

01461

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ODONTOLOGIA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACION

TESIS

“RESPUESTA DEL HUESO ALVEOLAR A LA  
APLICACION DE CORRIENTE ELECTRICA EN  
PERIODO DE RETENCION”  
(ESTUDIO PILOTO)

QUE PRESENTA EL ALUMNO

C.D. JAIME ITO ARAI

PARA OPTAR AL GRADO DE  
MAESTRIA EN ODONTOLOGÍA

DIRECTOR DR. O. SANTA PONCE BRAVO

1996

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).

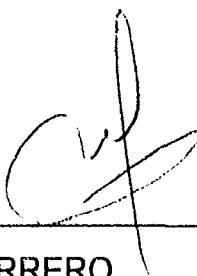
El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición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



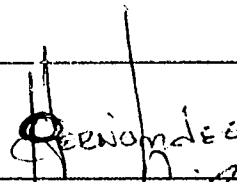
RESPUESTA DEL HUESO ALVEOLAR A LA APLICACION DE  
CORRIENTE ELECTRICA EN PERIODO DE RETENCION.  
(ESTUDIO PILOTO)

APROBADA POR

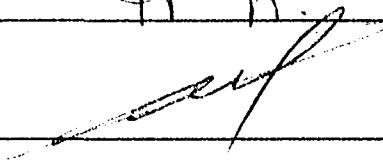
C.D.,M.O. JOSE A. VELA CAPDEVILA



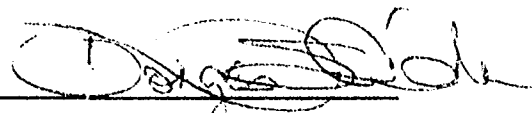
C.D.,P.H.D. JUAN C. HERNANDEZ GUERRERO



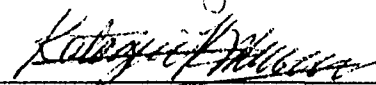
Dr. O. MANUEL SAAVEDRA GARCIA



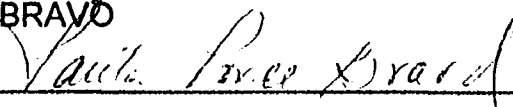
C.D.M.P.H. AIDA BORGES YAÑEZ



C.D.,E.O. MARIO KATAGIRI KATAGIRI



DIRECTOR DE TESIS, DRA. O. SANTA PONCE BRAVO



## **RECONOCIMIENTOS**

A los Cirujanos Dentistas Especialistas en Ortodoncia Ma. Luisa Bernal A., Ana Gabriela Ochoa M., Alma Rosa Rojas G. y Miguel Chavez M. quien sin su decidida y completa colaboración en la elaboración del presente trabajo no podría haberse realizado.

A la Dra. Santa Ponce Bravo por su valiosa ayuda , orientación y tiempo que le dedicó a la dirección del presente trabajo.

A la Dra. Aida Borges Yañez por su orientación en el diseño de las tablas.

Al Dr. Jose Antonio Vela Capdevila quien con su apoyo y comprensión fue parte importante en el término de mi maestría.

Al Dr. Manuel Saavedra García a quien agradezco su interés y su orientación para el desarrollo y término de mi maestría.

Al Dr Juan Carlos Hernandez Guerrero por sus críticas siempre acertadas sobre el desarrollo de la tesis.

A Kumiko, Misato y Kiyoki quienes con su apoyo y su amor hacia mi, hacen posible alcanzar mis metas

A todas las personas que de alguna forma me ayudaron en la realización de este trabajo.

# INDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCION	3
ANTECEDENTES	5
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
HIPOTESIS	10
OBJETIVOS	10
DETERMINACION DE LAS VARIABLES	11
MATERIALES Y METODO	12
RESULTADOS	23
DISCUSION	33
CONCLUSIONES	37
BIBLIOGRAFIA	38
CURRICULUM VITE	44

## **INDICE DE FIGURAS**

FIGURA 1. ESQUEMA DE FORMACION DE "CALLO OSEO SIN FRACTURA"

FIGURA 2. FASE DE DISTALIZACION DENTAL

FIGURA 3. PAQUETE DE FUERZA

FIGURA 4. RETENEDOR COLOCADO EN EL ESPECIMEN

FIGURA 5. INCLUSION EN PARAFINA DE UNA MUESTRA MACROSCOPICA

FIGURA 6 a,b. CORTE HISTOLOGICO A 10 Y 20x RESPECTIVAMENTE MOSTRANDO RESORCION OSEA

FIGURA 7 a,b. CORTE HISTOLOGICO A 10 Y 20x RESPECTIVAMENTE OBSERVANDOSE EL LIGAMENTO PERIODONTAL

FIGURA 8 a. VISTA MICROSCOPICA DEL CANINO SUPERIOR DISTALIZADO

FIGURA 8 b. CORTE HISTOLOGICO MOSTRANDO RESORCION RADICULAR

FIGURA 9. MICROFOTOGRAFIA 20x DONDE SE OBSERVA ACTIVIDAD OSTEOCLASTICA

FIGURA 10. MICROFOTOGRAFIA MOSTRANDO RESORCION INTERNA DEL HUESO ALVEOLAR

## **INDICE DE TABLAS**

TABLA 1. RESULTADOS HISTOLOGICOS DEL GRUPO EXPERIMENTAL A.

TABLA 2. RESULTADOS HISTOLOGICOS DEL GRUPO EXPERIMENTAL B1.

TABLA 3. RESULTADOS HISTOLOGICOS DEL GRUPO EXPERIMENTAL B2.

TABLA 4. RESULTADOS HISTOLOGICOS DEL GRUPO EXPERIMENTAL C.

# **RESPUESTA DEL HUESO ALVEOLAR A LA APLICACION DE CORRIENTE ELECTRICA EN PERIODO DE RETENCION. (ESTUDIO PILOTO).**

## **RESUMEN**

Todo tratamiento ortodóntico requiere de una fase terminal de retención, en donde debe de ser usado algún aparato pasivo para mantener las posiciones dento-alveolares obtenidas.

El objetivo de ésta investigación fué, el observar la influencia de la corriente eléctrica continua (CEC) sobre las estructuras histológicas en el proceso de formación ósea. Se utilizaron 4 gatas que se dividieron en 3 grupos de 15, 21 y 30 días de utilización de retención, las áreas de los caninos superiores fueron los sitios experimentales, se utilizó CEC de 15 mAm. Los resultados obtenidos reflejaron que en el área influenciada por el ánodo hubo una mayor concentración de osteoclastos y en el área influenciada por el cátodo la presencia de osteoblastos fue muy intensa comparado con el lado control. Podemos concluir que la utilización de CEC en el período de retención puede estimular la presencia de células osteoblásticas y así disminuir el tiempo de utilización de aparatología de retención, sin embargo se debe de hacer notar que también, puede haber una influencia retardadora de reparación del proceso alveolar por la presencia de osteoclastos.



## **ABSTRACT**

Every orthodontic treatment have a retention terminal phase, in wich there must be some pasive appliance, which works to mantain the final dento-alveolar positions.

The objetive of this research was to watch the influence of the continuous electric current (CEC) over the histologic structures in the bone build process. We used 4 female cats, in 3 groups (15, 21 and 30 days), we investigated the cuspid areas, we used CEC of 15mA. The results reflects, more osteoclast in the anode area, in the cathode area there were osteoblasts, when we compare those with the control group. Then, we can conclude that if we use CEC in the retention period we can stimulate the presence of osteoblastic cell and then it can be reduced the retention time with an appliance, nevertheless it must be to notice that there could be a delay in alveolar bone repair because the osteoclasts presence.

## INTRODUCCION

La retención se define comunmente como el período del tratamiento ortodóntico durante el cual se utiliza una aparatología pasiva para mantener la corrección posortodóntica de las estructuras dentales y esqueléticas. En la actualidad, la retención es parte integrante del tratamiento y es por esto, que desde la planeación del mismo debe considerarse.

Históricamente la retención ha tenido un papel importante tanto en los tipos de medidas como el tiempo de uso de la retención. Está relacionada con un sin número de factores como; número de dientes movidos y la magnitud del movimiento, la causa de la maloclusión en particular, la salud de los tejidos involucrados, las relaciones de los planos inclinados, la armonía de los arcos dentarios y basales, la presión muscular, el metabolismo celular y la presión atmosférica entre otros.

El tejido óseo es una forma especializada de tejido conectivo denso, es un tejido vivo, con una fisiología complicada, cuyos problemas representan un verdadero desafío para todas las ramas de la investigación médica.

El hueso contiene un 33% de matriz orgánica y el 67% restante son sales minerales. La matriz orgánica está formada de un 85% de colágeno del tipo 1 y el resto son proteínas no colágenas incluyendo osteonectina, osteocalcina, proteína morfogenética del hueso, proteoglicano óseo y sialoproteinasas (Ten-Cate 1989).

Podemos afirmar que el hueso alveolar es absorbido en aquellos lugares en que la raíz, en cierto período del tratamiento ortodóntico provoca una compresión de la membrana periodontal (Reitan 1967). La actividad selectiva de los osteoblastos y osteoclastos vuelven a establecer la lámina dura y la estructura de soporte del hueso esponjoso con las trabéculas alineadas conforme a las exigencias estructurales y funcionales. Por otra parte, las fibras supra-alveolares y transceptales cambian muy lentamente, por lo que el período de retención debe de mantenerse por un tiempo

más prolongado (Jarabak, Fizzell 1977). Se ha establecido en ortopedia que la utilización de CEC ha reducido el tiempo de formación de callo óseo por lo que puede ser esta un oseoinductor. Es por esto que surgió la idea de utilizar corriente eléctrica en período de retención y así poder disminuir el tiempo de retención.

## ANTECEDENTES

En 1907, el Dr. E.H. Angle escribió: " Después de que los dientes mal acomodados se han movido dentro de la posición deseada deben de ser apoyados mecánicamente hasta que todos los tejidos involucrados en su apoyo y mantenimiento en las nuevas posiciones hayan llegado a ser completamente modificados tanto en estructura como en función para cubrir los nuevos requerimientos" (Shapiro et al 1981).

Tanto el movimiento ortodóntico como la neoformación ósea subsecuente, implican una serie de respuestas biomecánicas y estructurales en una variedad de tipos celulares in vivo e invitro. Tales respuestas han sido registradas en células del tejido epitelial y conectivo (Davidovitch et al.1988). La remodelación ósea inducida por fuerzas ortodónticas es iniciada y/o mantenida por factores físicos y químicos (Saito et al.1991). Los factores físicos incluyen distorsión de células y matriz extracelular, asociadas con alteraciones en potenciales eléctricos tisulares y celulares. Esta distorsión física se extiende al hueso alveolar multiplicando (Baumrind, 1969;Gilluly et al., 1968;Davidovitch et al.,1988) y produciendo la aposición de potenciales generados por fuerzas (Zengo et al.,1973;Zengo et al.,1974) o de flujo (Pollack et al., 1984). Los factores químicos son numerosos en gran parte de células nativas o migratorias en el ligamento periodontal y hueso alveolar afectados por la aplicación de fuerzas ortodonticas. Estos factores incluyen neurotransmisores como la sustancia P (SP), el Polipéptido Intestinal Vasoactivo (PIV) y Citoquinas, principalmente Interleucina 1 alfa(IL-1~~α~~) e interleucina 1 beta (IL-1~~β~~), éstas actúan en sus células blanco a través de un mecanismo de "segundo mensajero" y afectan el metabolismo del ácido araquidónico de estas células (Davidovitch et al,1988).

Históricamente hemos de referirnos a la transcripción del tratado de Boyer (Peltier,1981), publicado en el año de 1816, en donde el Dr. A.H. Stevens hace mención sobre el uso de corriente eléctrica galvánica para el tratamiento de fracturas

con mucho tiempo de tratamiento convencional, teniendo resultados muy alentadores por la disminución del tiempo de tratamiento en dichos pacientes. Este artículo es el primer trabajo escrito, sobre la influencia que puede tener la electricidad en el campo de la osteogénesis. Durante los 50 años siguientes, varios autores, continuaron con el uso de la corriente eléctrica en el tratamiento de las fracturas.

No es hasta 1953 en donde el Dr. Iwao Yasuda (1953), describe por primera vez, que el stress genera potenciales eléctricos en el hueso, iniciando así una línea de investigación que fué incrementando conocimientos de la actividad ósea fig.1. Según Bassett, Pauluk y Becker, 1964; O'Connory Col., 1969; Yasuda, 1974; Friedenberq y Brighton, 1974; Stefan, Saseñ y Mulier, 1976; Connolly, Hahn y Jardon, 1977; Piekarski, Demetriades y Mackenzie, 1978; Grupta, Jain y Tandon, 1991, quienes realizaron sus investigaciones principalmente en el área ortopédica, concluyen que la estimulación del hueso y cartilago a través de la aplicación de CEC y campos magnéticos pueden influenciar en el crecimiento y reparación de los mismos.

Investigaciones posteriores en el área de la estimulación de los campos electromagnéticos, han sido dirigidos al entendimiento de los mecanismos de respuesta tisulares utilizando cultivos de tejidos (Norton,1982,1985; Norton et al,1984; Norton et al,1988.).

Godzinsky (1983), congetura que la corriente directa no penetra en las membranas celulares y ese control es archivado vía de la diferenciación de la matriz extracelular (Noda & Sato,1985). Rodan, Bourret y Norton (1978) fundamentan que los campos eléctricos aumentan la incorporación de Timidina dentro del DNA de los condrocitos, apoyando el concepto que el flujo de Na y Ca generados por estimulación eléctrica desencadena la síntesis de DNA. Otros autores basan sus teorías sobre cambios en los segundos mensajeros, adenosin monofosfato cíclico (AMPc) (Jones et al.,1986), además, efectos sobre el ácido hialurónico, la actividad

lisosómica y la secuencia de polipéptidos (Goodman & Henderson, 1988; Norton, 1982).

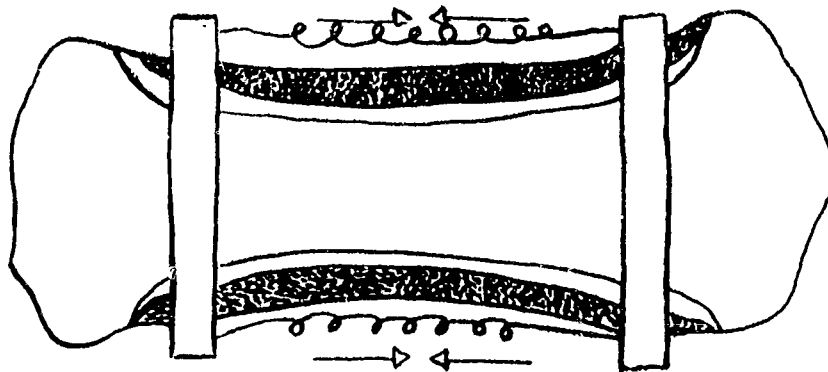


Fig. 1 Fuerza de compresión aplicada paralelamente, al eje del hueso. La zona oscura representa "callo sin fractura "

Paralelamente, investigaciones recientes en ortodoncia y biología craneo-facial han buscado un mejor entendimiento del crecimiento craneo-facial, especialmente en crecimiento de la mandíbula y el cóndilo y el movimiento dentario en ortodoncia (Mcnamara, 1972; Petrovic & Stutzmann, 1977; Carlson et al, 1980).

El uso de corriente eléctrica en ortodoncia para el movimiento dentario fué investigado por el Dr. Zeev Davidovitch y cols. (1980 a,b.), con resultados que muestran aumento en la remodelación del hueso concomitante al movimiento dentario.

Sin embargo, debemos de hacer mención que las investigaciones de la CEC en ortodoncia han sido muy escasos.

Macroscopicamente, el tejido óseo se organiza de dos formas distintas en los huesos: El tejido óseo esponjoso, está compuesto por finos listones u hojas, las trabéculas se entrecruzan en distintas direcciones formando un reticulado esponjoso, cuyos espacios estan ocupados por la médula ósea. El tejido óseo compacto forma, una masa compacta sin espacios huecos visibles (Geneser 1992).

Microscopicamente, el tejido óseo esponjoso está compuesto por láminas y generalmente no encontramos Sistemas de Havers, solo se observan zonas de láminas paralelas, a menudo en dirección longitudinal con una trabécula. La falta de sistemas de Havers se debe como fué demostrado por Harris y Ham, a que las trabéculas no son tan gruesas como para impedir la nutrición de los osteocitos por difusión desde la superficie endóstica, por medio de los canaliculos comunicantes.

El hueso compacto aparece compuesto fundamentalmente por sustancia intercelular. la matriz ósea, que forman láminas de un grosor aproximado de 5micras. Los osteocitos se hallan en pequeños espacios, denominados lagunas, ubicadas entre las láminas o en ellas. Los osteocitos tienen numerosas prolongaciones finas, que pasan por los canaliculos que salen perpendicularmente de las lagunas y estos se anastomosan con otros canaliculos de lagunas vecinas y con canales ricos en vasos del tejido óseo. Las láminas están dispuestas fundamentalmente en forma concéntrica rodeando canales longitudinales del hueso llamados Conductos de Havers, en cada uno de estos conductos encontramos uno o dos capilares, además de algunos filamentos nerviosos amielínicos y en ocasiones mielínicos. Otro sistema de conductos que encontramos en el tejido óseo son los Conductos de Volkmann, estos comunican los conductos de Havers entre sí y con las superficies externa e interna del hueso (geneser).

Los bordes alveolares son extensiones de la masa ósea (cuerpo) de los maxilares. forman las paredes de los senos o criptas, en las que se albergan las raíces dentarias y de esta manera forman una sinartrosis junto con el cemento y el ligamento periodontal. El crecimiento de los bordes alveolares empieza cuando se completa la corona e inicia la formación de la raíz. Los bordes son huesos intramembranosos y requieren tejido conectivo laxo solo para su desarrollo (Provenza 1974). Durante el desarrollo de los bordes alveolares, se producen dos placas de hueso compacto con hueso esponjoso en su zona intermedia, las placas externas se encuentran en los lados vestibular y lingual y la placa interna forma la pared del alveolo propiamente dicha. El hueso alveolar se fusiona a la lámina cortical de la porción labial y lingual en la cresta del proceso alveolar. Los elementos histológicos del proceso alveolar son idénticos a los compuestos del hueso (Genco 1993), es por esto que el comportamiento del proceso alveolar es el mismo que en el hueso propiamente dicho.

Con lo anteriormente expuesto, podemos observar que en la actualidad la utilización de CEC cada vez es más investigada y usada no solo en el tratamiento de fracturas óseas sino en la osteogénesis en general, así como la influencia de la CEC en el comportamiento y función de distintas estructuras celulares.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Debido a la importancia que tiene la recuperación de la morfología del hueso alveolar después de haber sido afectado por el movimiento dentario es necesario establecer un mecanismo por el cual podamos disminuir el tiempo de la rehabilitación del proceso alveolar.



## **HIPOTESIS.**

### **HIPOTESIS DE TRABAJO.**

La aplicación de CEC en el período de retención, puede dar como resultado, una disminución en tiempo de la formación ósea y por consiguiente la disminución de uso de la aparatología de retención, permitiendo que la polaridad de las cargas eléctricas, influyan en una forma directa en la actividad osteoblástica.

### **OBJETIVOS.**

#### **OBJETIVO GENERAL.**

Disminuir el período de retención, incrementando la neoformación de hueso alveolar por medio de la estimulación con CEC.

#### **OBJETIVOS ESPECIFICOS.**

1. Comprobar histológicamente de una manera cualitativa, la presencia de células osteoblasticas u osteoclasticas en las zonas mesiales y distales de caninos superiores, tanto en hueso alveolar como en el espacio del ligamento periodontal en modelos experimentales a los que se les aplicaron CEC, en período de retención.
2. Determinar la influencia de la polaridad en la aposición y resorción ósea.

## **DETERMINACION DE LAS VARIABLES DE INVESTIGACION.**

### **VARIABLES INDEPENDIENTES.**

1. Intensidad de la corriente eléctrica.
2. Tiempo de aplicación del estímulo eléctrico.
3. Diente que ha sido movido ortodónticamente y que se ha dejado en posición estática.

### **VARIABLES DEPENDIENTES.**

- 1 Velocidad de neoformación de tejido en grupo experimental y control
- 2 Area de influencia del campo eléctrico sobre las estructuras de los tejidos.

## **DISEÑO DE LA INVESTIGACION.**

La presente investigación fue, experimental, longitudinal, cualitativa, prospectiva y analítica.

## **MATERIALES Y METODOS**

### **SELECCION DE LA MUESTRA.**

El grupo de estudio constó de cuatro gatas (hembras) que se escogieron de acuerdo a las siguientes características:

### **CRITERIOS DE INCLUSION.**

Gatas mayores de ocho meses, con dentición completa. A las cuatro gatas se les realizó un estudio de laboratorio, con la finalidad de conocer que no fueran portadoras de alguna enfermedad. Se les practicó un método de desparasitación el cual tardó aproximadamente catorce días. Posteriormente se les vitamino durante treinta días.

### **CRITERIOS DE NO INCLUSION.**

Especímenes que no fueran hembras, que tuvieran menos de ocho meses, que no hayan completado su dentición o portadoras de alguna enfermedad que interfiriera con la investigación.

## **METODOLOGIA.**

### **RECOLECCION DE LAS MUESTRAS.**

El grupo de investigación se dividió de la siguiente manera:

GRUPO A. Una gata, la cual el tiempo de retención fue de 15 días.

GRUPO B. Dos gatas cuyo período de retención fue de 22 días. Se dividió en 2 subgrupos, B 1 y B 2

GRUPO C. Una gata cuyo período de retención fue de 30 días.

En todas las gatas los caninos superiores izquierdos, fueron los dientes control y los caninos superiores derechos fueron los dientes de estudio. Para el desarrollo de la investigación, ésta se dividió en tres fases a saber:

### **FASE I.**

#### **DISTALIZACION DE CANINOS.**

I.1. Se le aplicó a cada gata Hidrocloruro de Xilazina (Rompún) en una dosis de 1 ml/Kg de peso como tranquilizante. Una vez logrado el efecto se procedió a la aplicación de anestésico general (Ketamina) 10-20 mg/Kg de peso.

I.2. Se extrajeron los primeros premolares superiores derechos e izquierdos.

I.3. Se talló una muesca alrededor de los caninos y molares superiores a nivel del tercio medio, utilizando una fresa de diamante de cono invertido.

I.4. Se colocó ligadura metálica 0.010 plg. en las muescas preparadas, fijándose con resina. Este alambre nos sirvió para retener un resorte cerrado 0.028 plg. de acero inoxidable, el cual se activo con una fuerza de 120 gr ( fig.2 ).

I.5. La duración de este periodo en cada una de las gatas fue de cuatro semanas.



Fig. 2. Vista oclusal del paladar de una gata del grupo A con resortes cerrados entre canino y segundo premolar de ambos lados, para distalar los caninos. Los resortes fueron fijados a los dientes por medio de ligadura metálica y cubiertos de resina autopolimerizable. La fuerza aplicada fue de 120 gr

## **FASE II.**

### **RETENCION**

II.1. Elaboración de portaimpresiones y toma de impresiones. En este punto se aplicó a cada gata una dosis de Rompún para sedar y así facilitar la toma de

impresiones. La elaboración del portaimpresiones individual se realizó con acrílico autopolimerizable. Obtenido éste, se procedió a la toma de impresiones para obtener el modelo de trabajo.

II.2. Se diseñó un retenedor de acrílico con un circuito incluido fig.3 que suministra una corriente constante a los tejidos circundantes de 15-18 microampers para una resistencia de carga de 50 a 30K ohms. La regulación de la corriente se logra mediante el empleo de un transistor con las siguientes características:

Voltaje de oclusión máxima de 6V ( $V=6V$ ).

Corriente de saturación ( $I_{DSS}$ ) de 1-5 mA.

Canal N.

Diferencia de potencial de 1.5V entre la fuente (S) y la compuerta (G).

Corriente de entrada ( $V_{gs}$ ), determinada por la resistencia de 1.5V.

Corriente de salida ( $I_S$ ) de aproximadamente 18mA.

Los cálculos se hicieron utilizando la siguiente fórmula:

$$I_S = I_{DSS} (1 - V_{GS}/V_p)^2$$

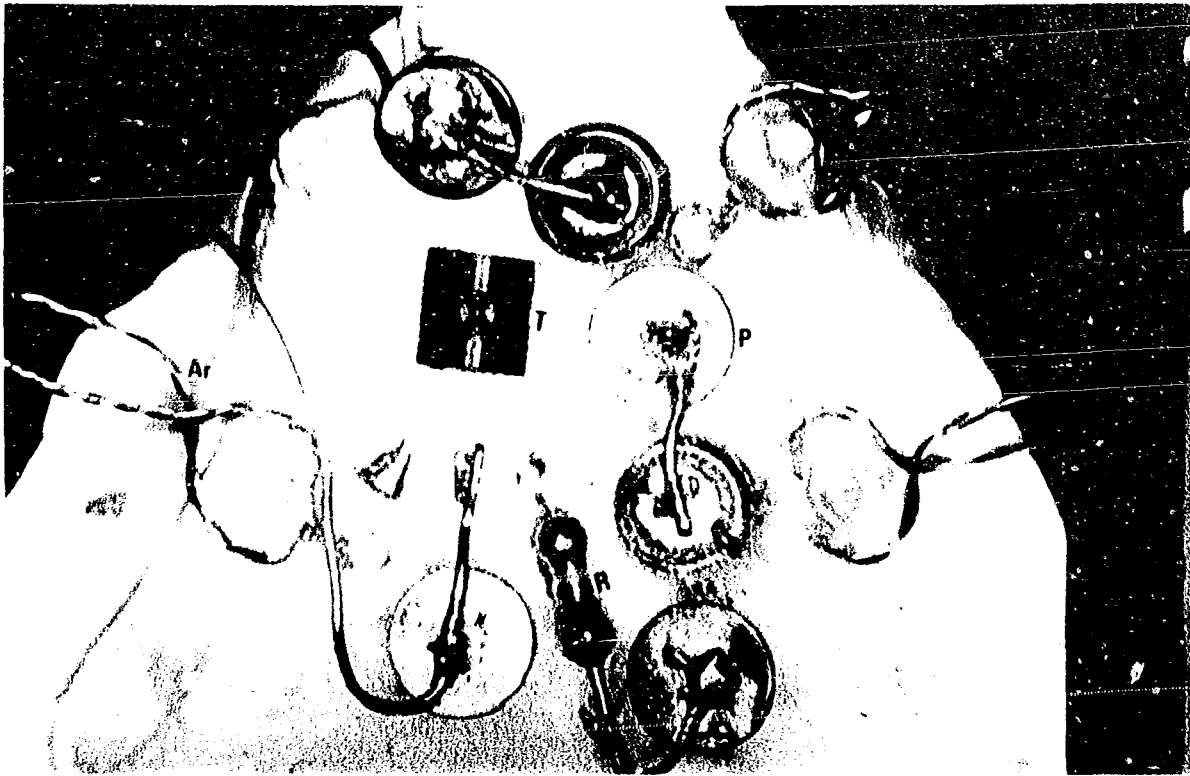


Fig. 3 Elaboración del retenedor con el circuito eléctrico incluido. (P) pila 1.5v, (T) transistor de canal N, (R) resistencia de carbón, (Ar) alambre de acero inoxidable para retención del paquete de fuerza.

### II.3. La colocación de la retención se realizó de la siguiente manera:

GRUPO A. El aparato de retención se construyó con el ánodo (+) hacia la cara mesial de canino superior derecho y el cátodo (-) en distal del mismo diente.

GRUPO B. En este grupo se trabajó con dos muestras, a las cuales se les colocó la retención de la siguiente manera:

Gata 1. Retenedor con el ánodo en distal del canino superior derecho y el cátodo en mesial de éste.

Gata 2. Retenedor con el ánodo en mesial del canino superior derecho y el cátodo en distal de éste.

GRUPO C. El retenedor se construyó con el ánodo en distal del canino superior derecho y el cátodo en mesial del mismo

En todos los grupos, los caninos superiores izquierdos se dejaron como dientes control

### **FASE III.**

#### **OBTENCION DE MUESTRAS PARA ESTUDIO HISTOLOGICO:**

III.1. Al cabo de 15 días de colocado el retenedor, se sacrificó al modelo experimental del grupo A mediante la técnica de Perfusión, que a continuación describiré: Se seda a cada gato inyectando por vía intramuscular 0.2 ml. de cloruro de Xilazina. Una vez obtenido el efecto tranquilizante, se administran por la misma vía 0.3 ml. de clorhidrato de Ketamina. Bajo anestesia se procede a realizar tricotomía del área cervical, y se inicia la disección con una incisión cutánea en la línea media y dos incisiones liberatrices bilaterales hacia distal, tanto superior a nivel submandibular, como inferior a nivel supraclavicular. Se continúa la disección de los músculos cervicales para aislar con la seda las venas yugulares y más profundamente, las arterias carótidas y el nervio vago de ambos lados. Por medio de una t de paso se unen las venoclisis de la solución salina y la del paraformaldehído, de manera que se pueda controlar la administración de una u otra solución. Se liga la vena yugular izquierda y en la carótida de ese mismo lado se infiltra solución salina. Se secciona la yugular del lado derecho para dejar fluir la sangre. Una vez que haya circulado la solución fisiológica a través del organismo, se detiene la infiltración con ésta solución y se inicia la perfusión con paraformaldehído hasta observar el cambio de coloración en las mucosas bucales (palidez), lo que indica que se ha completado la perfusión.

Se disecó el maxilar superior y se preparó para su estudio histológico.



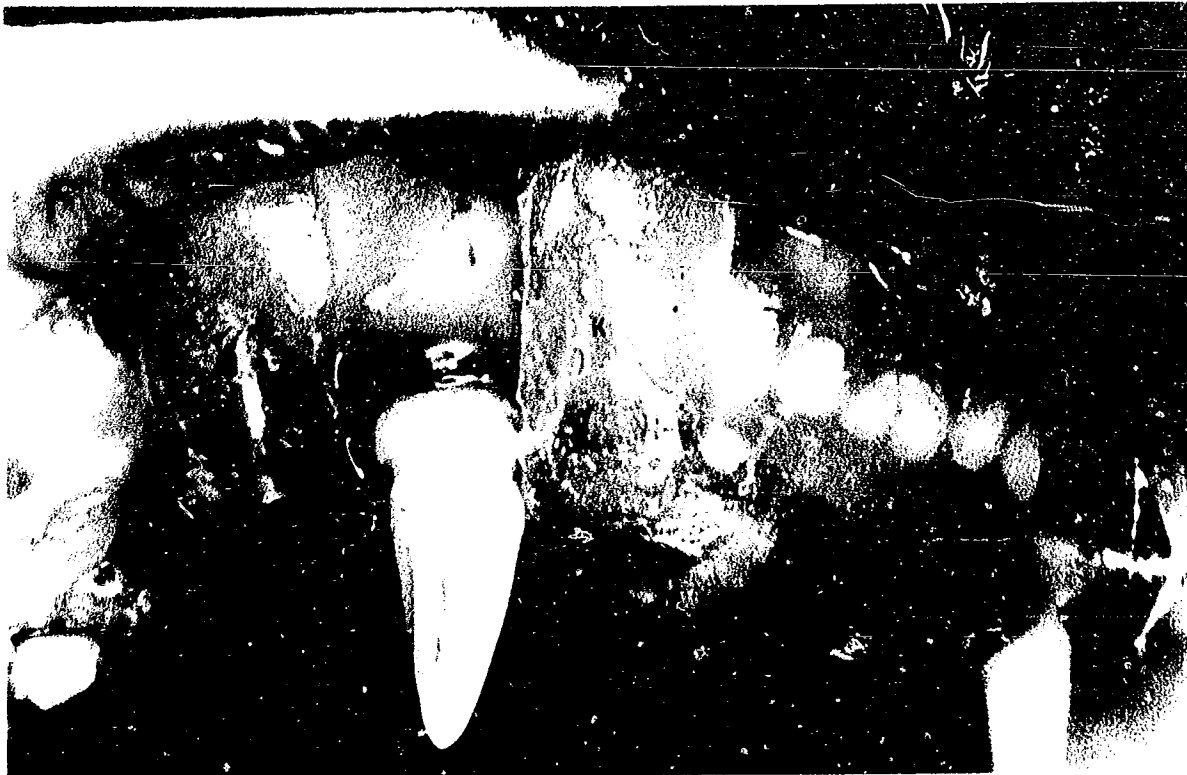


Fig. 4 Retenedor colocádo en el espécimen del grupo C en donde el ánodo (A) se colocó en distal y el cátodo (K) en mesial del canino superior derecho.

III.2. A los 22 días se sacrificaron las gatas del grupo B siguiendo el procedimiento que se realizó en el grupo A.

III.3. Finalmente a los 30 días de la colocación del retenedor, se sacrificó al modelo experimental del grupo C, siguiendo el mismo procedimiento que los anteriores

## **MATERIAL.**

### **EQUIPO:**

Pieza de mano de alta velocidad. (Concentrix, Dental Eaz).

Dontrix.

Cautin.

Pinzas de corte para electricista.

Pinzas de punta para electricista.

Multimetro digital. (Techman).

Protoboard experimental. (Pro-am/ER).

Instrumental para disección.

Agitador magnético.

Autoclave.

Balanza granetaria.

Tina para baño maría (Precision Scientific mod. 181).

Tina de flotación.

Histokinette.

Microtomo y cuchillas.

Plancha.

Microscopio (Carl Zeiss).

Fotomicroscopio Axiophot (Carl Zeiss).

Refrigerador.

Congelador.

Batería para tinción.

Canastillas para tinción.

Lápiz con punta de diamante.

Pinzas.

Tijeras.

## **CRISTALERIA:**

Porta y cubreobjetos con pantalla.

Pipetas de 10 ml.

Frascos con tapa de rosca de 1000 ml.

Frasco de Coplin.

Vaso de precipitado de 2000 ml.

Vaso de precipitado de 1000 ml.

Vaso de precipitado de 500 ml.

Matraz Erlenmeyer de 2000 ml.

Matraz Erlenmeyer de 1000 ml.

Matraz Erlenmeyer de 500 ml.

Probeta de 1000 ml.

Probeta de 500 ml.

Probeta de 100 ml.

Probeta de 50 ml.

## **VARIOS:**

Alimento para gatos (Wiskas, Purina).

Complejo vitamínico (Bayer).

Fresas de diamante. (Komet, Brasseler).

Alambre de ligadura 0.010 plg. (Dentaurum).

Resina para Ortodoncia (Dentaurum).

Resorte cerrado acero inoxidable 0.028 plg. (Dentaurum).

Acrílico autopolimerizable (Arias).

Alginato (Jeltrate, Dentsply).

Yeso piedra (Alta precisión, Yesos Sn. Luis).

6 baterías de 1.5 v 19S (Duracell).

1 resistencia de carbón de 370K de 1/4W.

1 transistor JFET NT 457 de canal N (Motorola).

Soldadura de estaño.

Alambre de cobre.

Pasta para soldar.

Venoclisis.

T de paso para Venoclisis.

Agujas con mariposa No. 23.

Jeringas de 3 ml.

Campos quirúrgicos.

Seda para sutura 00.

Navaja

## **REACTIVOS Y MEDICAMENTOS**

Medicamento para desparasitar (Nitroscanate, Ciba-Geigy).

Hidrocloruro de Xilazina (Rompun, Bayer).

Clorhidrato de Ketamina (Ketavet 1000, Lab. Revetmex).

Hematoxilina de Harris.

Eosina.

Xileno.

Agua destilada.

EDTA al 12%.

Paraformalehido al 4%.

Acido nítrico al 4%.

Alcohol.

## PROCEDIMIENTO DE LABORATORIO DE HISTOPATOLOGIA

Las muestras se fijaron en paraformaldehído al 4% por 24 horas, lavados con agua corriente y desmineralizados con EDTA al 12% durante 20 días a una temperatura de 4° C, se realizaron controles radiográficos para determinar el grado de desmineralización de las muestras, así como también se comprobó por medio de punción y penetración de una aguja, fueron procesadas en el Laboratorio de Patología Experimental de la División de Estudios de Posgrado e Investigación FO UNAM e incluidas en parafina (fig. 5). Se realizaron cortes seriados a 5  $\mu$ m y fueron teñidas con tinción de Hematoxilina y Eosina.

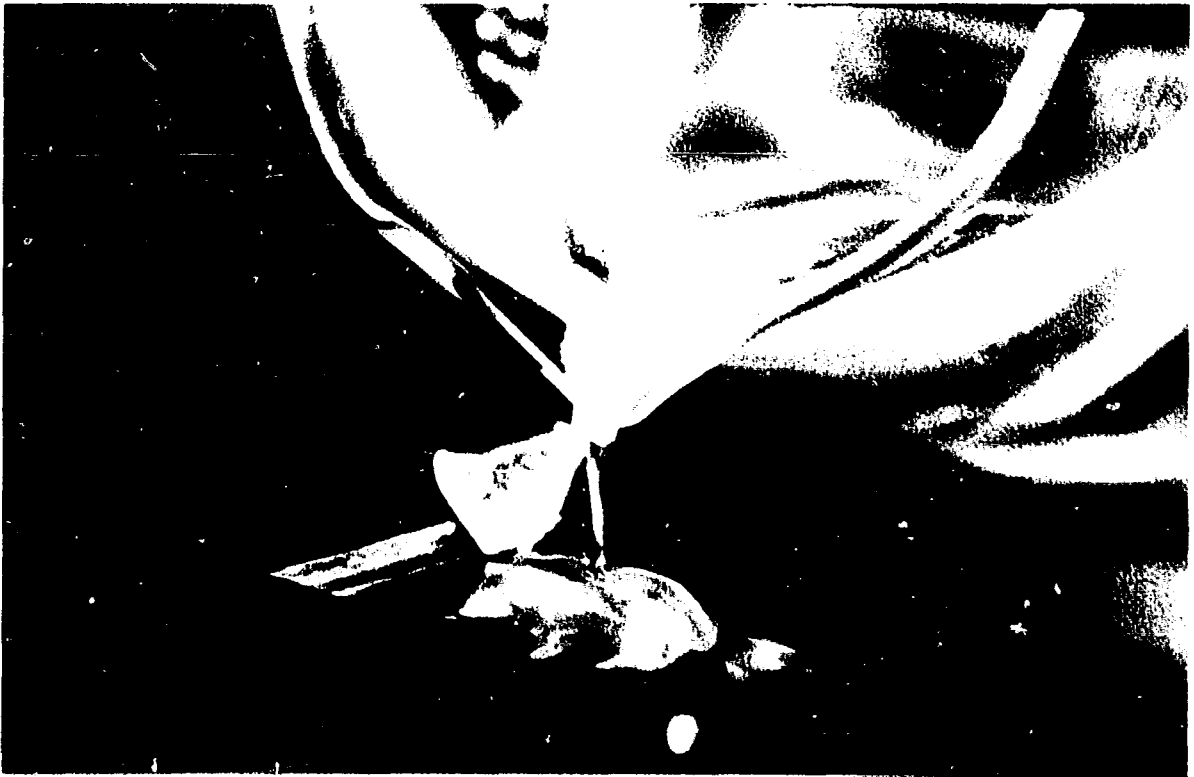


Fig. 5 Inclusión en parafina de una de las piezas macroscópicas.

## **RESULTADOS.**

### **GRUPO A. CON PERIODO DE RETENCION DE 15 DIAS.**

#### **GRUPO CONTROL.**

Las observaciones microscópicas de las muestras teñidas con H-E, revelaron que en la porción mesial del diente, se encontraba intensa actividad osteoblástica (3) en el tercio cervical, conforme se va observando hacia el tercio apical, existió una disminución de dicha actividad siendo leve (1), el ligamento periodontal mostró en el tercio medio gran actividad fibroblástica lo que permite pensar que este acto es un intento de compensar por medio de aposición ósea el ensanchamiento que presenta el espacio del ligamento periodontal, provocado por el movimiento de distalización. En el tercio apical del ligamento periodontal, se observó un incremento de la vascularidad.

En tanto que en la cara distal, se observó resorción ósea en los dos tercios superiores (medio y cervical) en tanto que en el periápice no se observaron cambios (tabla 1).

#### **GRUPO EXPERIMENTAL.**

En este grupo, el ánodo se colocó en la porción mesial encontrándose que a lo largo de ella, existía una extensa actividad osteoclástica (3) tanto en lo concerniente a la superficie dentaria, como al hueso alveolar siendo más intensa (4) en este último. Lo que corresponde al tercio medio pudimos observar que se presentó una actividad moderada de osteoblastos (2), (fig. 6)

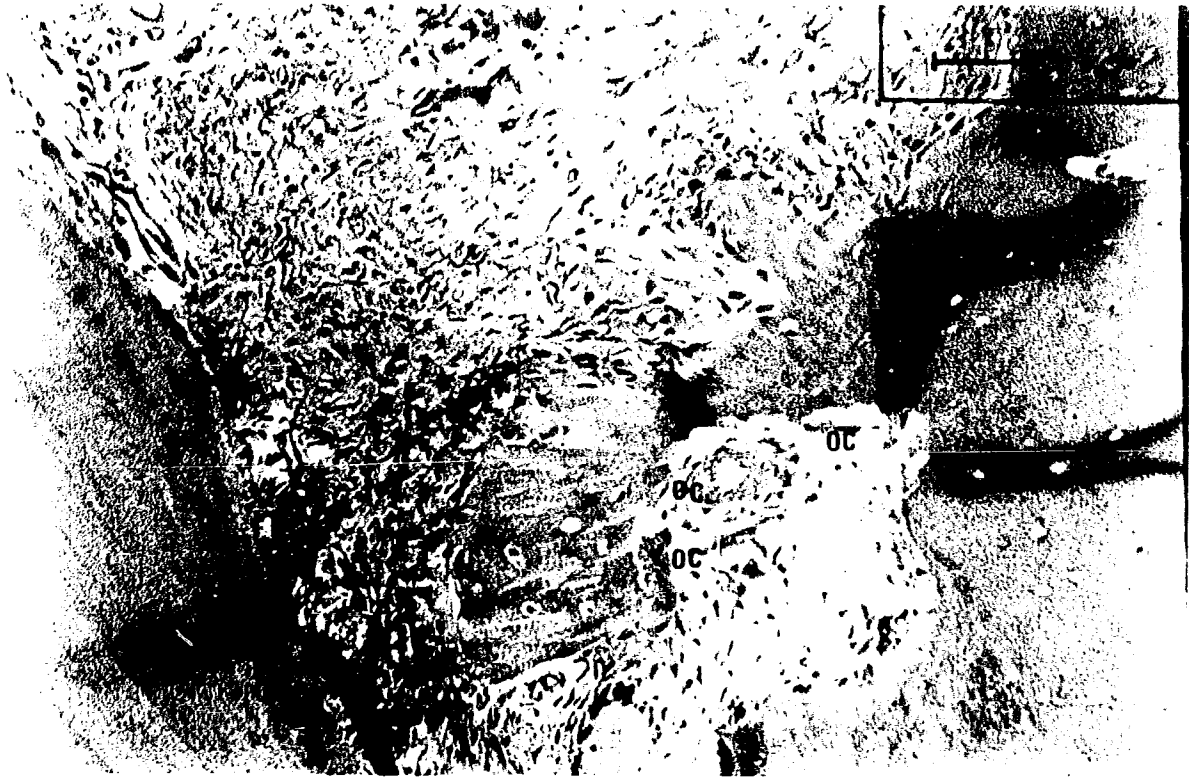


Fig 6 a b Corte histológico teñido con H-E visto a 10 y 20x se observa una zona de resorción ósea. la microfotografía muestra tres osteoclastos en las lagunas de Howship (oc)





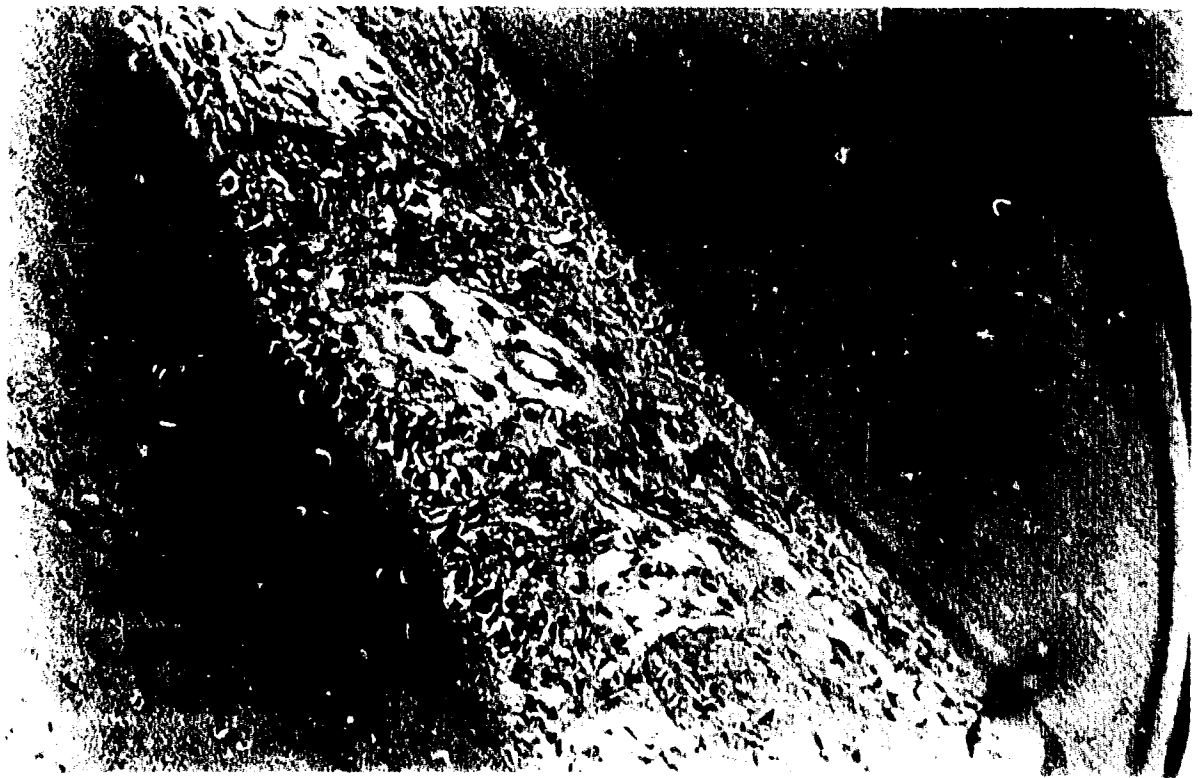
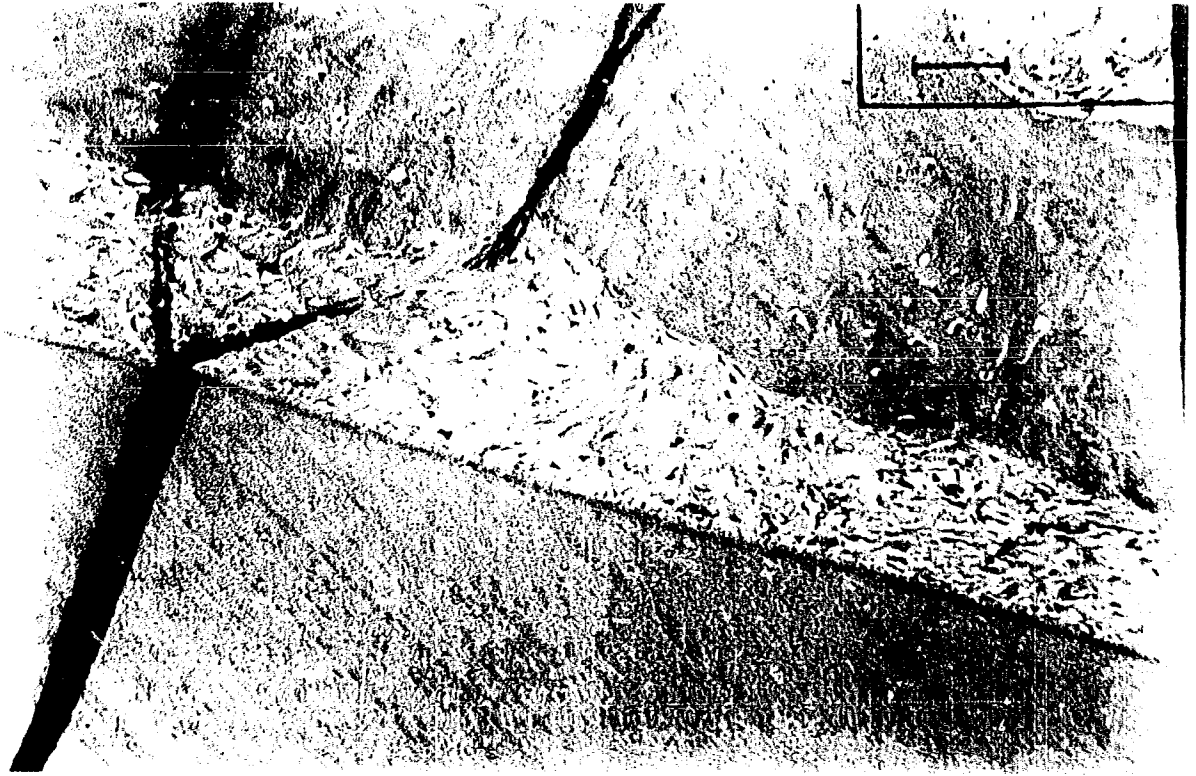


Fig 7 a b - Microscópicamente observamos que el ligamento periodontal (10 y 20x) se encuentra constituido por tejido conectivo fibroso denso bien organizado, haces gruesos de fibras colágenas y abundantes fibroblastos jóvenes. El hueso alveolar no presenta ningún cambio.

conductos vasculares justamente en el forámen apical. La capa odontoblástica mostró desarreglo en su organización y también se observaron vacuolas en la capa odontoblástica (tabla 2) (fig. 8).

En la cara distal se observó un predominio de actividad osteoclástica a lo largo de la superficie dentaria y del hueso alveolar (2), y se observó una leve (1) actividad osteoblástica en hueso alveolar (tabla 2).



Fig. 8a.- La vista microscópica permite observar al canino superior (cs) distalizado en fase de retención, en el tercio cervical de la cara distal radicular se ve una zona de resorción (r), el ligamento periodontal (lp) es hipercelular y bien vascularizado, el hueso alveolar en la cara mesial presenta zonas de resorción intensa (ri). Vista a un aumento de 2.5x y teñida con H.E.



Fig. bb.- Corte histológico teñido con H y E muestra el sitio de resorción externa de la raíz dentaria, de forma irregular, el estroma de tejido conectivo es laxo y bien vascularizado

## **GRUPO EXPERIMENTAL.**

En este grupo se invirtió la disposición del ánodo y el cátodo encontrándose que en la cara mesial (donde fué colocado el cátodo) se observó una actividad osteoblástica moderada (2) en el tercio cervical, en tanto que en el tercio medio hubo formación de material osteoide y en el tercio apical fue abundante la actividad osteoblástica (3). En la cara distal donde se colocó el ánodo se observó en la porción cervical predominantemente mayor actividad osteoclástica (3) (fig.9), en tanto que el tercio medio hubo tanto actividad osteoblástica con actividad osteoclástica. En el tercio apical del hueso alveolar se observó con gran actividad osteoclástica en su cara interna (3)

médula osea (fig. 10) en tanto en la superficie predomino la actividad osteoblástica (3) y el ligamento periodontal se mostro hiperceular (tabla 2)



FIG 9 - Microfotografía observada a 20x, muestra una zona de actividad osteoclástica, vemos el borde en cepillo (bc) de un osteoclasto dentro de la laguna de Howship, el estroma esta formado por tejido conectivo fibroso denso hiperceular y bien vascularizado



Fig 10 - El corte histológico teñido con H y E visto a 20x, demuestra zonas de resorción interna del hueso alveolar en la zona de presión

## GRUPO B 2 CON PERIODO DE RETENCION DE 22 DIAS.

### GRUPO CONTROL.

Los resultados encontrados en este grupo fueron los mismos que se encontraron en el grupo control B1.

### GRUPO EXPERIMENTAL.

En este grupo el ánodo fué colocado en la cara mesial observandose que existió poca actividad osteoblástica (1) a lo largo de la superficie del hueso alveolar, predominando la actividad osteoclástica en forma moderada (2), es necesario mencionar que dentro de los conductos de Volkman y de los canales haversianos cercanos a la superficie del hueso alveolar se observó actividad osteoclástica (3).(tabla3)

CONTROL						EXPERIMENTAL						
MESIAL			DISTAL			MESIAL (+)			DISTAL (-)			
1/3 C	1/3 M	1/3 A										
3	3	3			1	2	osteo ide	3		2	3	O B
			2	2	2				3	2	3	O C
3	3										3	F B

Tabla 2 Resultados histológicos del Grupo Experimental B 1

Leve (1)	O B Osteoblastos	(+) Anodo	C Cervical
Moderada (2)	O C Osteoclastos	(-) Cátodo	M Medio
Intensa (3)	F B Fibroblastos		A Apical
Muy intensa (4)			1/3 tercio



## GRUPO EXPERIMENTAL.

En este grupo el cátodo fue colocado en la cara mesial para establecer el período de retención e inducir la formación de tejido óseo provocando resorción radicular moderada (2), en la porción cervical del diente y en el tercio apical no existió pérdida de la continuidad radicular, en el ligamento periodontal se observó gran actividad celular, así como también abundante actividad osteoblástica (3) en el tercio apical, y moderada (2) en el tercio medio. En la cara distal donde estuvo colocado el ánodo, se observó mayor resorción radicular (3) predominando ésta en los tercios medio y apical del diente, así como también el hueso alveolar sufrió resorción, por lo tanto predominó la actividad osteoclástica en forma abundante (3).(tabla 4).

CONTROL						EXPERIMENTAL							
MESIAL			DISTAL			MESIAL (-)			DISTAL (+)				
1/3 C	1/3 M	1/3 A	1/3 C	1/3 M	1/3 A	1/3 C	1/3 M	1/3 A	1/3 C	1/3 M	1/3 A		
	osteo ide	osteo ide	resor 2	resor 2	resor 2	resor 2			3				O.B
3	2	2	osteo ide	osteo ide	osteo ide		2		3	resor 3	resor 2		O.C
				3	3	3	3	3					F.B.

Tabla 4 Resultados histológicos del Grupo Experimental C.

Leve (1)	O B Osteoblastos	(+) Anodo	C Cercical
Moderada (2)	O C Osteoclastos	(-) Cátodo	M Medio
Intensa (3)	F B Fibroblastos		A Apical
Muy intensa (4)	resor Resorción		1/3 tercio

## **DISCUSION.**

La corriente Eléctrica Continua (CEC) ha sido utilizada para aumentar la velocidad del movimiento dentario (Davidovitch et. al. 1980 a) y también ha sido aplicado para reparar los defectos óseos (Piekarski et. al. 1978). Mas no ha sido utilizada en período de retención posortodóntica. Sin embargo, no está claro como la aplicación de CEC puede producir efectos en la fisiología celular ya que aparentemente causa resultados similares con los obtenidos en la utilización de aparatología mecánica convencional.

Los resultados obtenidos en esta investigación, demuestran que la CEC no invasiva en tejidos periodontales de gatos en período de retención, pueden tener efecto selectivo sobre los elementos histológicos en el ligamento periodontal como en el hueso alveolar. Aún cuando el número de especímenes fué reducido, pudimos observar diferencias cualitativas en las distintas zonas en que se dividieron para su estudio, así como en el tiempo transcurrido de retención dentaria y de igual manera entre el área de investigación, en comparación con el área control. Las células que se identificaron fueron osteoblastos y osteoclastos, así como algunos elementos formativos del parodonto. El gato aparentemente es un modelo conveniente para este experimento debido a que el espesor de su encía no excede a 1.5mm esto permite colocar a los electrodos cerca del hueso alveolar sin penetrar al epitelio gingival. Según Davidovitch et. el. (1980 a) la superficie ósea se enriquece cuantitativamente de electrones, permitiendo una interacción directa entre la corriente eléctrica y las células periostales. Los gatos en este estadio de desarrollo pueden ser comparados con el inicio de la pubertad en el humano.

De acuerdo con Dreyer (1970), se debe de tomar en cuenta la posición de los dientes en la primera fase de la investigación, con el objeto de conocer la relación del diente con el ligamento periodontal y el hueso alveolar y la fuerza que reciben en el inicio de la fase de retención. Los dientes investigados, tenían una inclinación coronal hacia distal y una inclinación radicular hacia mesial. De este modo, teníamos



en el área apical radicular una disminución del espacio del ligamento periodontal hacia mesial y un aumento del espacio hacia distal. En el tercio cervical radicular, presentaba un aumento en el espacio del ligamento periodontal en su cara mesial, mientras tanto en su cara distal se encontraba reducida. Así encontramos zonas de stress provocadas por la posición del diente con respecto al hueso alveolar. El stress como inductor de cargas eléctricas ocurre en una variedad de tejidos conectivos incluyendo hueso, cartilago y dentina, esto ha sido reportado por numerosos investigadores Bassett y Becker (1964), Braden et. al. (1966), Zengo, Pawluk, Bassett (1973). Yasuda (1974). El primer investigador en observar que el stress genera potenciales eléctricos en mandíbula y ,dientes como una unidad mecánica fué Cochram, Pawluk y basset (1967) ellos postulan que el stress como inductor de potenciales eléctricos puede jugar un papel en la regulación de la orientación y masa del hueso en su respuesta a demandas funcionales. Gillooly (1968) en su estudio, concluye que el hueso alveolar alrededor del diente al que le fué aplicada una fuerza, experimentó un cambio en la diferencia de potencial eléctrico, en donde las áres expuestas a formación de hueso tendían hacia una carga negativa con respecto a las áreas expuestas a resorción ósea.

Desde el punto de vista de los hallazgos encontrados en las muestras histológicas, al analizar las superficies donde se colocó el cátodo, se observó solo en el espécimen de 15 días una moderada concentración de osteoclastos en el tercio cervical. Esta presencia de osteoclastos pudo ser debido a la fase posterior del período de hialinización, que según Reitan (1967), puede durar de 4-5 días hasta un período de más de 2 meses en animales de experimentación después de haber sido aplicada una fuerza ortodóntica ligera en donde se va a encontrar resorción ósea, involucrando la presencia de osteoclastos. Investigaciones recientes, señalan la influencia de las prostaglandinas como importantes mediadores del stress mecánico. Yamasaki et.al. (1980) demostraron que al inyectar Pgs en el movimiento dentario se incrementaba el número de osteoclastos. En el resto de las áreas influenciadas por el cátodo encontramos una concentración de intenso a muy intenso el número de osteoblastos, lo cual coincide con los resultados obtenidos por

Bassett, Pawluk y Becker (1964), Yasuda (1974), Piekarski, Demetriades y Mackenzie (1978), Davidovitch et. al. (1980a). En investigaciones recientes, hechas por Brighton et.al. (1992), evaluando el papel de la cantidad de fuerza del campo eléctrico, concluyen que este es un factor dominante que afecta la proliferación de la actividad celular ósea como respuesta a la capacidad de la señal eléctrica.

Por otro lado, al analizar las áreas influenciadas por el ánodo, se presentaron osteoblastos en concentraciones moderadas en el tercio medio del espécimen de 15 días así como concentraciones leves y moderadas en los especímenes de 22 días, la presencia de éstas células en el área influenciada por el ánodo, puede tener su respuesta, en lo investigado por Reitan, quien comenta que las estructuras fibrosas incorporadas en la formación de nuevo hueso, están bajo tensión lo que provoca la presencia de células osteógenas. Bien (1966) sugiere que el ligamento periodontal formado por células, vasos y fluidos intersticiales actúan como un sistema hidrostático continuo el cual va a estar regido por la ley de Pascal, "cualquier fuerza puede ser distribuida uniformemente por todo el sistema". En todas las demás áreas se encontró solo la presencia de osteoclastos en niveles de intenso a muy intenso corroborando lo publicado por Davidovitch et. al.

Con respecto al lado control, encontramos que las concentraciones de células óseas tenían una correlación según el área estudiada. Así en los especímenes de 15 y 22 días en las caras mesiales se observó la presencia de osteoblastos de moderado a intenso en todas las superficies mientras que en la cara distal en su tercio medio y apical se encontró la presencia de osteoclastos. Este comportamiento celular, está de acuerdo a lo publicado por Reitan, Zengo, Gillooly. Sin embargo en el tercio cervical de la cara distal, se observaron osteoclastos en concentraciones de moderado a intenso y esto nos hace reflexionar que aún en estado de retención posotodóntica, puede continuar la presencia de osteoclastos en las zonas en donde se ejerce presión, en este punto debemos hacer mención a lo publicado por Davidovitch et. al (1988) quien aclara que las citocinas en particular las interleucinas  $1\alpha$  y  $1\beta$  tienen una importancia fundamental en la remodelación del

hueso alveolar en el movimiento dentario ortodóntico. Esto corrobora la importancia del uso de la aparatología de retención después del tratamiento ortodóntico. Lo observado en el espécimen de 30 días nos muestra tanto en la cara mesial como en la distal la presencia de osteoide además de un aumento de fibroblastos, lo cual nos confirma un avance del proceso reparador del hueso alveolar así como un equilibrio de la actividad celular ósea.

Comparando la zona experimental y control desde un punto de vista de actividad celular, hubo mayor actividad en el lado experimental que en el lado control. Así mismo se observó que en el lado experimental, la influencia de la carga eléctrica tuvo un impacto en la presencia de determinadas células mas no fue excluyente a la presencia o ausencia de las mismas. Así tenemos que la superficie influenciada por el cátodo, en la mayoría de las zonas hubo presencia de osteoblastos y en la superficie influenciada por el ánodo, que se podía esperar mayor presencia de osteoclastos, no fué así. Esto nos hace reflexionar en que provablemente el uso de CEC nos puede ayudar a la neoformación y regeneración ósea, sin embargo se debe puntualizar de que este factor es solo uno de los medios que pueden relacionarse con la actividad celular.

## **CONCLUSIONES.**

En vista de que la CEC puede inducir a la formación de hueso, nos propusimos experimentar cuál sería la respuesta de los tejidos de soporte del diente en su período de retención después del tratamiento ortodóntico y las conclusiones a las que se llegó fueron:

- 1) La estimulación eléctrica puede inducir un aumento en la actividad celular.
- 2) El área en contacto con el cátodo mostró actividad osteoblástica.
- 3) El área en contacto con el ánodo mostró tanto actividad osteoclastica como osteoblástica.
- 4) Se presentó menor actividad celular tanto osteoblástica como osteoclastica en el lado control que en el lado experimental.
- 5) A los 22 días de estimulación eléctrica se observó la mayor actividad celular.
- 6) A mayor tiempo de estimulación eléctrica se observa estabilización de la respuesta celular.

Por ser un estudio piloto, las conclusiones no pueden ser definitivas, pero nos abre la posibilidad de continuar nuestros proyectos sobre la respuesta histológica al estímulo de corriente eléctrica.

## **BIBLIOGRAFIA.**

Bassett C.A.L., Paluk R.J. and Becker R.O.(1964). Effects of electric currents on bone in vitro. Nature 204, 652-654.

Bassett C.A.L., Pawluk R.J. and Pilla A.A.(1974a). Acceleration of fracture repair by electromagnetic fields: a surgical noninvasive method. Ann. N.Y. acad. Sci. 238-242.

Bassett C.A.L., Pawluk R.J. and Pilla A.A.(1974b) Augmentation of bone repair by inductively coupled electromagnetic fields. Science 184, 575-577.

Baumrind S.(1969) A reconsideration of the propriety of the "pressure-tension" hypothesis. Am. J. Orthod. 55:12

Bien SM. (1966). Haemodynamic damping of tooth movement. J. Dent. Res. 45:907-914

Brighton C.T., Okereke E., Pollak S.R., Clark C.C. (1992). In vitro bone-cell response to a capacitively coupled electrical field. Clin. Orthop. Rel. Res. 285:255-622

Carlson D.S., McNamara J.A., Graber L.W. and Hoffman D.L. (1980). Experimental studies of growth and adaptation of the TMJ. In Current Advances in Oral Surgery. Vol. III. Mosby, St.Louis .

Cochran G.V.; Pawluk R.J., Bassett C.A.L.(1967). Stress generated electric potentials in the mandible and teeth. Arch. Oral Biol. 12:917-920

ESTRADA 1000 NO. 20  
CALLE 14 30000000

Connolly J.F., Hahn H. and Jardon O.M. (1977). The electrical enhancement of periosteal proliferation in normal and delayed fracture healing. Clin. Orthop. 124, 97-105.

Davidovitch Z., Finkelson M.D., Steigman S., Shanfield J.L., Montgomery P.C. and Korostoff E. (1980a). Electrical currents, bone remodelling and orthodontic tooth movement I. the effects of electrical currents on periodontal cyclic nucleotides. Am.J. Orthod. 77, 14-32.

Davidovitch Z., Finkelson M.D., Steigman S., Shanfield J.L., Montgomery P.C. and Korostoff E. (1980b). Electric currents, bone remodelling and orthodontic tooth movement II. increase in rate of tooth movement and periodontal cyclic nucleotide levels by combined force and electric current. Am. J. Orthod. 77, 33-47.

Davidovitch Z., Nicolay O.F. Ngan Peter W., Shanfeld J.L. (1988). Neurotransmitters cytokines and the control of alveolar bone remodeling in orthodontics. Dental C. of N.A. V.32.

Dreyer C.S. (1970). The stability of the dentition and the integrity of its supporting structures. Am. J. Orthod. 5:433-447

Friedenberg Z.B. and Brighton C.T. (1974). Electrical fracture healing. Ann. N.Y. Acad. Sci. 238. 564-574.

Genco Robert D.D.S. Ph.D. (1993). Periodoncia. Nueva Editorial Interamericana 1a. ed. 38-43.

Geneser Finn. (1992). Histología. Editorial Médica-Panamericana 2a. ed. 205-210.

Giloolly C.J., Hosley R.T., Mathews J.R., Jewett D.L.(1968). Electric potenciales recorded from mandibular alveolar bone as a result of forces applied to the tooth. Am.J.Ortho. 54. 649.

Goodman R. and Henderson A.S. (1988). Exposure of salivary gland cells to low-frequency electromagnetic fields alters polipeptyd synthesis. Proc. natn. Acad. Sci., U.S.A. 85,3928-3932.

Graber T.M., Ortodoncia Teoria y Practica.(1974). Edit.Panamericana.1a ed. 461-488.

Graber T.M., Swain B.F.(1988). Ortodoncia Coceptos y Técnica. Edit Panamericana. 1a ed. español 123-135.

Grodzinsky A.(1983). Electromechanical and physiochemical properties of connective Tissue. Crit. Rev. Biomed. Engng.9,133.

Grupta T.D., Jain V.K. and Tandon P.N. (1991). Comparative study of bone growth by pulsed electromegnetic fields. Med.Biol. Engng. Comput. 29, 133-120.

Jarabak J.R., Fizzell J.A.(1975). Aparatologia del arco de canto con alambres ligeros. Edit. Mundi. 2a. ed. 277-300.

Jones D.B., Pedley R.B- and Ryaby J.T. (1986). PEMF effects on differentiation and division in murine melanoma cells are mediated indirectly cAMP. Trans. BRAGS 6,51.

Mcnamara J.A. (1972). Neuromuscular and skeletal adaptations to altered orofacial function. Monograph I. Center for Human Growth and Development. U. of Michigan, Ann Arbor.

Noda M. and Sato A. (1985). Calcification of cartilagenous matrix in culture by constant direct current stimulation. Clin.Orthop. Relat. Res. 193,281.

Norton L.A. (1982). Effects of a pulsed electromagnetic field mixed chondroblastic tissue culture. Clin. Orthop. Relat.Res. 167,280.

Norton L.A. (1985). Pulsed electromagnetic field effects in chondroblastic tissue culture. Recons. Surg. Traumat. 19,70.

Norton L.A., Hanley J. and Turkewics J. (1984). Bioelectric perturbations of bone-research directions and implications. Angle orthd. 54,73.

Norton L.A., Witt D.W. and Rovetti L.A. (1988). Pulsed electromagnetic fields alter phenotypic expression in chondroblasts in tissue culture. J. Orthop. Res. 6,685-689.

O'conor B.T., Charlton M.H., Currey J.D.,Kirby D.R. and Woods C. (1969). Effects of electric current on bone in vivo. Nature 222,162'163.

Peltier L.F. (1981). A brief histological note on the use of electricity in the treatment of fractures. Clin. Orthop. Rel.Res. 161,4-7.

Petrovic A.G. and Stutzmann J.J. (1977). Furter investigation into the functioning of the comparator of the servosystem in the control of the condylar cartilage growth rate and the lengthening of the jaw. Monograph 7, Craniofacial Growth series. Ann Arbor, Michigan

Piekarski K., Demetriades D., Mackenzie A. (11978). Osteogenetic stimulation by externally applied dc current. Acta Orthop. Scand. 49:113-120

Provenza V.(1974). Histología y Embriología Odontológicas. Nueva Editorial Interamericana. 1a. ed. español 174-179.



Reitan K.(1967). Clinical and Histologic observation on tooth movement during and after orthodontic treatment. Am. J. Orthod. 53:10

Rodan G.A., Bourret L.A. and Norton L.A. (1978). DNA synthesis in cartilage cells is stimulated by oscillating electric fields. Science 199, 690-692.

Sandy J.R., Farndale R.W., Meikle M.C. (1993). Recent advances in understanding mechanically induced bone remodeling and their relevance to orthodontic theory and practice. Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop. 103:212-222.

Saito M., Saito S. Ngan P., Shanfeld J., Davidovitch Z.(1991). Interleukin 1B and prostaglandin E are involved in response of periodontal cell to mechanical stress in vivo and in vitro. Am.J.Orthod. 99, 226-240.

Shapiro P., Kokich V.(1981). The rationale for various modes of retention. Dent Clin North Am25:1

Stefan S., Sansen W. and Mulier J.C. (1976) Experimental study on the electrical impedance of bone and the effect of direct current on the healing of fractures. Clin. Orthop.120,264-267.

Ten Cate A.R. (1989). Oral Histology. The C.V.Mosby Company, third ed. 115-121.

Yamasaki K., Miura F., Suda T. (1980). Prostaglandin as a mediator of bone resorption induced by experimental tooth movement in rats. J. Dent. Res. 59:1635-42

Yasuda I.(1953). Fundamental aspects of fracture treatment. J. Kyoto Med. Soc. 4, 395.

Yasuda I. (1974). Mechanical and electrical callus. Ann. N.Y. Acad. Sci. 238, 457-563.

Zengo A.N., Pauluk R.J. and Bassett C.A.L.(1973). Stress-induced bioelectric potentials in the dentoalveolar complex. *Am.J.Orthod.* 64,17.

Zengo A.N., Bassett C.A.L. and Pauluk R.J. (1974). In vivo bioelectric potentials in the dentoalveolar complex. *Am.J.Orthod.* 66,133.

Fe de Erratas

Hoja de reconocimientos párrafo 3 dice elavoración debe decir elaboración.

Pág. 34 párrafo 12 dice basset debe decir Bassett.

## **CURRICULUM VITAE**

**NOMBRE:** JAIME ITO ARAI  
**FECHA DE NACIMIENTO:** 5 DE JULIO DE 1950  
**LUGAR DE NACIMIENTO:** MEXICO, D.F.  
**NACIONALIDAD:** MEXICANA  
**NOMBRE DE LOS PADRES:** MASAO ITO WATANABE  
KIYOKO ARAI ISHII  
**DOMICILIO PERMANENTE:** PAFNUNCIO PADILLA 33 A  
C.D. SATELITE, NAUCALPAN,  
EDO. DE MEXICO. C.P. 53100

## **ESTUDIOS PROFESIONALES**

**LICENCIATURA:** CIRUJANO DENTISTA  
FAC. DE ODONTOLOGIA, U.N.A.M.  
1969-1973

**ESPECIALIDAD:** ORTODONCIA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSG.  
FAC. DE ODONTOLOGIA, U.N.A.M.  
1977-1979

**MAESTRIA:** EN ODONTOLOGIA  
DIV. DE ESTUDIOS DE POSG. E INV.  
FAC. DE ODONTOLOGIA, U.N.A.M.  
1985

**DOCTORADO:** EN ODONTOLOGIA (en curso)  
DIV. DE ESTUDIOS DE POSG. E INV.  
FAC. DE ODONTOLOGIA, U.N.A.M.

EXPERIENCIA DOCENTE:

PROFESOR TITULAR CARRERA M.T.  
FAC. DE ODONTOLOGIA, U.N.A.M.