



**UNIVERSIDAD
VIÑA DEL MAR
UNIVERSIDAD VIÑA DEL MAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA SALUD
ODONTOLOGÍA**

**EFFECTO DE LA ESTIMULACIÓN BINAURAL SEGÚN SEXO, SOBRE LA PERCEPCIÓN DEL
DOLOR EN PACIENTES CON PULPITIS IRREVERSIBLE SINTOMÁTICA**

Integrantes

MICHELLE BEY OLAZO

Integrantes 2020

VALENTINA CARRASCO PANTANALLI

CONSTANZA CONTADOR MORAGA

JAVIER REYES GALLEGOS

Tesis para optar al título profesional de Cirujano Dentista y al grado académico de Licenciado
en Ciencias Odontológicas

Profesor Guía: Nicolás Pinto Pardo

Junio, 2021

Viña del mar, Chile

Tabla de contenido

I. INTRODUCCIÓN	4
II. MARCO TEÓRICO	5
1. El dolor	5
2. La audición	14
3. Estimulación binaural	15
III. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	21
IV. OBJETIVOS	22
1. General	22
2. Específicos	22
V. MATERIALES Y MÉTODOS	23
1. Tipo de estudio o investigación	23
2. Sujetos del estudio	23
2.1. Universo	23
2.2. Tamaño	23
2.3. Selección de la muestra	23
3. Criterios de inclusión /exclusión	23
3.1. Criterios de inclusión	23
3.2. Criterios de exclusión	23
4. Definición de variables	24
5. Calibración	26
6. Recolección de datos	26
6.1. Lugar físico a realizar la investigación	26
6.2. Instrumentos	26
6.3. Tiempo de recolección	27
6.4. Reclutamiento de pacientes	27
7. Consideraciones éticas	27
8. Análisis estadístico	28
VI. RESULTADOS OBTENIDOS	29
I. Parámetro subjetivo	29

II. Parámetros objetivos	35
III. Parámetros subjetivos separados por sexo	41
VII. DISCUSIÓN	52
VIII. CONCLUSIÓN	62
IX. LIMITACIONES Y SUGERENCIAS	63
X. BIBLIOGRAFÍA	64
XI. ANEXOS	73

I. INTRODUCCIÓN

En la Odontología uno de los principales motivos de consulta de los pacientes es el dolor; sin embargo, para ofrecer una solución es fundamental un buen diagnóstico con el fin de determinar correctamente el origen del dolor y así planificar un tratamiento adecuado. En la actualidad, la principal herramienta para el manejo de la sintomatología dolorosa es la administración de fármacos como analgésicos o antiinflamatorios no esteroideos (AINE), pero además de la medicina contemporánea, existen terapias alternativas que permiten complementar el manejo de esta sintomatología. Dentro de esta categoría de terapias alternativas se encuentran la acupuntura, meditación o yoga y la estimulación binaural (Chan, 2017).

La estimulación binaural consiste en la emisión de ondas de sonido de distinta frecuencia en cada oído. La diferencia entre ambas frecuencias es lo que, finalmente, percibe el paciente. Existen diferentes tipos de onda (Chan, 2017).

La terapia binaural ha sido utilizada en estudios médicos para el tratamiento de la ansiedad, depresión, dolor crónico, operaciones gástricas y para disminuir la percepción del dolor durante la reducción de fracturas nasales, según un estudio realizado en Chile por Ortega, A. y cols. en el año 2018. Sin embargo, no existen estudios de este tipo en el área odontológica, a pesar de lo frecuente e importante que es el manejo del dolor en esta área.

Por lo tanto, el objetivo de esta tesis es determinar, considerando parámetros objetivos y subjetivos, el efecto de la terapia binaural sobre la percepción del dolor durante intervenciones odontológicas en pacientes con pulpitis irreversible sintomática a cavidad cerrada, que acuden a la clínica odontológica de la Universidad Viña del Mar.

II. MARCO TEÓRICO

1. El dolor

La asociación internacional de estudios del dolor (IASP) define el dolor como “experiencia sensitiva y emocional desagradable asociada a una lesión tisular real o potencial, o descrita en términos de tal daño”. Es una condición deteriorante y potencialmente debilitante, que tiene una alta prevalencia en la población en general y es, a su vez, el principal motivo de consulta a nivel médico y odontológico (Ramos-Alaniz, A., 2018).

La percepción del dolor es algo subjetivo que debe ser analizado como un fenómeno multifactorial, con un elemento biológico, fisiopatológico y emocional. Según la teoría multidimensional del dolor propuesta por Melzack y Casey (Pedrajas, 2008), hay 3 dimensiones del dolor: la sensorial/discriminativa, la motivacional/afectiva y la cognitiva/evaluativa. La primera se relaciona con los mecanismos nociceptivos y centros nerviosos superiores, la segunda corresponde al aspecto subjetivo de la percepción del dolor, es decir, la relación entre las respuestas emocionales y los centros nerviosos superiores; y la última relaciona los aspectos de la dimensión motivacional/afectiva de comportamiento social, además con valores culturales y las consecuencias de la experiencia del dolor (Timoneda, 1995).

En la producción del dolor y la nocicepción existen 4 procesos básicos: transducción, conducción, modulación y percepción (García-Andreu, 2017). En la transducción los nociceptores traducen un estímulo físico, térmico o químico en una señal eléctrica la cual posteriormente será conducida a través de fibras nerviosas, principalmente tipo A-delta y C, aunque en estados patológicos también podremos encontrar fibras A-beta (García-Andreu, 2017). Una vez que el estímulo nervioso llega a las astas posteriores, comienza el proceso de modulación, en el que se ven involucradas neuronas inhibitorias gabaérgicas y células de la glía que son excitatorias (García-Andreu, 2017). Del proceso de modulación resultante, la señal original puede ser aumentada o atenuada. La señal resultante viajará por los tractos espinotalámicos hasta llegar a tálamo y otros núcleos del sistema límbico, donde se verán implicadas las respuestas emocionales, luego continúa hasta llegar a la corteza somatosensorial donde se percibe como dolor (García-Andreu, 2017).

Señal del dolor:

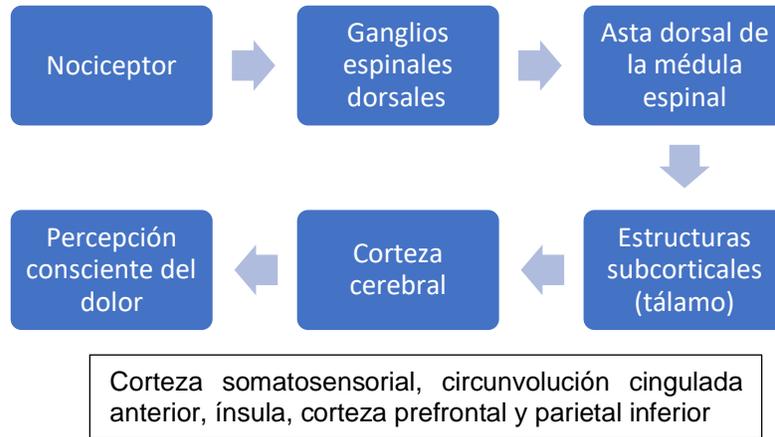


Figura 1. La señal dolorosa en un principio es recogida por los nociceptores y transmitida finalmente al Sistema Nervioso Central sin antes pasar por varias estaciones. La señal dolorosa es recogida por los nociceptores y enviada hacia el Sistema Nervioso Central pasando por varias estaciones; la primera situada en los ganglios espinales dorsales, la segunda en el asta dorsal de la médula espinal, la tercera en diversas estructuras subcorticales, entre las que destaca el tálamo, y la cuarta, en la corteza cerebral, sobre todo, la corteza somatosensorial, la circunvolución cingulada anterior, la ínsula, la corteza prefrontal y parietal inferior. En estas estructuras se originan la percepción consciente del dolor y las actividades subconscientes y respuestas neuromoduladoras efectoras, endocrinas y emocionales, iniciadas consciente o inconscientemente. La experiencia dolorosa tiene tres dimensiones, la sensitivo-discriminativa, la cognitivo-evaluadora y la afectivo-emocional. (Pedrajas, 2008).

Clínicamente hay varios conceptos que permiten clasificar el dolor, ya sea según su origen, duración o localización. Este puede ser transitorio cuando es causado por estímulos captados por receptores nociceptivos en ausencia de daño tisular, o puede ser secundario a enfermedades malignas. Por otro lado, si se considera la duración del dolor este puede ser agudo si es de corta duración y asociado a una patología observable o crónico en caso de ser persistente y de larga duración relacionado a patologías poco definidas e inclusive, se le considera por sí mismo como una patología específica por su alteración a nivel de sistema nervioso central (Von Roenn, 2007).

La fisiopatología del dolor agudo y crónico son distintas. Para que un tratamiento sea efectivo, se debe tratar cada uno de acuerdo a su causa (García-Andreu, 2017).

En el dolor agudo, ante un estímulo nocivo o daño tisular, se liberan neurotransmisores tales como: prostaglandinas, bradisinina, factor de necrosis tumoral alfa, hidrogeniones, factor de crecimiento neural, histamina, ATP, sustancia P y péptidos relacionados con el gen de la calcitonina, los que producen vasodilatación y degranulación de mastocitos. Los neurotransmisores proinflamatorios sensibilizan al nociceptor e incrementan la expresión de canales de sodio, lo que facilita la generación y transmisión de estímulos. Esto se conoce como sensibilización periférica y disminuye el umbral nociceptivo, lo que facilita las respuestas nocifensivas mediadoras de la recuperación tisular. Cuando el manejo no es el adecuado, se puede generar una sensibilización central, lo que causa la persistencia del dolor (por tres meses o más), causando dolor crónico (García-Andreu, 2017).

Cuando un estímulo nociceptivo persiste, en las astas posteriores del receptor se activan distintos mecanismos que generan altas concentraciones de calcio intracelular, lo que potencia vías pronociceptivas y genera un desequilibrio pro y antinociceptivo, donde esta última se encuentra debilitada. A su vez las células gliales liberan péptidos (CCR2 y P2X7) que van a perpetuar estos cambios (García-Andreu, 2017). El magnesio que bloquea al receptor *N-metil-D-aspartato* pierde afinidad permitiendo que el glutamato active al receptor y genere la apertura de canales de calcio. A su vez activa receptores de glutamato AMPA, AMPAk y mGlu, este último está ligado al retículo endoplásmico donde genera un aumento lento pero sostenido en los niveles intracelulares de calcio (García-Andreu, 2017). La sustancia P activa al receptor NK-1 que activa como segundo mensajero a la proteína kinasa A y aumenta los niveles de calcio. El factor neurotrófico derivado del cerebro activa su receptor TrkB que activa proteína kinasa C y aumenta niveles de calcio, lo mismo que las kinasas de respuesta extracelular (García-Andreu, 2017). En respuesta al desequilibrio que genera el dolor crónico, las células que normalmente transmiten la sensación del tacto van a transmitir dolor (García-Andreu, 2017).

Según su localización el dolor se clasifica como extracefálico o cefálico. El extracefálico incluye cualquier estructura que esté desde el cuello hacia las extremidades del organismo. Por otro lado, el dolor cefálico u orofacial corresponde a las estructuras comprendidas de cabeza y cuello (Caminero, 2009).

Desde el punto de vista fisiopatológico el dolor se clasifica como, neuropático, inflamatorio o nociceptivo. El dolor nociceptivo se manifiesta como sensación de ardor, quemante o como un toque eléctrico, debido a que el daño está localizado en el sistema somatosensorial, y afecta nervios periféricos o centrales. El dolor inflamatorio, se produce en respuesta a la liberación de

mediadores inflamatorios locales ante un estímulo doloroso, las que disminuirán el umbral de excitación de los nociceptores periféricos (sensibilización periférica), y generarán una despolarización neuronal que se transmitirá a través de las vías periféricas hasta el asta dorsal, magnificando la señal dolorosa (sensibilización central), hacia estructuras espinales y supraespinales. Dichos cambios son reversibles y posteriormente, se restaurará la sensibilidad normal del sistema nociceptivo. Este tipo de dolor tiene un inicio conocido y un final en relación directa con la reparación tisular (Ribera, 2012). El dolor nociceptivo comprende mecanismos moleculares, celulares y sistémicos y su amplificación o depresión. Existen mecanismos pronociceptivos y antinociceptivos; la modulación entre ambos dependerá de la presencia o ausencia de dolor y la intensidad de este (García-Andreu, 2017). Dentro del dolor nociceptivo se incluyen los conceptos de dolor somático y visceral. El dolor somático se caracteriza por estar bien localizado y relacionado con daño a estructuras somáticas, como hueso, músculo, tendón; se transmite principalmente por fibras A-delta. El dolor visceral es de tipo sordo, de difícil localización en cuanto a su origen y transmitido por fibras amielínicas tipo C; se relaciona con daño a vísceras. En ambos, el daño a las estructuras referidas es real, siendo el sistema nervioso el que transmite la información sin estar afectado (García-Andreu, 2017).

El dolor orofacial puede ser causado por diversas estructuras extracraneales entre las que se encuentran los ojos, oídos, nariz, garganta, senos paranasales, glándulas salivales, lengua y mucosa oral, vasos y ganglios linfáticos, la articulación temporomandibular y los dientes (Okeson, 2013). Dichas afecciones pueden involucrar diferentes estructuras y derivar de orígenes musculoesqueléticos, vasculares, neurovasculares, neuropáticos, idiopáticos y psicógenos (Rowland, 2018).

La sensibilidad de la cara, cavidad bucal y nasal depende esencialmente de las 3 ramas del nervio trigémino agrupadas en el ganglio de Gasser, que encierra los cuerpos celulares de las fibras aferentes. En el tronco cerebral, las fibras se separan y una parte viaja por la raíz ascendente para alcanzar el núcleo principal; la otra parte lo hace por una raíz descendente para emitir colaterales hacia el núcleo espinal que se adosa. El núcleo principal transmite los mensajes táctiles orofaciales y el núcleo espinal las informaciones térmicas y dolorosas (Plaghki, 2018).

Dentro de la región orofacial el dolor más común es el de origen dentario, particularmente asociado a la inflamación pulpar como consecuencia de lesiones de caries, lo cual genera un cuadro con diversas fases que va progresando en el tiempo (Marroquín, 2015).

El dolor dental por inflamación se representa por un mecanismo de retroalimentación positiva, es decir, el estímulo nociceptivo sobre el tejido pulpar y periodontal, entre otros, promueve la liberación de mediadores químicos de 2 orígenes: plasmáticos como la bradicinina y de las células lesionadas como las prostaglandinas E2 (PGE2). Ambas actúan sobre la terminación nerviosa que se sensibiliza a la acción de la PGE2, la bradicinina completa su excitación y produce en la fibra nociceptiva la generación de un potencial de acción, es así como produce dolor, similar al proceso de dolor agudo (Rodríguez, 2013).

La terminación nerviosa no solo se excita, sino que también es capaz de liberar neuropéptidos, como sustancia P, que actúan sobre las células cebadas que rodean los vasos sanguíneos liberando gránulos con histamina y citocinas de su membrana, incrementando la vasodilatación, así como la permeabilidad vascular. Además, aumenta el aporte de mediadores químicos a la zona, lo que promueve una mayor activación de fibras nerviosas que perpetúan la inflamación (Rodríguez, 2013).

La interfase entre un estímulo físico y un sistema sensorial está formada por células especializadas llamadas receptores sensoriales. Estos se asocian a la primera neurona en el orden jerárquico de un sistema sensorial. Este proceso de conversión se denomina transducción sensorial y se efectúa mediante la producción de un potencial generador denominado potencial de receptor, que si es suficiente se convertirá en una serie de impulsos nerviosos o potenciales de acción. La naturaleza de los potenciales de acción es idéntica en todo el sistema nervioso y para todas las modalidades sensoriales (Renga, 2020).

En la nocicepción los mecanismos periféricos se activan con las fibras periféricas y se clasifican en 3 categorías: las fibras A-beta poseen una gruesa vaina de mielina y conducen rápidamente el impulso nervioso, a su vez codifican y transmiten información táctil y propioceptiva. Las otras dos codifican y transmiten información nociceptiva y térmica, estas son: las fibras A-delta, poco mielinizadas que conducen el impulso nervioso a una velocidad media y las fibras C que no son mielinizadas y conducen lentamente el impulso nervioso (Plaghki, 2018).

Los nociceptores son un conjunto de receptores asociados a una fibra de pequeño diámetro que es activada de manera exclusiva por estímulos de gran intensidad. La estimulación selectiva de estas fibras desencadena una percepción de dolor. Una activación de fibras A-delta genera una sensación de pinchazo breve y bien localizado, en cambio, la activación de fibras C es más tardía y se presenta como un ardor prologado y difuso (Plaghki, 2018).

En prácticamente todo el territorio orofacial se encuentran terminaciones libres, en particular en la pulpa dental. Las fibras A-delta y C de la pulpa están en gran parte conectadas a nociceptores polimodales, quienes responden a estímulos nociceptivos de diversa naturaleza, entre ellos térmica, mecánica y química, pero también son activados por intensidades de estimulación no dolorosa, independientemente de que el estímulo sea térmico o mecánico. Desde un punto de vista clínico, el dolor pulpar es similar al dolor visceral (Ribera, 2012).

Independientemente del tipo de neurona, la apertura de sus canales de sodio dependientes de voltaje desencadena potenciales de acción cuando su membrana está suficientemente despolarizada. Estos canales están presentes en la membrana de terminaciones de fibras primarias, estén o no mielinizadas (Plaghki, 2018).

La mayoría de las fibras aferentes primarias alcanza el sistema nervioso central por las vías raquídeas posteriores o sus equivalentes de los pares craneales. Las fibras A-beta envían sus axones, en parte, hacia la sustancia gris medular del asta posterior, cuyas terminaciones se extienden hacia los núcleos situados en la parte caudal del bulbo. Las neuronas de estos núcleos envían sus axones hacia el tálamo lateral con previo cruzamiento en el bulbo. Las fibras A-delta y C, se dividen en una rama ascendente y descendente, que emiten colaterales hacia algunos segmentos adyacentes del asta posterior de la médula (Plaghki, 2018).

La definición más relevante en cuanto al dolor de origen dentario, corresponde a la pulpitis irreversible sintomática, que es una condición inflamatoria persistente de la pulpa causada por un estímulo nocivo. Se manifiesta como dolor provocado por estímulos térmicos (calor o frío) que persiste incluso por horas una vez retirado el estímulo, o bien como dolor espontáneo (Marroquín, 2015).

Una pulpitis irreversible puede estar asociada a otros diagnósticos pulpares, tales como pulpitis crónica reagudizada, absceso del cuerno, pulpitis crónica ulcerativa, pólipos pulpares o reabsorciones radiculares internas (coronaria y radicular) (Merello, 2012).

Diagnóstico	Situación
Pulpitis crónica reagudizada	Caries de larga data, caries secundaria (a cámara cerrada).
Absceso del cuerno	Caries interproximales o cavitación oclusal mínima, dientes jóvenes (cámara cerrada).
Pulpitis crónica ulcerativa	Exposición de pulpa (por excavación local), en caries de avance lento (cámara abierta).
Pólipo pulpar	Pulpa vital pero no viable (pulpitis crónica hiperplásica, cámara abierta). Cuando se ulceran.
Reabsorción radicular interna (coronaria o radicular)	Activación de células mesenquimales que se derivan a dentinoclastos u osteoclastos frente a una noxa de intensidad leve pero sostenida en el tiempo.

Tabla 1: Diagnóstico pulpar (Merello, 2012).

Los síntomas de una pulpitis irreversible son variables y dependen tanto del grado de presión intrapulpar, como de la viabilidad de las fibras nerviosas. Puede producir dolor de tipo sordo o pulsátil, además de dolor referido espontáneo que va de moderado a severo. Los cambios posturales pueden agravar la sintomatología (Merello, 2012).

Entre las opciones terapéuticas para el manejo del dolor se encuentran antiinflamatorios no esteroideos (AINE), opioides, paracetamol y metamizol, los cuales se pueden administrar en diferentes formas farmacéuticas que se adaptan a las condiciones de cada uno de los pacientes (Vallejos, 2015).

Los antiinflamatorios no esteroideos (AINE) son el grupo farmacológico más usado a nivel mundial para el tratamiento sintomático de diversos padecimientos, ya sean agudos o crónicos. La estructura de los AINE es heterogénea, ya que entre sus efectos encontramos el antipirético, antiinflamatorio y analgésico, a través de su capacidad de inhibir las prostaglandinas proinflamatorias (García, 2018).

Los AINE deben ser utilizados en ciclos cortos y con la dosis más baja posible, ya que de lo contrario se podrían presentar complicaciones gastrointestinales, cardiovasculares, renales, hepáticas y hematológicas derivadas de su uso desprolijo. Así como la combinación de más de

un medicamento del mismo grupo, lo cual incrementa de manera sustancial el riesgo de toxicidad y efectos adversos (García, 2018).

El uso de AINE genera una inhibición en la producción de prostaglandinas proinflamatorias (prostaglandinas) mediante el bloqueo competitivo y reversible o no, por acetilación del sitio de unión de ciclooxigenasa (COX) 1 y 2 al ácido araquidónico, impidiendo así la conversión oxidativa de prostaglandinas y la consecuente cascada (Vallejos, 2015).

La COX-1 se expresa de manera constitutiva en la mayoría de las células y los tejidos, incluyendo el endotelio vascular, los monocitos, epitelio gastrointestinal y plaquetas. La COX-2, por el contrario, se expresa constitutivamente en pocos tejidos y durante la inflamación sufre una regulación al alza en el endotelio vascular, la membrana sinovial, monocitos y macrófagos (Vallejo, 2015).

Los AINE se presentan para su administración en diferentes vías: oral, intravenosa, rectal, sublingual, intramuscular o tópica. Por la vía oral, presentan una buena biodisponibilidad, sufren un metabolismo hepático y se unen a las proteínas plasmáticas. Su excreción es por sobre todo renal (García, 2018).

De acuerdo a su estructura química se clasifican en ácidos o no ácidos, lo cual determinara su distribución. Los no ácidos se distribuyen en los tejidos corporales, en cambio, los del grupo ácido tienen a distribuirse y permanecer en los sitios de inflamación (García, 2018).

El efecto analgésico y antiinflamatorio se obtiene cuando se alcanzan concentraciones plasmáticas de un 80% para inhibir la actividad de la COX-2. Para que cualquier AINE tenga el efecto deseado debe inhibir la COX-2 y en diferente grado la COX-1 como efecto colateral (García, 2018).

Es importante considerar que la frecuencia y gravedad de los efectos secundarios no dependen solo del uso de AINE, sino también de su dosis empleada, los intervalos de administración, la forma de liberación y las condiciones basales del paciente (García, 2018).

Los analgésicos opioides constituyen un grupo de fármacos que poseen afinidad selectiva por receptores opioides, en donde encontramos la morfina y la codeína, entre otros. Como consecuencia la activación de estos receptores causa analgesia de elevada intensidad, producida

en el sistema nerviosa central (SNC) principalmente. Los receptores opioides están mayormente concentrados en el SNC y en menor proporción en el sistema gastrointestinal, cardiovascular y el sistema nervioso periférico. Los opioides son eficaces en el alivio del dolor crónico no oncológico, sin embargo, un tratamiento a largo plazo genera tolerancia, dependencia física y riesgo de desarrollar adicción, dado que la exposición repetida a estos fármacos produce una neuroadaptación que disminuye el efecto analgésico, generando síntomas de abstinencia y cambios conductuales que puedan gatillar abuso y dependencia (Acuña, 2019). Debido a su alta potencia no deben administrarse a pacientes sin tratamiento previo con opioides como tratamiento primario. Producen inhibición directa en neuronas descendentes facilitadoras de la vía nociceptiva. Como efectos secundarios se describe la instauración de una conducta de autoadministración denominada farmacodependencia (Acuña, 2019).

El paracetamol, también conocido como acetaminofén, es un analgésico con propiedades antipiréticas, usado en casos de dolor leve a moderado, con un escaso efecto antiinflamatorio. Inhibe la COX a nivel del sistema nervioso central, así como también la síntesis del óxido nítrico, la hiperalgesia producida por liberación de sustancia P y levemente la producción de prostaglandinas periféricas (Vallejos, 2015).

Se ha descrito que, en pacientes con enfermedad coronaria, el uso de paracetamol podría incrementar las cifras de presión arterial, además se ha observado un alto riesgo de hepatotoxicidad cuando se usa concomitante con medicamentos hepatotóxicos, pudiendo ocasionar pancreatitis y nefrotoxicidad por uso prolongado. El resto de las reacciones adversas son leves, tales como náuseas y vómito, entre otras, que ocurren con baja frecuencia (Vallejos, 2015).

Por otro lado, encontramos el metamizol también conocido como dipirona, que pertenece a la familia de las pirazonas, tiene un efecto analgésico y antipirético sobresaliente y antiinflamatorio moderado. Produce inhibición de la COX que media la síntesis de prostaglandinas y tromboxanos, así como la activación de la vía del óxido nítrico, produciendo la relajación del músculo liso, lo que le confiere un efecto antiespasmódico (Vallejos, 2015). Este medicamento se indica en caso de dolor post operatorio tipo cólico, dolor oncológico y en algunos países en caso de migraña. Presenta una baja toxicidad gastrointestinal, siendo las manifestaciones más frecuentes vómito, náuseas, estreñimiento y erupción cutánea (Vallejos, 2015).

Muchos de los fármacos utilizados en el tratamiento del dolor crónico actúan a nivel del sistema nervioso central y causan depresión de este, de igual forma pueden afectar la energía, movilidad, memoria y la capacidad para realizar actividad física (Dale, 2016).

Cuando el control del dolor no es efectivo con fármacos o el paciente lo solicita, se pueden implementar terapias complementarias, muchas de ellas basadas en la evidencia, que han sido efectivas en el manejo del dolor agudo y crónico (Hamlin, 2017). Las terapias complementarias, además de disminuir la experiencia dolorosa mejoran la calidad de vida de los pacientes. (Hamlin, 2017).

Se han descrito distintas terapias complementarias para el manejo del dolor, algunas de las cuales son: sistemas de medicina alternativa como la medicina tradicional China y la homeopatía, intervenciones de cuerpo y mente como lo son grupos de apoyo y la meditación, terapias basadas en la biología que contemplan el uso de hierbas, vitaminas y minerales; métodos basados en la manipulación corporal como los masajes terapéuticos y quiroprácticos, medicina de energía como el reiki y la acupuntura; tratamientos con música y sonidos de relajación (Hilbers, 2013).

2. La audición

La vía auditiva contiene componentes ascendentes, donde los estímulos auditivos son captados por el oído externo y viajan por el conducto auditivo hasta llegar al tímpano, el que vibra y transmite esta vibración hacia 3 huesos capaces de amplificarla; el martillo, yunque y estribo. Las vibraciones del sonido llegan a la cóclea, haciendo que ondule el líquido en su interior y que los estereocilios, células ciliadas ubicadas en la parte superior de las células del oído interno, se muevan y conviertan este movimiento en señales eléctricas. Esta oscilación causa que los iones dentro de las células ciliadas migren hacia la parte superior de estas, lo que provoca la liberación de sustancias químicas en su parte inferior. Las sustancias químicas se unen a las células nerviosas auditivas y crean una señal eléctrica que viaja a lo largo del nervio auditivo hasta llegar a la corteza cerebral auditiva, localizada en el lóbulo temporal, en las circunvoluciones transversas de Heschl. Mientras que la vía auditiva descendente circula paralela a la primera procesando y transmitiendo información desde la corteza hasta el receptor auditivo (Vargas, 2012).

La corteza auditiva es la unidad cerebral de procesamiento de sonidos. Esta área cortical es crucial para la audición y en los seres humanos, también para el lenguaje y la música. Se divide en tres partes diferenciadas: la corteza auditiva primaria, secundaria y terciaria. Estas estructuras se disponen de manera concéntrica, encontrándose la corteza primaria en el centro, y la terciaria en la periferia (Vargas, 2012).

La corteza auditiva primaria se sitúa al interior de la Cisura de Silvio, su función es recibir los impulsos eléctricos y analizarlos como sensaciones sonoras, dado que es el área que recibe una entrada directa del núcleo geniculado medial del tálamo (Vargas, 2012).

La corteza auditiva secundaria se localiza en el área de Wernike, en la superficie lateral del lóbulo temporal izquierdo y envuelve a la corteza auditiva primaria. Su función es reconocer unidades mínimas del lenguaje en las sensaciones auditivas provenientes de la corteza auditiva primaria. Ello, gracias a un proceso de análisis-síntesis fonémico dependiente de conocimientos previos. En el segmento derecho de esta corteza son procesados los sonidos no verbales y los elementos suprasegmentales del lenguaje (Vargas, 2012).

Por último, la corteza auditiva terciaria, si bien no forma parte de la vía auditiva, utiliza información proveniente de la corteza auditiva secundaria para otorgar significado a las palabras, es decir, es la encargada de integrar toda la información hasta crear la experiencia global de la percepción sonora. Además, sustenta las capacidades representativas mentales que posibilitan el lenguaje como actividad simbólica. Está constituida por el córtex prefrontal, parietal inferior (giro supramarginal y pliegue curvo) y giro fusiforme de la corteza inferotemporal (Vargas, 2012).

3. Estimulación binaural

En 1780 Luigi Galvani, médico y físico italiano, descubrió el galvanismo, siendo a su vez el primero en descifrar la naturaleza eléctrica del impulso nervioso; esto al diseccionar una rana muerta. Al tocar el nervio ciático de una de las patas de la rana con un bisturí, observó el movimiento de esta (Renga, 2020).

Posteriormente en 1962, Bindman describió corrientes polarizantes cortas en la corteza cerebral de ratas, lo que creó cambios prolongados en la excitabilidad cortical. Décadas más tarde, Priori estudió estos efectos en humanos utilizando corrientes anódicas y catódicas débiles;

observó que las corrientes anódicas mejoraron el estado de alerta, el estado anímico y la actividad motora, mientras que la polarización catódica produjo quietud y apatía (Renga, 2020).

El cerebro humano está compuesto por células cerebrales llamadas neuronas, las que se comunican entre sí por impulsos eléctricos. Cada neurona envía una señal, produciendo una enorme cantidad de actividad eléctrica, la que se mide con equipos no invasivos como electroencefalografía (EEG) (Renga, 2020).

Para que la información se transfiera entre distintos grupos neuronales, ambos grupos deben ser excitables, lo que requiere el acoplamiento de oscilaciones entre grupos. Todo el proceso de envío y recepción produce una actividad eléctrica y a este conjunto de actividad se le llama patrón de onda cerebral debido a su naturaleza cíclica (Renga, 2020).

Por otro lado, existen estudios donde la corteza humana muestra oscilaciones en varias frecuencias durante la cognición (Zhang, 2019).

En estados de vigilia hay mayor actividad de ondas alfa, beta y gamma, mientras que en estados de sueño aumentan las ondas delta y theta (García, 2018). Considerando esto, la estimulación binaural puede influenciar el estado cerebral según la estimulación auditiva. Este tipo de estimulación es utilizado para provocar estados de relajación y concentración, estando relacionado a su vez con el manejo del dolor (García, 2018).

Los sonidos binaurales son sinusoidales, es decir, una curva que describe una oscilación repetitiva y suave con una intensidad constante en ambos oídos, pero con diferentes frecuencias de onda, las cuales se combinan y generan una tercera frecuencia. El sujeto percibirá la diferencia de ambas frecuencias (medidas en Hertz) de manera unificada (García, 2018). Se cree que estos tonos se originan subcorticalmente y son percibidos bilateralmente en el núcleo medial del complejo olivar superior, que es el primer núcleo en la vía auditiva. Este tercer tono se lateraliza entre el oído izquierdo y derecho del oyente, lo que hace que los sonidos binaurales sean útiles para la investigación del sonido espacial. También parecen modular el estado de ánimo, la percepción del dolor y el rendimiento cognitivo en las tareas de memoria (Orozco, 2020).



Figura 2. Integración binaural de dos tonos puros de 500 Hz y 510 Hz en un solo tono que será la diferencia de frecuencias entre ambos tonos, en este caso de 10 Hz.

*Adaptada de tesis doctoral **Efecto de la sincronización de las oscilaciones neuronales mediante los tonos binaurales en la memoria, atención, ansiedad y percepción del dolor (García, 2018).***

Ondas Alfa:

Las ondas alfa oscilan en un rango entre 7 - 14 Hz y son generadas principalmente en la corteza occipital (Ecsy, 2016). Estas ondas son detectables en estados de vigilia y conciencia plena, se asocian a estados de relajación e incluso aumentan en intensidad al momento de cerrar los ojos. Sin embargo, disminuyen en amplitud con la somnolencia y durante el inicio del sueño (García, 2018). Estas ondas participan en procesos de procesamiento cognitivo y control de información sensorial (García, 2018), así como también en procesos que involucran imaginación, creatividad y memorización (García, 2018). Es posible subdividir las ondas alfa en alfa 1 que oscilan entre 7,5 - 10 Hz y alfa 2 que oscilan entre 10 - 12,5 Hz (Ecsy, 2016).

Ondas Beta:

Se localizan en la capa granular del cerebro y son las ondas con la más alta frecuencia; fluctúan entre 13 - 30Hz. En la región frontocentral las ondas beta tienden a tener una frecuencia que oscila entre los 20 - 30 Hz; mientras más alta sea la frecuencia, mayor será el requerimiento metabólico del cerebro (García, 2018).

Se asocia que la actividad beta producida de manera natural por el cerebro proporciona una mejora en la estabilidad emocional, con mayores niveles de energía, así como en la atención y concentración. A su vez, actúan como vínculo funcional entre diferentes zonas cerebrales como la premotora, somatosensorial, motora suplementaria y el cerebro (García, 2018).

Pueden variar a lo largo de la vida, se estima que en adultos la cantidad de ondas beta son mayores que en los niños. Muchas personas carecen de suficiente actividad beta, lo cual se relaciona con trastornos mentales o emocionales, como depresión, déficit de atención e hiperactividad e incluso Parkinson (García, 2018).

Ondas Delta:

Son lentas, de alta amplitud. Su frecuencia de oscilación va entre 0.5 - 4Hz. Son activas mientras dormimos, en la fase 3 del sueño (García, 2018).

Ondas Gamma:

Activas en el procesamiento gramatical de categorías de palabras. Su frecuencia va de 30 a 100Hz (García, 2018).

Ondas Theta:

Estimulación auditiva comprendida entre 4 - 7 Hz que se asocia a estados emocionales positivos, de meditación, disminución del estado de alerta y disminución del dolor percibido en pacientes con dolor crónico. Además, la actividad cortical está relacionada con la concentración, la atención enfocada y un estado meditativo general. Se recurrió a esta frecuencia de onda para promover en el participante un estado de relajación (Orozco, 2020).

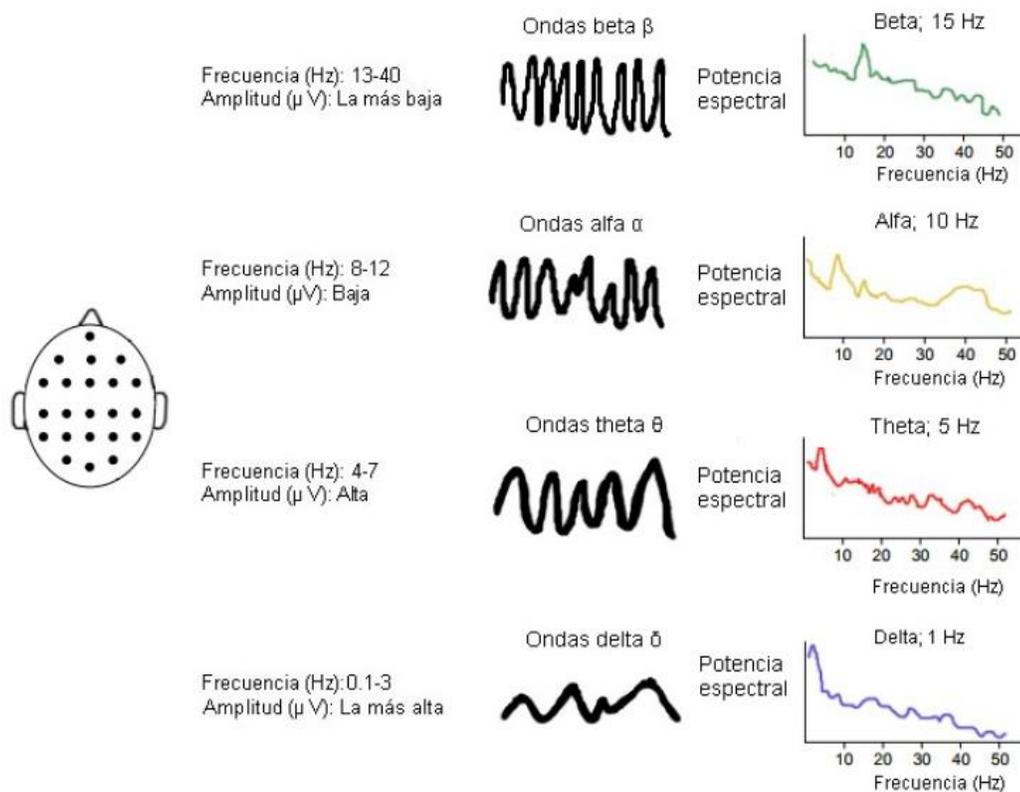


Figura 3. Tipo de oscilaciones. Adaptada de **Efecto de la sincronización de las oscilaciones neuronales mediante los tonos binaurales en la memoria, atención, ansiedad y percepción del dolor (García, 2018)**.

En el Reino Unido, se llevó a cabo un estudio enfocado en la estimulación binaural con ondas alfa y su efecto sobre la percepción del dolor, trabajando con tres frecuencias dentro del rango de ondas alfa y una frecuencia de control (Ecsy, 2016). Con este fin los participantes fueron divididos en dos grupos: uno de estimulación visual mediante el uso de lámparas LED y otro de estimulación auditiva con terapia binaural de ondas alfa. En ambos casos las sesiones fueron de 10 minutos. Después de cada sesión, se registraron datos sobre los niveles de somnolencia, ansiedad y estados anímicos negativos de los participantes. Dentro de los resultados obtenidos se observó una reducción significativa de los niveles de dolor en ambos grupos asociado a las tres frecuencias utilizadas (Ecsy, 2016).

Según las conclusiones de este estudio, períodos cortos de estimulación binaural con ondas alfa, ya sea como estímulo visual o auditivo, tienen un efecto analgésico en casos de dolor agudo (Ecsy, 2016).

En Chile se realizó un estudio controlado aleatorizado, donde se reclutaron 36 pacientes del Hospital San Juan de Dios que tenían fracturas nasales desplazadas, que se debían reducir. Fueron clasificados en un grupo de control, compuesto por 19 pacientes y otro que fue sometido a musicoterapia, compuesto por 17 pacientes. Las ondas fueron aplicadas pre, intra y post procedimiento. En ambos grupos se realizó la reducción cerrada y protocolizada de las fracturas nasales con anestesia local, midiendo la presión arterial y frecuencia cardíaca, encuesta de ansiedad y escala visual análoga (EVA) (Ortega, 2018).

Se observó que el grupo bajo musicoterapia presentó niveles significativamente más bajos de presión arterial sistólica, ansiedad y dolor que el grupo control. Por lo que se concluyó que esta terapia alternativa parece ayudar en el manejo del dolor y ansiedad asociados a procedimientos que generalmente son incómodos. Actuando en una dimensión emocional-afectiva a nivel central. Dada su seguridad, factibilidad y bajo costo, la musicoterapia puede considerarse un tratamiento complementario, así como para otros procedimientos médicos de niveles de dolor similares realizados sin anestesia general (Ortega, 2018).

En Odontología uno de los principales motivos de consulta de los pacientes es el dolor, el que se maneja en su mayoría a través de la administración de fármacos como analgésicos o AINE.

En las últimas décadas, en medicina, se han implementado terapias alternativas, como la estimulación binaural, de manera coadyuvante, evitando de esta forma el excesivo uso de fármacos pre o post tratamiento, ya sea para manejar la ansiedad, depresión, dolor crónico o para disminuir la percepción del dolor durante la reducción de fracturas nasales, según un estudio realizado en Chile (Ortega, 2018). Sin embargo, en el área odontológica no existen estudios sobre cómo la estimulación binaural puede reducir la percepción del dolor frente a patologías dolorosas como la pulpitis irreversible sintomática.

Es preciso levantar información cuantitativa respecto a este tipo de terapia alternativa, dado que en la actualidad no existen investigaciones respecto a esta práctica. Es por esto que resulta relevante visibilizar esta práctica, analizar este tipo de terapias alternativas y sentar las bases para que abra el camino a otras modalidades y territorios de atención.

III. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Qué efecto tiene la terapia binaural sobre la modulación del dolor en pacientes con pulpitis irreversible sintomática, atendidos por docente asistencial en la clínica odontológica de la Universidad Viña del Mar, entre febrero y marzo de 2020?

IV. OBJETIVOS

1. General

- Determinar el efecto de la estimulación binaural en la modulación del dolor en pacientes con pulpitis irreversible sintomática, atendidos en la clínica odontológica de la Universidad Viña del Mar, entre febrero y marzo de 2020.

2. Específicos

- Evaluar el efecto de las ondas alfa en la modulación del dolor en pacientes con pulpitis irreversible sintomática.
- Evaluar el efecto de las ondas theta en la modulación del dolor en pacientes con pulpitis irreversible sintomática.
- Comparar los efectos de ondas alfa y theta en la modulación del dolor en pacientes con pulpitis irreversible sintomática.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Tipo de estudio o investigación

Estudio descriptivo experimental cuantitativo transversal.

2. Sujetos del estudio

2.1. Universo: Todo paciente atendido en clínica odontológica de Universidad Viña del Mar.

2.2. Tamaño: No se utilizó fórmula para determinar el tamaño de la muestra.

La muestra corresponde a 40 pacientes divididos en 4 grupos de 10 pacientes cada uno. El grupo control (-): no son estimulados auditivamente; grupo control (+): estimulados con sonido ambiental de bosque; grupo alfa: estimulación con ondas alfa camufladas con sonido ambiental de bosque; grupo theta: estimulados con ondas theta camufladas con sonido ambiental de bosque.

2.3. Selección de la muestra: Se establece un muestreo no probabilístico por conveniencia.

3. Criterios de inclusión /exclusión

3.1. Criterios de inclusión

- Pacientes diagnosticados con pulpitis irreversible sintomática a cámara cerrada en cualquier diente.
- No estar bajo tratamiento farmacológico con antidepresivos, ansiolíticos o anticonvulsivantes.
- Pacientes ASA I y ASA II.

3.2. Criterios de exclusión

- Pacientes con discapacidad auditiva
- Mujeres embarazadas

- Pacientes ASA III y ASA IV.

4. Definición de variables

Variable demográfica	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Unidad de medida
Sexo	Conjunto de características biológicas que define al humano como femenino o masculino.	Categorización visual entre presencia de hombre o mujer.	Cualitativa nominal	1. F 2. M

Variables subjetivas	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Unidad de medida
Intensidad del dolor	Escala visual análoga consiste en una línea de 10 cm., donde 0 cm. significa no dolor y 10 cm. significa dolor severo, en la que el paciente pone una marca para indicar la intensidad del dolor a lo largo de la línea. De 0 a 3 el dolor es leve, de 4 a 7 es moderado y de 8 a 10 el dolor es	Registro de la percepción del dolor en escala milimetrada, con valores que van del 1 al 10.	Cualitativa ordinal	Escala EVA (Anexo 1) 1: Sin dolor 10: Dolor insoportable

	<p>severo (Kliger, 2015).</p> <p>Escala categórica verbal utiliza adjetivos para describir la intensidad del dolor, el paciente elige aquel que se ajusta al nivel de dolor percibido. Se utiliza un rango de descriptores, pueden ser desde cuatro (sin dolor, leve, moderado a severo) hasta quince (Karcioglu, 2018).</p>	<p>Registro de la percepción del dolor en una escala descriptiva donde se definen dos extremos “sin dolor” y “dolor insoportable”. Existe una asociación con los valores numéricos de la escala EVA.</p>	<p>Cualitativa ordinal</p>	<p>Escala ECV (Anexo 1)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sin dolor 2. Leve 3. Moderado 4. Dolor insoportable
--	--	--	----------------------------	---

Variable objetiva	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Unidad de medida
Presión arterial	<p>Fuerza ejercida por la sangre al empujar contra las paredes arteriales. La sistólica se mide cuando el corazón late y bombea</p>	<p>Registro de la presión arterial sistólica y diastólica del paciente antes, durante la punción anestésica,</p>	<p>Cuantativa ordinal</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistólica mmHg 2. Diastólica mmHg

	sangre. La diastólica se mide cuando el corazón está en reposo. (Medlineplus, 2019).	durante acceso cameral y después del tratamiento		
Frecuencia cardiaca	La Variabilidad de la Frecuencia Cardiaca (VFC), es la variación de la frecuencia del latido cardíaco durante un intervalo de tiempo definido, nunca superior a 24 horas en un análisis de períodos circadianos consecutivos. (Amat Macías, 2015).	Registro de frecuencia cardiaca del paciente, con un esfigomanómetro antes, durante la punción anestésica, durante acceso cameral y después del tratamiento.	Cuantitativa ordinal	Latidos por minuto (LPM)

5. Calibración

No se realizó

6. Recolección de datos

6.1. Lugar físico a realizar la investigación: clínica odontológica Universidad Viña del Mar.

6.2. Instrumentos

- Esfigomanómetro
 - Medición de presión arterial y pulso.

- Audífonos inalámbricos (Marca Fiddler FD-B68B)
- Programa (Audacity Versión 2.1.3)
- Encuestas utilizadas:
 - Escala Visual Análoga (EVA) o Visual Analogue Scale (VAS), según sus siglas en inglés
 - Escala Categórica Verbal (ECV) o Verbal Rating Scale (VRS), según sus siglas en inglés

6.3. Tiempo de recolección: enero de 2020.

6.4. Reclutamiento de pacientes

- Los pacientes reclutados fueron aquellos que asistieron de forma espontánea a la clínica odontológica de la Universidad de Viña del Mar. Cada individuo fue sometido a pruebas de vitalidad pulpar realizadas por un especialista, quien diagnosticó pulpitis irreversible sintomática con cavidad cerrada. Se le solicitó a cada paciente que completaran el consentimiento informado.
- A cada paciente se le asigna de forma aleatoria un grupo experimental (mediante programa Excel). Una vez asignado el grupo, se inicia la estimulación auditiva según corresponda, mediante el programa Audacity (versión 2.1.3). Estas ondas tienen una diferencia de 5 y 10 Hz. Los pacientes escucharon estos sonidos por 15 minutos antes del tratamiento, durante y 15 minutos después de finalizar la sesión.
- Se registra mediante escala EVA la percepción de dolor por parte del paciente en 4 etapas: 15 minutos previos a la atención, al momento de la punción anestésica, durante el acceso cameral y 15 minutos posterior al término del tratamiento. A su vez, en dichas etapas se registran los valores de presión arterial sistólica, diastólica y frecuencia cardíaca.

7. Consideraciones éticas

El paciente se encuentra en conocimiento del tratamiento al cual se va a someter, y sabe que puede abandonar el tratamiento en el momento que lo desee. Todos los pacientes, previo a la apertura endodóntica son infiltrados con anestesia de acuerdo con el requerimiento de cada diente.

Jamás se revelará la identidad de los participantes, los datos recopilados permanecerán almacenados en planillas de datos en el ordenador del experimentador principal.

Se envía carta a Comité de Ética el día 2 de septiembre de 2019, aceptada el 28 de enero de 2020. (Anexo 2).

8. Análisis estadístico

Realizado mediante técnicas estadísticas, proporcionado por un análisis descriptivo de datos basados en la recolección de datos en base a encuestas previas y posteriores al tratamiento.

Se analizará en una primera instancia la distribución de datos para determinar normalidad según Pearson, luego se aplicará el test de ANOVA de dos vías y posteriormente el test Tukey. Se utilizarán los siguientes valores de significancia: * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$ y *** $p \leq 0,001$.

VI. RESULTADOS OBTENIDOS

Inicialmente la percepción del dolor en los cuatro grupos de estudio se encontró en rangos similares. Esto medido tanto con un parámetro subjetivo escala visual análoga (EVA), en promedios de 71-77 milímetros (mm) +/- desviación estándar (DS), como parámetros objetivos en promedios de presión arterial sistólica (PAS) 104-115 milímetros de mercurio (mmHg) error estándar de la media (SEM), presión arterial diastólica (PAD) 66-68 mmHg SEM y frecuencia cardiaca (FC) 70-73 latidos por minuto (lpm) SEM, lo que indicó que la patología presente fue equivalente entre ellos.

I. Parámetro subjetivo

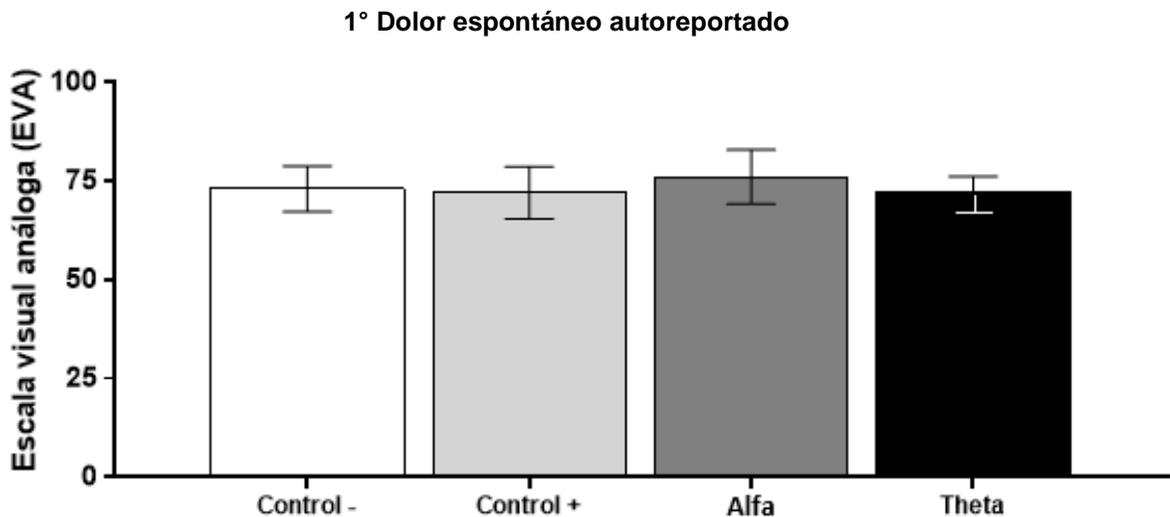


Gráfico 1. Representación de la percepción de dolor asociado a pulpitis irreversible sintomática reportado por los pacientes antes de iniciar el tratamiento. Escala visual análoga (EVA) de 0 a 100 en milímetros (mm). El promedio de los grupos en esta etapa fue de 71-77 mm +/- DS. I representa la desviación estándar.

En la imagen se observa el grado de percepción del dolor autoreportado, asociado a pulpitis irreversible sintomática antes de iniciar el tratamiento, consignado en la Escala Visual Análoga (EVA), con valores del 0 al 100 mm. Se observó que los niveles de dolor reportados por los cuatro grupos fueron similares: promedio de 71-77 mm +/- DS.

2° Percepción de dolor al momento de la inyección

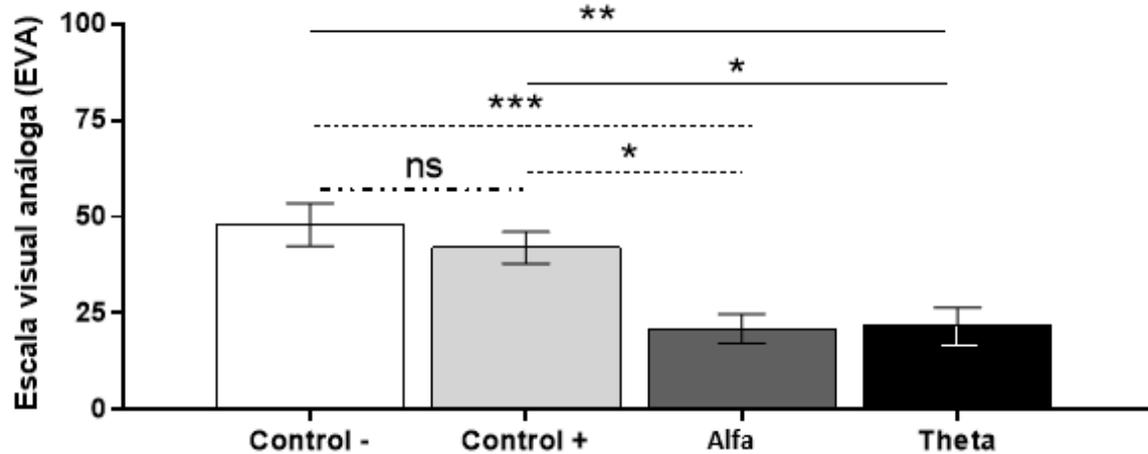


Gráfico 2. Representación de la percepción de dolor al momento de la inyección de anestesia, posterior a 15 minutos de estimulación auditiva en los grupos control (+), alfa y theta. Escala visual análoga (EVA) de 0 a 100 en milímetros (mm). El promedio en esta etapa fue de 20-48 mm +/- DS. ns; no significativo; * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$; I desviación estándar.

Se observó que el grupo control (-) experimentó la mayor percepción de dolor al momento de la inyección (48 mm +/- DS como promedio en escala EVA), mientras que el grupo control (+) tuvo una leve disminución en la percepción del dolor (46 mm +/- DS), pero esta no fue estadísticamente significativa en comparación al control (-).

Los pacientes del grupo alfa presentaron una diferencia significativa en la percepción del dolor con un valor promedio de 21 mm +/- DS con respecto al control (-) ($p \leq 0,001$) y al control (+) ($p \leq 0,05$); al igual que el grupo theta, que presentó un valor promedio de 23 mm +/- DS, y una diferencia significativa con el control (-) ($p \leq 0,01$) y control (+) ($p \leq 0,05$).

Estos resultados muestran que los pacientes que escucharon ondas alfa o theta 15 minutos previo a la infiltración anestésica presentaron una disminución en la percepción de dolor a la punción con relación a quienes no las escucharon.

3° Percepción de dolor al realizar la cavidad de acceso

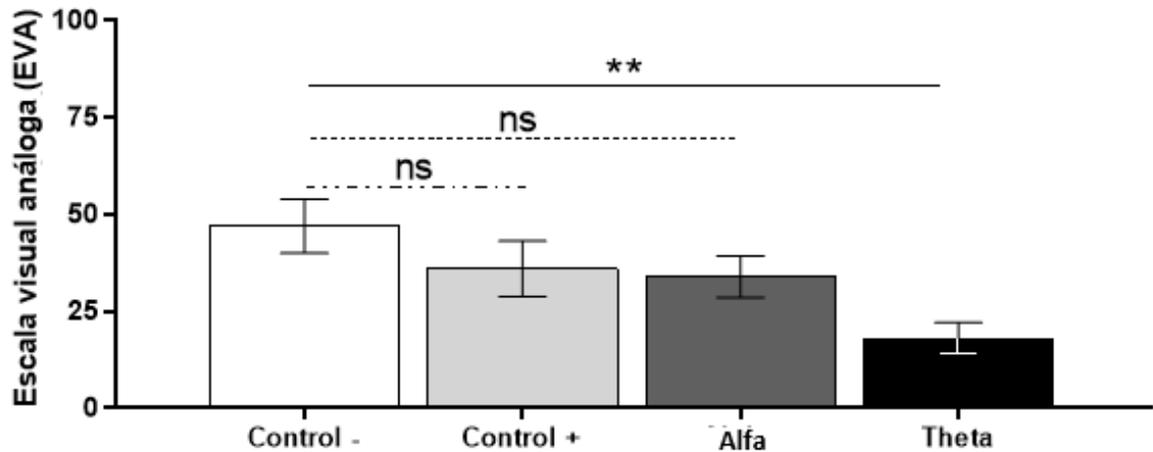


Gráfico 3. Representación de la percepción del dolor al momento de realizar la cavidad de acceso endodóntica, donde se mantiene la estimulación auditiva en los grupos control (+), alfa y theta. Escala visual análoga (EVA) de 0 a 100 en milímetros (mm). El promedio en esta etapa fue de 23-59 mm +/- DS. ns: no significativo; ** $p \leq 0,01$; I desviación estándar.

Al realizar la cavidad de acceso, tanto el grupo theta con el control (+) disminuyeron sus valores de percepción dolorosa en relación con la infiltración anestésica, sin presentar diferencias significativas.

Se observó una diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0,01$) de la onda theta respecto al grupo control (-) en la disminución de la percepción del dolor. El grupo alfa, si bien presentó una percepción del dolor menor a los grupos de control, no fue estadísticamente significativa. Se registró una equiparación entre el grupo alfa (promedio 73 mm +/- DS) y el control (+) (promedio 75 mm +/-DS).

Estos resultados muestran que los pacientes que escucharon ondas theta durante el acceso a la cavidad presentaron una disminución en la percepción de dolor causado por el acceso endodóntico con relación a quienes no las escucharon.

4° Percepción de dolor 15' postratamiento

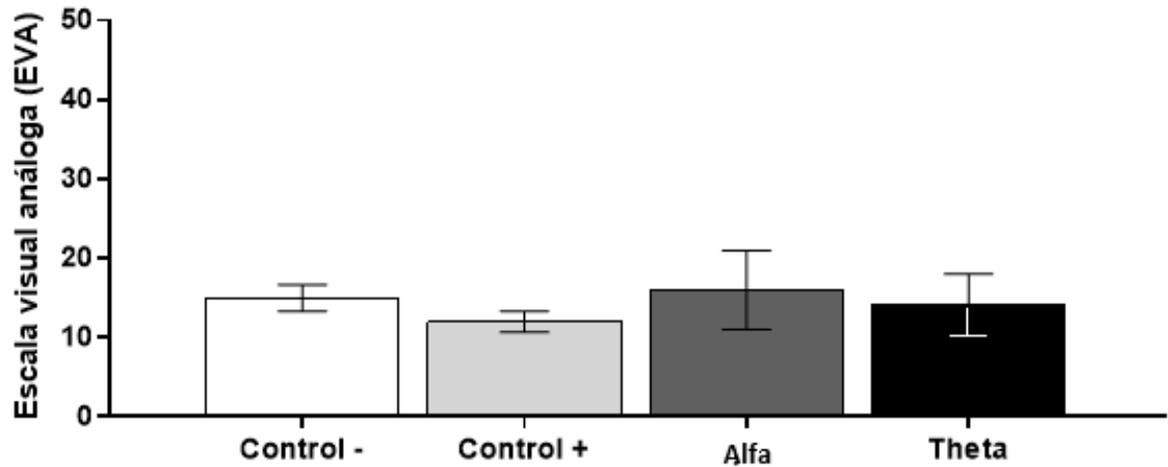


Gráfico 4. Representación de percepción del dolor 15 minutos posteriores al tratamiento; los grupos control (+), alfa y theta, ya no se encuentran bajo estimulación auditiva. Se observó una percepción del dolor baja en los cuatro grupos experimentales. Escala visual análoga (EVA) de 0 a 50 en milímetros (mm). El promedio en esta etapa es de 13-17 mm +/- DS. I desviación estándar.

Se observó que 15 minutos posteriores al término de todas las etapas del tratamiento, cuando los pacientes dejaron de ser estimulados auditivamente con los sonidos correspondientes a cada grupo, la percepción del dolor en los cuatro fue baja. (Promedio 13-17 mm +/- DS en la escala EVA).

Estos resultados muestran que luego del tratamiento todos los grupos presentaron una baja en la percepción del dolor.

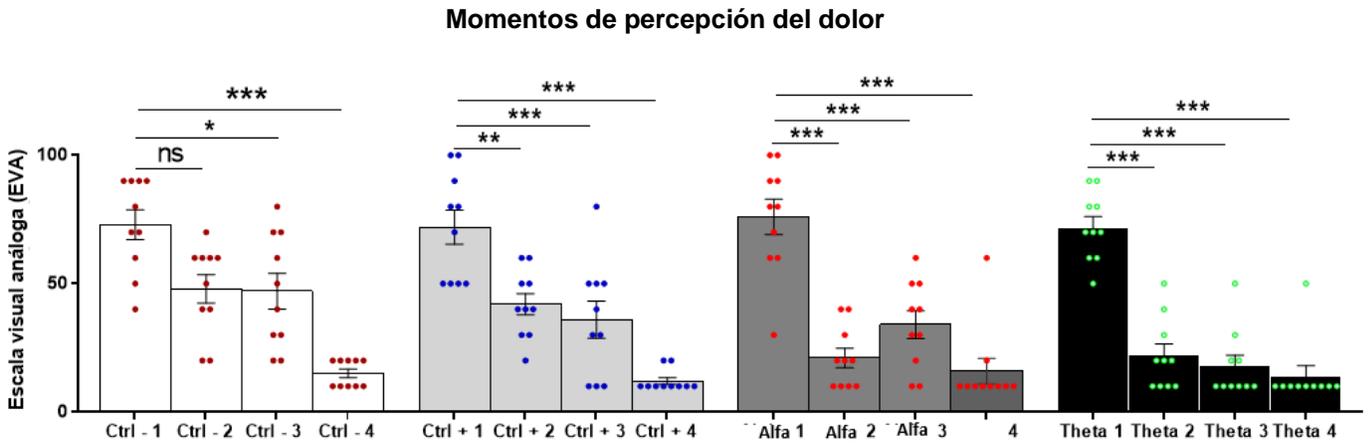


Gráfico 5. Comparación de los niveles de percepción de dolor de los cuatro grupos de pacientes según las etapas de tratamiento. En todos los grupos se observó una disminución de la percepción del dolor en comparación al dolor inicial. La distribución de pacientes por grupo está representada por puntos de colores. Ctrl-: control (-); Ctrl +: control (+); ns: no significativo; * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$, I desviación estándar.

En el gráfico se observa una comparación de los niveles de percepción de dolor en el tiempo entre los cuatro grupos de pacientes según las etapas del tratamiento denominadas como 1: dolor espontáneo reportado, 2: inyección anestésica, 3: cavidad de acceso y 4: 15 minutos posteriores al tratamiento.

Ambos controles presentaron una disminución de la percepción paulatina del dolor. El control (-) no presentó diferencias estadísticamente significativas en la percepción del dolor entre la etapa 1 y 2 (promedio 74 mm +/- SEM y 48 mm +/- SEM, respectivamente), pero sí entre la etapa 1 con las etapas 3 ($p \leq 0,05$) y 4 ($p \leq 0,001$). Por otro lado, en el grupo control (+) la diferencia entre el dolor inicial y la etapa 2 fue significativa ($p \leq 0,01$), al igual que entre la etapa 1 con las etapas 3 y 4 ($p \leq 0,001$).

En el grupo alfa, la diferencia entre la etapa 1 (promedio 77 mm +/- SEM) y las demás (etapa 2: promedio 26 mm +/- SEM; etapa 3: promedio 29 mm +/- SEM; etapa 4: promedio 12 mm +/- SEM) fue estadísticamente significativa ($p \leq 0,001$). Hubo una disminución importante de la percepción del dolor si se compara con el grupo control (-) (etapa 1: 74 mm +/- SEM; etapa 2: 48 mm +/- SEM; etapa 3: 47 mm +/- SEM; etapa 4: 13 mm +/- SEM) y el grupo control (+) (etapa 1: 47 mm +/- SEM; etapa 2: 74 mm +/- SEM; etapa 3: 48 mm +/- SEM; etapa 4: 9 mm +/- SEM),

pero menor que la disminución en la percepción de dolor observable en el grupo theta (etapa 1: 70 mm +/- SEM; etapa 2: 24 mm +/- SEM; etapa 3: 14 mm +/- SEM; etapa 4: 10 mm +/- SEM).

En el grupo theta, la diferencia entre la etapa 1 y las demás fue estadísticamente significativa ($p \leq 0,001$). De los dos grupos sometidos a estimulación binaural, las leves variaciones que se vieron en el grupo alfa en comparación con el grupo theta, sobre todo en la etapa 3, se puede deber a que algunos de los pacientes en el grupo alfa reportaron niveles de dolor más elevados en esta etapa, lo que influyó sobre el promedio final, en comparación a los pacientes del grupo theta que en su mayoría reportaron niveles de dolor similares.

En todos los grupos estudiados hubo una disminución de la percepción del dolor en comparación al nivel de dolor inicial reportado por los pacientes, sin embargo, al comparar los grupos de los pacientes que fueron sometidos a estimulación binaural con ondas alfa y theta, se observó una disminución más notoria que en el grupo de control (-), donde no se utilizó ningún tipo de estimulación, y en el grupo de control (+) donde se mantuvo la estimulación auditiva con sonido ambiental del bosque pero sin ondas alfa o theta.

II. Parámetros objetivos

Presión arterial sistólica

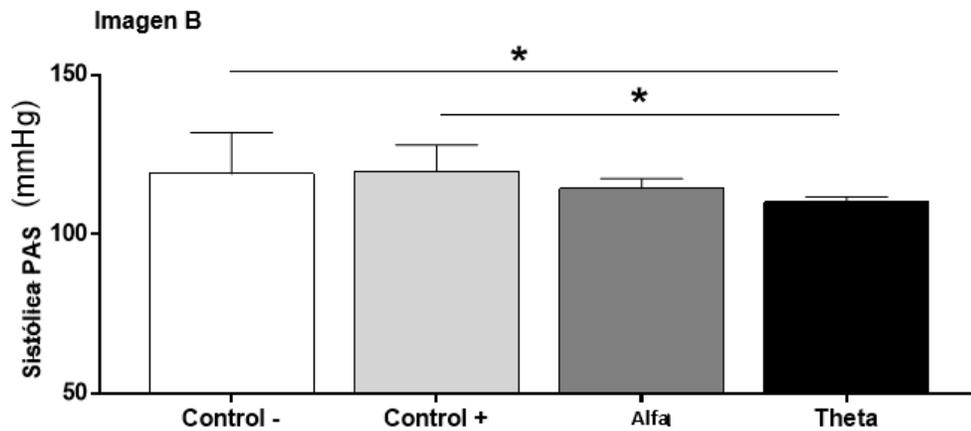
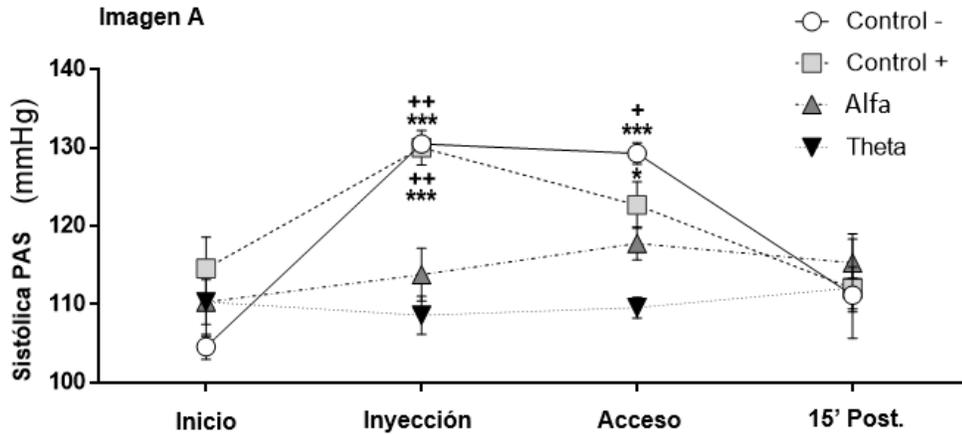


Gráfico 6. Imagen A. Representación del rango de presión arterial sistólica (PAS) durante las fases del tratamiento de pulpitis irreversible sintomática. En el eje Y se encuentra la presión arterial sistólica (PAS). Significancia con alfa está representado con +, con respecto a grupo control (-) y control (+). Significancia con theta está representado con *, con respecto a grupo control (-) y control (+). Imagen B. Representación del promedio de presión arterial sistólica por grupo en todas las etapas del tratamiento. * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$; I desviación estándar; T error estándar de la media.

Al momento de la inyección aumentó la presión arterial sistólica (PAS) en el grupo control (-) (promedio 132 mmHg +/- SEM) y control (+) (promedio 131 mmHg +/- SEM), no así en los grupos alfa (promedio 123 mmHg +/- SEM) y theta (promedio 118 mmHg +/- SEM), en los que se mantuvo baja en comparación con ambos controles. El grupo theta presentó una diferencia estadísticamente significativa en la PAS con el control (-) y (+) ($p < 0,001$), al igual que alfa con control (-) y (+) ($p < 0,01$), lo que se traduce a que es más significativa la diferencia de theta que de alfa (Gráfico 6, Imagen A).

Al momento de realizar la cavidad de acceso se observó un ligero aumento de la PAS en el grupo alfa [promedio 127 mmHg +/- error estándar de la media (SEM)], no así en el grupo theta (promedio 111 mmHg +/- SEM), que se mantuvo bajo en comparación con el grupo control (-) (promedio 112 mmHg +/- SEM) y control (+) (promedio 113 mmHg +/- SEM). En este momento (etapa 3) del tratamiento la diferencia de alfa y theta con el control (-) sigue siendo significativa ($p \leq 0,05$; $p \leq 0,001$; respectivamente). Mientras que solo el grupo theta presentó una diferencia significativa con el grupo control (+) ($p \leq 0,05$) (Gráfico 6, Imagen A).

Estos resultados muestran que el grupo theta presentó de manera global una diferencia significativa (promedio 110 mmHg +/- DS) ($p \leq 0,05$) en la presión sistólica en relación con los grupos control (-) (promedio 120 mmHg +/- DS) y control (+) (promedio 121 mmHg +/- DS) (Gráfico 6, Imagen B).

Presión arterial diastólica

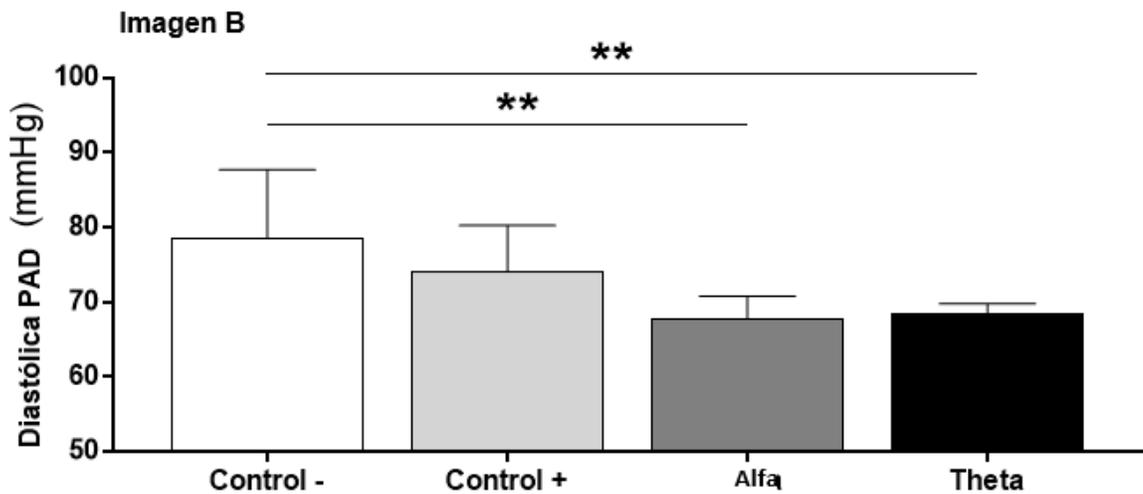
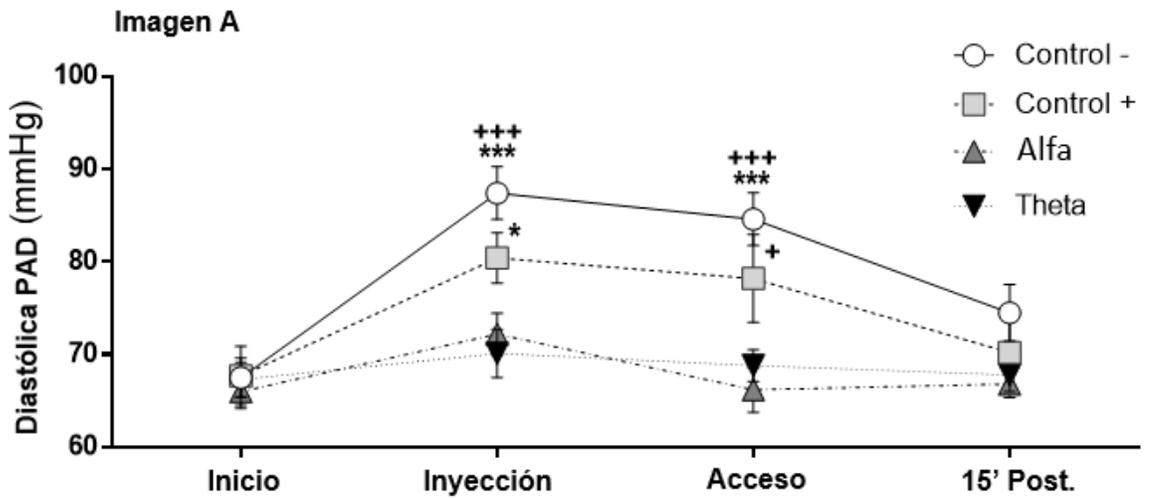


Gráfico 7. Imagen A. Representación del rango de presión arterial diastólica (PAD) durante las fases del tratamiento de pulpitis irreversible sintomática. En el eje Y se encuentra la presión arterial diastólica (PAD). Significancia con alfa está representado con +, con respecto a control (-) y (+). Significancia con theta está representado con *, con respecto a control (-) y (+). Imagen B. Corresponde al parámetro objetivo de PAD registrado en todas las etapas, distribuido por grupos. * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$; I desviación estándar; T error estándar de la media.

Al momento de la inyección se registró una diferencia de la presión arterial diastólica (PAD) estadísticamente significativa ($p \leq 0,001$), entre los grupos alfa (promedio 71 mmHg +/- SEM) y theta (promedio 73 mmHg +/- SEM) con el grupo control (-) (promedio 87mmHg +/- SEM), y diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) entre el grupo theta con el grupo control (+) (promedio 81 mmHg +/- SEM). Mientras que al realizar la cavidad de acceso endodóntica se registró una diferencia significativa ($p \leq 0,001$), entre los grupos alfa (promedio 66 mmHg +/- SEM) y theta (promedio 69 mmHg +/- SEM) con el grupo control (-) (promedio 85mmHg +/-) y también entre el grupo alfa con el grupo control (+) (promedio 79 mmHg +/- SEM) ($p \leq 0,05$). Finalmente, en el control posterior al tratamiento, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de control y los que escuchan onda alfa y theta (Gráfico 7, Imagen A).

Estos resultados muestran de manera global que hubo una diferencia significativa en la PAD entre los grupos alfa y theta (promedio 68 mmHg +/- DS; promedio 69 mmHg +/- DS, respectivamente) con relación al control (-) (promedio 78 mmHg +/- DS) ($p \leq 0,01$) (Gráfico 7, Imagen B).

Frecuencia cardiaca

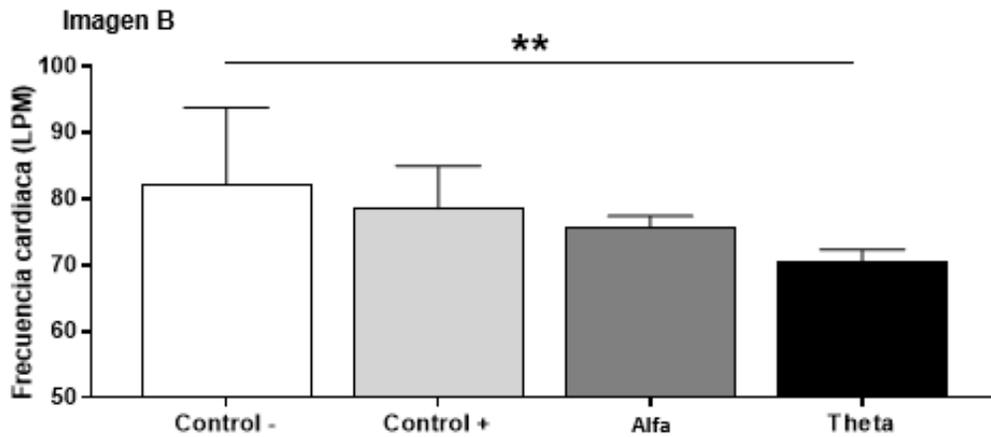
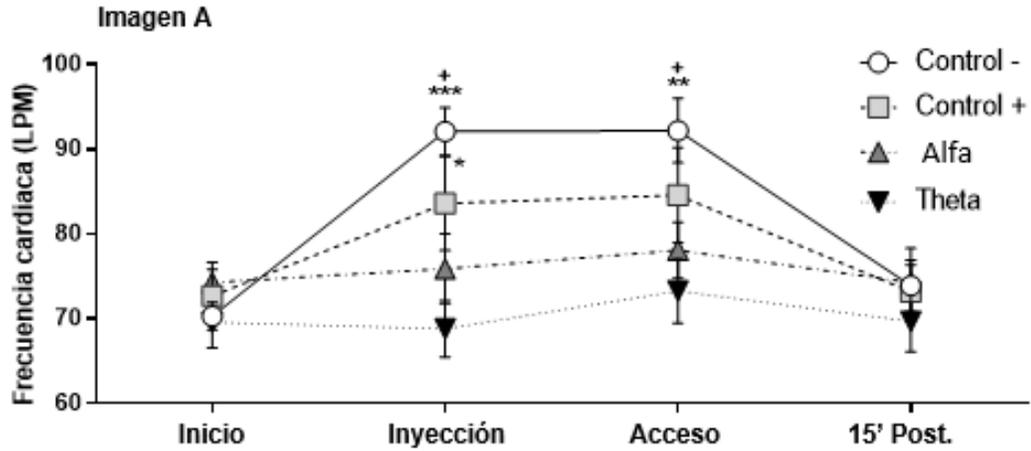


Gráfico 8. Imagen A. Representación del ritmo cardiaco medido en los pacientes en cada una de las etapas evaluadas. En el eje Y se encuentra la frecuencia cardiaca (FC). Significancia con alfa está representado con +. Con respecto a control (-) y (+). Significancia con theta está representado con *. Con respecto a control (-) y (+). Imagen B. Corresponde al ritmo cardiaco registrado en todas las etapas, distribuido por grupos. * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$; I desviación estándar; T error estándar de la media.

Cuando se realizó la infiltración anestésica, los grupos control (-) (promedio 92 lpm +/- SEM) y control (+) (promedio 84 lpm +/- SEM) sufren un aumento en su frecuencia. En los grupos alfa (promedio 75 lpm +/- SEM) y theta (promedio 69 lpm +/- SEM) la diferencia de frecuencia cardiaca con el control (-) fue significativa ($p \leq 0,05$ y $p \leq 0,001$, respectivamente). Además, el grupo theta tuvo una diferencia significativa con el grupo (+) ($p \leq 0,05$) (Gráfico 8, Imagen A).

Cuando se realizó la cavidad de acceso, en los grupos alfa (promedio 78 lpm +/- SEM) y theta (promedio 74 lpm +/- SEM) se registró una diferencia significativa con relación al grupo (-) (promedio 92 lpm +/- SEM) ($p \leq 0,05$ y $p \leq 0,01$, respectivamente) (Gráfico 8, Imagen A).

Estos resultados muestran de manera global que el grupo theta (promedio 71 lpm +/- DS) tuvo una diferencia significativa ($p \leq 0,01$) con el grupo control (-) (promedio 83 lpm +/- DS) (Gráfico 8, Imagen B).

Al finalizar el tratamiento, los parámetros subjetivos y objetivos por grupo tuvieron valores similares. El parámetro subjetivo medido tuvo un promedio de 13-17mm +/- DS en escala EVA, lo que se traduce en una disminución de la sensación dolorosa; y los parámetros objetivos se encontraron en promedios de PAS de 112-117 mmHg +/- SEM, PAD 77-86 mmHg +/- SEM y FC 71-75 lpm +/- SEM.

III. Parámetros subjetivos separados por sexo

Separar a los pacientes de cada grupo de estudio por sexo, siendo estos control (+), control (-), alfa y theta, permite evaluar si existen diferencias en la percepción del dolor entre hombres y mujeres, así como también, evaluar la efectividad de la estimulación binaural sobre la percepción del dolor entre ambos sexos. Estas mediciones se realizan con un parámetro subjetivo determinado en la escala categórica verbal (ECV) y evaluado durante cada etapa del tratamiento.

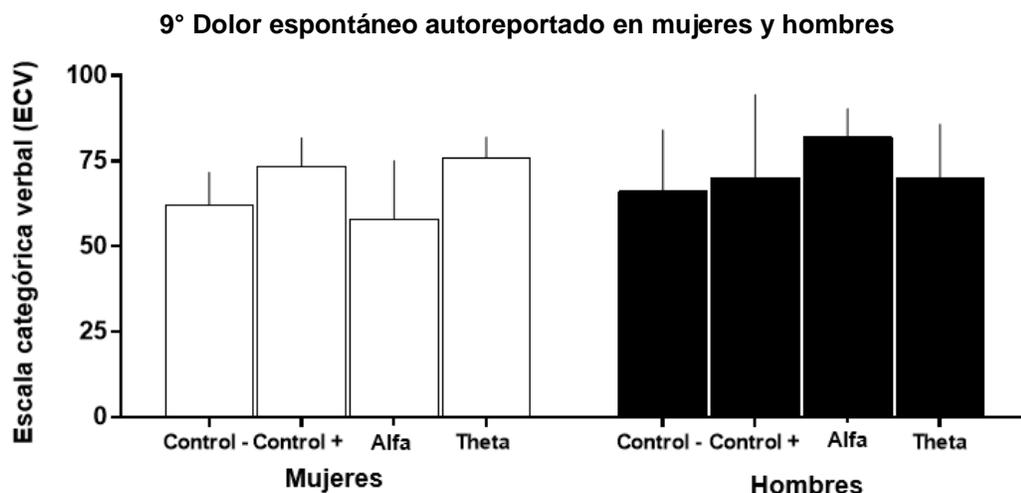


Gráfico 9. Representación de la percepción de dolor asociado a *pulpitis irreversible sintomática* reportado por los pacientes de cada grupo, separados por sexo, antes de iniciar el tratamiento. Escala categórica verbal (ECV) de 0 a 100 en milímetros (mm). El promedio de las mujeres en esta etapa fue 54-75 mm +/- SEM y el promedio de los hombres fue de 65-82 mm +/- SEM. El error estándar de la media

En el gráfico se observa el grado de percepción del dolor autoreportado por hombres y mujeres en cada grupo de estudio, asociado a *pulpitis irreversible sintomática* antes de iniciar el tratamiento, consignado en la escala categórica verbal (ECV) con valores del 0 a 100 mm. Se observó que los niveles de dolor iniciales reportados por los hombres (promedio 65-82 mm +/- SEM) fueron mayores que los reportados por las mujeres (54-75 mm +/- SEM).

Dentro de los grupos de estudio de las mujeres, en el grupo theta (75 mm +/- SEM) se reportó el nivel de dolor más alto y en el grupo alfa el más bajo (54 mm +/- SEM). En los hombres el grupo control (-) reportó los niveles de dolor más bajos (65 mm +/- SEM) y grupo alfa los más altos (82 mm +/- SEM).

Comparando la totalidad de los grupos de ambos sexos, se observó que las mujeres del grupo alfa (54 mm +/- SEM) reportaron el nivel de dolor inicial más bajo, mientras que los hombres del grupo alfa (82 mm +/- SEM) reportaron el más alto de todos los grupos, lo cual podría sugerir que una misma onda puede no tener los mismos efectos en hombres y mujeres con respecto a la percepción de dolor.

10° Percepción de dolor al momento de la inyección en mujeres y hombres

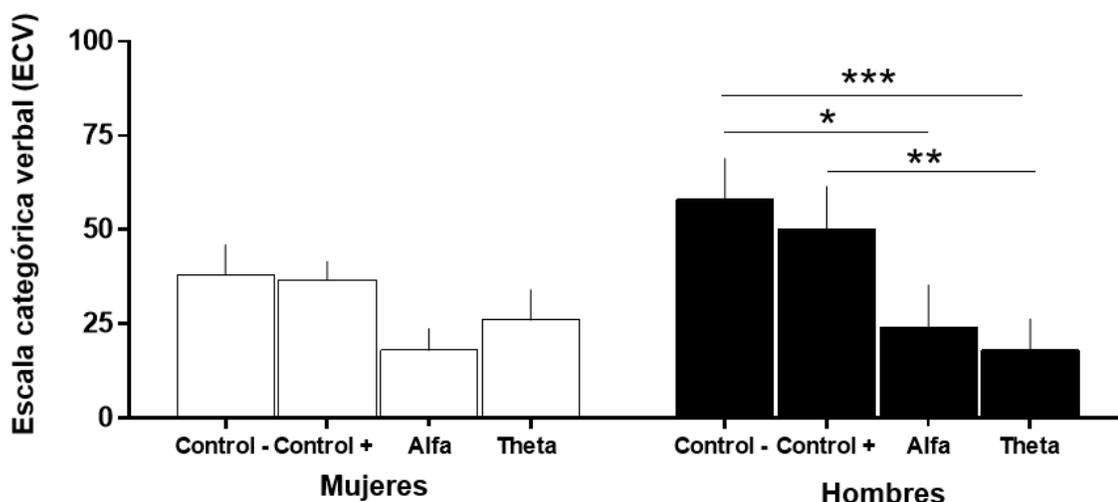


Gráfico 10. Representación de la percepción de dolor al momento de la inyección de anestesia, posterior a 15 minutos de estimulación auditiva en los grupos control (+), alfa y theta. Pacientes de cada grupo separados por sexo. Escala categórica verbal (ECV) de 0 a 100 en milímetros (mm). El promedio de las mujeres en esta etapa fue 18-38 mm +/- SEM y el promedio de los hombres fue 18-58 mm +/- SEM. * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$; I error estándar de la media.

Se observó que, en promedio, los hombres (18-58 mm +/- SEM) experimentaron más dolor que las mujeres (18-38 mm +/- SEM) al momento de la inyección.

Tanto en mujeres como hombres el grupo control (-) (38 mm +/- SEM y 58 mm +/- SEM respectivamente) experimentó mayor percepción del dolor al momento de la inyección, en comparación con los grupos control (+), alfa y theta que fueron sometidos a estimulación auditiva y reportaron menor percepción de dolor en general.

Las mujeres del grupo alfa (18 mm +/- SEM) y theta (26 mm +/- SEM) reportaron menos dolor que las del grupo control (+) (36 mm +/- SEM), siendo las ondas alfa más efectivas que las ondas theta en esta etapa.

En el caso de los hombres, se observan diferencias significativas en la percepción del dolor al momento de la inyección entre los pacientes del control (-) con respecto al grupo alfa con un valor promedio de 24 mm +/- SEM ($p \leq 0,05$). El grupo control (+) (50 mm +/- SEM) presenta diferencias significativas ($p \leq 0,01$) con respecto al grupo theta (18 mm +/- SEM), siendo este último donde

se reporta la menor percepción de dolor al momento de la inyección en los hombres. La diferencia significativa más importante entre los grupos de estudio masculinos se observó entre el grupo control (-) y el grupo theta ($p \leq 0,001$). Las ondas theta demostraron mayor efectividad que las ondas alfa.

En ambos sexos, los grupos sometidos a estimulación binaural con ondas alfa o theta por 15 minutos antes de la infiltración anestésica, presentaron una disminución en la percepción del dolor al momento de la punción en comparación con los grupos que no las escucharon. Estos resultados muestran que la estimulación binaural disminuye la percepción del dolor tanto en hombres como mujeres, pero se observó que su efecto fue más significativo en hombres. Interesantemente, nuestros resultados muestran que para las mujeres fueron más efectivas las ondas alfa, mientras que para los hombres lo fueron las ondas theta.

11° Percepción de dolor al realizar la cavidad de acceso en mujeres y hombres

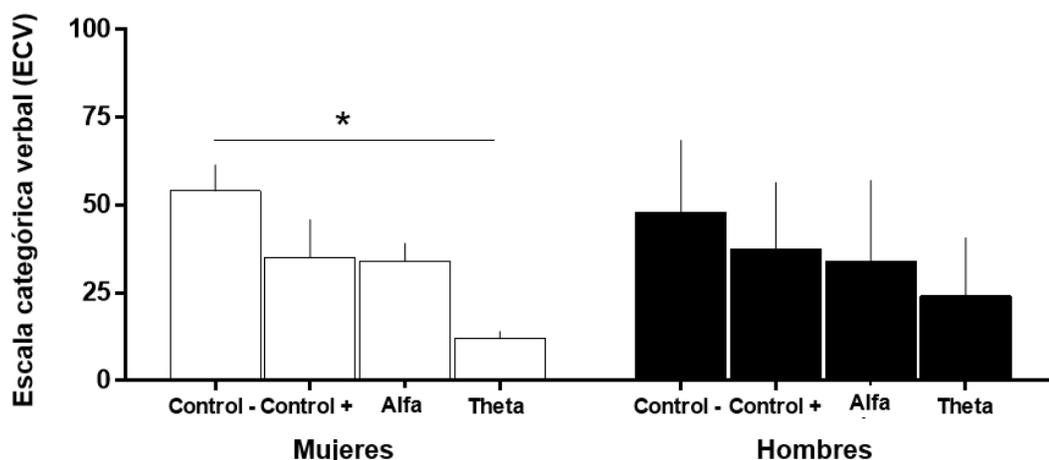


Gráfico 11. Representación de la percepción de dolor al momento de realizar la cavidad de acceso endodóntica, donde se mantiene la estimulación auditiva en los grupos control (+), alfa y theta. Pacientes de cada grupo por sexo. Escala categórica verbal (ECV) de 0 a 100 en milímetros (mm). El promedio de las mujeres en esta etapa fue 11-55 mm +/- SEM y el promedio de los hombres fue 24-48 mm +/- SEM. *p≤ 0,05; ** p≤ 0,01; *** p≤ 0,001; l error estándar de la media.

Al realizar la cavidad de acceso endodóntica, se observó que las mujeres (11-55 mm +/- SEM) experimentaron más dolor que los hombres (24-48 mm +/- SEM) a diferencia de las etapas anteriores.

Tanto en mujeres como hombres el grupo control (-) (55 mm +/- SEM y 48 mm +/- SEM respectivamente) experimentó mayor percepción del dolor, en comparación con los grupos control (+), alfa y theta que fueron sometidos a estimulación auditiva y reportaron menor percepción de dolor en general.

Las mujeres del grupo alfa (34 mm +/- SEM) y theta (11 mm +/- SEM) reportaron menos dolor que las del grupo control (+) (35 mm +/- SEM). Se observan diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en la percepción del dolor al momento de realizar la cavidad de acceso entre las pacientes del grupo control (-) y grupo theta.

Los hombres del grupo alfa (34 mm +/- SEM) y theta (24 mm +/- SEM) reportaron menos dolor que los del grupo control (+) (38 mm +/- SEM), siendo las ondas theta más efectivas.

En ambos sexos los grupos sometidos a estimulación auditiva, especialmente estimulación binaural con ondas alfa o theta, presentaron una disminución en la percepción del dolor al momento de realizar la cavidad de acceso en comparación con los grupos sin estimulación auditiva. Estos resultados muestran que la estimulación binaural con ondas theta fue la más efectiva. Interesantemente, se observó un efecto más significativo en las mujeres que los hombres.

12° Percepción de dolor 15' postratamiento en mujeres y hombres

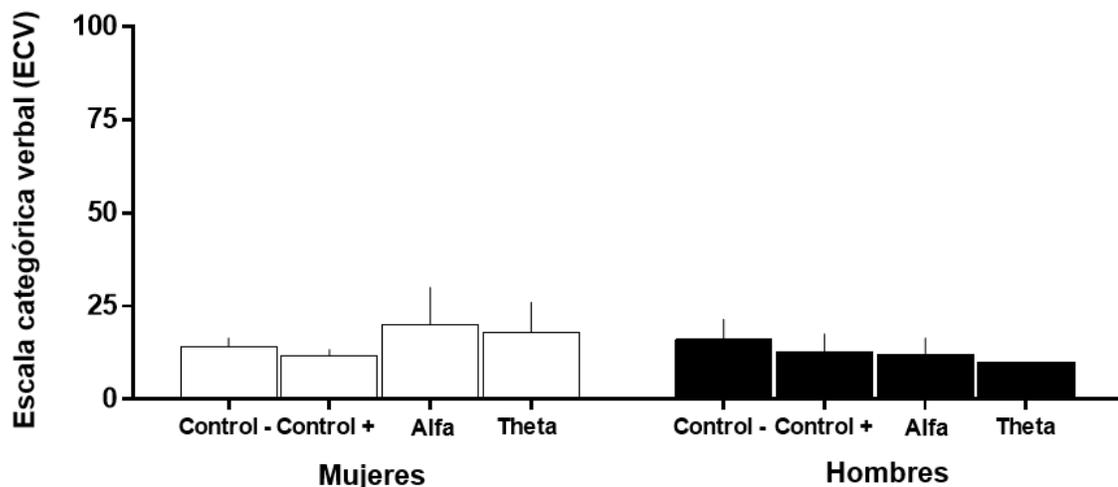


Gráfico 12. Representación de la percepción de dolor 15 minutos posteriores al tratamiento, los grupos control (+), alfa y theta ya no se encuentran bajo estimulación auditiva. Pacientes de cada grupo separados por sexo. Escala categórica verbal (ECV) de 0 a 100 en milímetros (mm). El promedio de las mujeres en esta etapa fue 11-20 mm +/- SEM y el promedio de los hombres fue 10-16 mm +/- SEM. El error estándar de la media.

Se observó que 15 minutos posteriores al término de todas las etapas del tratamiento, cuando todos los pacientes dejaron de ser estimulados auditivamente con los sonidos correspondientes a cada grupo, la percepción del dolor en los cuatro grupos fue baja, tanto en mujeres (11-20 mm +/- SEM) como hombres (10-16 mm +/- SEM).

Durante esta etapa la disminución de la percepción del dolor está asociada al término del tratamiento endodóntico y no necesariamente a los efectos de la estimulación auditiva. Estos resultados muestran que la percepción del dolor disminuye en ambos sexos, presentando valores muy similares.

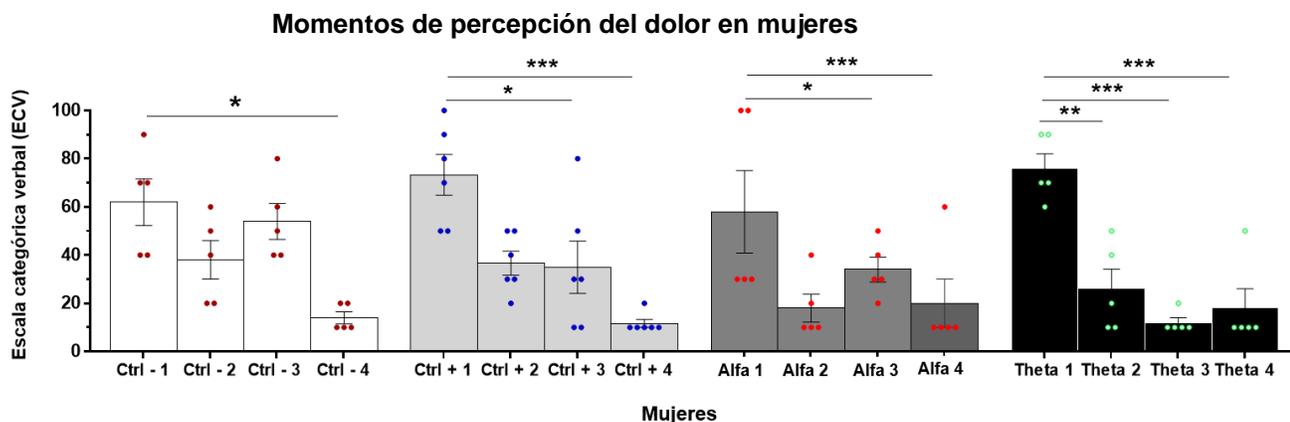


Gráfico 13. Comparación de los niveles de percepción de dolor de las mujeres en los cuatro grupos de estudio según las etapas de tratamiento. En todos los grupos se observó una disminución de la percepción del dolor en comparación al dolor inicial. La distribución de pacientes por grupo está representada por puntos de colores. Ctrl-: control (-); Ctrl +: control (+); * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$, I error estándar de la media.

En el gráfico se observa una comparación de los niveles de percepción de dolor en el tiempo entre los cuatro grupos de estudio femeninos según las etapas del tratamiento denominadas como 1: dolor espontáneo reportado, 2: inyección anestésica, 3: cavidad de acceso y 4: 15 minutos posteriores al tratamiento.

El grupo control (-) presenta una disminución de la percepción del dolor, debido al tratamiento odontológico, si se compara la etapa 1 (61 mm +/- SEM) con las etapas 2 (38 mm +/- SEM), 3 (55 mm +/- SEM) y 4 (14 mm +/- SEM). Existe una diferencia significativa ($p \leq 0,05$) entre la etapa 1 y 4.

En el grupo control (+) se observa una disminución paulatina de la percepción del dolor. Se presentan diferencias significativas en la percepción de dolor, la primera ($p \leq 0,05$) es entre la etapa 1 (73 mm +/- SEM) y 3 (35 mm +/- SEM), mientras que la más importante ($p \leq 0,001$) es entre la etapa 1 y 4 (11 mm +/- SEM). Al comparar ambos controles, los resultados muestran que la estimulación auditiva, incluso sin ondas alfa o theta, produce un efecto favorable en la reducción de la percepción del dolor en general.

En el grupo alfa se observa una disminución importante entre la percepción de dolor inicial y las demás etapas, especialmente si se compara la etapa 2 de alfa (18 mm +/- SEM) con la etapa

2 de los grupos control (-) y control (+) (38 mm +/- SEM y 36 mm +/- SEM, respectivamente). Se presentan diferencias significativas dentro del grupo alfa, la primera ($p \leq 0,05$) entre la etapa 1 (54 mm +/- SEM) y 3 (34 mm +/- SEM), mientras que la más importante ($p \leq 0,001$) es entre la etapa 1 y 4 (20 mm +/- SEM).

En el grupo theta se observa la disminución más relevante entre la percepción de dolor inicial y las demás etapas. Se presentan diferencias significativas dentro del grupo theta, la primera ($p \leq 0,01$) entre la etapa 1 (75 mm +/- SEM) y 2 (26 mm +/- SEM), la segunda ($p \leq 0,001$) entre la etapa 1 y 3 (11 mm +/- SEM) y, por último, entre la etapa 1 y 4 (18 mm +/- SEM).

En todos los grupos de estudio femeninos hubo una disminución de la percepción del dolor considerando el nivel de dolor reportado al principio y al final, sin embargo, al comparar los resultados de los grupos sometidos a estimulación binaural con ondas alfa o theta, se observó una disminución más significativa que en el grupo de control (-), donde no se utilizó estimulación auditiva, y en el grupo de control (+) donde se mantuvo la estimulación auditiva con sonido ambiental del bosque. En las mujeres la estimulación binaural produce un efecto notablemente favorable en la disminución de la percepción del dolor en todas las etapas, siendo las ondas theta más efectivas que las ondas alfa.

Momentos de percepción del dolor en hombres

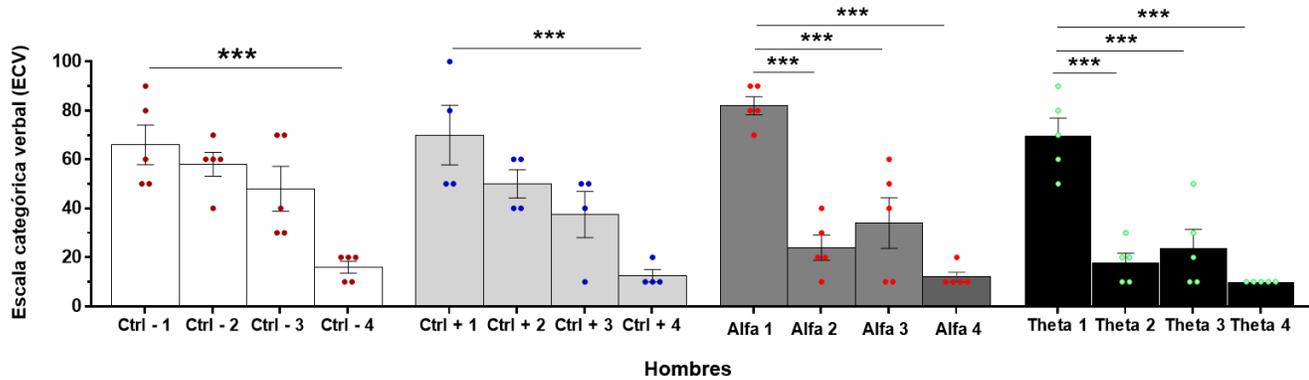


Gráfico 14. Comparación de los niveles de percepción de dolor de los hombres en los cuatro grupos de estudio según las etapas de tratamiento. En todos los grupos se observó una disminución de la percepción del dolor en comparación al dolor inicial. La distribución de pacientes por grupo está representada por puntos de colores. Ctrl-: control (-); Ctrl +: control (+); * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$, I error estándar de la media.

En el gráfico se observa una comparación de los niveles de percepción de dolor en el tiempo entre los cuatro grupos de estudio masculinos según las etapas del tratamiento denominadas como 1: dolor espontáneo reportado, 2: inyección anestésica, 3: cavidad de acceso y 4: 15 minutos posteriores al tratamiento.

Ambos controles presentan una disminución progresiva de la percepción del dolor bastante similar. Se presentan diferencias significativas ($p \leq 0,001$) entre la etapa 1 (65 mm +/- SEM) y 4 (16 mm +/- SEM) del grupo control (-), así como también, entre la etapa 1 (69 mm +/- SEM) y 4 (13 mm +/- SEM) del grupo control (+).

En el grupo alfa se observa una disminución importante entre la percepción de dolor inicial y las demás etapas, especialmente si se compara la etapa 2 de alfa (24 mm +/- SEM) con la etapa 2 de los grupos control (-) y control (+) (58 mm +/- SEM y 50 mm +/- SEM, respectivamente). Se presentan diferencias significativas ($p \leq 0,001$) dentro del grupo alfa, la primera entre la etapa 1 (82 mm +/- SEM) y 2, la segunda entre la etapa 1 y 3 (34 mm +/- SEM) y, por último, entre la etapa 1 y 4 (12 mm +/- SEM).

En el grupo theta se observa la disminución más relevante entre la percepción de dolor inicial y las demás etapas. Se presentan diferencias significativas ($p \leq 0,001$) dentro del grupo theta, la primera entre la etapa 1 (70 mm +/- SEM) y 2 (18 mm +/- SEM), la segunda entre la etapa 1 y 3 (24 mm +/- SEM) y, por último, entre la etapa 1 y 4 (10 mm +/- SEM). Las ondas theta demostraron consistentemente una mayor efectividad.

En todos los grupos de estudio masculinos hubo una disminución de la percepción del dolor considerando el nivel de dolor reportado al principio y al final, sin embargo, al comparar los resultados de los grupos sometidos a estimulación binaural con ondas alfa o theta, se observó una disminución más notoria que en el grupo de control (-), donde no se utilizó estimulación auditiva, y en el grupo de control (+) donde se mantuvo la estimulación auditiva con sonido ambiental del bosque.

La estimulación auditiva sin ondas alfa o theta tiene un impacto muy leve sobre la disminución de la percepción del dolor en los hombres, sin embargo, la estimulación binaural produce un efecto notablemente favorable en la disminución de la percepción del dolor en todas las etapas, siendo las ondas theta más efectivas que las ondas alfa.

VII. DISCUSIÓN

Se estudió el efecto de la estimulación binaural con ondas theta y alfa en pacientes con pulpitis irreversible sintomática a cavidad cerrada. La muestra correspondió a 40 pacientes divididos en 4 grupos de 10 pacientes cada uno. El grupo control (-): no son estimulados auditivamente; grupo control (+): estimulados con sonido ambiental de bosque; grupo alfa: estimulación con ondas alfa camufladas con sonido ambiental de bosque; grupo theta: estimulados con ondas theta camufladas con sonido ambiental de bosque.

La audición es uno de los sentidos que comunica al ser humano con su entorno, puede también llevarlo a estados de relajación, alteración e incidir directamente en él (Reséndiz, 2015).

Nuestro cerebro produce impulsos eléctricos que viajan a través de las neuronas (Avalos, 2018). Estas ondas cerebrales son moduladas por estímulos externos como por ejemplo el sonido, por lo que se puede establecer una relación directa entre el tono percibido y el cambio en las ondas cerebrales, controlando el estado mental al enfocarse en el tipo de sonido que se escucha (Reséndiz, 2015).

La percepción del dolor disminuyó tanto en el grupo que no fue estimulado auditivamente, como en los grupos con estimulación auditiva, debido a la aplicación de anestésico local previo al tratamiento endodóntico. Se ha reportado que los anestésicos locales actúan en la subunidad alfa de los canales de sodio dependientes de voltaje (NaV) (Cherobin, 2020). Cuando el anestésico local entra en contacto con los canales NaV, los inactivan impidiendo el paso de iones a través de estos canales en dirección al axoplasma y evita la despolarización de membrana impidiendo la propagación del potencial de acción (Cherobin, 2020). Interesantemente, nuestros resultados mostraron que el efecto analgésico se ve potenciado por el tratamiento binaural de ondas alfa y theta.

Desde el punto de vista fisiológico, se cree que el efecto del sonido percibido se origina en el núcleo olivar superior en el tronco encefálico y se relaciona con la capacidad del cerebro de seguir los sonidos y detectarlos en tres dimensiones. Las frecuencias captadas por los órganos de los sentidos y transducidas como actividad eléctrica al cerebro son moduladas por el núcleo olivar y luego por el tálamo, que es la estructura responsable de recibir y filtrar estímulos externos en

conjunto con el sistema activador reticular ascendente. Este ritmo es enviado a la corteza que rápidamente acompaña a las frecuencias impuestas e incluso pueden ser usados para cambiar la frecuencia de las ondas predominantes del cerebro (García, 2018).

Por otro lado, la señal nociceptiva pasa por el tálamo y llega a la corteza cerebral; corteza somatosensorial, circunvolución cingulada anterior, ínsula, corteza parietal inferior y corteza prefrontal (Dinakar, 2016), esta última es un área de asociación terciaria, que recibe señales de distinta naturaleza y es clave para establecer la conducta que ejecutamos, que implica reconocer el entorno en el que se encuentra (Ong, 2019).

Por lo anterior, proponemos que la corteza prefrontal presenta una relación con las ondas binaurales alfa y theta, ya que es a esta zona donde participa en la modulación de los estímulos auditivos (Miller, 2015 y Zhang, 2018). El trayecto común de estos estímulos, comienzan desde la captación por el oído externo, luego por el oído interno, específicamente por la cóclea, donde se convierte de señal auditiva en señal eléctrica, la cual viaja por el nervio vestibulococlear al área 41 de Brodman, ubicada en la circunvolución temporal superior, pasando a través del ganglio espiral, los colículos inferiores del mesencéfalo y del cuerpo geniculado medial del tálamo para luego tomar vías superiores hasta ser transducida en la corteza auditiva y finalmente mediante sinapsis neuronal modular la actividad neuronal en la corteza prefrontal (Vargas, 2012). La estimulación gatillada por las ondas theta luego de pasar por el núcleo geniculado del tálamo y la corteza auditiva primaria, conocida antiguamente como área 41 y 42 de Brodman (Vargas, 2012); la que es capaz de localizar un evento sonoro mediante la recepción de impulsos eléctricos, ya que al percibir un sonido ambos hemisferios son estimulados por el oído derecho e izquierdo, todo esto mediante la entrada directa del núcleo geniculado medial del tálamo, se transduce finalmente hasta la corteza prefrontal en donde genera la modulación neuronal (King, 2018). Mientras que las ondas alfa son predominantes en el lóbulo occipital, luego de pasar el tálamo y corteza auditiva primaria, deben viajar hasta las áreas 46 y 47 de Brodman; ubicadas en el lóbulo frontal, donde forman la porción dorso lateral, que recibe y proyecta conexiones con las regiones de asociación sensoriales de los lóbulos parietal, temporal y occipital, conectando finalmente con la región prefrontal (Ueda, 2017) para causar la analgesia (Ecsy, 2016).

Nuestros resultados mostraron que las ondas theta tuvieron los mejores resultados en la disminución de la percepción del dolor frente al tratamiento de pulpitis irreversible sintomática, tanto al momento de la inyección como en la cavidad de acceso, esto se puede deber a que las ondas theta estimulan la mayor parte del tiempo la zona prefrontal (Gordon, 2018) y no necesitan

viajar por la corteza cerebral para poder actuar sobre el cerebro, siendo más efectivas que las ondas alfa que si viajan (Zhang, 2018). Por otro lado, se ha reportado que las ondas alfa son estimuladoras del estado de vigilia y alerta mayor (Ecsy, 2016), por lo que los pacientes pudiesen estar más susceptibles a percibir el dolor en comparación a los que escucharon la frecuencia de theta, que predomina en etapas iniciales del sueño e inmediatamente después de despertar (Cardona, 2014) y que también están asociadas a estados emocionales positivos, en donde la actividad cortical está relacionada con un estado meditativo general, disminución del estado de alerta y disminución del dolor (Orozco, 2020). No obstante, ambas frecuencias de onda generaron una disminución significativa en la percepción del dolor.

Probablemente, la disminución en la percepción del dolor en nuestro estudio podría deberse a un feedback en función de la información que recibe la zona prefrontal, ayudando a la adaptación del paciente a un estado de calma y relajación (Le Bars, 2005).

Los pacientes llegaron a la clínica con una percepción de dolor causada por pulpitis irreversible sintomática a cavidad cerrada, esto provocó un aumento en el ritmo cardíaco, presión arterial, tensión muscular, entre otras alteraciones, debido a la activación del sistema nervioso simpático (Vela, 2020). Al ser estimulado con ondas binaurales antes, durante y después de la atención odontológica, se generó una disminución en la magnitud de la señal dolorosa producto de este feedback, donde se activó el sistema nervioso parasimpático generando un estado de calma y relajación, ya que se ha reportado que la variabilidad de la presión arterial (PA) y frecuencia cardíaca (FC) depende de la acción moduladora ejercida por el sistema nervioso autónomo (SNA) y sus ramas, el sistema nervioso simpático y parasimpático (Tang, 2019).

La influencia del sistema nervioso autónomo en el procesamiento auditivo cortical puede dilucidarse mediante estudios previos en animales (Marcomini, 2018). Se descubrió que la acetilcolina, el principal neurotransmisor parasimpático, presentaba un papel importante en la corteza auditiva. Los mecanismos sinápticos que contienen acetilcolina pueden mediar sus efectos en los campos receptivos de la corteza auditiva (Marcomini, 2018). Además, el procesamiento del sonido puede favorecer la información sensorial transmitida a través del tálamo a la actividad cortical en respuesta al aumento de la liberación de este neurotransmisor. Los mecanismos de procesamiento auditivo cortical se asociaron al control parasimpático de la frecuencia cardíaca y al equilibrio simpátovagal. Por lo tanto, Marcomini propone que la activación del sistema parasimpático inducido por el aumento de liberación de acetilcolina influye de forma positiva en la recepción de la corteza auditiva (Marcomini, 2018), lo que nos hace pensar que

esto produce la disminución de la frecuencia cardíaca en el paciente, acercándolo a un estado de calma y relajación durante el tratamiento.

El sistema noradrenérgico del SNC participa en la regulación de la presión arterial, así como en una disminución de la inhibición del dolor. Estructuras del tronco encefálico como el núcleo del tracto solitario y la médula rostral ventrolateral, han sido propuestas como interfases neurales que conectan el sistema cardiovascular y los sistemas reguladores del dolor (Scheuren, 2016). Se ha considerado la actividad de los barorreceptores, los tractos descendentes de la médula espinal y la respuesta de las betaendorfinas. Dentro de los mecanismos mencionados, los barorreceptores participan en la regulación de la presión arterial y además afectan la actividad del sistema nervioso central (SNC) al ejercer un efecto inhibitorio sobre el cerebro (Mendpara, 2019).

Desde un punto de vista anatómico, la convergencia de los barorreceptores y el procesamiento de los impulsos nociceptivos ocurren en el mismo espacio del cerebro: en la primera sinapsis del reflejo barorreceptor que está localizada en el Núcleo del Tracto Solitario (NTS), el cual a su vez se proyecta al locus cerúleo y la sustancia gris periacueductal, ambas estructuras modulan los tractos nociceptivos. Por lo tanto, la estimulación del NTS debido al aumento de la PA produce un efecto anti nociceptivo de respuesta, y es esta estimulación del núcleo el que posiblemente contribuye a la disminución de la sensibilidad al dolor (Mendpara, 2019).

El NTS cumple un papel importante en la iniciación e integración de diversos reflejos que controlan la función cardiovascular (Cutsforth-Gregory, 2017). Está compuesto por un conjunto de fibras altamente mielinizadas provenientes del nervio trigémino y facial en su porción rostral, mientras que en su porción caudal se compone por fibras del nervio glossofaríngeo y el vago (Cutsforth-Gregory, 2017). Además, integra información de los aferentes viscerales y envía proyecciones glutamatérgicas excitatorias a las áreas efectoras de la médula que controlan la presión arterial y la función cardíaca (Cutsforth-Gregory, 2017). Esto incluye la formación reticular de la médula ventrolateral, el núcleo ambiguo, el núcleo parabraquial de la protuberancia anular y el núcleo motor dorsal del vago (Cutsforth-Gregory, 2017). La integración funcional de las transmisiones aferentes provenientes de los barorreceptores, el sistema cardíaco y los quimiorreceptores aferentes en el NTS permiten coordinar la actividad simpática, cardiovagal y respiratoria (Cutsforth-Gregory, 2017).

Santana et al., reportaron que durante un estudio aplicado a 50 sujetos con diagnóstico de pulpitis irreversible tratados bajo estimulación auditiva presentaron una mejora en la regulación

de la FC parasimpática durante el tratamiento endodóntico (Santana, 2017). Lo que se condice con nuestros resultados, en donde los pacientes relataron sentir menos dolor luego de la estimulación binaural, además de los menores registros de PA y FC.

Por otro lado, McConnell demostró que 20 minutos de exposición a estimulación binaural genera un dominio en la activación del sistema parasimpático, impulsada por la actividad en regiones del córtex del cíngulo anterior y la corteza prefrontal medial. Siendo las ondas theta las que tendrían incidencia en los cambios tropotrópicos (disminución en la excitación) en la excitación autónoma (McConnell, 2014). Lo que sugiere que se genera una disminución en la excitación del sistema autónomo, y a un predominio del sistema parasimpático el que produce una disminución de la FC, esto se puede traducir en un acercamiento a un estado de relajación por parte del paciente, incidiendo esto en su escala de dolor percibida.

Una estimulación binaural de 10 Hz estimularía al cerebro a producir ondas cerebrales de 10 Hz correspondiente a un estado de patrón alfa. La disminución de la ansiedad resulta en mejores resultados quirúrgicos (Wiwatwongwana, 2016). Sugerimos que, al disminuir la ansiedad, disminuye a su vez el temor de los pacientes en los momentos de punción anestésica y apertura endodóntica, momentos más traumáticos producto de la aguja y del sonido del instrumental rotatorio, generando una disminución en la percepción del dolor, lo que se ve reflejado en los parámetros objetivos de PA sistólica, diastólica y FC.

El grupo control (+), que solo fue estimulado con sonido ambiental de naturaleza, presentó una disminución en la percepción dolorosa, la cual fue significativa desde el acceso endodóntico. Ortega et al, reportaron que, durante la reducción de fracturas nasales, en donde se utilizó musicoterapia y se evaluó la percepción del dolor, se observó que el grupo experimental presentó niveles significativamente más bajos de presión arterial sistólica, ansiedad y dolor que el grupo control, actuando en una dimensión emocional-afectiva a nivel central (Ortega, 2018). Por otro lado, Nunes-Silva et al, ha explicado que la disminución en la presión arterial y frecuencia cardiaca mediante la musicoterapia se produce por efectos hormonales y no por su acción directa sobre la corteza cerebral como las ondas binaurales. Estos efectos hormonales producen una disminución en los niveles sanguíneos de noradrenalina, corticotropina y cortisol, lo que indica que la música puede tener efectos sobre los cambios endocrinológicos que conducen a un estado de relajación (Nunes-Silva, 2016). No obstante, la estimulación binaural reportó mejores resultados versus la estimulación de sonido natural, por lo que sugerimos que sería una mejor alternativa para el manejo del dolor en endodoncia.

En un estudio realizado por Akimoto et al., se reportó una disminución en los niveles de cortisol asociado a la estimulación con música, lo que a su vez está relacionado con un aumento de los niveles de oxitocina. La música escuchada y los estímulos sensoriales que esta genera son transmitidos a través del cuerpo geniculado medial del tálamo hacia la amígdala, donde son procesados como un estímulo placentero o positivo, luego se envían señales al hipotálamo activando la respuesta de la oxitocina que controla la activación del eje hipotalámico-hipofisario-adrenal (Akimoto, 2018). Por lo tanto, el aumento de la actividad de la oxitocina posiblemente induce una disminución de los niveles de cortisol y niveles de estrés reducidos (Akimoto, 2018). Considerando esto, proponemos que los sonidos ambientales producen un efecto similar, de calma y relajación, incluso sin las ondas binaurales. Sin embargo, esta es respuesta es subjetiva y lo que algunos pueden considerar como placentero puede ser desagradable para otros. Por su parte, las ondas binaurales no dependen de la percepción subjetiva de las personas para producir una disminución de la percepción del dolor, pero es recomendable camuflarlas con sonidos ambientales para mejorar la experiencia del paciente, ya que las ondas binaurales presentan un sonido que puede ser poco común para algunas personas. Cabe destacar que estos sonidos ambientales no interfieren sobre el efecto de la estimulación binaural en la disminución de la percepción del dolor.

Un análisis adicional de los datos recopilados sobre la percepción del dolor, durante las 4 etapas del tratamiento de pulpitis irreversible sintomática a cavidad cerrada, separando a los pacientes de cada grupo por sexo, permitió evaluar la efectividad de la estimulación binaural con ondas alfa y theta en hombres y mujeres.

Nuestros resultados demostraron que la estimulación binaural con ondas alfa y theta es efectiva en hombres y mujeres, disminuye la percepción del dolor asociado al tratamiento de pulpitis irreversible sintomática, tanto al momento de la inyección como en la cavidad de acceso. En ambos casos las ondas theta terminaron siendo más efectivas que las ondas alfa. Sin embargo, hubo diferencias entre ambos sexos, se destaca que los hombres de todos los grupos reportaron mayores niveles de dolor inicial, pero también, los niveles de dolor más bajos a los 15 minutos posteriores al tratamiento en comparación con las mujeres. Además, los resultados de los hombres fueron más uniformes, es decir, las mujeres presentaron más fluctuaciones entre los grupos con y sin estimulación binaural durante el transcurso del tratamiento.

Se debe considerar que existen factores biológicos asociados al sexo de una persona que influyen sobre la percepción del dolor, la respuesta inflamatoria y el sistema auditivo. Estos

factores no actúan de manera individual, están conectados y se influyen mutuamente, con un componente hormonal como el nexo principal.

Dentro de los factores biológicos condicionantes que influyen sobre la percepción del dolor, se describe el efecto de hormonas sexuales esteroideas, tales como andrógenos y estrógenos, (Pieretti, 2016) y las etapas del ciclo menstrual en las mujeres (Pieretti, 2016).

El estradiol y la progesterona destacan como las hormonas sexuales más importantes, por su efecto dual sobre la sensibilidad al dolor, pudiendo ejercer una acción tanto pronociceptiva como antinociceptiva (Bartley, 2013); así como también, la testosterona, que tiene un efecto más bien antinociceptivo y protector (Bartley, 2013). Las hormonas sexuales esteroideas tienen un impacto distinto en hombres y mujeres, dependiendo también de su nivel de concentración. Estas hormonas y sus receptores se distribuyen a lo largo del sistema nervioso central y periférico, en áreas asociadas a la transmisión nociceptiva (Bartley, 2013) y procesamiento auditivo (Delhez, 2020).

No todas las hormonas esteroideas actúan a través de receptores nucleares, algunas lo hacen a través de receptores en la superficie celular y la activación de cascadas de señalización (Marrocco, 2016); la aldosterona, andrógeno, estrógeno y progestina funcionan con el mecanismo de cascadas de señalización (Marrocco, 2016). En las hormonas esteroideas los receptores pueden ser genómicos o no genómicos y un mismo receptor puede tener distintas funciones los sitios nucleares y no nucleares de la célula (McEwen, 2017).

El estrógeno en particular se destaca como una de las hormonas más relevantes para este estudio considerando ambos sexos, no solo por su acción moduladora sobre la percepción del dolor y la respuesta inflamatoria (Pieretti, 2016), sino también, por su efecto a nivel del sistema auditivo (Delhez, 2020).

A nivel del SNC el estrógeno modula la excitabilidad neuronal y el procesamiento de información sensorial, estos efectos pueden ser directos o indirectos mediante la interacción con neurotrofinas y neurotransmisores (Charitidi, 2010). Para ejercer sus funciones en el cerebro, el estrógeno cuenta con tres vías de acción: difusión directa del estrógeno periférico hacia el SNC, conversión de testosterona y androstenediona en el cerebro (mediante la acción de las aromatasas de los terminales presinápticos) o síntesis de estrógeno *de novo* a partir de colesterol (Chai, 2014).

El estrógeno natural se presenta de cuatro formas distintas, siendo estas, estrona (E1), estradiol (E2), estriol (E3) y estetrol (E4). E2 se caracteriza por ser la forma de estrógeno endógeno más potente y abundante durante la etapa premenopáusica, mientras que, E1 es la forma predominante durante la menopausia (Delhez, 2020).

En ambos sexos la acción del estrógeno es mediada por tres receptores específicos: receptor de estrógeno alfa ($ER\alpha$), receptor de estrógeno beta ($ER\beta$) y receptor de estrógeno ligado a proteína G (conocido como GPER o GPR30 según sus siglas en inglés) (Delhez, 2020). Actúan a nivel nuclear y extranuclear (Hammes, 2019).

Los receptores $ER\alpha$ y $ER\beta$ funcionan como factores de transcripción ligando-dependientes, regulando la expresión de varios genes. Tras la unión del ligando-receptor y su translocación al núcleo, se unen a elementos asociados al estrógeno desencadenando la transcripción genética (Charitidi, 2010). El estrógeno también puede unirse a receptores de la superficie celular que tienen efectos celulares no genómicos (Charitidi, 2010). Estos receptores son altamente sitio-específicos, en el SNC participan en múltiples cascadas de señalización y cada subtipo de receptor cumple una función biológica específica, además de participar en distintas actividades de transcripción que afectan a genes específicos y producen una acción tejido dependiente (Charitidi, 2010).

Existen receptores $ER\alpha$ y androgénicos ubicados en la sustancia gris periacueductal donde las hormonas esteroideas sexuales pueden ejercer una regulación sexualmente dimórfica de la nocicepción (Marrocco, 2016). Receptores $ER\beta$ se encuentran en la oliva superior lateral, lemnisco ventral lateral, el núcleo coclear y el colículo inferior (Williamson, 2020).

Sugerimos que la estabilidad observada en los grupos de estudio masculinos, en comparación con las fluctuaciones observadas en los grupos de estudio femeninos, se debe a que, si bien, el mecanismo de síntesis de estrógeno es igual en hombres y mujeres, la cantidad de estrógeno sintetizado a lo largo de la vida de una persona es variable y depende de factores como la edad, sexo y estado hormonal (Delhez, 2020). En los hombres la producción de estrógeno es baja pero constante; en el caso de las mujeres, la síntesis de estrógeno alcanza su nivel más alto durante las edades reproductivas, registrando fluctuaciones durante el ciclo menstrual y finalmente declina progresivamente durante la menopausia (Delhez, 2020).

Por otro lado, diversos estudios han reportado una mayor prevalencia de dolor y sensibilidad en las mujeres, en comparación con los hombres (Bartley, 2013, Pieretti, 2016 y Marrocco, 2016). Se ha visto que las mujeres reportan niveles de dolor más severo, asociado a un número mayor de áreas del cuerpo (Pieretti, 2016), con mayor frecuencia y duración (Bartley, 2013). En lo que se refiere al ciclo menstrual, se han descrito variaciones en la percepción del dolor y la sensibilidad auditiva, asociado a las distintas etapas y los cambios hormonales que conllevan. Durante la fase lútea se observa un aumento en la sensibilidad dolorosa, relativo a la fase folicular (Bartley, 2013).

Las hormonas sexuales modulan el procesamiento cortical de estímulos dolorosos mediante interacciones con el sistema opioide, evidenciando diferencias entre hombres y mujeres (Pieretti, 2016). En las mujeres cuando se percibe dolor durante fases con altos niveles de estrógeno, se observa un aumento localizado de receptores μ -opioides disponibles y mayor activación de neurotransmisiones opioides endógenas (Delhez, 2020). En las fases con bajos niveles de estrógeno disminuye el tono opioide endógeno significativamente, a nivel del tálamo, núcleo accumbens y la amígdala, lo que se asocia con respuestas hiperalgésicas (Pieretti, 2016). Por lo tanto, es probable que la combinación de estos factores descritos en las mujeres se asocie a las fluctuaciones observadas en los grupos de estudio femeninos, así como también, al mayor nivel de dolor reportado a los 15 minutos posteriores al tratamiento.

Se han descrito diferencias fisiológicas relacionadas con el sistema auditivo, las mujeres tienen una mejor respuesta auditiva a nivel del tronco encefálico, es decir, mayor sensibilidad y velocidad de conducción, mayor sensibilidad coclear y un umbral auditivo más bajo, por lo tanto, son más sensibles que los hombres a los estímulos auditivos (Delhez, 2020). El complejo olivar del SNC se encarga de recibir y procesar la información proveniente de ambas cócleas, con énfasis en la intensidad, frecuencia y sincronización de la información codificada (Avan, 2015).

En el oído interno hay receptores de estrógeno y las neuronas auditivas son capaces de producir estrógeno (Trott, 2019). Cabe destacar que la corteza auditiva participa en la producción local de E2 específicamente (tiene efecto neuromodulador sobre el procesamiento auditivo central), tanto en hombres como en mujeres, a través de la conversión enzimática de andrógenos mediada por la enzima aromatasa (Delhez, 2020). El efecto neuromodulador del estrógeno sobre la neurotransmisión se debe a su influencia directa sobre la fisiología sináptica, mediante la supresión de la liberación presináptica de ácido γ -aminobutírico (GABA), en conjunto con transcripciones genómicas dependientes de estrógeno en las neuronas auditivas (Trott, 2019).

En mujeres postmenopáusicas se ha observado una correlación directa entre el nivel sérico de E2 y la sensibilidad auditiva (E2 tiene un efecto positivo sobre la audición) (Delhez, 2020). La pérdida progresiva de audición es un proceso natural asociado a la edad, en las mujeres es un comienzo después de la menopausia, sin embargo, es un declive que ocurre más tarde en las mujeres que en los hombres (Delhez, 2020).

Estas diferencias fisiológicas del sistema auditivo probablemente se relacionan con la eficacia de la estimulación auditiva, sin ondas alfa o theta en los grupos control (+), observada en los grupos de estudio femeninos, donde tuvo un efecto más notorio que en los hombres, llevando a una disminución de la percepción del dolor al momento de la inyección y durante la cavidad de acceso (Delhez, 2020).

VIII. CONCLUSIÓN

En base a los resultados obtenidos podemos observar que la exposición a las estimulaciones binaurales produjo una disminución de la percepción del dolor, tanto en el grupo estimulado con ondas alfa como el grupo estimulado con ondas theta. Este último mostró resultados mayormente significativos en relación a los grupos de control (-) y (+). La estimulación binaural con ondas theta como primera elección y alfa como segunda elección, son alternativas terapéuticas complementarias efectivas y no invasivas para el control del dolor, que ayudan al manejo de éste en endodoncia.

Es posible modular la percepción del dolor a través de la estimulación auditiva, que a su vez modula las oscilaciones cerebrales. Esto sugiere que se alcanza un estado de relajación que permite disminuir la percepción del dolor en pacientes con pulpitis irreversible sintomática a cavidad cerrada.

El efecto modulador que ejerce la estimulación binaural sobre la percepción del dolor beneficia tanto a hombres como mujeres. Si bien se han descrito diferencias entre ambos sexos en lo que respecta al procesamiento de estímulos dolorosos, la terapia binaural es una alternativa terapéutica efectiva independientemente del sexo del paciente. Nuestros resultados demuestran que las ondas theta disminuyen significativamente la percepción del dolor en pacientes de ambos sexos durante el tratamiento endodóntico, siendo las ondas theta de primera elección y las ondas alfa segunda elección para hombres y mujeres.

El fenómeno de la estimulación binaural y sus beneficios merecen un estudio más profundo y controlado, con una muestra más numerosa para demostrar que la terapia binaural es fuertemente efectiva para tratar la sintomatología dolorosa de los pacientes en la atención odontológica, haciendo su experiencia más agradable.

Nuestros resultados son alentadores, por lo que se sugiere que futuros estudios expandan los efectos de la estimulación binaural a otras áreas de la odontología. Esto podría abrir la posibilidad de una nueva línea investigativa en torno a procedimientos en donde se requiera bajar la percepción de dolor utilizando medios no convencionales.

IX. LIMITACIONES Y SUGERENCIAS

Limitaciones:

- No existen estudios en el área odontológica sobre la estimulación binaural.
- No se pudo realizar la evaluación de un número mayor de pacientes por el estallido social y posterior emergencia sanitaria.
- El número de mujeres y hombres no fue equitativo.

Sugerencias:

- Evaluar la estimulación binaural como terapia coadyuvante, en otras áreas de la odontología.
- Abarcar un mayor número de pacientes el cual sea equitativo por sexo.
- Se pudo haber hecho una calibración intraoperador.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, J. (2019). Riesgo de adicción a analgésicos opioides en el tratamiento de dolor crónico no oncológico. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 30(6), 466-479. <https://doi.org/10.1016/j.rmcl.2019.10.004>
- Akimoto, K., Hu, A.L., Yamaguchi, T. and Kobayashi, H. (2018) Effect of 528 Hz Music on the Endocrine System and Autonomic Nervous System. *Health*, 10, 1159-1170. <https://doi.org/10.4236/health.2018.109088>
- Amat Macías, I. M., Sarabia Cachadiña, E., & Naranjo Orellana, J. (2015). Variabilidad de la frecuencia cardíaca en relación con el ciclo menstrual: Revisión. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 8(4), 176. <https://doi.org/10.1016/j.ramd.2015.01.007>.
- Avalos, S., Muñoz, M., García, K. (2018). Desarrollo de dispositivo portátil para la detección de señales eléctricas cerebrales y su registro. Universidad Iberoamericana Puebla, México. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.11777/3839>
- Avan, P., Giraudet, F., & Büki, B. (2015). Importance of Binaural Hearing. *Audiology and Neurotology*, 20(Suppl. 1), 3–6. <https://doi.org/10.1159/000380741>
- Bartley, E. J., & Fillingim, R. B. (2013). Sex differences in pain: A brief review of clinical and experimental findings. *British Journal of Anaesthesia*, 111(1), 52–58. <https://doi.org/10.1093/bja/aet127>
- Caminero, A., & Mateos, V. (2009). Aproximación clínica a las neuralgias craneales. *Rev Neurol*, 48(365), 73.
- Cardona, J. S. C., & Segovia, N. F. (2014). Eficacia al alternar las ondas cerebrales. Montaje y producción, 2026.
- Chai, N. C., Peterlin, B. L., & Calhoun, A. H. (2014). Migraine and estrogen. *Current Opinion in Neurology*, 27(3), 315–324. <https://doi.org/10.1097/WCO.0000000000000091>

- Chan, A. C., & Calvo, M. A. C. (2017). Dental management of patients with cerebral palsy through the binaural beats. (27), 8. *EnfermEndoscDig*.2014;1(2):3-5
- Charitidi, K., & Canlon, B. (2010). Estrogen receptors in the central auditory system of male and female mice. *Neuroscience*, 165(3), 923–933. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2009.11.020>
- Cherobin, A. C. F. P., & Tavares, G. T. (2020). Safety of local anesthetics. *Anais Brasileiros de Dermatologia*, 95(1), 82-90.
- Cutsforth-Gregory, Jeremy & Benarroch, Eduardo. (2017). Nucleus of the solitary tract, medullary reflexes, and clinical implications. *Neurology*. 88. 10.1212/WNL.0000000000003751. 10.1212/WNL.0000000000003751.
- Dale, R., & Stacey, B. (2016). Multimodal Treatment of Chronic Pain. *The Medical clinics of North America*, 100(1), 55–64. <https://doi.org/10.1016/j.mcna.2015.08.012>
- Delhez, A., Lefebvre, P., Péqueux, C., Malgrange, B., & Delacroix, L. (2020). Auditory function and dysfunction: Estrogen makes a difference. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 77(4), 619–635. <https://doi.org/10.1007/s00018-019-03295-y>
- Dinakar, P., & Stillman, A. M. (2016). Pathogenesis of Pain. *Seminars in pediatric neurology*, 23(3), 201–208. <https://doi.org/10.1016/j.spen.2016.10.003>
- Ecsy, K., Jones, A., Brown, C. (2016). Alpha-range visual and auditory stimulation reduces the perception of pain. <https://doi.org/10.1002/ejp.960>
- García, I., Díaz, S., Zorilla, J., Cortés, R. (2018). Aspectos de seguridad en el tratamiento del dolor con analgésicos no esteroideos. *Revista de sanidad militar*, 72(5-6), 324-331.
- García-Andreu, Jorge. (2017). Manejo básico del dolor agudo y crónico. *Anestesia en México*, 29(Supl. 1), 77-85. Recuperado en 10 de mayo de 2020, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-87712017000400077&lng=es&tlng=es

- García Argibay, M. (2018). Efecto de la sincronización de las oscilaciones neuronales mediante los tonos binaurales en la memoria, atención, ansiedad y percepción del dolor. Recuperado de <http://e-spacio.uned.es/fez/view/tesisuned:ED-Pg-PsiSal-Mgarcia>.
- García-Argibay, M., Santed, M., Reales, J., (2019). Efficacy of binaural beats in cognition, anxiety, and pain perception: a meta-analysis <https://doi.org/10.1007/s00426-018-1066-8>
- García Góes, L. (2018). Binaural beats: Brain wave induction and the use of binaural beats to induce brain wave patterns. *Current Research: Integrative Medicine*, 03(02). <https://doi.org/10.4172/2529-797X.1000030>
- Gordon, P. C., Zrenner, C., Desideri, D., Belardinelli, P., Zrenner, B., Brunoni, A. R., & Ziemann, U. (2018). Modulation of cortical responses by transcranial direct current stimulation of dorsolateral prefrontal cortex: A resting-state EEG and TMS-EEG study. *Brain stimulation*, 11(5), 1024–1032. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2018.06.004>
- Hamlin, A. S., & Robertson, T. M. (2017). Pain and Complementary Therapies. *Critical care nursing clinics of North America*, 29(4), 449–460. <https://doi.org/10.1016/j.cnc.2017.08.005>
- Hammes, S. R., & Levin, E. R. (2019). Impact of estrogens in males and androgens in females. *Journal of Clinical Investigation*, 129(5), 1818–1826. <https://doi.org/10.1172/JCI125755>
- Hilbers, J., & Lewis, C. (2013). Complementary health therapies: Moving towards an integrated health model. *Collegian*, 20(1), 51-60. <https://doi.org/10.1016/j.colegn.2012.03.004>.
- Karcioglu, O., Topacoglu, H., Dikme, O., & Dikme, O. (2018). A systematic review of the pain scales in adults: Which to use? *The American Journal of Emergency Medicine*, 36(4), 707–714. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2018.01.008>
- King, A. J., Teki, S., & Willmore, B. (2018). Recent advances in understanding the auditory cortex. *F1000Research*, 7, F1000 Faculty Rev-1555. <https://doi.org/10.12688/f1000research.15580.1>

- Kliger, M., Stahl, S., Haddad, M., Suzan, E., Adler, R., & Eisenberg, E. (2015). Measuring the Intensity of Chronic Pain: Are the Visual Analogue Scale and the Verbal Rating Scale Interchangeable? *Pain Pract*, 15(6), 538-547. DOI:10.1111/papr.12216.
- Krizman, J., Bonacina, S., & Kraus, N. (2019). Sex differences in subcortical auditory processing emerge across development. *Hearing Research*, 380, 166–174. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2019.07.002>
- Le Bars, D., & Willer, J.-C. (2005). Fisiología del dolor. *EMC - Anestesia-Reanimación*, 31(1), 1-29. [https://doi.org/10.1016/S1280-4703\(05\)70012-8](https://doi.org/10.1016/S1280-4703(05)70012-8)
- López, R. & García, R. & Gómez, A. (2015). Consideraciones básicas para el manejo del dolor en odontopediatría en la práctica diaria del cirujano dentista general y su relación de interconsulta con el anestesiólogo. *Revista de la Sociedad Española del Dolor*. 22. 175-179. 10.4321/S1134-80462015000400006.
- Marcomini, R. S., Frizzo, A. C. F., de Góes, V. B., Regaçone, S. F., Garner, D. M., Raimundo, R. D., Oliveira, F. R. & Valenti, V. E. (2018). Association between heart rhythm and cortical sound processing. *Journal of integrative neuroscience*, 17(3-4), 425-438.
- Marrocco, J., & McEwen, B. S. (2016). Sex in the brain: Hormones and sex differences. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 18(4), 373–383. <https://doi.org/10.31887/DCNS.2016.18.4/jmarrocco>
- Marroquín, T. García, C. (2015). Guía de diagnóstico clínico para patologías pulpares y periapicales. Versión adaptada y actualizada del “Consensus conference recommended diagnostic terminology”, publicado por la Asociación Americana de Endodoncia (2009). *Revista Facultad de Odontología Universidad de Antioquia*, 26(2): 398-424.
- McConnell, P. A., Froeliger, B., Garland, E. L., Ives, J. C., & Sforzo, G. A. (2014). Auditory driving of the autonomic nervous system: Listening to theta-frequency binaural beats post-exercise increases parasympathetic activation and sympathetic withdrawal. *Frontiers in psychology*, 5, 1248.

- McEwen, B. S., & Milner, T. A. (2017). Understanding the broad influence of sex hormones and sex differences in the brain: Sex Hormones Affect the Whole Brain. *Journal of Neuroscience Research*, 95(1–2), 24–39. <https://doi.org/10.1002/jnr.23809>
- Mendpara, S.J., Akhani, P.N., Palan, P.B., Harsoda, J.M., (2019), Relationship between Resting Systemic Arterial Blood Pressure and Pain Sensitivity Parameters in Young Healthy Indian Medical Students.
- Merello, P., Zapico, M., (2012). Pulpa dental en salud y enfermedad. Tesis: Revisión bibliográfica. Facultad de Odontología, Universidad Andrés Bello.
- Miller, J., Berger, B., & Sauseng, P. (2015). Anodal transcranial direct current stimulation (tDCS) increases frontal–midline theta activity in the human EEG: A preliminary investigation of non-invasive stimulation. *Neuroscience Letters*, 588, 114-119. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2015.01.014>
- Nunes-Silva, Marília, Valadares, Ana Carolina Duarte, Rosa, Gerlaine Teixeira, Lopes, Liliane Cristina Moreira, & Marra, Célia Auxiliadora dos Santos. (2016). Avaliação de Músicas Compostas para Indução de Relaxamento e de seus Efeitos Psicológicos. *Psicologia: Ciência e Profissão*, 36(3), 709-725. <https://doi.org/10.1590/1982-3703001672014>
- Okeson, J., 2013, Tratamiento de oclusión y afecciones temporomandibulares 7° edición, España, Elsevier. ISBN: 978-84-9022-119-8,
- Ong, W. Y., Stohler, C. S., & Herr, D. R. (2019). Role of the Prefrontal Cortex in Pain Processing. *Molecular neurobiology*, 56(2), 1137–1166. <https://doi.org/10.1007/s12035-018-1130-9>
- Orozco Perez, H. D., Dumas, G., & Lehmann, A. (2020). Binaural Beats through the Auditory Pathway: From Brainstem to Connectivity Patterns. *Eneuro*, 7(2), ENEURO.0232-19.2020. <https://doi.org/10.1523/ENEURO.0232-19.2020>
- Ortega, A., Gauna, F., Muñoz, D., Oberreuter, G., Breinbauer, H., Carrasco, L. (2018). Music Therapy for Pain and Anxiety Management in Nasal Bone Fracture Reduction: Radomized Controlled Clinical Trial. DOI: 10.1177/0194599819856604

- Pedrajas, J., Molino, A., (2008). Bases neuromédicas del dolor. *Clínica y Salud*, 2008, vol. 19 n.º 3 - Págs. 277-293. ISSN: 1135-0806
- Phneah, S. W., & Nisar, H. (2017). EEG-based alpha neurofeedback training for mood enhancement. *Australasian Physical & Engineering Sciences in Medicine*, 40(2), 325-336. <https://doi.org/10.1007/s13246-017-0538-2>
- Pieretti, S., Di Giannuario, A., Di Giovannandrea, R., Marzoli, F., Piccaro, G., Minosi, P., & Aloisi, A. M. (2016). Gender differences in pain and its relief. *Annali dell'Istituto superiore di sanita*, 52(2), 184–189. https://doi.org/10.4415/ANN_16_02_09
- Plaghki, L., Mouraux, A., Le bars, D. (2018). Fisiología del dolor. *Elvesier. EMC - Kinesiterapia - Medicina Física*. Volume 39, Issue 1, February 2018, Pages 1-22 [https://doi.org/10.1016/S1293-2965\(18\)88603-0](https://doi.org/10.1016/S1293-2965(18)88603-0)
- Ramos-Alaniz, A., Guajardo-Rosas, J., Chejne-Gómez, F., Juárez-Lemus, Á. M., & Ayón-Villanueva, H. (2018). Mecanismos para prevenir dolor agudo a crónico. *Revista Mexicana de Anestesiología*, 41(S1), 44-47.
- Renga V. (2020). Electricidad, neurología y estimulación cerebral no invasiva: mirando hacia atrás, mirando hacia el futuro. *Neurology research international*, 2020, 5260820. <https://doi.org/10.1155/2020/5260820>
- Reséndiz, C. D., Azul, C. E. C., & campus Hidalgo, B. C. A. (2015). Las ondas binaurales y sus efectos.
- Ribera, H. (2012). La transición de dolor agudo postoperatorio a crónico: ¿qué sabemos? 19, 12.
- Rodríguez, O., García, L., Bosch, A., Inclán, A. (2013). Fisiopatología del dolor bucodental: una visión actualizada del tema. *MEDISAN*, 17(9), 5079-5085.
- Rosen, S., Ham, B., & Mogil, J. S. (2017). Sex differences in neuroimmunity and pain. *Journal of Neuroscience Research*, 95(1–2), 500–508. <https://doi.org/10.1002/jnr.23831>

- Rowland, J., Nasir, S., Furlan, P. (2018). Sex, Gender, and Orofacial Pain. Elsevier. *Dental Clinics of North America*, Volume 62, Issue 4, October 2018, Pages 665-682. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2018.06.001>
- Rubinow, D. R., & Schmidt, P. J. (2019). Sex differences and the neurobiology of affective disorders. *Neuropsychopharmacology*, 44(1), 111–128. <https://doi.org/10.1038/s41386-018-0148-z>
- Santana, M. D. R., Martiniano, E. C., Monteiro, L. R. L., Valenti, V. E., Garner, D. M., Sorpreso, I. C. E., & Abreu, L. C. D. (2017). Musical auditory stimulation influences heart rate autonomic responses to endodontic treatment. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2017.
- Scheuren, R., Duschek, S., Schulz, A., Sütterlin, S., & Anton, F. (2016). Blood pressure and the perception of illusive pain. *Psychophysiology*, 53(8), 1282–1291. <https://doi.org/10.1111/psyp.12658>
- Schwabedal, J. T. C., Riedl, M., Penzel, T., & Wessel, N. (2016). Alpha-wave frequency characteristics in health and insomnia during sleep. *Journal of Sleep Research*, 25(3), 278-286. <https://doi.org/10.1111/jsr.12372>
- Taesler, P., & Rose, M. (2016). Prestimulus Theta Oscillations and Connectivity Modulate Pain Perception. *The Journal of Neuroscience*, 36(18), 5026-5033. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3325-15.2016>
- Tang, J. S., Yu, N. Y., Lee, F. H., Lung, C. W., Lee, L. C., Liao, B. Y., & Chen, C. L. (2019, July). Influence of Location and Frequency Variations of Binaural Electrostimulation on Heart Rate Variability. In *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics* (pp. 70-79). Springer, Cham.
- Timoneda, F. L. (1995). Definición y clasificación del dolor. *Clínicas urológicas de la Complutense*, (4), 49.
- Trott, S., Cline, T., Weihing, J., Beshear, D., Bush, M., & Shinn, J. (2019). Hormones and Hearing: Central Auditory Processing in Women. *Journal of the American Academy of Audiology*, 30(06), 493–501. <https://doi.org/10.3766/jaaa.17123>

- Ueda, K., Fujimoto, G., Ubukata, S., & Murai, T. (2017). Brodmann Areas 11, 46, and 47: emotion, memory, and empathy. *Brain and nerve= Shinkei kenkyu no shinpo*, 69(4), 367-374. DOI: 10.11477/mf.1416200753
- Vallejos, A., Ruano, C., Ávila, M., Latorre, S., Delgadillo, J., Manosalva, G., Malaver, S., Hernández, E., Torres, P., Bernal, G., Tovar, A., Caicedo, L. (2015). Analgésicos en el paciente hospitalizado: Revisión de tema. *Rev. Colomb. Cienc. Quím. Farm.*, Vol. 44(1), 107-127, 2015 <https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v44n1.54288>
- Vargas Sanabria, Maikel. (2012). Valoración médico legal de la hipoacusia. *Medicina Legal de Costa Rica*, 29(1), 61-78. Retrieved June 26, 2020, from http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-00152012000100008&lng=en&tlng=es
- Vela Izquierdo, C E, Narváez Tamayo, M A, Renilla Carranza, E S, Fiestas Bancayan, M, & Rodríguez Calderón, M. (2020). Bloqueo del plano del erector espinal como manejo de dolor neuropático en paciente pediátrico postquemado. *Revista de la Sociedad Española del Dolor*, 27(2), 127-132. Epub 25 de mayo de 2020. <https://dx.doi.org/10.20986/resed.2020.3776/2019>
- Von Roenn, J. H., Paice, J. A., & Preodor, M. E. (2007). Diagnóstico y tratamiento en el dolor. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/uvmsp/detail.action?docID=3194943>.
- Williamson, T. T., Zhu, X., Pinerros, J., Ding, B., & Frisina, R. D. (2020). Understanding hormone and hormone therapies' impact on the auditory system. *Journal of Neuroscience Research*, 98(9), 1721–1730. <https://doi.org/10.1002/jnr.24588>
- Wiwatwongwana, D., Vichitvejpaisal, P., Thaikruea, L., Klaphajone, J., Tantong, A., & Wiwatwongwana, A. (2016). The effect of music with and without binaural beat audio on operative anxiety in patients undergoing cataract surgery: a randomized controlled trial. *Eye*, 30(11), 1407-1414.
- Woolf, C. J. (2010). What is this thing called pain? *The Journal of Clinical Investigation*, 120(11), 3742-3744. <https://doi.org/10.1172/JCI45178>.

Zegarra Piérola, Jaime Wilfredo. (2007). Bases fisiopatológicas del dolor. *Acta Médica Peruana*, 24(2), 35-38. Recuperado en 22 de junio de 2020, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1728-59172007000200007&lng=es&tlng=es

Zhang, H., Watrous, A. J., Patel, A., & Jacobs, J. (2018). Theta and Alpha Oscillations Are Traveling Waves in the Human Neocortex. *Neuron*, 98(6), 1269–1281.e4. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2018.05.019><https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6534129/>

XI. ANEXOS

Anexo 1: Escala Visual Análoga

1. ESCALA VISUAL ANALOGA

Nombre: _____

Sexo: _____

Medicamentos: _____

Antes del tratamiento dental

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Sin dolor Dolor insoportable

Pinchazo de aguja

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Sin dolor Dolor insoportable

"Hoyo" en el diente con equipo dental

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Sin dolor Dolor insoportable

Al finalizar el tratamiento dental

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Sin dolor Dolor insoportable

2. Presión Arterial

	Sistólica / Diastólica	FC Pulso Por Minuto
Antes:	____/____	____
Durante pinchazo:	____/____	____
Durante trepanación:	____/____	____
15 min después de terminar tto:	____/____	____

Datos Relevantes:

--

Anexo 2

CARTA INFORME DEL COMITÉ ÉTICO CIENTÍFICO (CEC-UVM)

Viña del Mar, 12 de marzo de 2020

Señor,
Nicolás Pinto
Carrera de Odontología
Escuela de Ciencias de la Salud
Universidad Viña del Mar

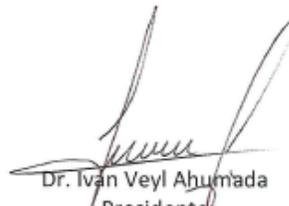
Estimado Dr. Pinto

De acuerdo a documentación enviada por ustedes con fecha 02 de septiembre de 2019 relacionada con la solicitud de revisión y emisión de certificación aprobatoria por parte del Comité Ético Científico del proyecto de tesis titulado **“Efecto de la terapia binaural en la modulación del dolor en tratamientos de pulpitis irreversible sintomática”** (cuyo docente guía es el Sr. Nicolás Pinto, y los estudiantes Constanza Contador; Michelle Bey; Valentina Carrasco y Javier Reyes), me permito informar a Usted que con fecha 10 de marzo de 2020 se constituyó la Comisión Ética Científica (CEC UVM) para evaluar nuevamente los antecedentes.

En este contexto, el Comité, al analizar dichos antecedentes, determinó que las observaciones emitidas por este comité fueron aclaradas y han sido acogidas favorablemente, por lo que cumple con los requisitos solicitados de aprobación.

En consecuencia, sugiriendo que pueda remitir al Comité el consentimiento informado donde se cautele protocolarmente el contacto previo con el paciente con el propósito de que no experimente dolor los 7 días previos al estudio, se decide **APROBAR** su solicitud.

Sin otro particular, se despide atentamente de usted.


Dr. Iván Veyl Ahumada
Presidente
COMITÉ DE ÉTICA CIENTÍFICA
UVM

