



Universidad Autónoma de Querétaro  
 Facultad de Medicina  
 Especialidad en Endodoncia

**“EMPLEO DEL OXÍMETRO DE PULSO EN EL DIAGNÓSTICO PULPAR”**

Opción de titulación  
**Tesis**

Que como parte de los requisitos para obtener el Diploma de  
 Especialidad en Endodoncia

**Presenta:**  
 Jennifer Jara de la Torre

Dirigido por:  
 M.O.E.E Santiago Andarácua García

M.O.E.E Santiago Andarácua García  
 Presidente

Santiago Andarácua G.  
 Firma

C.D.E.E Karla Pamela Sánchez Mendieta  
 Secretario

[Firma]  
 Firma

C.D.E.E Irak Osiris Villarreal Vera  
 Vocal

[Firma]  
 Firma

L.O.E.E Miriam Mendoza Estrada  
 Suplente

Miriam Mendoza E.  
 Firma

L.O.E.E César López Cruz  
 Suplente

[Firma]  
 Firma

[Firma]  
 Dra. Ma. Guadalupe Zaldivar Lelo de Larrea  
 Director de la Facultad

[Firma]  
 Dra. Ma. Guadalupe Flavía Loarca Piña  
 Director de Investigación y Posgrado

Centro Universitario  
 Querétaro, Qro.  
 Abril del 2019



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO  
FACULTAD DE MEDICINA  
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA

**EMPLEO DEL OXÍMETRO DE PULSO COMO AUXILIAR EN EL DIAGNÓSTICO  
PULPAR**

**TESIS**

QUE COMO PARTE DE LOS REQUISITOS PARA OBTENER EL GRADO DE  
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA

**Presenta:**

M.C.D Jennifer Jara de la Torre  
Expediente:266841

**Dirigido por:**

M.O.E.E Santiago Andaracua García

## RESUMEN

**Introducción:** El diagnóstico pulpar en Endodoncia es de suma importancia y para ello se utilizan pruebas tradicionales como son las térmicas y eléctricas. Se implementó adicionalmente el oxímetro de pulso como prueba en los diagnósticos pulpares patológicos comparado con pulpa normal los cuales se comprobaron con el estándar de oro (apertura cameral). **Materiales y Métodos:** Se incluyeron 30 pacientes que acudieron a la Clínica de Posgrado en Endodoncia de la Universidad Autónoma de Querétaro de Enero-Junio del 2018, 22 femeninos y 8 masculinos en una edad de 20 a 51 años, el género y la edad sin diferencia estadísticamente significativa. Todos los pacientes que accedieron voluntariamente al estudio firmaron un consentimiento informado y posteriormente se procedió a realizar prueba al estímulo frío, eléctrico y con el oxímetro de pulso en órganos dentales anteriores y/o premolares, los cuales se incluyeron con corona clínica, sin calcificaciones y con raíces completas, se excluyeron a pacientes sistémicamente comprometidos, medicados, ansiosos y con órganos dentales con restauraciones extensas. **Resultados:** Dentro de las lecturas de saturación de oxígeno se obtuvo que en Pulpitis Irreversible Sintomática fue de 80-93%, Pulpitis Irreversible Asintomática 84-91%, Necrosis Pulpar de 0% y en Pulpa Normal 89-77%. En cuanto a Sensibilidad y Especificidad se obtuvo 100% con el oxímetro de pulso y con la prueba de frío en todos los diagnósticos, mientras que la prueba eléctrica obtuvo 80 y 83% en Pulpitis Irreversible Asintomática y Necrosis pulpar, sin diferencia estadísticamente significativa. **Discusión y Conclusiones:** El oxímetro de pulso obtuvo 100% de sensibilidad y especificidad en todos los diagnósticos pulpares demostrando que es un auxiliar en el diagnóstico pulpar y de gran ayuda en la Endodoncia.

(**Palabras clave:** Oxímetro de pulso, Diagnóstico, Endodoncia)

## SUMMARY

**Introduction:** The pulp diagnosis in Endodontics is of great importance and traditionally thermal and electrical tests are used. The pulse oximeter was additionally implemented as a test in pathological pulp diagnostics compared with normal pulp which were verified with the gold standard (cameral opening). **Materials and Methods:** Thirty patients of the Endodontics Clinic of the Autonomous University of Querétaro in the period of January-June 2018, 22 women and 8 men aged 20 to 51 years, gender and age without statistically significant difference. All patients who voluntarily agreed to the study signed an informed consent and then proceeded to cold test, electrical and pulse oximeter stimulation in anterior dental organs and / or premolars. Teeth with clinical crown, without calcifications and complete roots were included, patients systematically compromised, medicated, anxious and with dental organs with extensive restorations were excluded. **Results:** the oxygen saturation readings were 80-93% in Symptomatic Irreversible Pulpitis, 84-91% in Asymptomatic Irreversible Pulpitis, 0% in Pulpar Necrosis and 89-77% in Normal Pulp. Regarding Sensitivity and Specificity, 100% was obtained with the pulse oximeter and the cold test in all the diagnoses, while the electrical test obtained 80 and 83% in Asymptomatic Irreversible Pulpitis and Pulp Necrosis, without statistically significant difference. **Discussion and Conclusions:** The pulse oximeter obtained 100% sensitivity and specificity in all pulp diagnoses demonstrating that the pulse oximeter is an aid in pulp diagnosis and a great help in endodontics.

**(Keywords:** Pulse Oximeter, Diagnosis, Endodontics)

A mis padres, Ma. Elena de la Torre González y José de Jesús Jara Madera

## **AGRADECIMIENTOS**

A los docentes de la Clínica de Especialidad en Endodoncia de la Universidad Autónoma de Querétaro, sobre todo al M.O.E.E. Santiago Andaracua García por el apoyo y disponibilidad a la investigación, al D. en C.E.E. Rubén Abraham Domínguez Pérez por su paciencia y por el asesoramiento metodológico del estudio. A mi novio Javier Zavala quien estuvo presente en todo el procedimiento tanto metodológico como práctico y a mis compañeros quienes me apoyaron en la recolección de datos.

A mi familia que siempre estuvo para apoyarme en todo momento, mis padres y mis hermanos, quienes nunca perdieron la fe en mí.

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo financiero en el estudio.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>9</b>
1.1 REVISIÓN DE LITERATURA .....	13
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>16</b>
2.1 OBJETIVO GENERAL: .....	16
2.2 OBJETIVO ESPECIFICOS: .....	16
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>17</b>
3.1 MATERIALES Y MÉTODOS. ....	17
3.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO. ....	21
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>22</b>
4.1 RESULTADOS.....	22
4.2 DISCUSIÓN .....	25
4.3 CONCLUSIÓN .....	29
<b>5. REFERENCIAS .....</b>	<b>30</b>
<b>6. APÉNDICE .....</b>	<b>34</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características Clínicas de los pacientes para el estudio.....	22
Tabla 2. Órganos dentales utilizados en el estudio .....	23
Tabla 3. Lecturas de saturación de oxígeno .....	24
Tabla 4. Especificidad, Sensibilidad, Valor Predictivo y Valor Predictivo Negativo para las pruebas de frío, eléctrica y oxímetro de pulsol .....	25
Tabla 5. Respuesta de prueba eléctrica en Pulpitis Irreversible Sintomática .....	45
Tabla 6. Respuesta de prueba eléctrica en Pulpitis Irreversible Asintomática .....	46
Tabla 7. Respuesta de prueba eléctrica en Necrosis Pulpar.....	46
Tabla 8. Respuesta de prueba térmica (frío) en Pulpitis Irreversible Sintomática .	47
Tabla 9. Respuesta de prueba térmica (frío) en Pulpitis Irreversible Asintomática	48
Tabla 10 Respuesta de prueba térmica (frío) en Necrosis Pulpar.....	48
Tabla 11. Respuesta del oxímetro de pulso en Pulpitis Irreversible Sintomática ..	49
Tabla 12. Respuesta del oxímetro de pulso en Pulpitis Irreversible Asintomática.	49
Tabla 13. Respuesta del oxímetro de pulso en Pulpitis Necrosis Pulpar .....	50



## 1. INTRODUCCIÓN

La evaluación de la vitalidad de la pulpa es un procedimiento de diagnóstico crucial en la práctica Endodóntica. Convencionalmente, el Cirujano Dentista ha implementado pruebas que dependen de la respuesta percibida del paciente a un estímulo así como la interpretación de esa respuesta. Estos métodos incluyen la estimulación térmica (como en el caso de aplicación de calor o frío), estimulación eléctrica o estimulación directa de la dentina (prueba de cavidad) (Gopikrishna et al., 2007). Una deficiencia importante con los actuales métodos de pruebas pulpares, es que indirectamente vigilan la vitalidad de la pulpa midiendo la respuesta neural, no la circulación vascular. La estimulación de las fibras nerviosas no es el método ideal para determinar el estado de vitalidad. Así, el suministro vascular y no la inervación, es el determinante más preciso para evaluar la vitalidad de la pulpa (Noblett et al., 1996; Oikarinen et al., 1999; Munshi et al., 2003; Sasano et al., 2005).

Dado el papel esencial de la circulación pulpar en el mantenimiento de la salud tisular, se ha propuesto evaluar el estado circulatorio de la pulpa para evaluar la vitalidad de ella (Munshi et al., 2003; Ingle et al., 2008; Hargreaves, 2011). Para determinar la vitalidad de una pulpa, las pruebas ideales utilizadas deben ser objetivas, indoloras y confiables (Ingle et al., 2008; Hargreaves, 2011). Los avances en la tecnología han llevado al desarrollo de métodos alternativos no invasivos para analizar la vascularización de la pulpa (por ejemplo, espectrofotometría, flujometría láser Doppler y oximetría de pulso, siendo esta última considerada un recurso endodóntico prometedor) (Gopikrishna et al., 2007; Calil et al., 2008; Pozzobon et al., 2011; Ciobanu et al., 2012). Aunque la flujometría de láser Doppler ha tenido cierto éxito en aplicaciones médicas, su uso en Odontología se ha visto obstaculizado por el costo considerable, falta de reproducibilidad y sensibilidad del dispositivo al movimiento (Ramsay et al., 1991).

La espectrofotometría de doble longitud de onda se ha examinado en el laboratorio hasta el momento detectando la presencia de hemoglobina y no la circulación de

sangre (Nissan et al., 1992). La oximetría de pulso es un método no invasivo ampliamente utilizado en medicina clínica para registrar los niveles de saturación de oxígeno en la sangre durante la administración de anestésicos intravenosos, y recientemente se ha utilizado en órganos dentarios con el mismo objetivo (Ciobanu et al., 2012). Es un dispositivo no invasivo de monitoreo de saturación de oxígeno ampliamente utilizado en la práctica médica para registrar los niveles de saturación de oxígeno en sangre durante la administración de anestesia intravenosa mediante el uso de sondas de dedos, pies u oídos. Fue inventado por Takuo Aoyagi, un ingeniero biomédico que trabajaba para la Corporación Shimadzu en Kyoto, Japón, a principios de los años 70 (Salyer, 2003). El oxímetro de pulso es una prueba completamente objetiva, que no requiere respuesta subjetiva del paciente, midiendo directamente los niveles de saturación de oxígeno en sangre (Gopikrishna et al., 2007a).

El oxímetro de pulso consiste en 2 diodos emisores de luz de diferentes longitudes de onda: un rojo (600 nm) y un infrarrojo (940 nm) operados en ciclos de 500 veces por segundo. Las emisiones de estas fuentes de luz son capturadas por un fotodiodo receptor y convertidas por circuitos electrónicos en saturación arterial de oxígeno y pulso (Mills, 1992). El oxímetro aplica un principio conocido como la ley de Beer-Lambert, que establece que una concentración desconocida de soluto (hemoglobina) disuelta en un disolvente conocido (sangre) puede ser evaluada por la absorción de luz del soluto (Schnapp and Cohen, 1990; Benaron et al., 1992; McMorrow and Mythen, 2006).

De acuerdo con esta ley, existe una dependencia logarítmica entre la transmisión de la luz ( $T$ ) a través de una sustancia y el producto del coeficiente de absorción de la sustancia ( $a$ ) y la distancia que la luz viaja a través del material (longitud de la trayectoria).

El coeficiente de absorción puede, a su vez, ser descrito como el cociente entre la energía absorbida y la energía incidente por una superficie o sustancia. (Munshi et al., 2003) y la concentración de especies absorbentes en el material. Para los líquidos, estas relaciones se escriben generalmente como (Sassaroli and Fantini, 2004; Terenji et al., 2005; Kocsis et al., 2006; Rajkumar et al., 2006):  $T = I / I_0 = 10^{-$

$aI = 10 - eIC$ .  $I_0$  e  $I$  son la intensidad de la luz incidente y el material, respectivamente. La absorción de luz roja e infrarroja por los órganos dentales vitales varía en fase con el ciclo cardíaco, pero tiene menor amplitud; en comparación de tejidos blandos, tales como el oído o el dedo, estos cambios en la absorción de luz no pueden ser debido a los cambios de volumen en el tejido pulpar debido a su encapsulación rígida no expuesta. Se han correlacionado con cambios en la dispersión de la luz causada por la redistribución de los glóbulos rojos o cambios en el hematocrito durante el ciclo cardíaco. Estos patrones son diagnósticamente beneficiosos cuando se usa fotopleetismografía. Siendo este potencialmente un método no invasivo para detectar la vascularización dentro de la pulpa. El concepto de la medición es pasar una longitud de onda seleccionada de la luz a través del órgano dental mientras que supervisa continuamente la intensidad de la luz transmitida (Shoher et al., 1973; Kahan et al., 1996; McMorrow and Mythen, 2006; Rajkumar et al., 2006). El cambio pulsátil en el volumen sanguíneo provoca cambios periódicos en la cantidad de luz infrarroja roja absorbida por el lecho vascular antes de llegar al fotodetector.

La relación entre el cambio pulsátil en la absorción de luz roja y el cambio pulsátil en la absorción de luz infrarroja se analiza por el oxímetro de pulso para determinar la saturación de sangre arterial (Salyer, 2003). Mediante el seguimiento de los cambios en la saturación de oxígeno, el oxímetro de pulso puede ser capaz de detectar inflamación pulpar o necrosis parcial en los órganos dentales que todavía responden con sensatez a otras pruebas (Bowes Jr III et al., 1989; Schnapp and Cohen, 1990; Schnettler and Wallace, 1991; Benaron et al., 1992; Mardirossian and Schneider, 1992; Mendelson, 1992; Mills, 1992; Gandy, 1995; Kahan et al., 1996; Calil et al., 2008; Oikarinen et al., 1996; Goho, 1999; McMorrow and Mythen, 2006; Rajkumar et al., 2006; Hargreaves, 2011). Para poder detectar anomalías de la pulpa en diferentes situaciones clínicas, el oxímetro debe ser capaz de determinar primero pulpas dentales en condiciones normales o saludables para su uso como parámetro de referencia. Sin embargo, se han reportado niveles variables de saturación de oxígeno en la literatura para pulpas dentales normales evaluadas utilizando estos dispositivos (Schnettler and Wallace, 1991; Noblett et al., 1996;

Munshi et al., 2003; Siddheswaran et al., 2011; Karayilmaz and Kirzioğlu, 2011; Ciobanu et al., 2012). Por lo tanto, parece haber más evidencia científica para establecer niveles de saturación de oxígeno sugestivos de pulpa normal. La evaluación de pulpas sanas mediante el oxímetro de pulso ha producido niveles medianos de saturación de oxígeno que van del 75% (Gopikrishna et al., 2007a) a 94% (Schnettler and Wallace, 1991). En pulpas inflamadas, la saturación mediana de oxígeno observada fue de 87,4% para pulpitis reversible, 83,1% para pulpitis irreversible y 74,6% para necrosis pulpar (Setzer et al., 2012). Sin embargo, este último resultado parece contradecir otros hallazgos, especialmente en vista de los menores valores reportados para pulpas sanas (70%) (Jafarzadeh and Rosenberg, 2009). Los niveles medianos de saturación de oxígeno establecidos para la pulpa dental normal de los órganos dentales permanentes fueron los siguientes: 87,73% para los incisivos centrales, 87,24% para los incisivos laterales y 87,26% para los caninos. La saturación de oxígeno está relacionada con la capacidad de transporte de oxígeno de la hemoglobina; Cada molécula de hemoglobina puede transportar hasta 4 moléculas de oxígeno, una situación descrita como saturada (Bruno et al., 2014). Si todos los sitios de unión de la hemoglobina están ocupados por oxígeno, la saturación es del 100%. Un individuo sano presenta una saturación arterial de oxígeno que oscila entre el 95% y el 100% (Bruno et al., 2014). Sin embargo, en órganos dentales, la saturación de oxígeno es generalmente menor, hecho que se confirmó en el presente estudio y puede ser explicado por ciertos factores.

En primer lugar, la localización de la pulpa, rodeada de tejido duro, crea un obstáculo para la detección de la vascularización (Fuss et al., 1986). En segundo lugar, la difracción de la luz infrarroja a través de prismas de esmalte y túbulos dentinarios puede conducir a lecturas menores de saturación de oxígeno (Munshi et al., 2003). En teoría, las lecturas de oximetría de pulso son más difíciles de obtener en los órganos dentales con mayor espesor dentinario (Pozzobon et al., 2011). En consecuencia, el profesional en la medición de la saturación de oxígeno utilizando un oxímetro de pulso debe tener en cuenta la edad del paciente (Bruno et al., 2014). Los datos encontrados en la literatura aún no son concluyentes para establecer un nivel mediano de saturación de oxígeno para indicar si una pulpa

dental puede considerarse sana, inflamada o necrótica (Bruno et al., 2014). A pesar de que el oxímetro de pulso es un método eficaz para el diagnóstico de la vitalidad de la pulpa, tiene algunas limitaciones inherentes al uso de estos dispositivos. Entre estas limitaciones, la acidez y el metabolismo causados por el proceso de inflamación puede causar desoxigenación de las hemoglobinas y, en consecuencia, afectar la saturación de oxígeno en la sangre. Otras variables del paciente, como una mayor presión venosa, trastornos de la hemoglobina, vasoconstricción, perfusión periférica baja e hipotensión, también pueden interferir con las lecturas. Las interferencias extrínsecas están relacionadas con la presencia de luz en la habitación, el movimiento de la cabeza y el tipo de sonda (Jafarzadeh and Rosenberg, 2009). Algunas características anatómicas de los dientes prohíben un adecuado aislamiento de la trayectoria del haz al receptor (Schnettler and Wallace, 1991; Amar et al., 1989). Debido a esto, se recomienda el uso de un gel para mejorar la transmisión de luz entre el órgano dental y la sonda del sistema. Además, esta técnica no puede ser utilizada para pruebas pulpares en órganos dentales extensamente restaurados (es decir, con restauraciones de cobertura) (Mills, 1992).

### **1.1 Revisión de literatura**

Bhaskar y Rappaport (1973), informaron de su observación clínica en 25 órganos dentales anteriores que habían sido traumatizados y no respondieron a las pruebas convencionales de vitalidad. Cuando los órganos dentales se abrieron en las cámaras pulpares, todas revelaron pulpas vitales. Concluyeron que las pruebas de vitalidad convencionales son en realidad pruebas de sensibilidad y tienen un valor predictivo cuestionable de la vitalidad del tejido pulpar, además Kahan et al., (1996), diseñaron, construyeron y probaron una sonda dental de reflectancia usando un oxímetro Biox 3740 (Ohmeda®, Louisville, CO). Las lecturas de ondas de pulso de los órganos dentales se encontraron sincronizadas con la sonda de dedos, pero no de manera consistente. Llegaron a la conclusión de que la exactitud del instrumento comercial era decepcionante, y en su forma actual no se consideró que tuviera un valor diagnóstico predecible.

Schnettler y Wallace (1991), informaron una correlación entre las lecturas de pulpa y saturación sistémica de oxígeno usando una sonda modificada del oxímetro de pulso de oído en un órgano dental. Ellos recomendaron su uso como un comprobador definitivo de la vitalidad de la pulpa. Gopikrishna et al., (2007a), mostraron vitalidad pulpar en 17 incisivos maxilares recientemente traumatizados, mostraron que el oxímetro de pulso dio lecturas de vitalidad positiva que permanecieron constantes durante el período de estudio desde el día 0 a 6 meses en todos los pacientes.

Radhakrishnan et al., (2003), encontraron que la correlación entre las lecturas de saturación de oxígeno y lecturas de prueba eléctrica es inversa (es decir, a medida que los valores de la lectura de prueba eléctrica aumentaron, los valores de saturación de oxígeno disminuyeron). Debido a que se puede obtener un nivel de saturación de oxígeno reproducible en órganos dentarios vitales, el oxímetro de pulso tiene un valor clínico inmediato al proporcionar datos de vitalidad basales para los órganos dentarios traumatizados.

Más adelante Gopikrishna et al., (2007b) encontraron que la sensibilidad del oxímetro de pulso fue 1 en comparación con 0.81 con la prueba de frío y 0.71 con la prueba eléctrica. Además, la especificidad del oxímetro de pulso fue 0.95 en comparación con 0.92 con el frío y pruebas eléctricas. (Sensibilidad indica la capacidad de una prueba para detectar la enfermedad en los pacientes que realmente tienen la enfermedad. Una prueba con una sensibilidad de 0,81 tiene un 81% de probabilidad de volver resultados positivos cuando las personas con la enfermedad son probadas. La especificidad, a la inversa, describe la capacidad de una prueba para detectar la ausencia de enfermedad. Una prueba con especificidad de 0.95 tiene un 95% de probabilidad de volver resultados negativos cuando se realiza en personas sin enfermedad). Karayilmaz y Kirzioglu (2011), indicaron que la sensibilidad del oxímetro de pulso es 0.81 y la prueba eléctrica es de 0.91, mientras que la especificidad de estas pruebas es de 0.94 y 0.88, respectivamente. Petersson et al., (1999), también mostraron que la sensibilidad de la prueba de calor es de 0.86, la de frío de 0.83 y la eléctrica de 0.72 mientras que la especificidad de estas pruebas es de 0.41, 0.93 y 0.93, respectivamente.

Actualmente en México, el uso odontológico del oxímetro de pulso es mediante una sonda modificada similar a Noblett et al., (1996) en donde utilizaron una abrazadera de caucho como base para el diseño del sensor del oxímetro de pulso. Se prepararon dos ranuras en cada ala paralela a la superficie del órgano dental. Para colocar las terminales eléctricas en las ranuras preparadas, el terminal tipo ranura se seleccionó para permitir la colocación y extracción de los elementos sensores y para mantener una posición estable. La cinta que contiene el emisor y el detector fueron retirados, permitiendo la inserción de los elementos en los conectores de ranura fijados a la abrazadera.

Así mismo, Goho (1999), exploró el uso de una sonda de oído modificada para evaluar la saturación de oxígeno en pulpa dental. Los órganos dentales vitales mostraron consistentemente valores de saturación de oxígeno que eran más bajos que los valores registrados en los dedos de los pacientes. Los órganos dentales no vitales registraron valores de saturación de oxígeno de 0%. El nivel de saturación de oxígeno de los incisivos permanentes inmaduros promedió 94%, mientras que sus valores de control medidos en los dedos de los pacientes promediaron 98%. El nivel de saturación de oxígeno de los incisivos primarios promedió 93%, mientras que sus valores de control medidos en los dedos de los pacientes promediaron 97%.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

-Determinar si el uso del oxímetro de pulso realiza un diagnóstico pulpar más preciso.

## **2.2 Objetivos específicos**

- Realizar diagnóstico pulpar en órganos dentales sanos y con patologías implementando el oxímetro de pulso.
- Realizar diagnóstico pulpar en órganos dentales sanos y con patologías mediante la prueba térmica al frío.
- Realizar diagnóstico pulpar en órganos dentales sanos y con patologías mediante pruebas eléctricas.
- Comparar los diagnósticos pulpares con las tres diferentes pruebas y corroborar con la estándar de oro (apertura cameral).

## **3 METODOLOGÍA**

### **3.1 Materiales y Métodos:**



Diseño Experimental *In Vivo*. La investigación se llevó a cabo en 30 pacientes voluntarios que ingresaron a la Clínica de Posgrado en Endodoncia de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Querétaro, los cuales firmaron consentimiento informado (Anexo 1), durante el período enero a junio del 2018.

Se utilizaron Órganos dentales anteriores y premolares de los 4 cuadrantes de la cavidad bucal (Tabla 2). Los criterios de inclusión fueron Pacientes en edad de 20-51 años de edad, órganos dentales con corona completa y con raíces con formación completa. El grupo control constó de los órganos dentales contralaterales, es decir, al órgano dental igual en la hemiarcada contraria del maxilar superior o inferior. Se excluyó del estudio órganos dentales con coronas destruidas, caries extensas, restauraciones amplias (resina, amalgamas o coronas), pacientes ansiosos, bajo tratamiento médico o alcohol. Se eliminaron los órganos dentales con calcificaciones en la cámara pulpar. Posterior a esto se continuo con las pruebas, comenzando con la prueba de frío realizada con aerosol refrigerante 1,1,1,2 Tetrafluoretano (Endo-Ice, Coltene ® /Whaledent, Switzerland) (Figura 1) el cual se colocó una torunda de algodón de 5mm, en la superficie labial (vestibular) de los órganos dentales a nivel del tercio cervical (figura 2 y 3).



Figura 1 aerosol refrigerante 1,1,1,2 Tetrafluoretano (Endo-Ice, Coltene®)



Figura 2 aplicación del aerosol refrigerante en la torunda de 5 mm



Figura 3. Aplicación de la Prueba Térmica de Frío en la cara vestibular y tercio cervical del Órgano Dental 11

Se continuó con la prueba eléctrica con la Unidad de Diagnóstico de Elementos y Localizador de Ápices (SybronEndo ®, Anaheim, CA, USA) (figura 4), aislando al órgano dentario con rollos de algodón y colocando pasta (dental) inductora en la superficie labial, se realizó la prueba incrementando lentamente la corriente eléctrica y con ayuda de un dial numérico con una tasa promedio de 5 segundos (Figura 5).



Figura 4. Unidad de Diagnóstico de Elementos y Localizador de Ápices(SybronEndo ®) donde se observa el diodo emisor de la corriente y el gancho.



Figura 5. Aplicación de la corriente eléctrica en la superficie vestibular con pasta inductora en el órgano dental 21.

En la prueba del Oxímetro de Pulso se realizó con el OxiMax® N-65 (Nellcor®), mediante un sensor multisitio (D-YS, Nellcor®) (figura 6) que se colocó paralelo a los órganos dentales por medio de unas pinzas adaptadas al sensor con acrílico y cinta (figura 7 y 8) y así se realizó la lectura de saturación de oxígeno. Finalmente se corroboró el diagnóstico presuntivo con el estándar de oro (apertura cameral) mediante el protocolo convencional de endodoncia, anestesia local, aislamiento absoluto del órgano dental y acceso de la cámara pulpar con fresa de bola de carburo del número 5. Todo se recolectó en hojas de papel, que posteriormente se capturó en hojas de Excel y se realizaron las diferentes pruebas estadísticas.



Figura 7. OxiMax® N-65 (Nellcor®)



Figura 8. Sensores (D-YS, Nellcor®) del oxímetro de pulso atado al acrílico y las pinzas sujetadoras



Figura 9. Colocación de los sensores (D-YS, Nellcor®) del oxímetro de pulso paralelos en el órgano dental 21

### **3.2 Análisis Estadístico**

La base de datos se realizó en excel, se dividieron en diferentes grupos, de los cuales se obtuvo la media, desviación estándar y rango para los datos cuantitativos y cuya prueba aplicada fue ANOVA y *t* student. Los datos cualitativos se representaron en tablas de frecuencia y porcentaje; para la cual se aplicó la prueba  $\chi^2$ . Se estableció un nivel de significancia en  $p < 0.05$ .

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Resultados

En la Tabla 1, se muestran las características clínicas de los pacientes incluidos en el estudio, divididos en 4 grupos, (Pulpitis Irreversible Sintomática, Pulpitis Irreversible Asintomática, Necrosis Pulpar y Pulpa Sana), en los cuales no existió diferencia estadísticamente significativa ( $P>0.05$ ) debido a la similitud de datos obtenidos en edad y en frecuencia de Género.

**Tabla 1.** Características Clínicas de los pacientes para el estudio

<b>Grupo</b>	<b>Pulpitis Irreversible Sintomática (n=19)</b>	<b>Pulpitis Irreversible Asintomática (n=6)</b>	<b>Necrosis Pulpar (n=5)</b>	<b>Grupo Control Pulpa Normal (n=30)</b>	<b>Valor de P</b>
<i>X±DE</i>					
<i>(rango)</i>					
Edad	37.0 ± 8.93 (51-20)	37.0 ± 5.62 (47-32)	33.2 ± 7.66 (44-24)	36.4 ± 8.07 (51-20)	0.8193
<i>Frecuencia %</i>					
Femeninos	14(46.6)	4(13.33)	4(13.33)	22(73.3)	0.9689
Masculinos	5(16.66)	2(6.66)	1(3.33)	8(26.6)	

X=Media; DE=desviación estándar; Se realizó ANOVA y prueba  $\chi^2$ .

En la Tabla 2, se muestra la frecuencia de Órganos Dentales utilizados en el estudio divididos en 4 grupos (Cuadrante 1° al 4°) correspondientes a Anteriores y Premolares en los 4 grupos (Pulpitis Irreversible Sintomática, Pulpitis Irreversible Asintomática, Necrosis Pulpar y Pulpa Sana) , la cual no mostró diferencia estadísticamente significativa entre ellos ( $P>0.05$ ).

**Tabla 2.** Órganos dentales utilizados en el estudio

Prueba Chi<sup>2</sup>; p= 0.6769

<b>Grupo</b>	<b>Pulpitis Irreversible Sintomática (n=19)</b>	<b>Pulpitis Irreversible Asintomática (n=6)</b>	<b>Necrosis Pulpar (n=5)</b>	<b>Grupo Control Pulpa Normal (n=30)</b>
<i>Frecuencia (%)</i>				
CUADRANTE 1°	4(21.05)	2(33.33)	2(40)	13(43.33)
CUADRANTE 2°	9(47.36)	3(50)	1(20)	7(23.33)
CUADRANTE 3°	3(15.78)	1(16.66)	1(20)	3(10)
CUADRANTE 4°	3(15.78)	0(0)	1(20)	7(23.33)

En la Tabla 3, se observa las lecturas de saturación de oxígeno tomadas con el oxímetro de pulso en los diferentes grupos (Pulpitis Irreversible Sintomática, Pulpitis Irreversible Asintomática, Necrosis Pulpar y Pulpa Sana), se realizó la comparación de los grupos Pulpitis Irreversible Sintomática y Pulpitis Irreversible Asintomática con Pulpa Normal, en las cuales existe diferencia estadísticamente significativa para ambas ( $P < 0.05$ ), en cuanto a Pulpitis Irreversible Sintomática con Pulpitis Irreversible Asintomática no existe diferencia estadísticamente significativa ( $P > 0.05$ ).

**Tabla 3.** Lecturas de saturación de oxígeno

<b>Grupo</b>	<b>Pulpitis Irreversible Sintomática (n=19)</b>	<b>Pulpitis Irreversible Asintomática (n=6)</b>	<b>Necrosis Pulpar (n=5)</b>	<b>Grupo Control Pulpa Normal (n=30)</b>
<i>X ± DE</i>				
<i>(rango)</i>				
Saturación	85 ± 0.034	87 ± 0.028	0 ± 0	82 ± 0.033
De O <sub>2</sub> %	(93-80)	(91-84)	(0-0)	(89-77)

X=Media; DE=desviación estándar; Se realizaron pruebas *t* de student: Pulpitis Irreversible Sintomática vs Pulpa Normal;  $p=0.0055$ ; Pulpitis Irreversible Asintomática vs Pulpa Normal;  $p= 0.0034$ . Pulpitis Irreversible Sintomática vs Pulpitis Irreversible Asintomática;  $p= 0.2941$ .



En la Tabla 4, se observan los valores de Especificidad, Sensibilidad, Valor Predictivo Positivo y Valor Predictivo Negativo en base a las tablas 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12, utilizando las fórmulas correspondientes a cada uno de ellos y se puede observar que en Sensibilidad, se obtuvo el 100% en casi todas las pruebas diagnósticas excepto en la prueba eléctrica mostrando el 83% en el diagnóstico de Pulpitis Irreversible Asintomática y el 80% en Necrosis pulpar, en cuanto a la Especificidad se obtuvo el 100% en todas las pruebas realizadas, sin embargo en el Valor Predictivo Positivo se obtuvo en las pruebas al frío, eléctrica y oxímetro de pulso un 38% en Pulpitis Irreversible Sintomática, 14% en Pulpitis Irreversible Asintomática y 0 en las demás, excepto en el prueba eléctrica en la que se observa un 3% en el diagnóstico de Necrosis pulpar.

**Tabla 4.** Especificidad, Sensibilidad, Valor Predictivo y Valor Predictivo Negativo para las pruebas de frío, eléctrica y oxímetro de pulso

<i>Prueba</i>		<i>Sensibilidad</i>	<i>Especificidad</i>	<i>VPP</i>	<i>VPN</i>
Frío	PIS	1	1	0.38	0
	PIA	1	1	0.14	0
	NP	1	1	0	0
	PN	1	1	0	0
Eléctrica	PIS	1	1	0.38	0
	PIA	0.83	1	0.14	1
	NP	0.8	1	0.03	1
	PN	1	1	0	0
Oxímetro de Pulso	PIS	1	1	0.38	1
	PIA	1	1	0.14	0

NP	1	1	0	0
PN	1	1	0	0

---

## 4.2 Discusión

Dentro de este estudio se utilizaron pacientes de edad entre 20 y 51 años a diferencia de Peterson et al., (1999) en donde utilizaron pacientes de 21 a 79 años, Goho, (1999) utilizó pacientes de 4 a 10 años, Gopikrishna et al., (2007b) usaron pacientes de 15 a 40 años, Calil et al., (2008) utilizaron pacientes de 26 a 38 años, Fuss et al., (1986) usaron pacientes de 9 a 34 años, y Karayilmaz & Kirzioğlu, (2011) usaron pacientes de 12 a 18 años pacientes. Dicho factor permitió tener mejor control, ya que los niños y adolescentes tienden a dar una respuesta poco confiable. Considerándose que los pacientes de edad adulta avanzada presentan disminución en las terminaciones nerviosas, disminución en el volumen de la pulpa y algunos cambios en los tejidos intersticiales que pueden causar respuestas falsas. Las restauraciones extensas y la calcificación pulpar pueden considerarse otras limitaciones en la fiabilidad de las pruebas de sensibilidad en estos pacientes. Se utilizaron pacientes tanto femeninos como masculinos (tabla 1) sin diferencia estadísticamente significativa, de los cuales se incluyeron a órganos dentales anteriores y premolares tanto superiores como inferiores, el cuadrante del cual se tomaron más pruebas fue el 2° (tabla 2) sin diferencia estadísticamente significativa, posteriormente se realizaron las pruebas diagnósticas al Frío, Eléctrica y con el Oxímetro de Pulso cada una con un intervalo de tiempo de 5 minutos. De acuerdo con los resultados obtenidos se demostró con el oxímetro de pulso valores de saturación de oxígeno en los diferentes diagnósticos pulpares (Tabla 3) como: Pulpitis Irreversible Sintomática 80-93%, Pulpitis Irreversible Asintomática 84-91%, Necrosis Pulpar de 0% y en Pulpa Normal 89-77%. La evaluación de pulpas sanas mediante oximetría de pulso ha producido niveles medianos de saturación de oxígeno que van del 75% Gopikrishna et al (2007a) a 94% Schnettler and Wallace (1991) similares obtenidos en el estudio, En pulpas inflamadas, la saturación mediana de oxígeno observada fue de 87,4% para pulpitis reversible, 83,1% para pulpitis irreversible y 74,6% para necrosis pulpar Setzer et al (2012). Sin embargo, este último resultado parece contradecir otros hallazgos, especialmente en vista de los valores menores reportados para pulpas sanas (70%) Jafarzadeh and Rosenberg (2009). En cuanto a los demás resultados difieren con estos estudios

probablemente a que no se compararon específicamente los diagnósticos de Pulpitis Irreversible Sintomática y Asintomática, en Necrosis Pulpar no coincide el resultado con estudios previos debido que no se obtuvieron lecturas falsas-positivas. Dentro de las pruebas diagnósticas se seleccionó la prueba Térmica al frío debido a que estas pruebas han demostrado ser más confiables que las pruebas de calor. Peterson et al., (1999) evaluaron la capacidad de las pruebas térmicas y eléctricas para registrar la vitalidad de la pulpa. Los resultados indicaron que la probabilidad de que una reacción no sensible representara una pulpa necrótica del 89% con la prueba al frío, del 48% con la prueba de calor y del 88% con la prueba eléctrica. La probabilidad de que una reacción sensible representara una pulpa vital fue del 90% con la prueba al frío, del 83% con la prueba de calor y del 84% con la prueba eléctrica. Por lo tanto, la precisión fue de 86% para prueba al frío, 71% para prueba de calor y 81% para prueba eléctrica. Además, según Peters et al., (2001) es mucho más raro tener un falso positivo al frío que eléctrico. Dentro del estudio se obtuvo una sensibilidad y especificidad a la prueba de frío de 100% (tabla 4) en los diferentes diagnósticos, probablemente se debe a los criterios de inclusión. De igual manera se obtuvo en el oxímetro de pulso una sensibilidad y especificidad de 100% mientras que la prueba eléctrica obtuvo 83% (en Pulpitis Irreversible Asintomática) y 80% (Necrosis Pulpar) (tabla 4), autores como Gopikrishna et al., (2007a) demostraron que la sensibilidad del oxímetro de pulso fue de 100%, la prueba al frío de 81% y la prueba eléctrica es 71%, mientras que la especificidad de estas pruebas fue 95%, 92% y 92%, respectivamente. Además, Karayilmaz & Kirzioğlu, (2011) indicaron que la sensibilidad del oxímetro de pulso es 81% y la prueba eléctrica es 91%, mientras que la especificidad de estas pruebas es 94% y 88%, respectivamente. Peterson et al., (1999) también mostraron que la sensibilidad de la prueba de calor es de 86%, la prueba al frío es de 83% y la prueba eléctrica de 72%, mientras que la especificidad de estas pruebas es de 41%, 93% y 93% respectivamente. Los resultados del presente estudio no confirman los estudios descritos anteriormente, y nuestro hallazgo sobre la sensibilidad y especificidad de la prueba al frío y eléctrica es muy diferente mostrando similitud para realizar el diagnóstico, pero no la certeza de que sean realmente pruebas objetivas ya que

factores como las drogas, analgésicos, narcóticos, sedantes, tranquilizantes y el alcohol también pueden influir en la respuesta del paciente (Chambers., 1982). Por lo tanto, los alcohólicos tienden a tener una respuesta de umbral elevado (Ziskin y Zegarelli., 1945). Se ha indicado que la meperidina no altera la respuesta del paciente, pero una dosis sistémica de paracetamol puede afectar la respuesta del paciente (Carnes et al., 1998; Kardelis et al., 2002). Dentro de este estudio se excluyeron drogas y alcohol. Una parte importante de este estudio fue hacer una sonda dental específica para la aplicación del oxímetro de pulso en el diagnóstico pulpar. Las sondas dentales especiales no se han fabricado para el mercado dental, y esta es una limitación importante del uso del oxímetro de pulso en endodoncia. Las sondas de dedo u oído no pueden adaptarse a la superficie dental externa, por lo que algunos investigadores anteriores han utilizado sondas dentales a medida en sus estudios. Noblett et al (1996) utilizaron una abrazadera de dique de goma como sensor del oxímetro de pulso. Kahan et al (1996), Goho (1999) y Gopikrishna et al (2007) utilizaron sondas innovadoras en sus estudios. En el presente estudio, se fabricó otro tipo de sonda realizada con acrílico, plástico y pinzas de disección permitiendo tener los sensores del oxímetro paralelos. Los resultados mostraron que, en comparación con el estándar de oro, la aplicación de esta sonda puede ayudar en el diagnóstico. El oxímetro de pulso es un método eficaz en endodoncia pero existen algunas limitaciones inherentes a su tecnología. Las limitaciones intrínsecas incluyen el aumento de la acidez y la tasa metabólica que surge de la inflamación, lo que causa la desoxigenación de la hemoglobina y los cambios en la saturación de oxígeno en la sangre. Las variables del paciente, como el aumento de las pulsaciones venosas, trastornos de la hemoglobina, vasoconstricción, baja perfusión periférica, hipotensión y movimientos corporales pueden complicar las lecturas. Los factores ambientales que pueden causar mediciones inexactas incluyen electrocauterio cerca del sensor y lecturas de presión arterial. Las interferencias extrínsecas pueden ser causadas por las lámparas de arco de xenón, el movimiento de la sonda y los problemas dentro de la sonda. Debido a que esta prueba no produce estímulos nocivos, los pacientes aprehensivos o angustiados pueden aceptarla más fácilmente que los métodos de tradicionales. La fabricación

de sondas a futuro nos puede ayudar a la mejora del uso del oxímetro de pulso y así facilitar realizar lecturas para obtener resultados más uniformes que nos ayude a corroborar estudios ya realizados.

### **4.3 Conclusión**

Se menciona que los resultados de este estudio nos arrojan a saber utilizar las pruebas diagnósticas ya que todas son de gran ayuda en el diagnóstico pulpar, pero en diferentes casos como lo son con pacientes ansiosos y aprehensivos, el uso del oxímetro de pulso nos ayuda a que ellos acepten realizar pruebas con tranquilidad, la prueba al frío ayuda en órganos dentales que se encuentran en mal posición, sin embargo la prueba eléctrica tiene contraindicaciones como pacientes con marcapasos y anteriormente ha arrojado mayor resultados falsos-positivos en comparación de las otras pruebas. Por lo que el uso del oxímetro de pulso sirve como auxiliar en el diagnóstico pulpar con la ayuda de la historia clínica dental. Los parámetros registrados en los diferentes diagnósticos pulpares no son consistentes en comparación con pulpas sanas debido a que son similares en sus lecturas y por lo tanto solo nos puede decir si la pulpa es vital o necrótica.

## **5. REFERENCIAS**

- Amar D., Neidzwski J., Wald A., and Finck A.D., 1989. Fluorescent light interferes with pulse oximetry. *jcmc* 5(2):135–36.
- Benaron D.A., Benitz W.E., Ariagno R.L., and Stevenson D.K., 1992. Noninvasive methods for estimating in vivo oxygenation. *Clin Pediatr* 31(5):258–73.
- Bhaskar S.N., and Rappaport H.M., 1973. Dental vitality tests and pulp status. *J Am Dent Assoc* 86:409–11.
- Bowes Jr.III, Watson A., Corke B.C., and Hulka J., 1989. Pulse Oximetry: A review of the theory, accuracy, and clinical applications. *Obstet Gynecol* 74(3, Part 2):541–46.
- Bruno, F.K., Barletta F.B., Felipe W.T., Silva J.A., De Alencar A.H.G., and Estrela C., 2014. Oxygen saturation in the dental pulp of permanent teeth: A critical review. *J Endod* 40(8):1054–57.
- Calil E., Caldeira C.L., Gavini E., and Lemos E.M., 2008. Determination of pulp vitality in vivo with pulse oximetry. *Int Endod J* 41(9):741–46.
- Ciobanu G.I.I., and Ungureanu L., 2012. Testing of pulp vitality by pulsoximetry. *Odontology* 2(2): 94–98.
- Fratkin R.D., Kenny D.J., and Johnston D.H., 1999. Evaluation of a laser doppler flowmeter to assess blood flow in human primary incisor teeth. *Clin Pediatr* 21:53–56.
- Fuss Z., Trowbridge H., Bender I.B., Rickoff B., and Sorin S., 1986. Assessment of reliability of electrical and thermal pulp testing agents. *J Endod* 12(7):301–5.
- Gandy S.R., 1995. The use of pulse oximetry in dentistry. *J Am Dent Assoc* 126(9):127412761278.
- Goho C., 1999. Pulse Oximetry evaluation of vitality in primary and immature permanent teeth. *Clin Pediatr* 21:125–27.

Gopikrishna V., Tinagupta K., and Kandaswamy D., 2007a. Comparison of electrical, thermal, and pulse oximetry methods for assessing pulp vitality in recently traumatized teeth. *J Endod* 33(5):531–35.

Gopikrishna V., Tinagupta K., and Kandaswamy D., 2007b. Evaluation of efficacy of a new custom-made pulse oximeter dental probe in comparison with the electrical and thermal tests for assessing pulp vitality. *J Endod* 33(4):411–14.

Hargreaves, K. M. (2011). *Vías de la pulpa*. Elsevier España.

Ingle J.I., Bakland L.K., and Baumgartner J.C., 2008. *Ingle's Endodontics*. Th Ed 25:1053–87.

Jafarzadeh H., and Rosenberg P.A., 2009. Pulse oximetry: Review of a potential aid in endodontic diagnosis. *J Endod* 35(3):329–33.

Kahan R.S., Gulabivala K., Snook M., and Setchell D.J., 1996. Evaluation of a pulse oximeter and customized probe for pulp vitality testing. *J Endod* 22(3):105–9.

Karayilmaz H., and Kirzioğlu Z., 2011. Comparison of the reliability of laser doppler flowmetry, pulse oximetry and electric pulp tester in assessing the pulp vitality of human teeth. *J Oral Rehabil* 38(5):340–47.

Kocsis L., Herman P., and Eke A., 2006. The modified beer lambert law revisited. *Phys Med Biol* 51(5).

Mardirossian G., and Schneider R.E., 1992. Limitations of pulse oximetry. *Anesth Prog* 39(6):194.

McMorrow R.C.N., and Mythen M.G., 2006. Pulse oximetry. *curr opin crit care* 2(3):269–71.

Mendelson Y., 1992. Pulse Oximetry: Theory and applications for noninvasive monitoring. *Clin Chem* 38(9):1601–7.

Mills R.W. 1992. Pulse oximetry a method of vitality testing for teeth?. *Br Dent J*



172(9):334.

Munshi A., Hegde A., and Radhakrishnan S., 2003. Pulse Oximetry: A diagnostic instrument in pulpal vitality testing. *Clin Pediatr* 26(2):141–45.

Nissan R., Trope M., Zhang C.D., and Chance B., 1992. Dual wavelength spectrophotometry as a diagnostic test of the pulp chamber contents. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 74(4):508–14.

Noblett W.C., Wilcox L.R., Scamman F., Johnson W.T., and Diaz-Arnold A. 1996. Detection of pulpal circulation in vitro by pulse oximetry. *J Endod* 22(1):1–5.

Oikarinen K.H., Mäkinen K.M., and Herrala E., 1996. Detection of pulse in oral mucosa and dental pulp by means of optical reflection method. *Dent Traumatol* 12(2):54–59.

Peters, L.B., Wesselink, P.R., Buijs, J.F., Van Winkelhoff, A.J. 2001. Viable bacteria in root dentinal tubules of teeth with apical periodontitis. *J Endod*, 27(2): 76–81.

Peterson K.C., Kiani-Anaraki S.M., and Levy G. 1999. Evaluation of the ability of thermal and electrical tests to register pulp vitality. *Dent Traumatol* 15(3):127–31.

Pozzobon M.H., de Sousa Vieira R., Hecke Alves A.M., Reyes-Carmona J., Silveira Teixeira C., Mendes de Souza B.D., and Felipe W.T., 2011. Assessment of pulp blood flow in primary and permanent teeth using pulse oximetry. *Dent Traumatol*:184–88.

Rajkumar A., Karmarkar A., and Knott J., 2006. Pulse oximetry: an overview. *J Perioper Pract* (10):502.

Ramsay D.S., Artun J., and Martinen S.S., 1991. Reliability of pulpal blood-flow measurements utilizing laser doppler flowmetry. *J Dent Res* 70(11):1427–30.

Salyer J.W., 2003. Neonatal and pediatric pulse oximetry. *Respir Care* 48(4):386–

98.

Sasano T., Onodera D., Hashimoto K., Iikubo M., Satoh-Kuriwada S., Shoji N., and Miyahara T., 2005. Possible application of transmitted laser light for the assessment of human pulp vitality. part 2. increased laser power for enhanced detection of pulpal blood flow. *Dent Traumatol* 21(1):37–41.

Sassaroli, Angelo, and Sergio Fantini. 2004. Comment on the modified beer lambert law for scattering media. *Phys Med Biol* 49(14):N255.

Schnapp L.M., and Cohen N.H., 1990. Pulse oximetry: uses and abuses. *Chest* 98(5):1244–50.

Schnettler J.M., and Wallace J.A., 1991. Pulse oximetry as a diagnostic tool of pulpal vitality. *J Endod* 17(10):488–90.

Setzer F.C., Hamoy Kataoka S.H., Natrielli F., Gondim-Junior E., and Caldeira C.L., 2012. Clinical diagnosis of pulp inflammation based on pulp oxygenation rates measured by pulse oximetry. *J Endod* 38(7):880–83.

Shoher I., Mahler Y., and Samueloff S., 1973. Dental pulp photoplethysmography in human beings. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 36 (6):915–21.

Siddheswaran V., Adyanthaya R., and Shivanna V., 2011. Pulse Oximetry: A Diagnostic instrument in pulpal vitality testing an in vivo study. *World J Dent* 2: 225–30.

Terenji A., Willmann A., Osterholz A., Hering P., and Schwarzmaier H.M., 2005. Measurement of the coagulation dynamics of bovine liver using the modified microscopic beer lambert law. *Lasers Surg Med* 36(5):365–70.

## **6. APÉNDICE**

### **Anexo 1. Consentimiento informado**



Odontología  
UAQ



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Medicina



## **Consentimiento informado para participar en un proyecto de investigación Biomédica**

Santiago de Querétaro, Querétaro

**TITULO DEL PROYECTO:** Empleo del oxímetro de pulso como auxiliar en el diagnóstico pulpar.

Investigador principal: M.C.D Jennifer Jara de la Torre alumna del Posgrado en Endodoncia en la Facultad de Medicina de la UAQ.

Teléfono: (492) 164 94 73

Sede donde se realizará el estudio: Clínica de Posgrado en Endodoncia de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Querétaro.

Nombre del paciente:

---

Se le hace la atenta invitación a participar en este estudio de investigación biomédica. Antes de decidir si participan o no usted debe conocer y comprender cada uno de los siguientes apartados. Este proceso se conoce como consentimiento informado. Siéntase con absoluta libertad para preguntar sobre cualquier aspecto que le ayude a aclarar sus dudas al respecto.

Una vez que haya comprendido el estudio y si usted desea participar, entonces se le pedirá que firme esta forma de consentimiento, de la cual se le entregará una copia firmada y fechada.

## **JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

En nuestra clínica de endodoncia usamos diferentes tipos de pruebas para medir como se encuentra la pulpa de su diente como por ejemplo pruebas de temperatura y eléctricas. Éstas se basan en la respuesta nerviosa de su diente.

Dentro de nuestro estudio queremos probar la utilidad de una prueba con aparato que se llama oxímetro del pulso, el cual nos indicará si su diente está sano o no dependiendo de cómo se encuentran vasos sanguíneos, para poder ofrecerle un buen diagnóstico y con esto un buen tratamiento.



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Medicina



## **OBJETIVO DEL ESTUDIO**

Evaluar si el uso del oxímetro de pulso nos permite realizar de una forma más precisa el diagnóstico de su pulpa dental.

## **BENEFICIOS DEL ESTUDIO**

Éste estudio nos podrá dar una respuesta más fiable, no es una prueba que le causará dolor o molestias y esta prueba nos ayudará a obtener resultados confiables para la realización del diagnóstico, y no habrá necesidad de un costo extra para realizar su diagnóstico.

## **PROCEDIMIENTOS DEL ESTUDIO**

Si reúne las condiciones para participar en este protocolo y de aceptar participar se le realizarán las siguientes pruebas y procedimientos:

- 1.- Antes de iniciar con el procedimiento del tratamiento de conductos (endodoncia), se realizará la prueba con frío, eléctrica y con el oxímetro de pulso.
- 2.- Se continuará con el procedimiento del tratamiento de conductos tradicional.

## **RIESGOS ASOCIADOS CON EL ESTUDIO**

No existe ningún riesgo al realizar esta prueba, no es invasiva y es segura para realizarse con todo tipo de pacientes.



Odontología  
UAQ



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Medicina



## **ACLARACIONES**

El tiempo estimado para la realización de las pruebas son aproximadamente 15 minutos.

- 1.- Su decisión de participar en el estudio es completamente libre y voluntaria.
- 2.- En caso de no aceptar la invitación, no habrá ninguna consecuencia desfavorable para usted.
- 3.- Si acepta participar, usted puede retirarse en el momento que lo desee, pudiendo o no informar a la investigadora principal las razones de su decisión, la cual será respetada en su integridad
- 4.- No tendrá que hacer gasto alguno derivado de este estudio, el financiamiento del mismo es por cuenta del investigador principal.
- 5.- No recibirá pago por su participación
- 6.- En el caso de que el participante presente algún efecto adverso secundario no previsto que implique un gasto económico, este será cubierto por el investigador principal, siempre que estos efectos sean consecuencia comprobada de su participación en el estudio.
- 7.- En el transcurso del estudio usted podrá solicitar información actualizada sobre el mismo a la investigadora responsable.
- 8.- La información obtenida en este estudio, utilizada para la identificación de cada paciente será mantenida en estricta confidencialidad por el grupo de investigadores, pero los resultados derivados de este (no sus datos personales) podrían ser publicados en una tesis o artículo de investigación.
- 9.- Usted también tiene opción de recibir mayor información por parte de las comisiones de investigación y de bioética de la Facultad de Medicina de la UAQ en caso de que tenga dudas sobre sus derechos como participante del estudio a través de:

Dr. Rubén A. Domínguez Pérez

Integrante del área Odontológica del comité de Bioética de la Facultad de Medicina de la UAQ. Correo: [dominguez.ra@uaq.mx](mailto:dominguez.ra@uaq.mx)

Si considera que no hay dudas ni preguntas acerca de su participación, puede, si así lo desea, firmar la carta de consentimiento informado que forma parte de este documento.

NUMERO DE FOLIO: \_\_\_\_\_



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Medicina



## CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo, \_\_\_\_\_ he leído y comprendido la información anterior y mis preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria. He sido informado y entiendo que los datos obtenidos en el estudio pueden ser publicados o difundidos con fines científicos. Convengo en participar en este estudio de investigación. Recibiré una copia firmada y fechada de esta forma de consentimiento

\_\_\_\_\_

**Firma del participante**

**Fecha:** \_\_\_\_\_

**Testigo 1.** \_\_\_\_\_

**Testigo 2.** \_\_\_\_\_

**Esta parte debe ser completada por el Investigador (o su representante):**



He explicado al Sr(a). \_\_\_\_\_ La naturaleza y los propósitos de la investigación; le he explicado acerca de los riesgos y beneficios que implica su participación. He contestado a las preguntas en la medida de lo posible y he preguntado si tiene alguna duda. Acepto que he leído y conozco la normatividad correspondiente para realizar investigación con seres humanos y me apego a ella.



Odontología  
UAQ



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Medicina



Una vez concluida la sesión de preguntas y repuestas, se procedió a firmar el presente documento.

**Nombre y firma del investigador.**

M.C.D Jennifer Jara de la Torre de 2° semestre de posgrado en Endodoncia en la Facultad de Medicina de la UAQ” \_\_\_\_\_

**Correo electrónico:** [jenfer.0992@gmail.com](mailto:jenfer.0992@gmail.com)

**Fecha:** \_\_\_\_\_



Odontología  
UAQ



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Medicina



## Carta de revocación del consentimiento

**Título del protocolo:**

Empleo del oxímetro de pulso como auxiliar en el diagnóstico pulpar.

Investigador principal:

M.C.D Jennifer Jara de la Torre.

Sede donde se realizará el estudio: Clínica de Posgrado en Endodoncia de la Facultad de medicina de la Universidad Autónoma de Querétaro.

Nombre del participante:

\_\_\_\_\_

Por este conducto deseo informar mi decisión de retirarme de este proyecto de investigación por las siguientes razones (opcional): -----

-----



Odontología  
UAQ



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Medicina



Si el paciente así lo desea, podrá solicitar que le sea entregada toda la información que se haya recabado sobre él, con motivo de su participación en el presente estudio.

Nombre y firma del paciente: \_\_\_\_\_

Nombre y firma de un testigo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

c.c.p El paciente.

**(Se deberá elaborar por duplicado quedando una copia en poder del paciente).**

**Anexo 2. Tablas de recolección de datos de las respuestas de los órganos dentales ante las diferentes pruebas diagnósticas; Frío, Eléctricas y Oxímetro de Pulso.**

En la Tabla 5, se observa la cantidad de respuestas positivas y negativas ante la prueba eléctrica realizada en 2 grupos (Pulpitis Irreversible Sintomática y Pulpa Normal).

**Tabla 5.** Respuesta de prueba eléctrica en PIS

<b>Grupo</b>	<b>Pulpitis Irreversible Sintomática (n=19)</b>	<b>Pulpa Normal (n=30)</b>	<b>Total</b>
Positivo	19	30	49
Negativo	0	0	0
Total	19	30	49

En la Tabla 6, se observa la cantidad de respuestas positivas y negativas ante la prueba eléctrica realizada en 2 grupos (Pulpitis Irreversible Asintomática y Pulpa Normal).

**Tabla 6.** Respuesta en prueba eléctrica de PIA

<b>Grupo</b>	<b>Pulpitis Irreversible Asintomática (n=6)</b>	<b>Pulpa Normal (n=30)</b>	<b>Total</b>
Positivo	5	30	35

Negativo	1	0	1
Total	6	30	36

En la Tabla 7, se observa la cantidad de respuestas positivas y negativas ante la prueba eléctrica realizada en 2 grupos (Necrosis Pulpar y Pulpa Normal).

**Tabla 7.** Respuesta en prueba eléctrica en NP

<i>Grupo</i>	<i>Necrosis Pulpar (n=5)</i>	<i>Pulpa Normal (n=30)</i>	<i>Total</i>
Positivo	1	30	31
Negativo	4	0	4
Total	5	30	35

En la Tabla 8, se observa la cantidad de respuestas positivas y negativas ante la prueba térmica de frío realizada en 2 grupos (Pulpitis Irreversible Sintomática y Pulpa Normal).

**Tabla 8.** Respuesta de prueba térmica (frío)

<b>Grupo</b>	<b><i>Pulpitis Irreversible Sintomática (n=19)</i></b>	<b><i>Pulpa Normal (n=30)</i></b>	<b><i>Total</i></b>
Positivo	19	30	49
Negativo	0	0	0
En			la
Total	19	30	49

Tabla 9, se observa la cantidad de respuestas positivas y negativas ante la prueba térmica de frío realizada en 2 grupos (Pulpitis Irreversible Asintomática y Pulpa Normal).

**Tabla 9.** Respuesta de prueba térmica (frío)

<b>Grupo</b>	<b><i>Pulpitis Irreversible Asintomática (n=6)</i></b>	<b><i>Pulpa Normal (n=30)</i></b>	<b><i>Total</i></b>
--------------	--	-----------------------------------	---------------------

Positivo	25	30	55
Negativo	5	0	5
Total	30	30	60

En la Tabla 10, se observa la cantidad de respuestas positivas y negativas ante la prueba térmica de frío realizada en 2 grupos (Necrosis Pulpar y Pulpa Normal).

**Tabla 10.** Respuesta de prueba térmica (frío)

<b>Grupo</b>	<b>Necrosis Pulpar (n=5)</b>	<b>Pulpa Normal (n=30)</b>	<b>Total</b>
Positivo	0	30	30
Negativo	5	0	5
Total	5	30	35

En la Tabla 11, se observa la cantidad de respuestas positivas y negativas ante la prueba con el oxímetro de pulso realizada en 2 grupos (Pulpitis Irreversible Sintomática y Pulpa Normal).

**Tabla 11.** Respuesta del oxímetro de pulso

<b>Grupo</b>	<b>Pulpitis Irreversible Sintomática</b>	<b>Pulpa Normal (n=30)</b>	<b>Total</b>



<b>(n=19)</b>					
	Positivo	19	30	49	
En	Negativo	0	0	0	la
	Total	19	30	49	

Tabla 12, se observa la cantidad de respuestas positivas y negativas ante la prueba con el oxímetro de pulso realizada en 2 grupos (Pulpitis Irreversible Asintomática y Pulpa Normal).

**Tabla 12.** Respuesta del oxímetro de pulso

<b>Grupo</b>	<b>Pulpitis Irreversible Asintomática (n=6)</b>	<b>Pulpa Normal (n=30)</b>	<b>Total</b>
Positivo	6	30	36
Negativo	0	0	0
Total	6	30	36

En la Tabla 13, se observa la cantidad de respuestas positivas y negativas ante la prueba con el oxímetro de pulso realizada en 2 grupos (Necrosis Pulpar y Pulpa Normal).

**Tabla 13.** Respuesta del oxímetro de pulso

<b>Grupo</b>	<b>Necrosis Pulpar (n=5)</b>	<b>Pulpa Normal (n=30)</b>	<b>Total</b>
Positivo	0	30	30
Negativo	5	0	5
Total	5	30	35