

Tej.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

ZARAGOZA

**UNIDAD UNIVERSITARIA DE INVESTIGACION
EN CARDIOLOGIA**

**LABORATORIO DE ESPECTROSCOPIA
L - 328**

**DETERMINACION DE MAGNESIO Y ZINC EN
DIENTES TEMPORALES DE HUMANO, UTILIZANDO
ESPECTROSCOPIA DE ABSORCION ATOMICA**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO**

P R E S E N T A :

JORGE AGREDA CORREA

**ASESORES M.O. DOLORES DE LA CRUZ CARDOSO
M. EN C. LOURDES A. CASTILLO GRANADA**

**U N A M
F E S
Z A R A G O Z A**



**LA UNAM
DE MEXICO**

MEXICO, D. F.

JULIO DE 1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

EL PRESENTE TRABAJO SE REALIZÓ EN:

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA**

**UNIDAD UNIVERSITARIA DE INVESTIGACIÓN EN
CARDIOLOGÍA
UIC**

CAMPUS I.

**LABORATORIO DE ESPECTROSCOPIA
L-328**

CAMPUS II.

JURADO

M. en C. GLORIA VELÁZQUEZ VAQUERO.

M. O. DOLORES DE LA CRUZ CARDOSO.

M. en C. LOURDES A. CASTILLO GRANADA.

Q. F. B. GEORGINA ROSALES RIVERA.

BIOL. MARICELA ARTEAGA MEJÍA.

DEDICATORIAS.

A MIS ASESORES:

M. O. DOLORES DE LA CRUZ CARDOSO.

M. en C. LOURDES A. CASTILLO GRANADA.

AGRADEZCO DE ANTEMANO LA AYUDA Y ESFUERZO QUE ME BRINDARON, Y SOBRE TODO LA GRAN PACIENCIA QUE TUVIERON. POR QUE NUNCA ME DEJARON DE DAR SU DIRECCIÓN Y ASESORAMIENTO, SOPORTANDO TANTO TIEMPO MI PRESENCIA. ESTO ES ALGO QUE TENDRÉ PRESENTE A LO LARGO DE TODA MI VIDA POR EL HECHO DE HABER TRABAJADO JUNTOS EN LA REALIZACIÓN DE ESTE TRABAJO Y POR QUE FUE MUY GRATO PARA MI. ESTOY SEGURO QUE RECORDARE CON AGRADO Y CARÍÑO A ESTAS GRANDES PERSONAS QUE SON USTEDES.

POR TODAS SUS ENSEÑANZAS Y TIEMPO.

GRACIAS.

A LOS PROFESORES:

*** M. en C. ARMANDO CERVANTES**

POR SU COLABORACIÓN EN EL PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS EXPERIMENTALES DE ESTE TRABAJO.

*** BIOL. MARICELA ARTEAGA M.**

POR SU AYUDA EN EL DESARROLLO EXPERIMENTAL Y RECOMENDACIONES.

**A LOS PROFESORES DE LA CARRERA DE Q. F. B.
DE LA FES ZARAGOZA.**

POR SU NOTABLE Y NOBLE LABOR DE TRANSMITIR LOS CONOCIMIENTOS, Y GRACIAS A ELLOS POR FORMAR A LOS MEJORES PROFESIONISTAS.

A LA FES ZARAGOZA.

POR ABRIRME SUS BRAZOS Y PERMITIR QUE FORMARA PARTE DEL PLANTEL DE ALUMNOS Y ASI DESARROLLARME COMO PROFESIONISTA EN ESTE RECINTO DEL CONOCIMIENTO

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS

QUE SIEMPRE ESTUVIERON CONMIGO, POR QUE SE QUE PUEDO CONTAR CON SU APOYO Y POR QUE LA AMISTAD ES UN TESORO MUY GRANDE QUE ELLOS ME HAN DADO.

A MIS PADRES:

DE QUIENES HE HEREDADO EL TESORO MÁS VALIOSO QUE PUEDE DÁRSELE A UN HIJO .

AMOR SIN ESCATIMAR ESFUERZO ALGUNO, HAN SACRIFICADO PARTE DE SU VIDA EN EDUCARNOS Y VER POR NUESTRO BIENESTAR. CUANDO LO HEMOS NECESITADO.

ELLOS NOS HAN FORMADO, Y NOS HAN GUIADO POR UN CAMINO RECTO, DÁNDONOS LAS ARMAS Y EL APOYO NECESARIO PARA CONSTRUIR UN FUTURO CON PRINCIPIOS BASADOS EN EL AMOR.

A QUIENES LA ILUSIÓN DE SU EXISTENCIA ES VERME CONVERTIDO EN UNA PERSONA DE PROVECHO.

A LOS SERES UNIVERSALES MÁS QUERIDOS.

DE LAS PERSONAS QUE ESTOY MUY ORGULLOSO. DE LAS QUE ME SIENTO CONTENTO DE SU EXISTENCIA POR QUE CON SU INCESANTE AFÁN DE AMOR, ME TIENEN CONMOVIDO.

NUNCA PODRÉ PAGARLES TODO LO QUE HAN HECHO POR MI NI CON LAS RIQUEZA MAS GRANDES.

A MIS HERMANOS:

TELA, LORE, MARTÍN, MAY, MITA, GABRIEL, JUDITH, Y ABEL.

CON LOS QUE HE TENIDO LA ALEGRÍA DE CRECER, CON LOS QUE HE PASADO INFINIDAD DE COSAS QUE SOLO PUEDEN SER GUARDADAS EN UN LUGAR MUY ESPECIAL. Y MUCHAS VECES, GRACIAS A SUS ESFUERZOS Y EJEMPLOS, QUE SIEMPRE HE RECONOCIDO, PUDE SALIR DE TODOS MIS PROBLEMAS QUE SE FUERON PRESENTANDO EN LAS DIFERENTES ETAPAS DE MI VIDA COMO ESTUDIANTE Y HERMANO. Y ESTE TRABAJO SE LOS DEDICO CON MUCHO CARÍÑO, ESPERANDO QUE NO LOS HAYA DEFRAUDADO NUNCA. POR QUE QUIERO QUE SE SIENTAN ORGULLOSOS DE MI COMO YO LO ESTOS DE TODOS USTEDES. TAMBIÉN SE QUE DONDE QUIERA QUE SE ENCUENTREN SIEMPRE HARÁN COSAS MUY BUENAS POR QUE CREO QUE ASÍ SON USTEDES. ESTÉN DONDE ESTÉN Y HAGAN LO QUE HAGAN.

A MIS SOBRINOS:

A TODOS USTEDES, HOMBRES Y MUJERES A LOS QUE CONOZCO Y A LOS QUE TODAVÍA NO CONOZCO, A LOS YA GRANDES Y A LOS PEQUEÑOS; QUE TANTO QUIERO.

COMO UN EJEMPLO QUE PUEDAN TOMAR Y SEAN SIEMPRE PERSONAS DEDICADAS AL ESTUDIO, CON OBJETIVOS FIRMES Y METAS QUE ALCANZAR, MOTIVADOS CON CONVICCIONES DEFINIDAS. LES DESEO MUCHO ÉXITO.

A MIS TÍOS:

JUVENAL Y MIGUEL: QUE DE ALGUNA MANERA LES DEBEMOS MUCHAS COSAS. HAN CONTRIBUIDO CON NUESTRA FAMILIA DESDE SIEMPRE, ALGUNAS VECES HACIENDO LAS LABORES COMO SI FUERAN NUESTROS PADRES DE UNA FORMA DESINTERESADA, CONTRIBUYENDO, TAMBIÉN, A DESARROLLAR EL INTELLECTO EN NOSOTROS.

A LA MEMORIA DE LOS FINADOS:



GERARDO

**TÍA NENA
PADRINO**

**QUE HAN DEJADO LAS PENAS DE ESTE MUNDO Y GOZAN
AHORA DE LA PAZ ETERNA EN LA GLORIA DE DIOS.**

**LOS RECORDAMOS CON CARIÑO. ESTÁN PRESENTES EN
NUESTRAS VIDAS Y EN NUESTRAS ORACIONES. GUARDAMOS
GRATOS RECUERDOS QUE YA NO SON DOLOROSOS EN NUESTROS
CORAZONES, PERO SI LOS EXTRAÑAMOS.**

**EL PASO QUE TUVIERON EN ESTA TIERRA NO HA SIDO
OLVIDADO.**

	PÁGINA
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. FUNDAMENTACIÓN DEL TEMA.....	4
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
IV. OBJETIVOS.....	9
V. HIPÓTESIS.....	10
VI. MATERIAL E INSTRUMENTOS.....	11
1. MATERIAL DE VIDRIO.....	11
2. MATERIAL DIVERSO.....	11
3. INSTRUMENTOS Y EQUIPOS.....	12
4. SOLUCIONES.....	12
VII. DESARROLLO EXPERIMENTAL.....	13
1. MÉTODO.....	13
2. DETERMINACIÓN DE MAGNESIO.....	14
3. DETERMINACIÓN DE ZINC.....	15
5. DIAGRAMA DE FLUJO.....	16
VIII. RESULTADOS.....	18
1. CONCENTRACIÓN DE ZINC.....	18
2. CONCENTRACIÓN DE MAGNESIO.....	31
IX. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	43
1. ZINC.....	45
2. MAGNESIO.....	50
3. SEXO DEL DONADOR.....	52

X. CONCLUSIONES.....	54
XI. RECOMENDACIONES.....	56
XII. BIBLIOGRAFÍA.....	59
XIII. ANEXO.....	67

INTRODUCTION

Desde los primeros años en que el hombre empezó a tomar conciencia de la importancia de la salud dental y de los problemas que origina una dentadura enferma, quiso conocer el origen de esta situación, de tal manera que al paso del tiempo se hizo evidente la importancia del estudio de la composición química de los dientes. Con este propósito en México, la Unidad Universitaria de Investigación en Cariología ha realizado diversos estudios en torno a la estructura química del esmalte dental.

El presente estudio se realizó con el objetivo de obtener los primeros datos sobre la concentración de magnesio y zinc para contar con información sobre de la estructura química de los dientes deciduos de habitantes de Ciudad Nezahualcóyotl en el Estado de México, y de esta manera ir estableciendo una aproximación hacia los elementos que permitan mostrar la etiología de la caries dental. El universo de esta investigación fueron escolares de 9 a 11 años de edad en cuyos dientes se realizó la cuantificación de magnesio y zinc por Espectrofotometría de Absorción Atómica con llama. A estos datos se les aplicó un análisis de varianza y la prueba de Tukey's para saber si existe alguna diferencia estadística entre las medias de los dientes de dicha población.

La concentración de zinc ha sido estudiada en dientes permanentes por diversos investigadores, ya que este elemento está relacionado con la caries dental. Sin embargo, para dientes temporales existen pocos datos que pudieran explicar los altos índices de caries en escolares de la zona de influencia de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Por lo que este estudio de aportará información sobre la estructura química de los dientes deciduos del sexo masculino y femenino que habitan en esta zona.

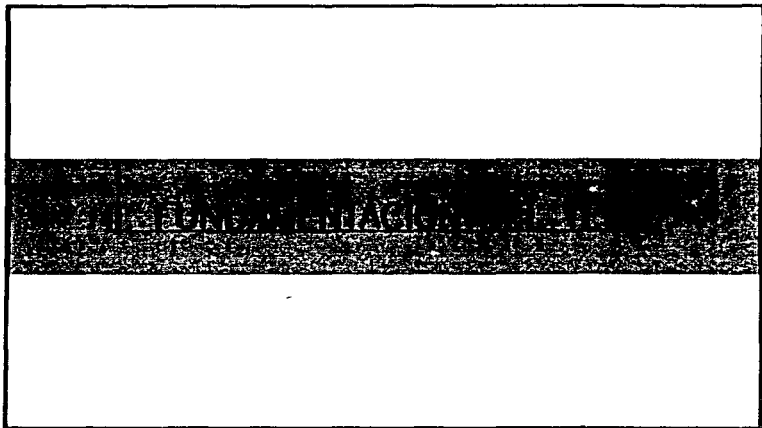
De esta forma, los incisivos presentaron una concentración media de magnesio de 5927.61 ± 4101.90 ppm en el caso del sexo masculino, para el sexo femenino fue de 9166.67 ppm que es un dato único. Para el caso de los molares y tratándose del sexo masculino, la concentración media fue de 6871.74 ± 2251.08 ppm; y de 6583.74 ± 2332.78 ppm el femenino.

Respecto a zinc, los incisivos presentaron una concentración de 357.40 ± 344.400 ppm para el caso del sexo masculino, para el femenino fue de 476.65 ± 360.96 ppm. Los molares mostraron en los masculino, una concentración de 474.12 ± 397.27 ppm y de 452.92 ± 389.172 ppm en el sexo femenino. En los caninos del sexo masculino se obtuvieron 338.66 ± 166.732 ppm, mientras que en el sexo femenino, el valor fue 341.11 ± 73.649 ppm.

Se aplicó el análisis de varianza y la prueba de Tukey's de los datos para obtener los patrones de distribución de magnesio y zinc por

tipo de diente y sexo del donador, resulta importante destacar que no existe diferencia estadísticamente significativa entre los dientes del sexo masculino y femenino. Tampoco hay diferencia por tipo de diente, la distribución en cuanto a la concentración de estos elementos es homogénea, tanto por tipo de diente como por sexo del donador.

Los resultados de la concentración de zinc en dientes deciduos descritos en todos los casos en la bibliografía son muy variables pero en general menores a los resultados obtenidos en las determinaciones realizadas en el presente estudio para diente total.





Una de las primeras descripciones de la composición de los tejidos mineralizados es seguramente la que dejó Empédocles de Agrigento (492-432 A. C.), fundador de la Escuela de Medicina Siciliana, quien consideró que los tejidos mineralizados eran formados por dos partes de agua, cuatro de fuego y dos (u ocho) de tierra. Más tarde, Aristóteles (384-322 A. C.), filósofo y erudito, decide que el diente se compone de tres partes de fuego y dos de tierra.

En 1803 aparece en el libro de Joseph Foxe "The Natural History of the Human Tooth", el informe de W. H. Pepsy, Jr., quien realizó el primer análisis cuantitativo del esmalte dental humano. El análisis de este autor muestra que el esmalte contenía 78 % de fosfato de cal, 6 % de carbonato de cal y 16 % de pérdida que era "principalmente agua".

Más tarde a mediados del siglo XIX los químicos analistas sabían que el diente consistía principalmente de "fosfato de cal" con cantidades menores de "fosfato de magnesio, carbonato de cal, carbonato sódico, sales, agua y materia orgánica".

Después del primer cuarto de este siglo, Armstrong y otros investigadores decidieron que era necesario un estudio extenso del análisis de esmalte y dentina por "métodos modernos", llegando a la

conclusión de que las fases minerales de esmalte y dentina no eran idénticas, y que las variaciones en la composición del esmalte son tan grandes en los dientes de una persona como en los dientes de diversos individuos, entre otras.

En 1937, Lefevre y Hodge informaron los resultado del análisis químicos en dientes, llegando a las siguientes conclusiones: la edad no causa cambios en la composición química de los dientes, hay poca diferencia de contenido mineral entre dientes de hombre y mujer.

Se ha mostrado que la composición de un diente a otro es heterogénea en cuanto al contenido de magnesio y zinc⁽¹⁹⁾, debido a que la concentración de estos elementos no solo varían de diente a diente sino también de superficie a superficie en dientes de un solo individuo⁽²⁾.

Existen depósitos de magnesio en las estrias de Ritzus y por tanto la dentina contiene mayor cantidad de este elemento que el esmalte^(19, 24, 27). Durante las primeras etapas de maduración, la concentración de magnesio es mayor en la capa superficial, sin embargo, posteriormente comienza a decrecer, y a incrementar su concentración en el resto del diente, de tal forma que la mayor concentración de magnesio se encuentra en el interior del diente^{(19, 22, 28,}

31, 39).

La concentración de zinc ha sido estudiada con gran detalle, por lo que se conoce que el contenido de zinc decrece rápida y significativamente con la profundidad de la muestra del diente, (19), a diferencia del magnesio. También se describe que este elemento se encuentra durante el desarrollo, posterior a la erupción, el zinc se acumula poco a poco aumentando su concentración con la edad (7, 8, 10, 19, 20, 29, 30, 35), decrece en etapas tempranas de caries dental y se incrementa en etapas posteriores. Este elemento es importante porque es un cofactor que se ufe a procesos enzimáticos (1, 7, 14, 18, 19, 30, 35).

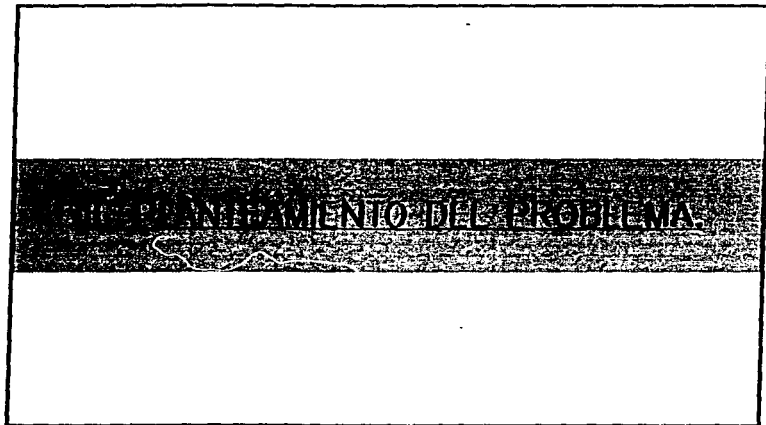
Las concentraciones de magnesio y zinc han sido estudiadas para diferentes fines, algunos investigadores relacionan la concentración de estos minerales con la caries dental (1, 2, 15, 17, 19, 20, 21, 24, 30, 31, 35) y para ello se han realizado estudios en dientes de humanos y de animales como ratas (7, 8, 30), bovinos (31, 32, 30, 35), perros y cerdos de guinea, (9), que son muy parecidos al diente humano.

Las concentraciones de magnesio y zinc están relacionadas con la dieta (19, 27, 30, 35), la edad (8, 10, 19, 20, 28, 30, 31, 35), tipo de diente (1, 19, 20, 30, 32, 41), estudios realizados en Finlandia por diversos investigadores locales, también los relacionan con el lugar geográfico de donde provienen (1, 19, 21, 20, 29, 30, 32), aparentemente, el sexo no presenta significación alguna (8, 15, 17, 21, 40, 41).

Estos estudios forman parte de los antecedentes históricos del análisis de la estructura química de los tejidos y de los dientes considerados en su totalidad.

Actualmente, el avance tecnológico ha permitido llevar a cabo análisis químicos sumamente finos, tal es el caso de los estudios que se realizan aplicando la técnica de Espectrofotometría de Absorción Atómica (AAS). De esta forma, se ha estudiado el contenido de algunos de los elementos de la tabla periódica, destacando el contenido de magnesio y zinc por su fuerte asociación con el desarrollo de la caries dental (1, 2, 15, 17, 18, 19, 21, 24, 26, 31, 35).

En la Unidad Universitaria de Investigación en Cariología, en la zona de influencia de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, que es principalmente Ciudad Nezahualcóyotl, se han realizado diversos estudios en torno a la estructura química del diente y del esmalte dental en personas adultas y menores de edad, con respecto a Mg, Zn, F y Pb entre otros (3, 14, 19). Sin embargo, no se han llevado a cabo estudios en diente total decíduo, por ello con el propósito de conocer más sobre la estructura química de estos dientes, se lleva a cabo el presente estudio para tener una aproximación más a los factores que permitan identificar la etiología de la caries dental.



Existen pocas investigaciones en dientes deciduos respecto a su estructura química asegurándose de una manera sistemática que los contenidos de diversos elementos en estos dientes son ligeramente más pequeños que en dientes permanentes.

Sin embargo, debido a la relevancia del papel que desempeñan el magnesio y el zinc en el desarrollo de la caries dental se considera pertinente llevar a cabo un estudio que nos proporcione la información necesaria sobre el contenido de estos elementos en dientes deciduos de escolares de 9 a 11 años de edad, ya que, aparentemente son altos en comparación con los datos establecidos en la literatura, y al mismo tiempo obtener datos que constituyen uno de los primeros estudios al respecto de la concentración de magnesio y zinc en estos dientes de esta población para establecer los primeros datos característicos de este lugar que servirán de base en posteriores investigaciones.

IV. OBJETIVOS

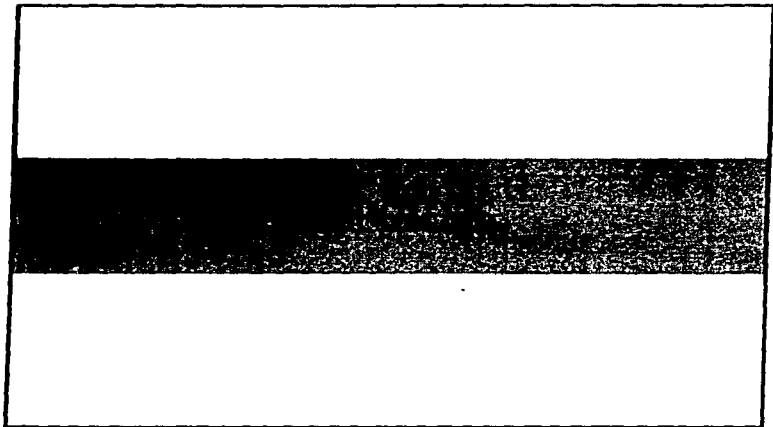


Objetivo general:

Determinar la concentración de magnesio y zinc en dientes deciduos de escolares de diferente sexo, por Espectrofotometría de Absorción Atómica con llama, para establecer los primeros datos en dientes incisivos, molares, y caninos que servirán como base de posteriores investigaciones al respecto.

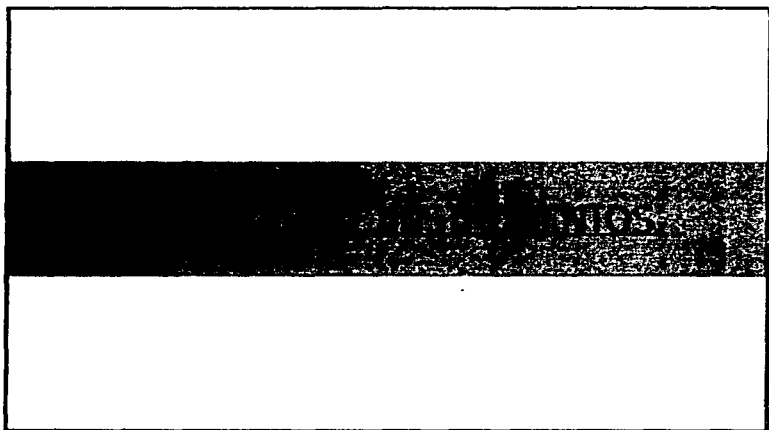
Objetivos particulares:

- 1.- Realizar la cuantificación de magnesio y zinc por Espectrofotometría de Absorción Atómica con llama.
- 2.- Realizar el análisis de varianza de los datos obtenidos para saber si presentan alguna relación que sea estadísticamente significativa entre las medias.
- 3.- Obtener los primeros datos correspondientes a las concentraciones globales de magnesio y zinc que sean características y representativas de la población en estudio.





Las concentraciones de magnesio y zinc en diente deciduo total de la población en estudio presentarán un patrón de distribución homogéneo en relación al tipo de diente y al sexo del donador, pues no hay una diferencia que sea estadísticamente significativa entre las concentraciones medias de los dientes deciduos involucrados en el estudio ni el sexo del donador.



Material de vidrio.

Matraces volumétricos PIREX de 10, 25, 50, 100 ml.

Pipetas volumétricas PIREX de 1, 2, 3, 5, 10, 20 ml.

Vasos de precipitado PIREX de 50, 100, 500, 1000 ml.

Pipetas graduadas de 1, 5, y 10 ml.

Embudos de tallo corto y largo PIREX.

Micropipetas.

Varias de vidrio.

Tubos de ensayo de 5 x 1

Material diverso.

Frascos de Polietileno de 50 ml.

Piseta.

Perilla.

Soporte universal.

Anillo de hierro.

Algodón.

Papel filtro WHATMAN # 40

Instrumentos y equipos:

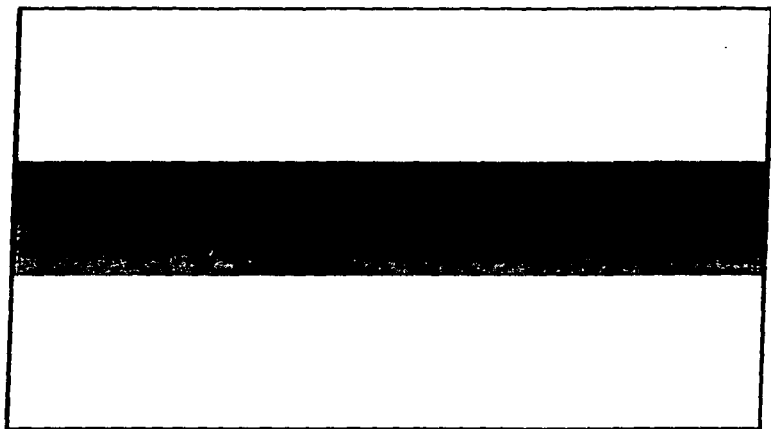
- **Balanza Analítica AINSWANTH, Modelo 100A.**
- **Espectrofotómetro de absorción atómica
PYEUNICAM SP.192.**
- **Estufa CAISA ALFEY modelo 11.**
- **Parrilla de calentamiento.**
- **Lámpara de cátodo hueco para zinc y magnesio, marca
PYEUNICAM**

Reactivos.

- **Ácido Clorhídrico J. T. BAKETR R.A.**
- **Ácido Nítrico J. T. BAKER R.A.**
- **Estándar de zinc (1000 ppm)**
- **Estándar de magnesio (1000 ppm)**
- **Oxido de lantano**
- **Agua disionizada.**

Soluciones.

- **Ácido nítrico 1M**
- **Óxido de lantano al 2 %.**





La presente investigación se realizó en un total de 324 unidades experimentales consistentes en dientes incisivos, molares y caninos todos ellos pertenecientes a la dentición decidua, que fueron donados voluntariamente y con autorización firmada por los padres o tutores de escolares de 9 a 11 años de edad, de ambos sexos; residentes del municipio de Nezahualcóyotl. Las determinaciones de la concentración de zinc fue llevada a cabo en 301 muestras de los cuales 175 muestras pertenecían al sexo masculino y 126 al sexo femenino. Para el magnesio se utilizaron 265 muestras que pertenecían a 157 del sexo masculino y 110 al femeninos. Los dientes fueron pulidos, lavados con agua desionizada y detergente no ionico, y puestos a peso constante, y digeridos en su totalidad con ácido nítrico concentrado, la cuantificación de zinc se efectuó por Espectrofotometría de Absorción Atómica con llama, a una longitud de onda de 213.9 nm y 285.2 nm para magnesio.

DESARROLLO EXPERIMENTAL

Todo el material utilizado, fue previamente lavado con jabón no ionico y enjuagado con agua desionizada, posteriormente se dejó durante 24 horas en ácido nítrico 1M. y fue enjuagado con agua desionizada por lo menos tres veces y secado.

Los dientes fueron clasificados y caracterizados, posteriormente pulidos y lavados con detergente no ionico y agua desionizada.

Las unidades experimentales se pesaron individualmente y se colocaron en vasos de precipitados de 50 ml.

Posteriormente se secaron en la estufa a 110 °C durante 4 horas y a 60 °C hasta peso constante. Se adicionó 5 ml de ácido nítrico concentrado y se calentó lentamente hasta destrucción de materiales.

Una vez completa la digestión se procedió a aforar a un volumen de 50 ml con agua desionizada y se filtraron.

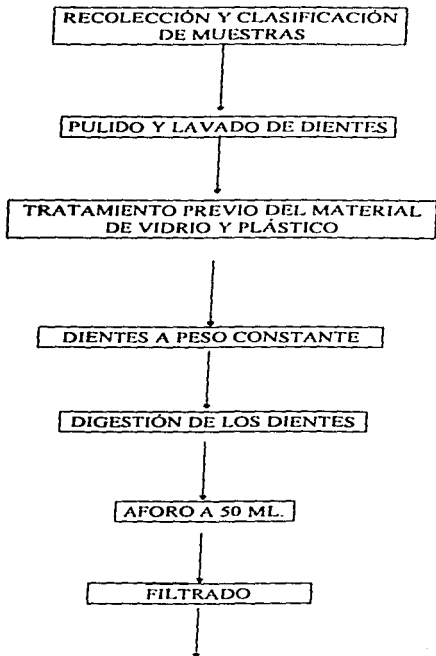
DETERMINACIÓN DE MAGNESIO:

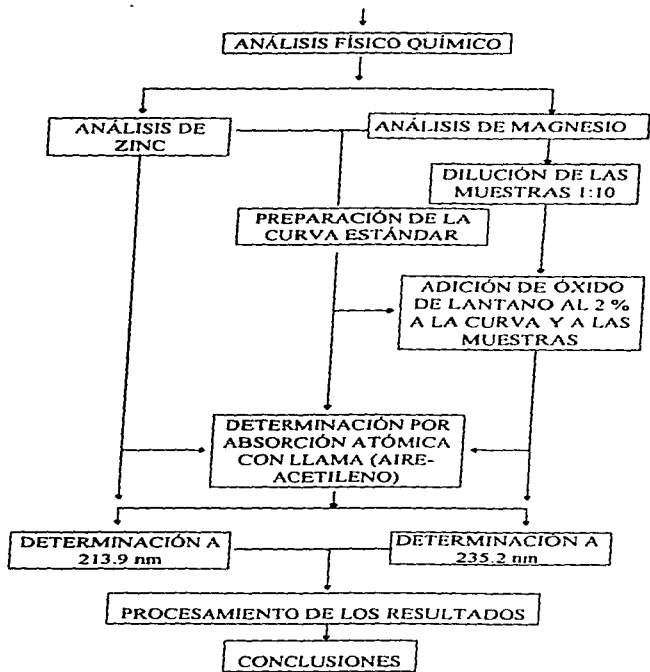
Las muestras se compararon contra una curva de calibración de concentración de 1, 3, 5, 10, y 20 ppm. Se hacen diluciones de las muestras con agua desionizada en proporción 1:10, adicionando al inicio 1 ml de solución de óxido de lantano al 2 % a cada una de las diluciones de la curva de calibración y a las muestras; se obtuvieron las lecturas de absorbancia en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica a una longitud de onda de 285.2 nm con una llama empleando como gases aire-acetileno.

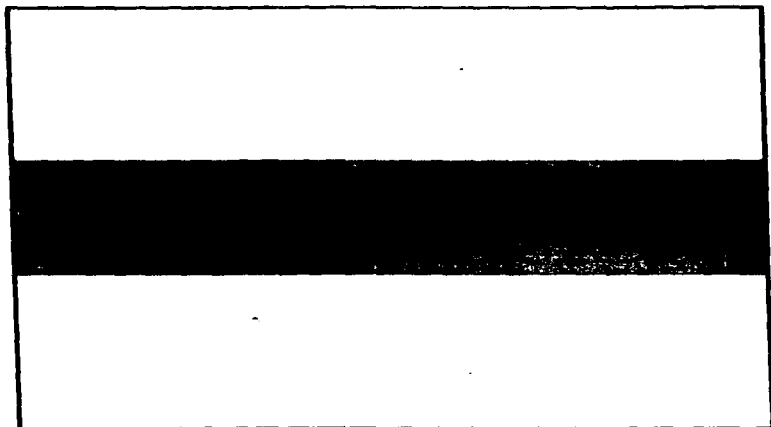
DETERMINACIÓN DE ZINC:

Las muestras fueron comparadas contra una curva de calibración de concentración de 1, 2, 5, 10, 15, 20 ppm, se obtuvieron las lecturas de absorbancia en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica a una longitud de onda de 213.9 nm con una llama empleando como gases aire-acetileno.

DIAGRAMA DE FLUJO.







La hipótesis manejada en el presente estudio fue aceptada ya que en ella se estableció la homogeneidad de la concentración y distribución de magnesio y zinc entre los diferentes tipos de dientes analizados entre sí y el sexo del donador; la cual fue corroborada como puede observarse a través de los resultados que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la concentración media de los dientes analizados y el sexo del donador, como se muestra a continuación.

CONCENTRACIÓN DE ZINC.

Las concentraciones medias de zinc en diente total, se muestran en la **TABLA 1**, y en la **Gráfica 1**. En ellas se puede observar las medias de las concentraciones de ambos sexos. Estos resultados fueron homogéneos ya que no existe una diferencia estadísticamente significativa de acuerdo con el análisis de varianza y la prueba de Tukey's, practicados a los datos. Cabe destacar de esta tabla que la mayor concentración de zinc se encontró en los dientes incisivos con 476.65 ± 360.96 ppm del sexo femenino, y la menor se encontró en los dientes caninos de sexo masculino con una concentración de 338.66 ± 166.732 ppm.

TABLA 1. Concentración media de zinc en dientes deciduos de escolares de 9 a 11 años de edad residentes de Cd. Nezahualcóyotl.

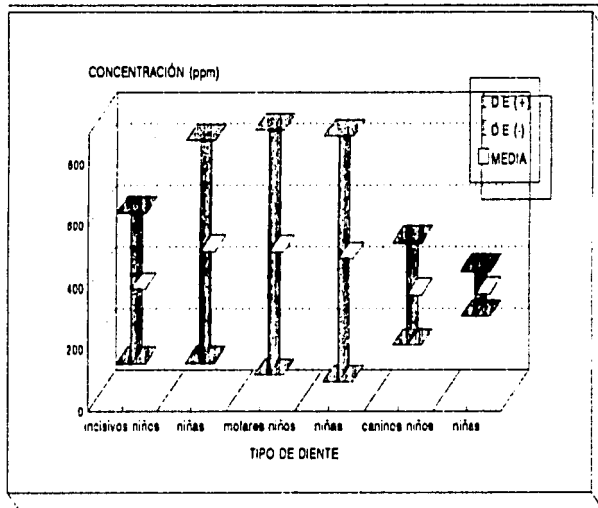
TIPO DE DIENTE	CONCENTRACIÓN MEDIA (ppm)	
	MASCULINO	FEMENINO
incisivos	357.40 ± 244.40	476.65 ± 360.96
molares	474.12 ± 397.32	452.92 ± 398.172
caninos	338.66 ± 166.73	341.11 ± 73.649

fuerza directa

Los valores presentaron una desviación estándar alta debido fundamentalmente a la dispersión de los valores y a la variedad de la concentración obtenida en cada uno de los dientes. La menor desviación estándar fue la de los caninos pertenecientes al sexo femenino.

Para comparar la concentración de zinc por tipo de diente se efectuó un análisis de varianza y la prueba de Tukey's con la finalidad de encontrar una posible diferencia estadísticamente significativa entre las medias globales. Las comparaciones fueron hechas tomando en cuenta el sexo del donador por separado, y por tipo de diente. De tal forma, que al comparar los dientes molares con los incisivos la diferencia fue estadísticamente no significativa; de igual manera que al comparar los valores medios globales de dientes molares con caninos e incisivos con caninos. Este análisis es mostrado en las TABLAS 2, 3, 4, y 5.

GRÁFICA 1. Concentración de Zn por tipo de diente en escolares de 9 a 11 años de edad residentes de Cd. Nezahualcóyotl.



*DIENTES DECIDUOS.

De este modo se estableció el siguiente juego de hipótesis:

1) **Hipótesis nula:** No existe diferencia estadísticamente significativa entre los valores medios globales de la concentración de zinc en cada tipo de diente.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

2) **Hipótesis alterna:** Si existe diferencia estadísticamente significativa entre los valores medios globales de la concentración de zinc en cada tipo de diente (al menos un par de medias es diferente).

$$H_a: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

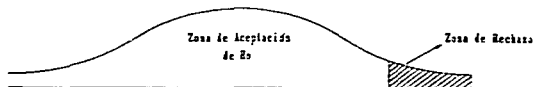
Con el criterio de rechazar H_0 si $Pr < F$

donde:

Pr = Probabilidad Asociada.

F = Nivel de significancia ($\alpha = 0.05$)

Región Crítica:



Los resultados del análisis de varianza mostraron, en todos los casos por tipo de diente en ambos sexos por separado, **TABLAS 2 y 4**, que la probabilidad asociada encontrada a partir de F_{calc} es mayor a F , por lo que se acepta H_0 y se rechaza H_a , es decir, se puede afirmar con un 95 % de confianza que no existe diferencia estadísticamente significativa entre las medias globales de la concentración de zinc.

A partir de los resultados anteriores, se procedió a realizar una comparación entre las medias de los dientes, realizando las comparaciones simultáneamente mediante la prueba de Tukey's la cual corroboró lo establecido en el análisis de varianza (no existen diferencias significativas por tipo de diente en ambos sexos), **TABLA 3 y 5**. Para realizar esta prueba se controló un error experimental proporcional de tipo I, nivel de significancia $\alpha = 0.05$, intervalo de confianza = 0.95.

Los análisis estadísticos fueron realizados con ayuda del paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS).

TABLA 2. Análisis de varianza por tipo de diente en el sexo masculino, para la concentración media de zinc.

FUENTE	DF	SS	MS	F	Prob>f
Modelo	2	383366.944	191683.472	1.36	0.2582
Error	172	24157243.8	140449.092		
Total correg.	174	24540610.7			

$\alpha = 0.05$ confianza = 0.95

Coefficiente de correlación r^2	Coefficiente de variabilidad	Desviación estándar
0.015622	82.51318	374.365

ESTADÍGRAFO DE CONTRASTE: Pr>F

donde F = nivel de significancia (α) $\alpha > 0.05$

NOTA: fuente experimental directa.

En la prueba estadística de análisis de varianza, para este elemento, se obtiene una Prob.>f de 0.2582, este valor al ser mayor que 0.05 nos permite concluir que no hay una diferencia estadísticamente significativa en cada una de las concentraciones encontradas en las tres categorías de dientes del sexo masculino.

TABLA 3. Prueba de Tukey's. Comparaciones simultáneas de la concentración media de zinc en dientes del sexo masculino.

Comparación por tipo de diente	Límite de confianza inferior	Diferencia entre medias	Límite de confianza superior
<i>caninos-molares</i>	-187.47	116.72	420.91
<i>caninos-incisivos</i>	-85.71	135.46	356.64
<i>molares-caninos</i>	-420.91	-116.72	187.47
<i>molares-incisivos</i>	-342.98	18.74	380.46
<i>incisivos-caninos</i>	-356.64	-135.46	85.71
<i>incisivos-caninos</i>	-380.46	-18.74	342.98

NOTA: Fuente experimental directa

GRADOS DE LIBERTAD (gl) = 172

VARIANZA (MSE) $\sigma^2 = 140449.1$

VALOR CRÍTICO DEL RANGO ESTUDENTIZADO = 3.344

LA DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ES INDICADA POR ***

La cual no aparece en ninguna de las comparaciones realizadas

TABLA 4. Análisis de varianza por tipo de diente en el sexo femenino para la concentración media de zinc.

FUENTE	DF	SS	MS	F	Prob>f
Modelo	2	73845.327	36922.6635	0.25	0.7819
Error	123	18421009.8	149764.301		
Total correg.	125	18494855.2			

 $\alpha = 0.05$

confianza = 0.95

Coefficiente de correlación r^2	Coefficiente de variabilidad	Desviación estándar
0.003993	86.35059	386.994

ESTADÍGRAFO DE CONTRASTE: Pr>F

donde F = nivel de significancia (α) $\alpha = 0.05$

NOTA: fuente experimental directa

En la prueba estadística del análisis de varianza para la concentración de zinc se obtiene una Prob>f de 0.7819, que es un valor mayor que 0.05 por lo que no hay una diferencia estadísticamente significativa en cada una de las concentraciones encontradas en las tres categorías analizadas en niñas.

TABLA 5. Prueba de Tukey's. Comparaciones simultáneas de la concentración media de zinc en dientes del sexo femenino.

Comparación por tipo de diente	Límite de confianza inferior	Diferencia entre medias	Límite de confianza superior
caninos-molares	-513.10	23.73	560.56
caninos-incisivos	-513.67	135.54	784.75
molares-caninos	-560.56	-23.73	513.10
molares-incisivos	-272.50	111.81	496.12
incisivos-caninos	-784.75	-135.54	513.67
incisivos-caninos	-496.12	-111.81	272.50

NOTA: Fuente experimental directa

GRADOS DE LIBERTAD (μ) = 172VARIANZA (MSE) $\sigma^2 = 140449.1$

VALOR CRÍTICO DEL RANGO ESTUDENTIZADO = 3.344

LA DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ES INDICADA POR ***

La cual no aparece en ninguna de las comparaciones realizadas

Una vez que se comprobó que no hay diferencia entre medias por tipo de diente, se efectuó otro análisis de varianza y prueba de Tukey's para determinar si existe una diferencia estadísticamente significativa al comparar las medias globales considerando el sexo de los donadores en cada análisis. Los resultados de dicho análisis entre los dientes incisivos del sexo masculino con los del sexo femenino, fue estadísticamente no significativa de igual manera que al comparar los valores medios globales de los dientes molares, y lo mismo sucedió con los caninos. Estos análisis son mostrado en las **TABLAS 6, 7, 8.**

Así se plantearon el siguiente juego de hipótesis para dientes caninos, molares e incisivos, aclarando que el siguiente par de hipótesis funciona para las tres categorías de dientes mencionados y lo que se establece es solo un ejemplo.

1) **Hipótesis nula:** No existe diferencia estadísticamente significativa entre los valores medios globales de la concentración de zinc en dientes incisivos de ambos sexos.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

2) **Hipótesis alterna:** Si existe diferencia estadísticamente significativa entre los valores medios globales de la concentración de zinc en dientes incisivos de ambos sexos, (al menos un par de medias es diferente).

$$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$$

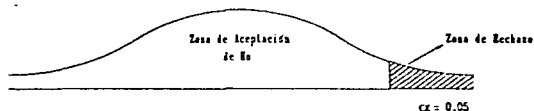
Con el criterio de rechazar H_0 si $Pr < F$

donde:

P_r = Probabilidad Asociada.

F = Nivel de Significancia ($\alpha = 0.05$)

Región Crítica:



Los resultados del análisis de varianza mostraron, en los 3 casos por tipo de diente, **TABLAS 6, 7 y 8**, que la probabilidad asociada encontrada a partir de F_{calc} es mayor a F , por lo que se acepta H_0 y se rechaza H_a , es decir, se puede afirmar con un 95 % de confianza que no existe diferencia estadísticamente significativa entre las medias globales de la concentración de zinc en cada sexo.

Se procedió a realizar una comparación entre las medias de los dientes, realizando las comparaciones simultáneamente mediante la prueba de Tukey's la cual corroboró que no existen diferencias significativas por tipo de diente en ambos sexos por separado **TABLA 6, 7, y 8**. Para realizar esta prueba se controló un error experimental proporcional de tipo I, nivel de significancia $\alpha = 0.05$, intervalo de confianza = 0.95.

Los análisis estadísticos fueron realizados con ayuda del paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS).

TABLA 6. Análisis de varianza de la concentración media de zinc en dientes incisivos de ambos sexos.

FUENTE	DF	SS	MS	F	Prob>f
Modelo	1	31997.0407	31997.0407	0.25	0.6309
Error	10	1302991.30	130299.130		
Total correg.	11	1334988.34			

$\alpha = 0.05$

confianza = 0.95

Coefficiente de correlación r^2	Coefficiente de variabilidad	Desviación estándar
0.023968	93.22178	360.9697

NOTA: fuente experimental directa.

ESTADÍGRAFO DE CONTRASTE: Pr>F

donde F = nivel de significancia (α) $\alpha = 0.05$

Tukey:

SEXO	MEDIAS	LETRA
MASCULINO	357.4	A
FEMENINO	476.7	A

NOTA: Fuente experimental directa

Grados de libertad (gl) = 10

Varianza (MSE) $\sigma^2 = 130299.1$

Valor crítico del rango estudentizado = 3.151

Diferencia mínima significativa = 536.19

Cuando hay diferencia significativa las letras son distintas.

En la prueba estadística del análisis de varianza para la concentración de zinc se obtiene una Prob.>f de 0.6309, que es un valor mayor que 0.05 por lo que no hay una diferencia estadísticamente significativa en cada una de las concentraciones encontradas en los incisivos en ambos sexos:

TABLA 7. Análisis de varianza de la concentración media de zinc en dientes molares de ambos sexos.

FUENTE	DF	SS	MS	F	Prob>f
Modelo	1	29366.3022	29366.3022	0.19	0.6638
Error	263	407755.43.9	155040.091		
Total correg.	264	40804910.2			

$\alpha = 0.05$ confianza = 0.95

Coefficiente de correlación r^2	Coefficiente de variabilidad	Desviación estándar
0.000720	84.72052	393.7513

Estadígrafo de contraste $F_{1,263}$

donde F = nivel de significancia (α) $\alpha = 0.05$

NOTA: fuente experimental directa

Tukey:

SEXO	MEDIAS	LETRA
MASCULINO	474.12	A
FEMENINO	452.93	A

NOTA: Fuente experimental directa

Grados de libertad (gl) = 263

Varianza (MSE) $\sigma^2 = 155040.1$

Valor crítico del rango estudentizado = 2.785

Diferencia mínima significativa = 95.912

Cuando hay diferencia significativa las letras son distintas.

En la prueba estadística del análisis de varianza para la concentración de zinc se obtiene una $\text{Prob.}>f$ de 0.6638 que es un valor mayor que 0.05 por lo que no hay una diferencia estadísticamente significativa en cada una de las concentraciones encontradas en molares de ambos sexos.

TABLA 8. Análisis de varianza de la concentración media de zinc en dientes caninos del sexo masculino y femenino.

FUENTE	DF	SS	MS	F	Prob>f
Modelo	1	27.0774405	27.0774405	0.00	0.9728
Error	22	499718.428	22714.4740		
Total correg.	22	499745.506			

$\alpha = 0.05$

confianza = 0.95

Coefficiente de correlación r^2	Coefficiente de variabilidad	Desviación estándar
0.000054	44.42220	150.7132

ESTADÍGRAFO DE CONTRASTE: $\text{Pr}>F$

donde F = nivel de significancia (α) $\alpha = 0.05$

NOTA: fuente experimental directa.

Tukey:

SEXO	MEDIAS	LETRA
MASCULINO	338.66	A
FEMENINO	341.11	A

NOTA: Fuente experimental directa

Grados de libertad (gl) = 22

Varianza (MSE) $\sigma^2 = 22714.47$

Valor crítico del rango estudentizado = 2.933

Diferencia mínima significativa = 147.34

Cuando hay diferencia significativa las letras son distintas.

En la prueba estadística del análisis de varianza para la concentración de zinc se obtiene una Prob.>f de 0.9728, que es un valor mayor que 0.05 por lo que no hay una diferencia estadísticamente significativa en cada una de las concentraciones encontradas en caninos de ambos sexos.

CONCENTRACIÓN DE MAGNESIO

La concentración de magnesio en diente deciduo total por sexo del donador, se encuentra en la TABLA 9 y Gráfica 2. En ellas se muestran las media de las concentraciones obtenidas. La mayor concentración de magnesio se encuentra en los caninos pertenecientes al sexo masculino, así como la menor dispersión de la misma. También en el sexo masculino, pero en dientes incisivos se halla la menor desviación estándar la mejor heterogeneidad de la dispersión de este elemento. No obstante, después de llevar a cabo el análisis de varianza y prueba de Tukey's se determinó que la concentración de magnesio no es estadísticamente diferente en los diversos tipos de dientes y sexo. En el sexo femenino existe un dato único, el cual tiene un valor de 9166.67 ppm en dientes incisivos, que no permitió establecer comparación alguna, pues dicha comparación no se puede establecer por tratarse de un dato único que no es representativo y por tanto no existe la media ni desviación estándar.

TABLA 9. Concentración media de magnesio en dientes deciduos de escolares de 9 a 11 años de edad residentes de Cd. Nezahualcóyotl.

TIPO DE DIENTE	CONCENTRACIÓN MEDIA (ppm)	
	NIÑOS	NIÑAS
incisivos	5927.61 ± 4101.90	
molares	6871.30 ± 2251.08	6583.74 ± 2332.78
caninos	7511.09 ± 1756.55	5437.50 ± 3918.16

fuentes directas

Los valores obtenidos, dependiendo del sexo del donador en las tres categorías de dientes manejados en el presente estudio, se observa que tienen una desviación estándar alta debido a la dispersión y diversidad de los datos obtenidos.

Las comparaciones con respecto a la concentración por tipo de diente, se efectuó con un análisis de varianza y también la prueba de Tukey's con la finalidad de encontrar una posible diferencia estadísticamente significativa entre las medias globales. Las comparaciones fueron hechas tomando en cuenta al sexo del donador por separado, haciéndolo de manera general por tipo de diente. De tal forma, que al comparar los dientes molares con los incisivos resultó que la diferencia no fue estadísticamente significativa; de igual manera que al comparar los valores medios globales de dientes molares con caninos e incisivos con caninos. Este análisis es mostrado en las **TABLAS 10, 11, 12, y 13.**

De este modo se estableció el siguiente juego de hipótesis:

1) **Hipótesis nula:** No existe diferencia estadísticamente significativa entre los valores medios globales de la concentración de magnesio en cada tipo de diente (incisivos, molares, y caninos).

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

2) **Hipótesis alterna:** Si existe diferencia estadísticamente significativa entre los valores medios globales de la concentración de magnesio en cada tipo de diente (al menos un par de medias es diferente).

$$H_a: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

Con el criterio de rechazar H_0 si $Pr < F$

donde:

Pr = Probabilidad Asociada.

F = Nivel de Significancia ($\alpha = 0.05$)

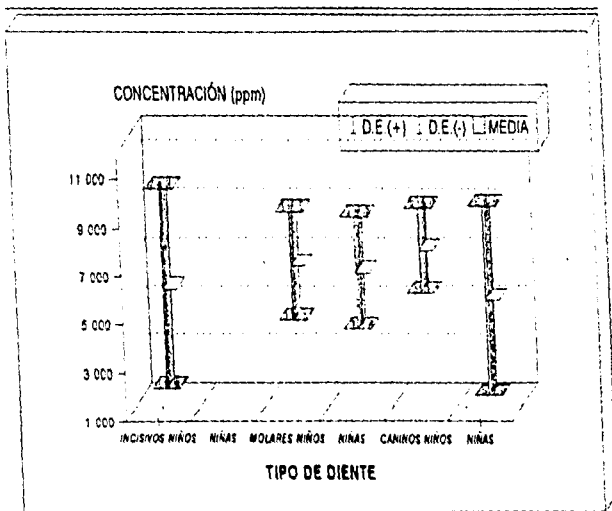
Región Crítica:



Los resultados del análisis de varianza mostraron, en todos los casos **TABLAS 10 y 12**, que la probabilidad asociada encontrada a partir de F_{calc} es mayor a F , por lo que se acepta H_0 y se rechaza H_a , es decir, se puede afirmar con un 95 % de confianza que no existe diferencia estadísticamente significativa entre las medias globales de la concentración de magnesio.

A partir de los resultados anteriores, se procedió a realizar una comparación entre las medias de los dientes, realizando las

GRÁFICA 2. Concentración de Mg por tipo de diente en escolares de 9 a 11 años de edad residentes de Cd. Nezahualcóyotl.



*DIENTES DECIDUOS

comparaciones simultáneamente mediante la prueba de Tukey's la cual corroboró que no existen diferencias significativas por tipo de diente en ambos sexos **TABLA 11** y **13**. Para realizar esta prueba se controló un error experimental proporcional de tipo I, nivel de significancia $\alpha = 0.05$, intervalo de confianza = 0.95.

Los análisis estadísticos fueron realizados con ayuda del paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS).

TABLA 10. Análisis de varianza. Prueba de Tukey's por tipo de diente en el sexo masculino para magnesio.

FUENTE	DF	SS	MS	F	Prob>f
Modelo	2	9834015.73	4917007.87	0.92	0.3990
Error	154	819347931	5320441.11		
Total correg.	156	829181947			

$\alpha = 0.05$ confianza = 0.95

Coefficiente de correlación	Coefficiente de variabilidad	Desviación estándar
0.011860	33.52600	2306.61

ESTADIGRAFO DE CONTRASTE: $Pr > F$

donde F = nivel de significancia (α) $\alpha = 0.05$

NOTA: fuente experimental directa

En la prueba estadística de análisis de varianza para este elemento, se obtiene una $Prob > f$ de 0.3990, se presume que este valor al ser mayor que 0.05 nos permite concluir que no hay una diferencia estadísticamente significativa en cada una de las concentraciones encontradas en las tres categorías de dientes del sexo masculino.

TABLA 11. Prueba de Tukey's. Comparaciones simultáneas de la concentración media de magnesio en dientes del sexo masculino

Comparación por tipo de diente	Límite de confianza inferior	Diferencia entre medias	Límite de confianza superior
caninos-molares	-1069.6	639.8	2349.2
caninos-incisivos	-1187.0	1583.5	4354.0
molares-caninos	-2349.2	-639.8	1069.6
molares-incisivos	-1332.1	943.7	3219.5
incisivos-caninos	-4354.0	-1583.5	1187.0
incisivos-caninos	-3219.5	-943.7	1332.1

NOTA: Fuente experimental directa
GRADOS DE LIBERTAD (gl) = 154
VARIANZA (MSE) $\sigma^2 = 5320441$

VALOR CRÍTICO DEL RANGO ESTUDENTIZADO = 3.147

LA DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ES INDICADA POR ***

LA CUAL NO APARECE EN NINGUNA DE LAS COMPARACIONES REALIZADAS

TABLA 12. Análisis de varianza por tipo de diente en el sexo femenino para magnesio

FUENTE	DF	SS	MS	F	Prob>f
Modelo	2	10606452.5	5303226.3	0.94	0.3929
Error	107	602097563.4	5627080.0		
Total correg.	109	612704015.9			

$\alpha = 0.05$

confianza = 0.95

Coefficiente de correlación	Coefficiente de variabilidad	Desviación estándar
0.017311	36.07300	2372.15

ESTADIGRAFO DE CONTRASTE $F_{Pr>F}$

donde F = nivel de significancia (α) $\alpha = 0.05$

NOTA: fuente experimental directa

En la prueba estadística de análisis de varianza para este elemento se obtiene una Prob > f de 0.3929, se presume que este valor al ser mayor que 0.05 indica que no existe una diferencia

estadísticamente significativa entre los tres tipos de dientes encontradas en el sexo femenino.

TABLA 13. Prueba de Tukey's. Comparaciones simultáneas de la concentración media de magnesio en dientes del sexo femenino.

Comparación por tipo de diente	Límite de confianza inferior	Diferencia entre medias	Límite de confianza superior
caninos-molares	-3081.7	2582.9	8247.6
caninos-incisivos	-2781.2	3729.2	10239.5
molares-caninos	-8247.6	-2582.9	3081.7
molares-incisivos	-2154.7	1146.2	4447.1
incisivos-caninos	-10239.5	-3729.2	2781.2
incisivos-molares	-4447.1	-1146.2	2154.7

NOTA: Fuente experimental directa.

GRADOS DE LIBERTAD (gl) = 107

VARIANZA (MSE) σ^2 = 5627080

VALOR CRÍTICO DEL RANGO ESTUDENTIZADO = 3.361

LA DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ES INDICADA POR ***.

La cual no aparece en ninguna de las comparaciones realizadas

Una vez que se comprobó que no hay diferencia entre medias por tipo de diente, se efectuó también, un análisis de varianzas para determinar si existe una diferencia estadísticamente significativa al comparar las medias globales, considerando el sexo de los donadores en cada análisis. Los resultados de este análisis, al comparar las medias de concentración global de los dientes incisivos del sexo masculino con los del sexo femenino, resultó que no fueron estadísticamente significativa, de igual manera sucedió al comparar los valores medios globales de dientes molares, y lo mismo sucedió con los caninos. Este análisis es mostrado en las **TABLAS 14, 15, y 16.**

Así se plantearon el siguiente juego de hipótesis para dientes caninos, molares e incisivos, aclarando que el siguiente par de hipótesis funciona para las tres categorías de dientes mencionados y lo que se establece es solo un ejemplo.

1) **Hipótesis nula:** No existe diferencia estadísticamente significativa entre los valores medios globales de la concentración de magnesio en dientes incisivos de ambos sexos.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

2) **Hipótesis alterna:** Si existe diferencia estadísticamente significativa entre los valores medios globales de la concentración de magnesio en dientes incisivos de ambos sexos, (al menos un par de medias es diferente).

$$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$$

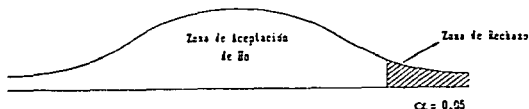
Con el criterio de rechazar H_0 si $Pr < F$

donde:

Pr = Probabilidad Asociada.

F = Nivel de Significancia ($\alpha = 0.05$)

Región Crítica:



Los resultados del análisis de varianza muestran, en los 3 tipos de dientes en ambos sexos, **TABLAS 14, 15 y 16**, que la probabilidad asociada encontrada a partir de F_{calc} es mayor a F , por lo que se acepta H_0 y se rechaza H_a , es decir, se puede afirmar con un 95 % de confianza que no existe diferencia estadísticamente significativa entre las medias globales de la concentración de magnesio por tipo de sexo del donador.

A partir de los resultados anteriores, se procedió a realizar una comparación entre las medias de los dientes, realizando las comparaciones simultáneamente mediante la prueba de Tukey's la cual corroboró que no existen diferencias significativas por tipo de diente en ambos sexos, **TABLA 14, 15, y 16**. Para realizar esta prueba se controló un error experimental proporcional de tipo I, nivel de significancia $\alpha = 0.05$, intervalo de confianza = 0.95.

Los análisis estadísticos fueron realizados con ayuda del paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS).

TABLA 14. Análisis de varianza de la concentración media de magnesio en dientes incisivos de ambos sexos.

FUENTE	DF	SS	MS	F	Prob>f
Modelo	1	8992725.36	8992725.36	0.53	0.4975
Error	5	84128095.9	16825619.1		
Total correg.	6	93120821.3			

 $\alpha = 0.05$

confianza = 0.95

Coefficiente de correlación r^2	Coefficiente de variabilidad	Desviación estándar
0.096571	64.18926	4101.904

ESTADÍGRAFO DE CONTRASTE: $Pr > F$ donde F = nivel de significancia (α) $\alpha = 0.05$

NOTA: fuente experimental directa.

Tukey:

SEXO	MEDIAS	LETRA
MASCULINO	5928	A
FEMENINO	9167	A

NOTA: Fuente experimental directa

Grados de libertad (gl) = 5

Varianza (MSE) $\sigma^2 = 16825619$

Valor crítico del rango estudentizado = 3.634

Diferencia mínima significativa = 11386

Cuando hay diferencia significativa las letras son distintas.

En la prueba estadística del análisis de varianza para la concentración de magnesio se obtiene una Prob.>f de 0.4975, que es un valor mayor que 0.05 por lo que no hay una diferencia estadísticamente significativa en cada una de las concentraciones encontradas en los incisivos de ambos sesos.

TABLA 15. Análisis de varianza de la concentración media de magnesio en dientes molares de ambos sexos.

FUENTE	DF	SS	MS	F	Prob>f
Modelo	1	4988136.41	4988136.41	0.95	0.3297
Error	244	1275758724	5228519.36		
Total correg.	245	1280746860			

 $\alpha = 0.05$

confianza = 0.95

Coefficiente de correlación r^2	Coefficiente de variabilidad	Desviación estándar
0.003895	33.88859	22886.596

ESTADIGRAFO DE CONTRASTE: Pr>F

donde F = nivel de significancia (α) $\alpha = 0.05$

NOTA: fuente experimental directa.

Tukey:

SEXO	MEDIAS	LETRA
MASCULINO	6871.3	A
FEMENINO	6583.7	A

NOTA: Fuente experimental directa

Grados de libertad (gl) = 244

Varianza (MSE) $\sigma^2 = 5228519$

Valor crítico del rango estudentizado = 2.786

Diferencia mínima significativa = 579.89

Cuando hay diferencia significativa las letras son distintas.

En la prueba estadística del análisis de varianza para la concentración de magnesio se obtiene una Prob.>f de 0.3297 que es un valor mayor que 0.05 por lo que no hay una diferencia estadísticamente significativa en cada una de las concentraciones encontradas en molares de ambos sexos.

TABLA 16. Análisis de varianza de la concentración media de magnesio en dientes caninos de ambos sexos.

FUENTE	DF	SS	MS	F	Prob>f
Modelo	1	10135229.2	10135229.2	1.98	0.1852
Error	12	61558674.7	5229889.56		
Total correg.	13	71693903.9			

 $\alpha = 0.05$

confianza = 0.95

Coefficiente de correlación r^2	Coefficiente de variabilidad	Desviación estándar
0.141368	32.05045	2264.926

ESTADÍGRAFO DE CONTRASTE: $P_T > F$ donde F = nivel de significancia (α) $\alpha = 0.05$

NOTA: fuente experimental directa.

Tukey:

SEXO	MEDIAS	LETRA
MASCULINO	476.7	A
FEMENINO	357.4	A

NOTA: Fuente experimental directa

Grados de libertad (gl) = 12

Varianza (MSE) $\sigma^2 = 5129890$

Valor crítico del rango estudentizado = 3.081

Diferencia mínima significativa = 3214.1

Cuando hay diferencia significativa las letras son distintas.

En la prueba estadística del análisis de varianza para la concentración de magnesio se obtiene una Prob.>f de 0.1852, que es un valor mayor que 0.05 por lo que no hay una diferencia estadísticamente significativa en cada una de las concentraciones encontradas en caninos de ambos sexos.

II. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La concentración de magnesio y zinc encontrada en diente total presentaron una uniformidad de contenido en cuanto al sexo del donador y a tipo de diente que se compara, considerando que se trata de dientes deciduos de niños y niñas de aproximadamente la misma edad y que son residentes del mismo lugar geográfico. Por tanto se acepta la hipótesis planteada, no existiendo diferencia estadísticamente significativa en las comparaciones realizadas según el análisis estadístico aplicado a los datos.

Numerosos investigadores (1, 2, 7, 8, 11, 14, 16, 19, 21, 24, 26, 31, 32, 35, 38, 39) han realizado estudios en dientes de humano y en dientes de animales, analizando el contenido de elementos traza; para encontrar alguna relación con la caries dental y la forma en que estos elementos afectan al diente. Para este fin, a lo largo de la historia, los métodos de análisis empleados para la determinación de la concentración de elementos traza han mejorado conjuntamente con el avance de la tecnología, esto ha permitido obtener datos que son cada vez más precisos eliminando interferencias durante el análisis. Por ejemplo: en datos reportados en 1940, sobre estudios realizados en diente total, fueron hechos por medio de métodos titulométricos o extracciones (4, 13). En la actualidad, los análisis instrumentales permiten obtener datos más ciertos debido a la sensibilidad de los modernos y sofisticados equipos de medición, (como es el caso en este estudio), a la vez que se han empleado

diferentes técnicas analíticas específicas que involucra el manejo de un instrumento aparato que permite cuantificar de una manera más precisa estas concentraciones contenidas en las muestras, haciendo obsoletas las anteriores; tal es el caso de los resultados obtenidos en el presente estudio empleando Absorción Atómica con llama. En años anteriores esta misma técnica la han empleado algunos investigadores en las determinaciones analíticas (16, 21, 24, 27, 28, 29), y algunas otras técnicas de análisis como SIMS (31), Espectrometría de Masa (16), Microprueba de Electrón (17), Microanálisis de Protón (1), Fluorescencia de Rayos X (26), Emisión de Rayos X Inducido por Protón (1, 2), Espectrográfico ó Espectrométrico (también llamado Espectrometría) de Rayos Gama (9, 2, 40, 41, 42), Activación de Neutrón (17, 24, 26) pero la mayoría de las referencias bibliográficas tienen más de una década y sin embargo en su época marcaron la vanguardia del análisis instrumental como ahora lo marca la absorción atómica (AAS) en sus diferentes modalidades (llama, grafito, generación de hidruros) para cuantificar metales, en algunos casos hasta en el orden de partes por billón; por tanto los resultados reportados en este trabajo son confiables, debido a la sensibilidad del instrumento con que se realizaron las determinaciones analíticas.

ZINC.

La concentración de zinc, en *diente permanente y deciduo*, se ha estudiado a la par en *esmalte y dentina* de un mismo diente para analizar sus contenidos minerales. Es pertinente aclarar que en este tipo de estudios no es posible sumar las concentraciones encontradas en dentina y en esmalte para obtener un total, que podría ser equivalente a los resultados en diente total, por que de esta forma las condiciones experimentales cambian y los valores no son representativos.

Los rangos de concentración de zinc obtenidos en algunos estudios realizados sólo en *esmalte de dientes permanentes*, son superiores a las medias de las concentraciones reportadas en este trabajo; por ejemplo: Steadman y col. 1959 (43), Brudevold y col. 1963 (44); Nixon y col. en 1967 (45). Igualmente, en *dientes permanentes* se reportan estudios de la concentración de zinc realizados sólo en *dentina*, como es el caso de los resultados obtenidos por Söremark y col. en 1961 (46) que obtuvieron una media de 199 ± 78.1 ppm; y Karashima y col. 1986 (47) en *dientes recién erupcionados* obtuvieron 170 ppm. Estos datos en conjunto evidencian que la concentración de zinc en dentina es menor a las medias obtenidas en esta investigación en diente deciduo total.

Contrastablemente, también en *dientes permanentes* se reportaron resultados en *esmalte* cuya media son menores en, aproximadamente, un 50 % a los obtenidos en dientes temporales a través de este estudio. Así tenemos que Söremark y col. en 1961 (14), determinaron la concentración de zinc en esmalte, con una media de 276 ± 106 ppm; Lappalainen y col. en 1981 (15) determinaron la concentración de zinc en esmalte obteniendo un rango de 169 ppm a 538 ppm con una media de 301 ± 42.8 ppm, Curzon y col. en 1978 (16) obtuvieron un rango de 9.9 a 800 ppm de zinc en esmalte con una media de 153.12 ppm; Kot, Iowana en 1985 (16) determinó la concentración de zinc en esmalte de dientes incisivos, caninos, molares, y premolares, encontrando 236.6 ppm, 224.1 ppm, 218.9 ppm, 213.1 ppm, respectivamente.

También la concentración de zinc en *diente permanente* es menor en estudios que se realizaron a la par en *esmalte* y en *dentina* de un mismo diente, en ellos se puede notar que las concentraciones obtenidas para zinc, son menores, y en diente decíduo en el presente estudio son mayores que en cualquiera de los tejidos antes mencionados para diente permanente; los cuales fueron obtenidos entre otros por Retief y col. en 1971 (16) que obtuvieron en dentina una concentración de zinc de 172.81 ± 11.14 ppm y en el esmalte una concentración de 263.42 ± 14.80 ppm; Derise y col. en 1974 (17) obtuvieron en dentina 148.9 ± 8.9 ppm y en esmalte 190.6 ± 2 ppm,

Lakomaa y col. en 1977 (27), encontraron una concentración de zinc en dentina de 126 ± 27 ppm y en esmalte de 180 ± 45 ppm.

En *dientes deciduos*, los estudios de la concentración de zinc no han sido tan extensos como en el caso de los dientes permanentes. Los datos encontrados fueron reportados en *esmalte y dentina*. Lakomaa en el estudio antes mencionado (27), obtuvieron en dentina 181 ± 155 ppm y en esmalte 145 ± 12 ppm, como se ha observado a través de los datos de la literatura consultada, la concentración de zinc es por lo regular mayor en esmalte y menor en la dentina. Estas concentraciones son, aún en dentina, menores a los resultados obtenidos en este trabajo. Anttila en 1986 (28) obtuvo una media de 147 ppm en esmalte, que en realidad es un valor menor al obtenido en este trabajo; Brudevold y col. en 1963 (29), determinaron un rango de concentración de zinc en esmalte de 610 a 1300 ppm, por lo que los resultados que se obtuvieron en este estudio son menores a este rango para dientes deciduos, esto quiere decir que los resultados de la concentración de zinc en dientes deciduos reportados son muy variables pero en general menores a los resultados obtenidos en las determinaciones realizadas en el presente estudio para diente total.

Por otra parte, Lappalainen y col. en 1979 (30) reportaron una concentración media de 182 ± 37.1 ppm en diferentes áreas geográficas de Finlandia, en el total de los datos reportados obtienen un valor mínimo de 133 ppm y un valor máximo de 5600 ppm en

dientes permanentes. Cabe resaltar que este es el único autor encontrado que, todavía en la década de los setenta, realiza determinaciones en *diente total*. Estos resultados no presentan mucha variación con lo reportado en dientes deciduos, pero sí varía con los resultados de esta investigación, ya que se esperaba encontrar una cantidad mayor de zinc, comparativamente, con los datos de otros autores para esmalte y dentina.

En cuanto a la variabilidad de los datos se refiere, los dientes caninos de niñas presentan una concentración más uniforme por tener una desviación estándar pequeña, lo que no sucede con la de dientes caninos de niños que son heterogéneos por tener una desviación mayor a la de las niñas. Sin embargo, los datos obtenidos de la literatura presentan en la mayoría de los casos una homogeneidad mucho mayor (1, 15, 17, 27, 34, 40). En los dientes incisivos de niñas por su parte, los datos para zinc tienen una desviación estándar que rebasa a la media y por tanto son los datos más heterogéneos. En los niños, las concentraciones los dientes incisivos son más homogéneos que en las niñas y su desviación estándar es casi igual a la concentración media. De la misma manera ocurre en los dientes molares, la homogeneidad es superior al caso de los dientes incisivos, pero la heterogeneidad es inferior a los casos reportados en la literatura.

Con lo que respecta a la concentración de zinc por tipo de diente, se efectuaron análisis de varianza para encontrar una posible

diferencia estadísticamente significativa entre ellos. Los resultados muestran, al comparar la concentración de zinc en los dientes deciduos, que no hay una diferencia significativa entre las medias, al comparar dientes incisivo con dientes molares; de igual manera que al comparar los valores medios de dientes molares con caninos e incisivos arrojando una diferencia entre medias que no es significativa, esto sucede por que las medias son muy semejantes.

MAGNESIO.

La concentración de magnesio obtenida en el presente estudio varía, con respecto a los resultados reportados en la literatura por diversos investigadores (9, 10, 13, 19, 21, 22, 25, 43). La mayoría de las investigaciones fueron realizadas separando los tejidos que componen al diente (esmalte y dentina).

De acuerdo con lo reportado en *dientes permanentes* por Lakoma y col. en 1977 (27), obtienen en *dentina* 0.85 ± 0.06 ppm de magnesio y en *esmalte* 0.28 ± 0.07 ppm, Lappalainen y col. 1981 (28), determinaron la concentración de magnesio en dentina obteniendo 6.5 a 11.1 $\mu\text{g/g}$. En el presente estudio se puede apreciar que la concentración de magnesio es más alta que la concentración obtenida en los estudios antes mencionados. Así pues, los resultados de esta investigación, sugieren que la concentración de magnesio en dientes deciduos es superior a la obtenida en dientes permanentes.

Por otra parte, Lakoma en el mismo estudio (27) reportó, en *dientes deciduos*, una concentración de magnesio en *dentina* de 0.96 ± 0.05 ppm y en *esmalte* 0.31 ± 0.05 ppm, que son ínfimas de acuerdo con lo obtenido en este trabajo. En un estudio realizado por Brudevold y col. en 1973 (10), in-vivo por técnica de biopsia de *esmalte* en *dientes permanentes* de niños con edad de 9 a 15 años, encontraron una concentración de magnesio de 1650 ppm con

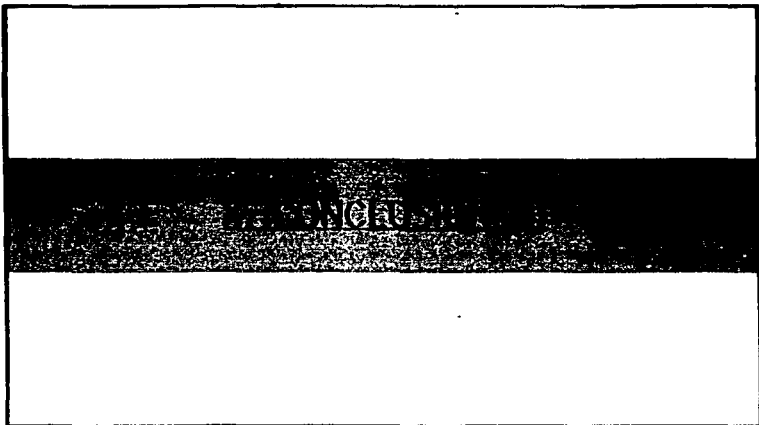
una desviación estándar de 890 ppm que es la concentración más cercana a las obtenidas en este estudio en dientes deciduos.


SEXO DEL DONADOR.

Los resultados obtenidos en el presente estudio, muestran, con respecto al sexo del donador, que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las concentraciones de magnesio y zinc encontradas en los dientes incisivo, caninos, y molares; de la misma forma y de acuerdo con lo reportado en trabajos previos (16, 17, 19, 26, 27, 29, 42).

Ciertos investigadores aseguran que no existe variación cuando se comparan concentraciones de magnesio y zinc en dientes de personas de distinto sexo (16, 26), de acuerdo a lo que se encontró en este estudio, sin embargo no consideran a los dientes temporales como en las demás investigaciones al respecto, ya que solo se relacionan haciendo referencia a dientes permanentes, o algún tipo de diente en particular. Es importante resaltar que las variaciones en las concentraciones de los elementos analizados se modifican de alguna manera con el lugar geográfico de donde provienen las muestras (16, 19, 26, 28, 29) porque los resultados serán diferentes ya que la concentración de estos elementos varían de acuerdo con las concentraciones que se encuentren en el suelo y en el agua (19, 27, 28, 29), y por consiguiente con la dieta (19, 27); y la edad (16, 26, 28, 29), y las condiciones de salud del diente, encontrando datos en dientes cariados (1, 8, 10, 30), dientes sanos (2, 10, 12, 15, 16), y superficies dañadas (14, 15, 19, 20, 31, 32, 33), que son susceptibles al método analítico empleado para la determinación de los metales, lo cual ocasiona que se encuentren datos diferentes por las técnicas empleadas

en el análisis y en la preparación de la muestra en cada una de las investigaciones realizadas y reportadas en la literatura. (19, 22, 24, 29).





No hay una diferencia estadísticamente significativa cuando se comparan las medias globales de magnesio y zinc en molares, incisivos y caninos de dientes deciduos.

Los resultados obtenidos en el presente estudio, muestran, con respecto al sexo del donador, que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las concentraciones de magnesio y zinc encontradas en los dientes incisivo, caninos, y molares.

En cuanto a la variabilidad de los datos se refiere, los dientes caninos de niñas presentan una concentración con la menor desviación estándar.

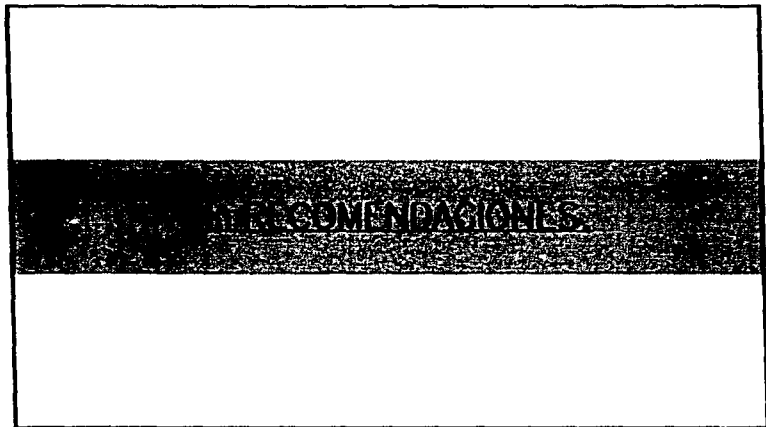
Las concentraciones de magnesio y zinc obtenidas en diente deciduo por medio de este estudio, son mayores a los datos que se han reportado en la bibliografía para diente permanente.

Los rangos de concentración de zinc obtenidos en algunos estudios realizados únicamente en esmalte de dientes permanentes, encontrados en la literatura, son superiores a las medias de las concentraciones reportadas en este trabajo.

Las concentraciones obtenidas para zinc, en el presente estudio en diente deciduo, son mayores que en esmalte y dentina reportadas en diente permanente y temporal por la literatura.

Los resultados obtenidos de la concentración de zinc en dientes deciduos encontrado en todos los casos son muy variables pero en general menores a los resultados obtenidos en las determinaciones realizadas en el presente estudio para diente total.

La concentración de magnesio en dientes deciduos es superior a la reportada en dientes permanentes.





Es aconsejable que los dientes sean perfectamente caracterizados, con la finalidad de realizar un estudio amplio, que permita destacar las diferencias del contenido de magnesio y zinc en dientes sanos y en aquéllos que presenten alguna enfermedad dental (caries).

Se propone que se anoten las siguientes características para tener mayor número de variables con las que se puedan hacer comparaciones. Anotar por ejemplo:

Datos del paciente.

Nombre:

Dirección:

Sexo:

Edad:

Características del diente:

Tipo de diente:

Peso:

Tamaño:

Color:

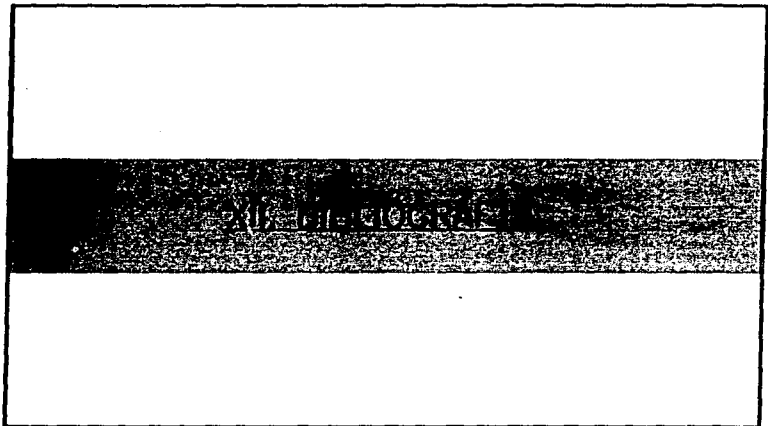
Diente sano o enfermo:

Cariado () Presenta Amalgama () Sano()

Resultaría interesante realizar estudios en dientes sanos únicamente y por otro lado experimentar con dientes cariados y aparte trabajar los dientes con amalgama, realizando las correspondientes comparaciones de concentración entre los diferentes grupos de dientes. Es indispensable resaltar que los dientes que se analicen sean de un tipo de diente en específico, es decir, dientes molares, incisivos o caninos, para observar si existen diferencias significativas entre tipo de diente y los grupos de diente que presentaron algunas de las características antes mencionadas.

Con el fin de ampliar el conocimiento que se tiene, sería importante observar como varía la concentración de magnesio y zinc con la edad y en que edad es cuando se tiene el mayor y menor contenido de magnesio y zinc y relacionar de alguna manera la concentración con la caries dental como se cita en la bibliografía en el caso de la dentina y el esmalte dental separando los tejidos por métodos que ya han sido probados y que existen en la literatura para poder llevar a la práctica del laboratorio e implementar la técnica en el mismo, extrapolando los resultados a diente total, o hacer definitivamente la separación de los tejidos para hacer los resultados

más representativos. Para cualquiera de estos fines, se debe contar con una colección de dientes sanos y enfermos que pertenezcan a niños, adultos y ancianos, y así contar con diversas edades. De tal forma que el estudio realizado sea representativo de la edad y de la acumulación del mineral por efecto de la misma, y proporcione datos que no han sido reportados hasta la fecha en diente total y de esta forma hacerlos característicos de esta región, pues solo existen datos obtenidos en la bibliografía para esmalte y dentina por separado y no hay datos en diente total. Para este fin la cantidad de muestras debe ser importante y la colección de dientes ser lo bastante numeroso para que el estudio sea representativo en todos los casos.





- 1.- Antilla, A.; Proton-Induce X-ray emission analysis of Zn, Sr and Pb in human deciduous tooth enamel and its relationships to dental caries scores. Archs oral Biol. 31 (11); 723-726; (1986).
- 2.- Antilla, Anja.; Concentrations of lead and some other trace elements in deciduous teeth measured by proton-induced x-ray emission. Proc. Finn. Dent. Soc. 8 (5-6) 277-80; (1987).
- 3.- Arreola R. M., Torres G. E.; Cuantificación de flúor, magnesio, zinc y plomo "in vivo", en esmalte dental humano de dientes permanentes, mediante una técnica de biopsia por ataque ácido. Tesis; (1992); En prensa.
- 4.- Asgar Kamal.; Chemical analysis of human teeth. Journal of Dental Research. 5 (5) 742-748; (1956).
- 5.- Baird, D. C.; Experimentación, Una Introducción a la teoría de mediciones y al diseño de experimentos, 2ª edición. Editorial Prentice - Hall Hispanoamericana S.A., México D. F. 1991. pp 148-163.

- 6.- Barbakow Fred, Scherle Walter, Yankell Sam.; Micromorphology of zinc fluoride-induced reaction products on ground human enamel. Journal of Dentistry For Children, 24-28, January-February, (1984)
- 7.- Bawden, J. W.; Hammarström, L. E.; Autoradiography of zinc in developing rat teeth and bones. Archs oral Biol, 22;449-454; (1977).
- 8.- Bawden, J. W.; Wennberg, A.; In-vitro study of Zn uptake in developing rat enamel. Archs oral Biol, 22; 693-697; (1977).
- 9.- Brudevold F. Steadman L. T. Spinelli M. A. Amdur B. H. Gron P.; A study of zinc in human teeth. Archs Oral Biol, 8, 15-144, (196).
- 10.- Brudevold F. Reda A. Aasenden R. Bakhos Y.; Determination of trace elements in surface enamel of human teeth by a new biopsy procedure. Archs Oral Biol, 20; 667-673; (1973).
- 11.- Burnett W. George., Zenewintz A. Joseph.; Studies of the composition of teeth. VI. Composition of Syrian Hamster Enamel and Denti Extracted with KOH-Ethylene Glycol. Journal of Dental Research, 16(3), 684-689, (1956).

- 12.- Burnett W. George., Zenewintz A. Joseph.; Studies of the composition of teeth. VIII The composition of Human Teeth. Journal of Dental Research. 7(4), 590-600, (1958).
- 13.- Chen, Jinzhong; Yu, Zengxiang; Determination of microelements in teeth using emission spectrometry. Ziran Kexueban. 10(4): 72-4; (1990).
- 14.- De la Cruz C. D., Juárez S. N., Castillo G. L., Pérez V. F., Desarrollo de una técnica de biopsia por ataque ácido. Tesis; (1990); En prensa.
- 15.- De la Cruz C. D., Juárez S. N., Castillo G. L., Pérez V. F., Concentración y distribución de magnesio en esmalte de dientes deciduos. Revista ADM, XLVIII, 6 (1991).
- 16.- Curzon, M. E. J.; Crocker, D. C.; Relationships of trace elements in human tooth enamel to dental caries. Archs oral Biol. 23; 647-653; (1978).
- 17.- Derise L. Nellie, Ritchey S. J. Mineral composition of normal human enamel and dentin and the relation of composition of dental caries: II Microminerals. Journal of Dental Research. 53 (4), 853-858, (1974).

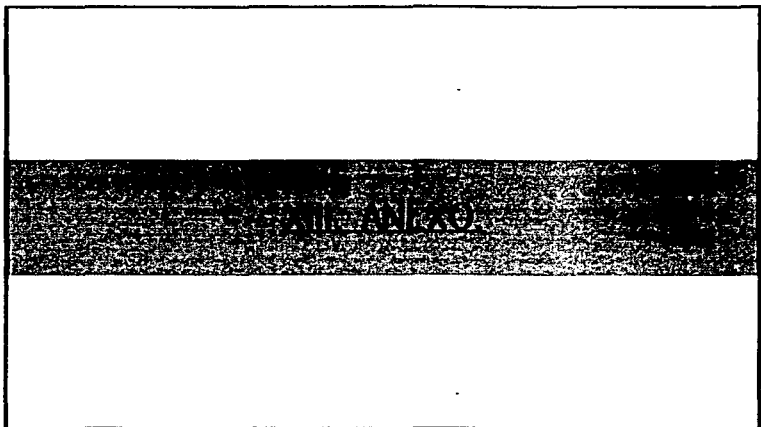
- 18.- Driessens, F. C. M.; Heijligers, H. J. M.; Borggreven, J. Wöltgens, J. H. M.; Variations in the mineral compositions of human enamel on the level of cross striation and striae of Retzius. Caries Res. 18(3); 237-241; (1984).
- 19.- Driessens F. C. M.; Wöltgens J. H. M.; Tooth development and caries, Vol. I. Editorial C.R.C. Press. Florida U.S.A. (1986).
- 20.- Driessens F. C. M.; Wöltgens J. H. M.; Tooth development and caries, Vol. II. Editorial C.R.C. Press. Florida U.S.A. (1986).
- 21.- Featherstone, J.; Holmen, L.; Thylstrup, A. Fredebo, L.; Shariati, M.; Chemical and histological changes during development of artificial caries. Caries Res. 19; 1-10; (1985).
- 22.- Frostell, G; Larsson, S.J.; Lodding, A.; Odellius, H.; Petersson, L. G.; SIMS studi of element concentration profiles in enamel and dentin. Scand. J. Dent. Res. 85; 18-21; (1977).
- 23.- Ichida, Kazuhiro; Suyama, Yuji; Takaku, Satoru; Trace elements in human permanent teeth. Esei Gakkai Zasshi. 39(4); 598-9; (1989).
- 24.- Karashima, Takashi.; Clinical study on zinc concentration in human teeth. Kyushu Shika Gakkai Zasshi. 40 (3); 66-76; (1986).

- 25.- Klein, J.; Schmidt, H.; Dirscherl, C.; Solid sample atomic absorption spectroscopy in a chemical contaminant monitoring pilot proyec. Z. Anal. Chem. 328 (4-5); 378-81; (1987).
- 26.- Kot, Iowana.; Analysis of zinc level in healthy teeth of men and women in relation to age. Czas. Stomatol. 38 (11-129); 758-65; (1985).
- 27.- Lakomaa, E. L.; Rytömaa, I.; Mineral composition of enamel and dentin of primary and permanent teeth in Finland. Scand. J. Dent. Res. 85; 89-95; (1977).
- 28.- Lappalainen, R.; Knuuttila, M.; The distribution and accumulation of Cd, Zn, Pb, Cu, Co, Ni, Mn and K in humand teeth from five different geological areas of Finland. Archs oral Biol. 24; 363-368; (1979).
- 29.- Lappalainen, R.; Knuuttila, M.; Salminen, R.; The concentrations of Zn and Mg in Human enamel and dentine related to age and their concentrations in the soil. Archs oral Biol. 36; 1-6; (1981).
- 30.- Lazzari, P. Eugene; Bioquímica Dental. Segunda edición. Editorial Interamericana; México (1978).

- 31.- Louma, A. R.; Kaisänen, J.; Louma, H.; Turtola, L.; Bovin enamel hardness and its Ca-, P-, Mg-, and F- contents modified by the bacterium *Streptococcus Mutans*. Artificial dental plaque and floride. Archs oral Biol. 24 (4); 347-352; (1983).
- 32.- Louma, A. R.; Räsänen, J.; Alterations by Mg and F of the fermentative dissolution of F-varnished enamel by a *Streptococcal Layer* measured by a microhardness tester and a proton probe microanalysis. Caries Res. 18 ; 111-119; (1984).
- 33.- Márquez, C. M. J. Probabilidad y Estadística. 1ª. ed. UNAM. México D. F. 1988. pp 231 - 298.
- 34.- Nixon G. S. Livingston H. D. Smith H. Estimation of zinc in human enamel by activation analysis. Archs oral Biol. vol. 12, 411-416, (1967).
- 35.- Priest, D. Nicholas.; Trace metals and Floride in bones and teeth. Editorial C.R.C. Press. U.S.A. (1990). pp 219-226, 329-340.
- 36.- Retief D.H. Cleaton-Jones P.E. The quantitative analysis of sixteen elements in normal human enamel and dentine by neutron activation analysis and high- resolution gamma-spectrometry. Archs oral Biol. 16, 1257-1267, (1971).

- 37.- Robinson, C.; Weatherell, J. A.; Hallsworth, A. S.; Distribution of Magnesium in mature human enamel. Caries Res. 15; 70-77; (1981).
- 38.- Robinson, C., Hallsworth, A. S., Kirkham, j.; Distribución and uptake of Magnesium by Developing Deciduous bovine incisor enamel. Archs oral Biol. 29 (7), 479-482 (1984)
- 39.- Shoichi Suga; Mechanism of tooth enamel formation. Editorial Quintessence Publishing Co; Inc.; Tokio, Japon.; 192-203; (1983).
- 40.- Söremark R. Samsahl K. Gamma-ray spectrometric analysis of elements in normal human enamel. Archs oral Biol. 6, 275-283, (1961).
- 41.- Söremark R. Samsahl K. Gamma-ray spectrometric analysis of in elements in normal human dentin. Journal of Dental Research. 41 (3), 603-606, (1961).
- 42.- Steadman L. T. Brudevold F. Smith F. A. Gardner D. E. Little M. F. Trace elements in ancient indian teeth. Journal of Dental Research. 38 (2), 285-292, (1959).

- 43.- Vernois, V.; Deschamps, N.; Revel, G.; Characterization of human dental enamel by epithermal neutron activation analysis. J. Trace Elem. Electrolytes Health Dis. 3 (2): 67-70; (1989).



ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA

GENERALIDADES.

Los métodos espectroscópicos de análisis se basan en la medida de la radiación electromagnética emitida o absorbida por la materia. Los métodos de emisión utilizan la radiación emitida cuando un analito es excitado por energía térmica, eléctrica, o energía radiante. Los métodos de absorción, por el contrario, están basados en la disminución de la potencia (o atenuación) de la radiación electromagnética como consecuencia de la absorción que se produce en su interacción con el analito. Los métodos espectroscópicos se consideran como uno de los mejores y más utilizadas técnicas instrumentales a disposición del científico, para la obtención de información tanto cuantitativa como cualitativa.

Los métodos espectroscópicos se clasifican según la región del espectro electromagnético que esté implicada; siendo las más importantes las regiones de rayos X, ultravioleta, visible, infrarroja, microondas y radiofrecuencia.

En el análisis por Absorción Atómica, el elemento a cuantificar debe ser introducido en la celda de la muestra como átomos libres y neutros, a través de la celda pasa el haz de radiación que va a ser absorbida por la muestra. Este proceso se logra llevando una solución

de la muestra como fina niebla a una llama apropiada, la cual desempeña la función de una celda conteniendo los átomos del elemento a cuantificar.

El átomo de cualquier elemento es formado por un núcleo rodeado por electrones en un número determinado por su número atómico, estos electrones se encuentran distribuidos en los orbitales atómicos de acuerdo a la configuración electrónica (1s, 2s, 2p, etc...), la energía más baja corresponde a la configuración electrónica más estable, en la cual los electrones están en el orbital que les corresponde y se conoce como estado basal, cuando el átomo absorbe energía un electrón de algún orbital puede ser promovido a un orbital más alejado del núcleo y pasar al estado excitado, este estado es de alta energía, es inestable y el electrón retorna espontáneamente a su orbital original el estado basal, emitiendo energía, se hace notar que la energía absorbida involucra la Espectroscopía de Absorción y el paso de decaimiento o retorno al estado basal involucra la Espectroscopía de Emisión. (ver Figura 1).

Excitación (absorción)

Decaimiento (emisión)

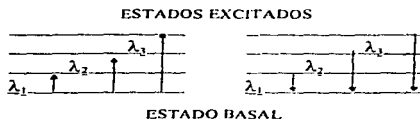


Figura 1.

El espectro de absorción y de emisión de un elemento como átomo neutro consta de una serie de líneas finas bien definidas por su longitud de onda y su energía, estas líneas provienen de las diferentes transiciones de electrones.

La longitud de onda de la energía absorbida o emitida es directamente proporcional a la transición electrónica que se efectúa, como cada elemento posee un número de electrones único y en una distribución electrónica también única. El espectro de absorción o de emisión también es único para cada elemento, estas longitudes de onda en Absorción Atómica se conocen como "Líneas de Resonancia".

El proceso de excitación (absorción de energía) y de decaimiento al estado basal (emisión de energía) origina las tres técnicas de la Espectroscopia atómica:

Absorción Atómica,
Emisión Atómica,
Fluorescencia Atómica,

en los tres casos es necesario llevar al elemento a cuantificar a su estado atómico, en este estado es posible medir los cambios en la energía absorbida o emitida y aplicar ese valor a métodos analíticos.

Un requerimiento importante para que el proceso de absorción atómica sea efectivo y resulte de utilidad es que la mayoría de los átomos presentes en la muestra se encuentren en el estado basal, como átomos neutros y libres, y que la cantidad de átomos excitados o ionizados por la flama sea despreciable.

El análisis cuantitativo por Absorción Atómica se basa en el conocimiento de la cantidad de energía absorbida y su relación directa con la concentración del elemento a cuantificar. Se hace notar que esta energía absorbida tiene asociada una longitud de onda o línea de resonancia típica para cada elemento.

La radiación que proviene de la fuente con una intensidad I_0 , es dirigida hacia la flama (celda) que contiene átomos en estado basa, la radiación que emerge I , se ve disminuida en función de la concentración de átomos presentes en la flama. Esta radiación I pasa a través del monocromador y finalmente llega al detector en donde es medida. (Figura 2),

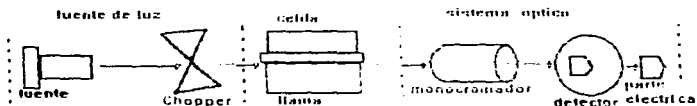


Figura 2.

En el análisis cuantitativo se determina la variación $I_{201} - I$, empleando los siguientes términos para definirla y cuantificar:

Transmitancia: Se define como la razón de la intensidad final respecto a la inicial $T = I / I_0$ es un indicio de la fracción de radiación que pasa a través de la flama y llega al detector.

Por ciento de transmisión (Transmitancia): Se define como $\%T = 100(I/I_0)$
la Transmitancia se da en términos de %.

Por ciento de absorción: Define el % de la intensidad de la radiación inicial que es absorbida en la flama. $\%A = 100 - \%T$.

Absorbancia: Es el término mas conveniente para caracterizar la absorción de la radiación en Absorción Atómica, guarda relación lineal con la concentración.

$$A = \log (I_{201}/I) \qquad A = (a)(b)(c).$$

Donde:

a = Coeficiente de absorción, es una constante para un mismo elemento.

b = Longitud de la celda.

c = Concentración de las especies absorbentes (átomos del elemento a cuantificar).

de una manera simple nos relaciona directamente la Absorbancia medida en el instrumento con la concentración de las especies absorbentes para una serie de condiciones constantes en la manipulación de las muestras y en el equipo.

La aplicación practica de esta relación consiste en determinar la absorbancia de una serie de soluciones patrón de concentración conocida (curva de calibración), construir una gráfica que nos relacione estas dos variables y en esta gráfica interpolar el valor de absorbancia de una muestra de concentración desconocida para obtener su valor.