato f) enjuague bucal

7. Caries:

[illegible]

<i>Criterios</i>	<i>Código</i>
Sano	0
Cariado	1
Obturado por caries	2
Perdido por caries	3
Obturado por otras causas	4
Perdido por otras causas	5
Sellador	6
Extracción indicada	7
No erupcionado	8
No aplicable	9

ANEXO 2 INTOXICACIÓN POR PLOMO, CADMIO Y CROMO Normas Oficiales Mexicanas.

Norma Oficial Mexicana	PLOMO (Pb)
NOM-026-SSA1-1993 “Salud Ambiental” Evaluar la calidad del aire Ambiente con respecto a la concentración plomo.	Establece el valor permisible para la concentración de plomo en el. Ambiente. Aplicable: ▪ TODO EL TERRITORIO MEXICANO ▪ En las políticas de saneamiento ambiental en lo referente a la Salud Humana. ▪ Para desarrollo de investigación permanente y sistemática de los riesgos y daños, para la salud de la población, origine la contaminación ambiental por plomo. La concentración por plomo, como contaminante atmosférico, no debe rebasar el valor permisible de $1.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ en un periodo de 3 meses promedio aritmético, como protección a la salud de la población susceptible.
NOM-008-SSA1-1993 “Salud Ambiental” Pinturas y Barnices <i>Determinación de plomo soluble y otros métodos.</i>	Establece los métodos para la preparación de extracciones ácidas requeridas así como las soluciones de prueba para la determinación del contenido de plomo, “soluble” en pinturas y productos relacionados en forma líquida o polvo. ▪ El propósito se asume que el contenido de plomo del pigmento que contiene plomo es 60% (m/m).
NOM-199-SSA1-2000 “Salud Ambiental” Niveles de plomo en Sangre y acciones como criterios p/proteger la salud de la población expuesta.	Establece los Niveles de plomo en sangre y las acciones básicas de prevención y control en población expuesta no ocupacionalmente. Especificaciones: ▪ 6.1: Valor criterio para la concentración de sangre Niños, mujeres embarazadas expuestas $10\mu\text{g}/\text{dL}$. ▪ 6.2: Resto de la población expuesta $2510\mu\text{g}/\text{dL}$.
NOM-117-SSA1-1994 Métodos de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo , estaño, cobre,	Establece los métodos de prueba de espectrofotometría de absorción atómica para la determinación de de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, fierro, zinc y mercurio, en alimentos, agua potable y agua purificada.

hierro, zinc y mercurio, en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica.	
MODIFICACION NOM-004-SSA1-1993, Salud Ambiental. Limitaciones y requisitos sanitarios para el uso y comercialización de monóxido de plomo (litargirio), óxido rojo de plomo (minio) y del carbonato básico de plomo (albayalde).	La presente Norma Oficial Mexicana establece las limitaciones y los requisitos sanitarios a que deberá sujetarse el uso y comercialización de productos nacionales y de importación que contengan monóxido de plomo, óxido rojo de plomo y del carbonato básico de plomo, ya sea como compuestos sin transformación química y/o en el proceso de los productos que los contengan a fin de prevenir efectos nocivos para la salud.
PROYECTO NOM-017-ZOO-1994, Análisis de mercurio en hígado, músculo y Riñón de bovinos, equinos, porcinos y ovinos por espectrometría de absorción atómica.	Esta norma es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional y tiene por objeto, establecer el método de prueba para la determinación de residuos de mercurio en hígado, músculo y riñón de bovinos, equinos, porcinos y ovinos.

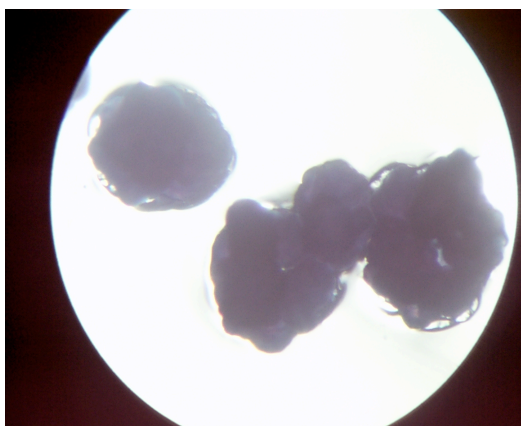
Norma Oficial Mexicana	CADMIO (Cd)
NORMA Oficial Mexicana NOM-011-SSA1-1993, Salud ambiental. Límites de plomo y cadmio solubles en artículos de alfarería vidriados.	Esta Norma Oficial Mexicana establece las cantidades límites de plomo y cadmio liberadas, que deben cumplir los artículos de alfarería vidriada, destinados a contener alimentos y bebidas. Se aplica a cualquier tipo de vidriado, coloreado o no, con decoración o sin ella pudiendo presentarse ésta en el interior, exterior o en ambas posiciones. Esta Norma se aplica a los artículos cuyo vidriado sea horneado con una temperatura

	de cocción menor de 990°C. Los vidriados y/o decorados que contengan cadmio están sujetos a esta Norma en cualquier temperatura de cocción.
--	---

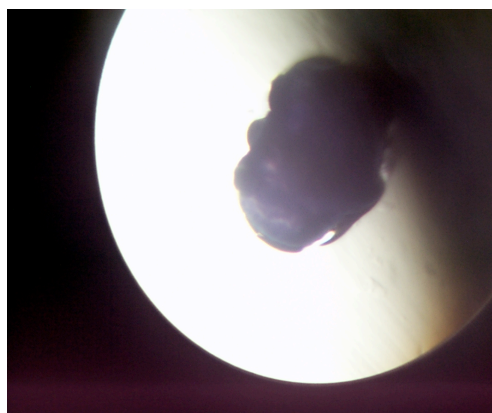
Norma Oficial Mexicana	CROMO (Cr)
NMX-AA-044-SCFI-2001 Análisis de aguas - determinación de cromo- hexavalente en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas - método de prueba (cancela a la nmx-aa-044-1981)	Esta norma mexicana establece el método de análisis para la determinación de cromo hexavalente en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas. El estado hexavalente es tóxico para los humanos, los animales y la vida acuática. Puede producir cáncer de pulmón cuando se inhala y fácilmente produce sensibilización en la piel. Sin embargo no se conoce si se produce cáncer por la ingestión de cromo en cualquiera de sus estados de oxidación.
NMX-CH-120-1993-SCFI aluminio y aleaciones base aluminio método para determinar cromo en materiales de referencia mediante absorción atómica	

ANEXO 3 FIGURAS

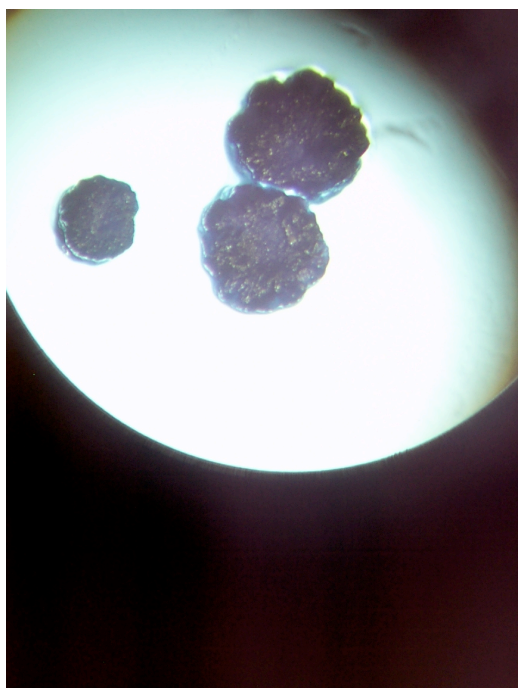
Fig I. Colonias bacterianas (a, b, c, d y e) **Streptococcus mutans** aisladas de muestras de saliva 2014

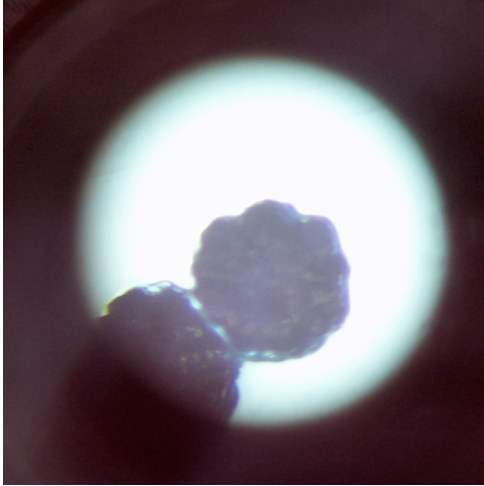


a)



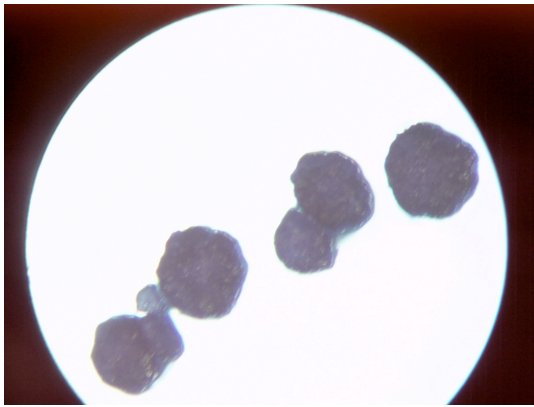
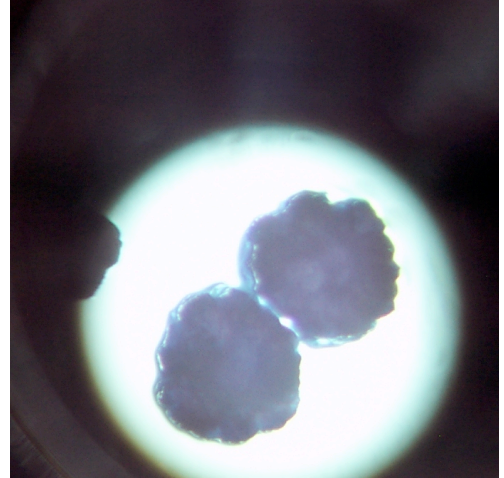
b)





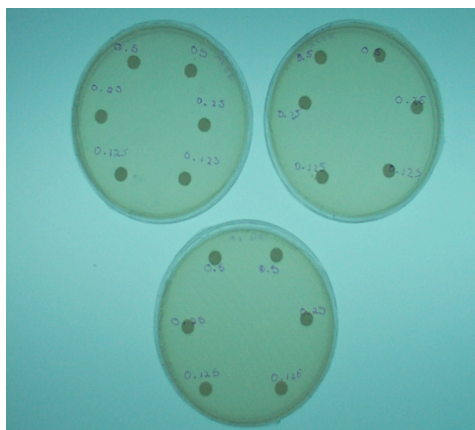
c)

d)

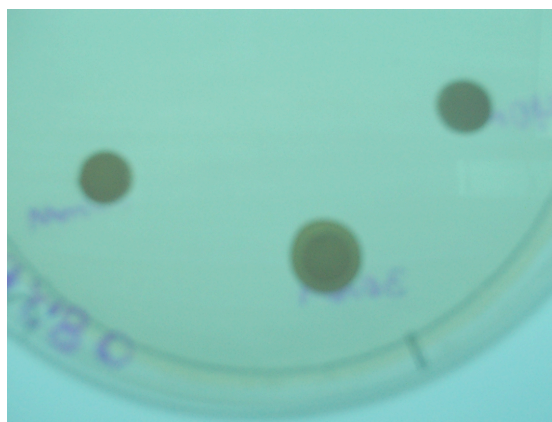


e)

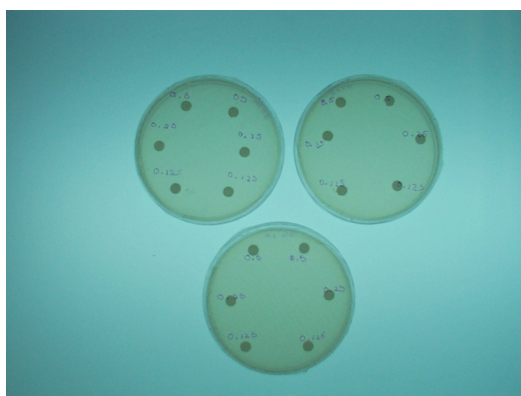
Fig II. Resistencia de ***Streptococcus mutans*** a diferentes concentraciones de Pb, Cr, Cd



Prueba en Agar soya-ripticaseina [] 0.5, 10, 20, 30, 40, 50, 100ppm



Prueba en Agar soya-ripticaseina [] 30ppm,



Prueba en Agar soya-ripticaseina [] 10, 20, 30, 40, 50, 100ppm

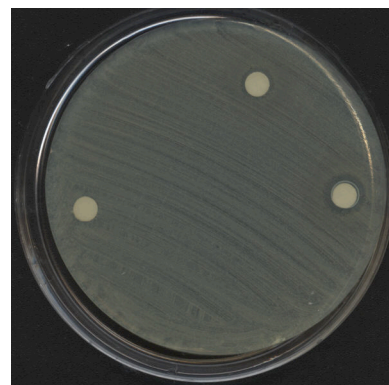
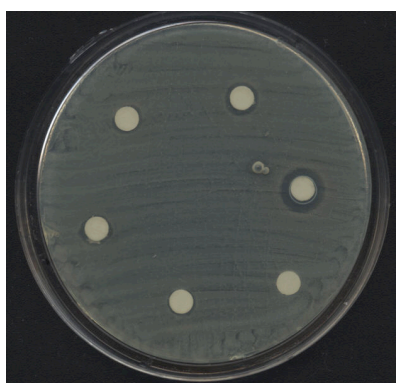
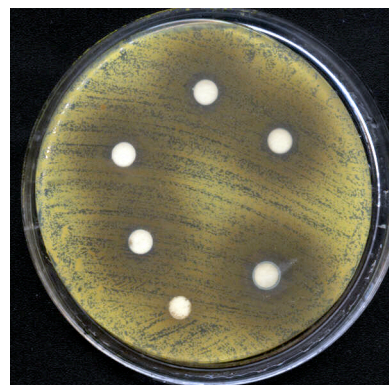
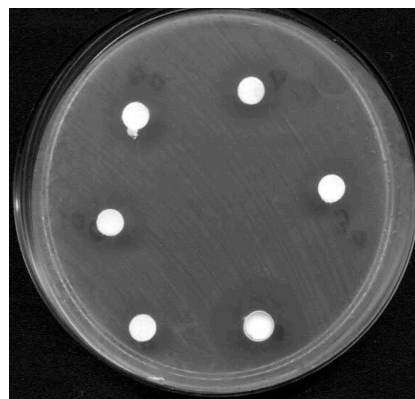


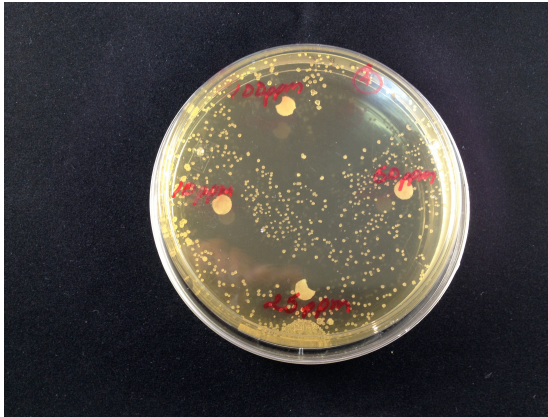
Prueba en Agar soya-ripticaseina [] 100ppm

Fig. III Presencia de halos de inhibición de ***Streptococcus mutans*** concentraciones de 40, 50 y 100ppm.

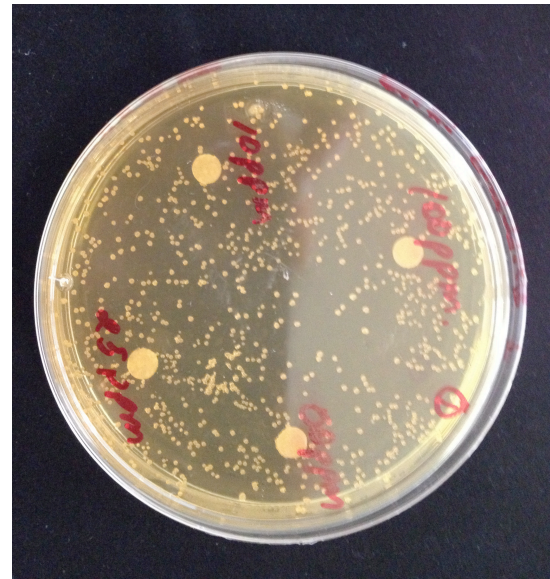


Observación
de halos de
inhibición a []
40, 50,
100ppm

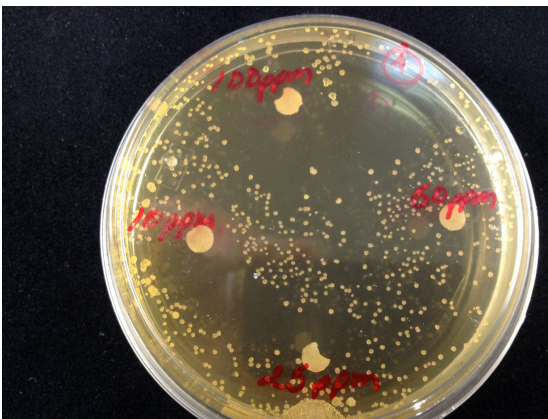




Observación de halos de inhibición a [] 40, 50, 100ppm



Observación de halos de inhibición a [] 40, 50, 100ppm



Observación de halos de inhibición a [] 40, 50, 100ppm

ANEXO 4 Tablas de Resultados.

Tabla 01 Número de unidades formadoras de colonias (UFC/ml) de *S. mutans*, Alumnos FEBUAP.

MUESTRA (GRUPO "I")	UFC/ml	MUESTRAS (GRUPO "II")	UFC/ml
3	10000	1	85000
4	75000	2	50000
5	50000	3	75000
8	100000	4	50000
11	10000	5	10000
13	75000	6	10000
14	65000	7	11500
15	13500	8	12500
17	12000	9	10000
19	11500	10	20000
22	60000	11	35000
23	50000	12	1050000
24	80000	13	50000
25	70000	14	40000
26	60000	15	10000
27	60000	18	90000
29	14000	19	20000
30	75000	21	80000
31	10000	23	25000
33	95000	24	90000
35	75000	26	20000
36	10000	27	35000
37	60000	28	35000
38	90000	29	10000
32	95000	34	40000
		35	15000
		36	80000
		37	50000

Tabla 02 Número de unidades formadoras de colonias (UFC/ml) de *S. mutans*, Pacientes FEBUAP

MUESTRAS (GRUPO "I")	UFC/ml	MUESTRAS (GRUPO "II")	UFC/ml
1	100000	1	1000000
2	200000	2	500000
4	750000	3	200000
5	1000000	5	600000
6	1000000	6	350000
7	1000000	7	200000
8	700000	8	550000
9	600000	10	100000
10	600000	11	150000
11	300000	12	600000
12	1000000	13	150000
15	1000000	14	400000
16	500000	15	350000
18	1750000	16	850000
19	45000	18	800000
21	1450000	19	300000
22	450000	21	700000
23	800000	25	500000
24	700000	26	300000
26	1500000	27	350000
27	1000000	28	450000
29	500000	29	500000
30	1000000	32	800000
31	450000	33	200000
32	550000	34	900000
34	900000		

Tabla 03. Nivel de plomo en sangre e Índice de Caries de alumnos FEBUAP.

GRUPO “I”		GRUPO “II”	
Nivel de Plomo en $\mu\text{g/dL}$ de sangre	C P O	Nivel de Plomo en $\mu\text{g/dL}$ de sangre	C P O
10.6	5	8.5	6
4.4	4	6.7	2
10.5	4	10	5
2.9	8	11.6	2
9	0	11.4	2
6.4	5	8.4	4
10	3	7.6	3
8.2	10	10	5
3.9	4	13.7	8
8.8	12	7.1	3
7.6	2	9.9	4
6.8	11	4.2	6
7.7	1	10	9
8.1	5	10	3
6.6	1	10.8	0
10.5	7	10	4
5.3	1	10.1	4
5.5	10	18.8	6
10.6	0	5.3	6
6.6	0	11	5
11	0	8.4	4
4.3	4	7.5	5
5.1	5	9.8	5
10.5	6	11.3	0
10.5	5	8.6	4
		4.3	4
		9.4	4
		3.9	2

Tabla 04 Nivel de plomo e Índice de Caries en sangre de Pacientes FEBUAP.

GRUPO “I”		GRUPO “II”	
Nivel de Plomo en $\mu\text{g/dL}$ de sangre	C P O	Nivel de Plomo en $\mu\text{g/dL}$ de sangre	C P O
2.5	6	9.8	2
6	5	9.6	2
8.9	4	11.3	4
15.2	5	21.4	0
17.1	6	7.8	11
14.5	1	10.7	0
8.8	1	10.3	0
14.6	1	20.7	7
10.4	8	6.3	2
9.4	9	11.2	4
9.4	2	9.6	2
13.4	2	13.2	3
11.9	2	13.2	5
13.7	0	11.9	1
10.2	0	4	0
10.7	1	5.9	2
6.3	5	10.7	1
6.6	2	8.5	0
9.4	3	6.6	1
10.4	5	9.8	2
17.4	6	8.9	8
7.3	2	11.9	1
13.2	6	10.4	6
5.6	1	9.6	0
11.7	8	8.4	14
8.6	3		

Tabla 05 Niveles de plomo alto e Índice de Caries de alumnos de FEBUAP.

GRADO	Nivel de Plomo en μg/dL de sangre	CPO
Grupo “I”	10.6	5
	10.5	4
	10	3
	10.5	7
	10.6	0
	11	0
	10.5	6
	10.5	5
	11.6	14
	11.6	5
	11.4	0
Grupo “II”	10	5
	11.6	2
	11.4	2
	10	5
	13.7	8
	10	9
	10	3
	10.8	0
	10	4
	10.1	4
	18.8	6
	11	5
	11.3	0

Tabla 05^a. Niveles de plomo bajo e Índice de Caries de alumnos de FEBUAP.

GRADO	Nivel de Plomo en μg/dL de sangre	CPO
Grupo "I"	4.4	4
	2.9	8
	9	0
	6.4	5
	8.2	10
	5.1	3
	3.9	4
	8.8	12
	7.6	2
	6.8	11
	7.7	1
	8.1	5
	6.6	1
	5.3	1
	5.5	10
	6.6	0
	4.3	4
	5.1	5
Grupo "II"	8.5	6
	6.7	2
	8.4	2
	7.6	4
	7.1	5
	9.9	8
	4.2	3
	5.3	0
	8.4	4
	7.5	6
	9.8	6
	3.9	5
	8.6	5
	4.3	5
	9.4	0

Tabla 06 Niveles de plomo alto e Índice de Caries de alumnos de Pacientes FEBUAP.

GRADO	Nivel de Plomo en μg/dL de sangre	CPO
Grupo “I”	15.2	5
	17.1	6
	14.5	1
	14.6	1
	10.4	8
	13.4	2
	11.9	2
	13.7	0
	10.2	0
	10.7	1
	10.4	5
	17.4	6
	13.2	6
	11.7	8
Grupo “II”	11.3	7
	21.4	12
	10.7	8
	10.3	8
	20.7	7
	11.2	6
	13.2	9
	13.2	13
	11.9	0
	10.7	12
	11.9	5
	10.4	6

Tabla 06^a. Niveles de plomo bajo e Índice de Caries de Pacientes FEBUAP.

GRADO	Nivel de Plomo en μg/dL de sangre	CPO
Grupo "I"	2.5	6
	6	5
	8.9	4
	8.8	1
	9.4	9
	9.4	2
	6.3	5
	6.6	2
	9.4	3
	7.3	2
	5.6	1
	8.6	3
Grupo "II"	9.8	2
	9.6	2
	7.8	11
	6.3	2
	9.6	2
	4	0
	5.9	2
	6.6	1
	8.5	1
	9.8	2
	8.9	8
	9.6	0
	8.4	14