



**RECUPERACIÓN DE LA TEMPERATURA CORONARIA COMO
INDICADOR DE VITALIDAD: COMPARATIVA DE LA MEDICIÓN
DE 3 TERMÓMETROS INFRARROJOS**

Trabajo de Investigación
requisito para optar al
Título de Cirujano Dentista

Alumnas: Valentina Rearte Ibar
Javiera Tordecilla Rodríguez
Docente Guía: Prof. Dr. Ricardo Moreno Silva
Cátedra de Patología y Diagnóstico Oral

Valparaíso – Chile
2014

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias por apoyarnos y darnos aliento durante el transcurso de la carrera, estando siempre presentes tanto en los buenos como en los difíciles momentos que tuvimos que atravesar.

A nuestros amigos por brindarnos compañía y alegría en los momentos que necesitamos distracción y liberación del estrés universitario.

A nuestro docente guía Dr. Ricardo Moreno Silva por su simpatía, compromiso y dedicación para guiarnos durante la realización del presente proyecto de investigación.

Al estadístico Juan Carlos Herrera por su disposición y paciencia a la hora de atender dudas y su preocupación por el correcto desenlace de nuestro trabajo.

A los pacientes que participaron en la investigación, que soportaron largos periodos de análisis clínico sólo por su buena voluntad y ganas de ayudarnos en el desarrollo del estudio.

Finalmente a Dios, que estuvo y estará siempre presente para acompañarnos y apoyarnos en esta nueva etapa que nos tocará vivir.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1-2
2. MARCO TEÓRICO	3-13
2.1 Pulpa Dental	3
2.1.1 Organización de la estructura pulpar	3
2.1.2 Vascularización de la pulpa dental	3-4
2.1.3 Inervación de la pulpa dental	4-5
2.2 Patogenia de la Patología Pulpar	5
2.2.1 Factores etiológicos	5
2.2.2 Dientes traumatizados	5-6
2.3 Test de vitalidad	6
2.3.1 Generalidades	6-7
2.3.2 Test eléctrico	7
2.3.3 Test térmico	7-8
2.3.4 Vascularización pulpar como indicador de vitalidad	8-9
2.3.4.1 Flujiometría por láser doppler	9
2.3.4.2 Pulsioximetría	9-10
2.3.5 Temperatura Coronaria	10-12
2.4 Termómetros Infrarrojos	13
3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	14
3.1 Hipótesis	14
3.2 Objetivo General	14
3.3 Objetivos Específicos	14
4. MATERIAL Y MÉTODO	15-26
4.1 Diseño de Investigación	15
4.2 Entorno	15
4.3 Universo	15
4.4 Muestra	15
4.4.1 Tipo de Muestreo	15
4.4.2 Tamaño Muestral	15-16
4.5 Criterios de inclusión y exclusión	16
4.5.1 Criterios de Inclusión	16
4.5.2 Criterios de Exclusión	16
4.6 Consideraciones Bioéticas	16-17
4.7 Variables	17
4.7.1 Variables Demográficas	17
4.7.1 Variable Independiente	17
4.7.2 Variables Dependientes	17
a) Variable Instrumento A	17-18
b) Variable Instrumento B	18
c) Variable Instrumento C	18-19
4.8 Recolección de Datos	19
4.8.1 Instrumento de Medición	20

4.8.1.1	Termómetros	20
4.8.1.2	Cronómetro	21
4.8.2	Calibración	21
4.8.3	Estandarización	21
4.9	Procedimiento Experimental	21
4.9.1	Estudio Piloto	22-23
4.9.2	Protocolo Experimental	23-25
4.10	Control de Sesgos y Limitaciones	25
4.11	Análisis de Datos	25-26
5.	RESULTADOS	27-36
5.1	Sexo	27
5.2	Edad	27-28
5.3	Temperatura Coronaria Basal (TCB)	28
5.4	Temperatura Coronaria Post-Enfriamiento (TCPE)	28-29
5.5	Tiempo de Recuperación de TCB	29-31
5.6	Temperatura de Recuperación	32-34
5.7	Perfiles de los Termómetros A, B y C	34-36
6.	DISCUSIÓN	37-41
7.	CONCLUSIÓN	42
8.	SUGERENCIAS Y LIMITACIONES	43
9.	RESUMEN	44
10.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45-46
11.	ANEXOS	47
10.1	Anexo N°1: Consentimiento Informado	
10.2	Anexo N°2: Ficha de Recolección de Datos	
10.3	Anexo N°3: Análisis Estadístico	
10.3.1	Resumen de Pruebas Estadísticas Realizadas	
10.3.2	Análisis Exploratorio	
10.3.3	Análisis Confirmatorio	
10.3.4	Herramientas Estadísticas Utilizadas	

1. INTRODUCCIÓN

En ocasiones en la práctica diagnóstica odontológica surge la necesidad de determinar la presencia o ausencia de vitalidad pulpar en algún diente sospechoso con el fin de indicar la terapéutica correcta. Para ello, se somete al diente “problema” y por lo general a su homólogo, en forma comparativa, a un test térmico (frío o calor) o eléctrico que pretende generar una respuesta dolorosa para que éste sea considerado vital o en caso contrario desvital.

Como herramienta para determinar el estado de vitalidad de un diente se cuenta con los Test de Vitalidad, cuyo objetivo es determinar si la pulpa está vital o no en dientes con vitalidad sospechosa. Los test más utilizados en la actualidad son los térmicos y eléctricos, sin embargo, estos mal denominados test de vitalidad basan su diagnóstico en la estimulación de fibras nerviosas de la pulpa y no dan cuenta del estado de irrigación sanguínea. Los dientes con pulpa vital son aquellos con un adecuado aporte vascular; por lo que relacionar el estado de circulación sanguínea pulpar, más que la respuesta sensitiva de dicho tejido, es lo que ha propuesto Jafarzadeh et al¹ para diagnosticar el estado de vitalidad de la pulpa. Además, Petterson et al² evaluaron la habilidad de éstos métodos para registrar la vitalidad pulpar, y determinaron que un 10 – 16% de los resultados obtenidos por ambos métodos eran falsos – negativos y falsos – positivos haciendo poco preciso el diagnóstico, como sucede en dientes después de un trauma dental severo, donde la conducción nerviosa puede verse fuertemente alterada, lo que podría generar un “falso negativo”, condenando a una endodoncia a un diente que realmente está vital³.

Además, los test anteriormente mencionados pueden ser considerados invasivos, ya que, al estimular el componente nervioso de la pulpa producen una respuesta dolorosa en el paciente, generando molestias y ansiedad. El método más adecuado para la evaluación de la vitalidad de la pulpa debería ser no invasivo, indoloro, objetivo, de bajo costo, confiable y reproducible. Por las razones anteriores consideramos necesario contar con una metodología para evaluar vitalidad dentaria, que se correlacione con la presencia de tejido vivo pulpar vascularizado más que con su función nerviosa y sea menos invasivo para el paciente.

Diferentes instrumentos se han empleado para evaluar el suministro sanguíneo al interior de la pulpa con el objetivo de determinar su estado de vitalidad. Debido a que la temperatura dentaria se podría correlacionar con el aporte vascular de la pulpa, sumado a que la temperatura coronaria inicial o basal está fuertemente influida por el entorno homeotérmico donde se encuentra^{1,4}, podría existir diferencias entre dientes vitales y desvitalizados en el tiempo que demoran en recuperar las temperaturas coronarias iniciales después de un proceso de enfriamiento estandarizado y controlado^{1,5,6}.

Para estudiar esto, nuestro profesor guía dirigió una Tesis de Pregrado previa a la presente, donde se realizó un estudio descriptivo de carácter clínico donde se midió el tiempo de recuperación de temperatura a niveles basales después de un proceso de enfriamiento estandarizado en dientes vitales y sus homólogos desvitalizados tratados endodónticamente. El instrumento de medición de temperatura fue un termómetro infrarrojo de uso médico, marca Dual Scan Ultra, que presenta un rango de medición de 32° a 42.9° Celsius y un rango de precisión de 0.3°Celsius. La hipótesis de ese estudio fue que los dientes vitales recuperan su temperatura basal en menor tiempo que sus homólogos desvitalizados. El estudio demostró que la hipótesis era correcta, por lo cual el tiempo de recuperación de la temperatura coronaria basal podría ser considerado como un indicador de vitalidad pulpar.

Nuestro estudio es la continuación de ese descrito y surgió de la siguiente pregunta de investigación: ¿Los resultados obtenidos en la tesis anterior son dependientes o independientes del instrumento de medición de temperatura infrarrojo?

Como respuesta a la pregunta, planteamos la siguiente hipótesis: “La tendencia de que el tiempo de recuperación de la temperatura basal coronaria después de un proceso de enfriamiento coronario estandarizado es menor en dientes vitales que en desvitalizados, se mantiene independiente del termómetro utilizado”.

Para responder la interrogante, diseñamos un estudio descriptivo similar donde utilizamos tres termómetros infrarrojos de uso médico y comparamos sus resultados.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Pulpa Dental

2.1.1 Organización de la estructura pulpar

La pulpa dental está constituida por un tejido conjuntivo laxo especializado, de origen mesenquimatoso, circundado por paredes de dentina, relacionándose con el medio externo a través de forámenes y foraminas apicales, otorgando a la pulpa un ambiente de baja tolerancia, pues el sustrato nutricional proviene de la vascularización que cruza estos pequeños forámenes⁷.

La pulpa puede dividirse en cuatro zonas periféricas altamente organizadas (también llamada zona odontogénica) y una zona central. En la zona central están las arteriolas y vénulas mayores, los troncos nerviosos, fibroblastos y matriz extracelular, sirviendo de soporte para la pulpa. En la periferia se ubican, de dentro hacia fuera, la capa parietal de nervios, la zona rica en células, la zona acelular y la zona odontoblástica⁷.

La especialización del tejido conjuntivo de la pulpa se debe gracias a la zona odontoblástica, responsable de la formación de la matriz orgánica de la dentina, que mineraliza y recubre la pulpa, hace que ambos tejidos sean entendidos y reconocidos como integrantes del complejo dentino-pulpar. La armonía de este complejo puede verse comprometida si los tejidos circundantes (esmalte – cemento – ligamento periodontal y hueso alveolar) sufren alguna forma de agresión, que puede llegar a la pulpa por el sistema de conductos radiculares y por el sistema de túbulos dentinarios. De la misma forma, las patologías pulpares de naturaleza inflamatoria o degenerativa pueden comprometer sus tejidos circundantes⁷.

2.1.2 Vascularización de la Pulpa Dental

La microcirculación que compone el entramado vascular de la pulpa se constituye por arteriolas provenientes del periodonto apical y vénulas que convergen en las venas del periodonto.

Las arteriolas comienzan su recorrido cruzando el foramen apical o conductos laterales, atravesando la pulpa central donde comienzan a sufrir anastomosis laterales hacia la capa odontoblástica. El grosor de las arteriolas disminuye conformando un plexo capilar facilitando la difusión de nutrientes a los odontoblastos. La vía de retorno hace el trayecto opuesto, donde los capilares van convergiendo y así aumentando el diámetro de las vénulas a medida que se dirigen hacia la porción central de la pulpa dentaria. Las vénulas salen por los forámenes y foraminas apicales desembocando en las venas del periodonto apical⁷.

El área de mayor actividad circulatoria está en la superficie de la pulpa a través de los capilares sanguíneos. Estos regulan el transporte y la difusión de sustancias, pues sus paredes funcionan como una membrana semipermeable. Además, ante los estímulos, ocurre el “brote” de capilares en el lugar de la irritación, este “brote” es, en verdad, la presencia de capilares inactivos que entran en actividad para garantizar una mayor eficacia del proceso inflamatorio local, formando una respuesta inmune localizada, preservando el remanente pulpar⁷.

Existe una notoria diferencia entre un diente vital y uno desvital en ámbitos de la irrigación que reciben, de acuerdo a Aanderud-Larsen et al⁸ en promedio, el flujo sanguíneo fue un 42.7% más lento en un diente con pulpa necrótica comparado con la medición de la pulpa vital, determinado mediante la utilización de la flujometría de laser Doppler para así demostrar el mantenimiento del flujo sanguíneo intacto para las pulpas de los dientes luego de un procedimiento de osteotomía Le-Fort I, a pesar de una respuesta negativa a los test pulpares eléctricos.

2.1.3 Inervación de la Pulpa Dental

La pulpa dental es uno de los tejidos más ricamente inervados del organismo. Los nervios ingresan a la pulpa vía foramen apical, acompañando el trayecto de las arteriolas y de la misma manera se van dividiendo en ramas más pequeñas hasta convertirse en axones aislados que acaban en terminaciones nerviosas libres. A nivel de la zona limítrofe entre la pulpa y la dentina, las fibras nerviosas conforman el plexo de Raschkow. Los axones penetran la predentina y dentina cumpliendo un importante rol en las reacciones de sensibilidad dentinaria. Un axón puede inervar hasta 100 túbulos dentinarios⁹.

El dolor es el “lenguaje” que la pulpa posee para manifestar alteraciones en su comportamiento, independiente de la naturaleza del estímulo. La inervación pulpar sensitiva proviene del nervio trigémino y la autosómica se encarga de regular la microcirculación y la velocidad de dentinogénesis⁷.

Existen por lo menos 6 tipos de neuronas sensitivas que inervan la pulpa, las cuales se pueden dividir en 2 grandes grupos:

- Las fibras de tipo C están dispuestas en la pulpa central con algunas ramificaciones hacia la superficie. Son amielínicas y generan estímulos de conducción lenta, estando relacionadas con los eventos inflamatorios, especialmente con las pulpitis sintomáticas.
- Las fibras A delta son neuronas mielinizadas, responsables de los estímulos de rápida conducción, sus terminaciones son los principales constituyentes de la

capa parietal de nervios, y se extienden en la zona acelular, capa odontoblástica, preentina e incluso, dentina.

2.2 Patogenia de la Patología Pulpar

2.2.1 Factores Etiológicos:

La pulpa dental puede inflamarse como consecuencia de diferentes factores y en última instancia puede llegar a necrosarse. Entre los factores que pueden producir inflamación pulpar destacan los siguientes⁹:

- Pérdida de tejido duro dental: Caries dental, es la causa más frecuente de lesión pulpar, pero la abrasión, la atrición, la erosión y los tratamientos restauradores pueden también provocar inflamación al dejar los túbulos dentinarios expuestos a las bacterias y sus productos.
- Tratamientos restauradores¹⁰:

Los siguientes factores influyen en la magnitud de la alteración odontoblástica, el grado de inflamación y la restauración posterior:

- Profundidad de las cavidades preparadas: el aumento de la reacción de inflamación pulpar es directamente proporcional a la profundidad de la cavidad preparada.
- Velocidad rotacional: el uso de instrumentos de rotación para cortar la dentina a diferentes velocidades causa una reacción odontoblástica, generando un mayor daño los instrumentos de alta velocidad.
- Calor y presión
- Excesivo secado dentinario
- Cavidades preparadas con poca humedad
- Pulido de restauraciones
- Materiales de restauración⁹: Determinado por la toxicidad de los materiales, su acidez, la cantidad de calor que generan al fraguar y su capacidad de producir deshidratación pueden causar lesiones inflamatorias pulpares.

2.2.2 Dientes Traumatizados

La pulpa presenta un potencial de reparación después de la lesión traumática mientras se evite la infección. En el caso de la división del suministro vascular a la pulpa debido a luxación o fractura radicular, el grosor de la interfase pulpa-periodonto es decisivo para una revascularización exitosa. Si una infección ocurre en la pulpa en su fase isquémica después de la luxación o reimplantación, el proceso de revascularización se detiene permanentemente³.

Las heridas de luxación generalmente implican una sección total del paquete vasculonervioso conllevando al cese total del suministro neurovascular, donde la revascularización puede ser total o llevar al desarrollo de una necrosis pulpar parcial o total generalmente determinada por la presencia o ausencia de bacterias en la zona de la lesión³.

La vitalidad del tejido pulpar es determinada por el suministro sanguíneo. Si alguna injuria conduce a la ruptura de los vasos sanguíneos de la pulpa, puede llevar a la muerte de todo el tejido pulpar, incluyendo los nervios. Por otro lado, si una injuria destruye la integridad o la función nerviosa dental, no necesariamente tendría algún efecto en la supervivencia del tejido pulpar. El calor, frío y test eléctrico solo determinan la sensibilidad de la pulpa, pero no tienen la forma de indicar la vitalidad pulpar¹¹.

2.3 Test de Vitalidad Pulpar

2.3.1 Generalidades

Para proporcionar una atención adecuada al paciente, es de suma importancia conocer el diagnóstico del diente en cuestión, ya que éste guiará y determinará las posibles opciones de tratamiento.

El proceso diagnóstico en endodoncia es un conjunto ordenado y sistematizado de etapas, a través de las cuáles, se recopila la información necesaria que será integrada para establecer un diagnóstico correcto. Dentro de estas etapas encontramos: historia médica, anamnesis o historia clínica, examen clínico y por último los exámenes complementarios que nos ayudarán en el proceso¹². En la etapa de examen clínico se incluyen los test de vitalidad, los cuales tienen como objetivo probar el estado de normalidad, inflamación o necrosis pulpar⁷, orientando en la decisión de si el diente está o no vital, ya sea mediante la aplicación de estímulos para generar respuestas sensitivas en el diente, o la utilización de métodos que indiquen presencia o no de aporte sanguíneo en el interior de la pulpa.

Los test térmicos y eléctricos basan su diagnóstico en la determinación de la sensibilidad pulpar a través de la respuesta dolorosa generada por la excitación de las fibras nerviosas presentes en la pulpa. Los haces nerviosos son más resistentes a las autólisis que otros elementos tisulares, las fibras C amielínicas pueden responder al estímulo en pulpas en degeneración, asimismo, conservan su excitabilidad incluso después que el flujo sanguíneo se encuentre completamente afectado por necrosis, ya que son capaces de conservar su funcionalidad en condiciones de hipoxia¹². Los dientes con vitalidad pulpar son aquellos que tienen un adecuado suministro sanguíneo, por lo que el estado de vascularización pulpar y no la sensibilidad de la pulpa ante estímulos, se ha propuesto como método para diagnosticar un diente como vital o no

vital¹. Dentro de los test que se relacionan con la vascularidad encontramos la flujometría por láser doppler, la pulsioximetría y los que utilizan la temperatura del diente como indicador de irrigación sanguínea.

A continuación se explica con mayor detalle en qué consisten los test más frecuentemente utilizados, sus características y también sus limitaciones.

2.3.2 Test Eléctrico

Dentro de los métodos más comúnmente utilizados para la evaluación de la condición pulpar, se encuentran los térmicos y eléctricos, ambos generan una respuesta sensitiva mediante la reacción de la inervación al interior de la pulpa⁶.

Debido a que el dolor es la única modalidad sensorial que reconoce el diente, el test eléctrico es capaz de provocarlo, por lo cual, se emplea para la evaluación de la sensibilidad pulpar. De acuerdo a su implementación, se utiliza un pulpómetro (instrumento que permite comprobar la vitalidad de la pieza dental mediante un estímulo eléctrico), el cual genera una corriente eléctrica de alta frecuencia y bajo voltaje que es aplicada sobre el esmalte o, de preferencia sobre la dentina, estimulando la reacción de las fibras nerviosas de la pulpa. Los dientes normales responden a la prueba con una intensidad baja (sensación de hormigueo o calor), los dientes con alteración pulpar responden con mayor intensidad y ante estímulos menores y, los dientes necróticos no tienen respuesta. La respuesta debe ser comparada con los dientes vecinos u homólogos para determinar si se encuentra alterada.

La reacción de las fibras nerviosas ante el estímulo eléctrico no indica que el tejido se encuentre normal, sólo revela la presencia de fibras nerviosas capaces de responder a la inducción¹². El estímulo debe aplicarse en dentina o cerca del límite amelo-cementario ya que el esmalte actúa como una barrera aislante pudiendo generar falsos – negativos, lo mismo sucede con dientes que presenten coronas cerámicas, donde pueden obtenerse resultados falsos – positivos, debido a un mal aislamiento de los dientes en donde la saliva interfiera o en pacientes ansiosos.

Respecto a la capacidad del test eléctrico para registrar vitalidad de la pulpa, se determinó² que genera valores falsos-positivos y falsos-negativos en un rango de 10-16%. De acuerdo a la probabilidad de que no exista una reacción sensitiva en dientes con pulpa necrótica fue del 88%, mientras que la probabilidad de que exista una reacción sensitiva en una pulpa vital fue del 84%.

2.3.3 Test Térmico

Las pruebas térmicas utilizan frío y calor para generar respuestas en el tejido pulpar. El test frío se puede realizar con Cloruro de Etilo, Gas Refrigerante o con

Dióxido de Carbono, los cuáles se caracterizan por presentar temperaturas entre los -31°C y -55°C. El test de calor se puede realizar poniendo una barra de gutapercha caliente en contacto con el diente. Al igual que el test eléctrico, los test térmicos sólo miden la sensibilidad pulpar y es probable que las respuestas a ellos ocurran por el movimiento rápido del líquido al interior de los túbulos debido al frío (que provoca contracción) o al calor (que causa dilatación) el cuál estimula a las fibras nerviosas presentes en la unión pulpa – dentina¹². La respuesta normal al frío o al calor es aquella sensación que percibe el paciente y que desaparece inmediatamente al retirar el estímulo; una respuesta anormal puede considerarse cómo: falta de respuesta ante el estímulo, persistencia de la sensación tras eliminar el estímulo o una sensación extremadamente dolorosa e inmediata tras colocar el estímulo¹³. Su fiabilidad debe ponerse bajo sospecha en dientes con conductos o cámara atrésica, o recientemente traumatizados ya que aumenta la probabilidad de resultados falsos – positivos.

2.3.4 Vascularización Pulpar como Indicador de Vitalidad

Hasta la actualidad, los métodos más utilizados para evaluar el estado de la pulpa han sido aquellos que se basan en estimular la inervación pulpar, ya sea térmica o eléctricamente⁶. Petterson et al² evaluaron la habilidad de éstos métodos para registrar la vitalidad pulpar, y determinaron que un 10 – 16% de los resultados obtenidos por ambos métodos eran falsos – negativos y falsos – positivos. Además la ansiedad causada por estos procedimientos comúnmente resulta en una potente excitación de las fibras nerviosas eferentes vasomotoras del sistema nervioso simpático causando disminuciones pronunciadas y rápidas en la microcirculación periférica de la pulpa. Se ha demostrado que tales disminuciones dramáticas en la circulación local pueden dar lugar a una inhibición casi completa del flujo sanguíneo pulpar; cuando se produce una disminución tan importante en la circulación capilar, la excitabilidad de las neuronas sensoriales en la pulpa y su capacidad para conducir impulsos disminuye rápidamente y puede fallar en un período de dos a tres minutos¹⁴, lo que hace aún más susceptibles a error a los test térmicos y eléctricos.

Los dientes con pulpa vital son aquellos con un adecuado aporte vascular, es por eso que el estado de circulación, y no la respuesta sensitiva del tejido pulpar, se ha propuesto para diagnosticar el estado de la pulpa¹, entonces la ausencia o presencia de suministro sanguíneo al interior de la pulpa es el factor determinante para conocer el estado de vitalidad de un diente, un tejido se considera vivo si tiene una vascularización activa y saludable, en contraparte, la presencia de fibras nerviosas no es determinante del estado de vitalidad, ya que como se ha explicado anteriormente, las fibras son altamente resistentes a la degeneración y pueden estar funcionales aún en ausencia de un aporte vascular adecuado. El suministro sanguíneo de la pulpa se establece a través

de una microcirculación, que se constituye por arteriolas provenientes del periodonto apical y vénulas que convergen en las venas del periodonto⁷.

Los métodos basados en la evaluación del aporte vascular tienen ventajas respecto a los test convencionales, tales como: evitar un diagnóstico erróneo como resultado de la vasoconstricción periférica refleja que se produce como respuesta ante la aprehensión de los pacientes; adaptarse bien a los problemas especiales de diagnóstico como ocurre en pacientes pediátricos en los que la maduración neurológica no es completa y en los casos en que el test pulpar eléctrico no es concluyente después de un golpe traumático en la dentición; otro ejemplo se da en los casos de resección maxilar inferior o fractura mandibular donde inervación de los dientes puede verse afectada¹⁴.

Varios métodos experimentales han sido descritos para evaluar el flujo sanguíneo pulpar, dentro de los cuales encontramos métodos invasivos y no invasivos, tales como: la flujometría por láser doppler y la pulsioximetría¹.

2.3.4.1 Flujometría por Láser Doppler

Es un método que se utiliza para valorar el flujo sanguíneo en los sistemas microvasculares. Su uso consiste en un diodo que proyecta un haz de luz infrarroja a través de la corona y la cámara pulpar de un diente la cual se dispersa a medida que pasa a través del tejido pulpar. El principio del Doppler establece que se alterará la frecuencia del haz de luz por el movimiento de los glóbulos rojos, pero permanecerá inalterada al pasar por un tejido estático¹³. Este método basa su diagnóstico en el aporte vascular de la pulpa, por lo cual es un test que identifica la vitalidad propiamente tal. Si bien esta técnica ha demostrado su eficacia y fiabilidad para algunos tejidos del cuerpo, la translucidez limitada y la reflectancia de los dientes han puesto en duda su validez para evaluar el estado de la pulpa, algunos trabajos han demostrado que es una técnica altamente fiable, pero sólo bajo condiciones específicas y cuidadosamente controladas⁶. La limitación de este método es que para la realización del procedimiento se requiere de mucho tiempo (según diversos estudios, aproximadamente 1 hora), lo cual va en desmedro de su uso en la práctica clínica; sin embargo, si se lograra realizar la prueba en sólo unos minutos, de seguro reemplazaría a los test térmicos y eléctricos, debido a que el diagnóstico realizado mediante el doppler es mucho más fiable.

2.3.4.2 Pulsioximetría

Método no invasivo para determinar el flujo sanguíneo pulpar que utiliza un pulsioxímetro, dicho instrumento mide la concentración de oxígeno en la sangre y la frecuencia de pulso¹³. Su fundamento se basa en que la hemoglobina oxidada absorbe en forma diferente la luz infrarroja en relación a la hemoglobina desoxidada

determinando así el diagnóstico, si la saturación de oxígeno es mayor, la absorción de luz también, indicando si el diente presenta o no irrigación sanguínea¹⁵. Los dispositivos utilizados para las pruebas son incómodos y complicados de utilizar en la práctica dental de rutina.

2.3.5 Temperatura Coronaria

Como se ha descrito anteriormente, los dientes con pulpa vital son los que tienen un suministro vascular adecuado, por lo que la evaluación del aporte vascular se ha descrito para determinar el estado pulpar. Dentro de los métodos experimentales para evaluarlo se encuentra la medición de la temperatura de los dientes¹.

El método más adecuado para la evaluación de la vitalidad de la pulpa debe ser no invasivo, indoloro, objetivo, de bajo costo, confiable y reproducible¹. Las pruebas más comunes para este propósito son las pruebas de sensibilidad; sin embargo, una limitación importante de estas pruebas es que se controla indirectamente la vitalidad pulpar midiendo la respuesta sensitiva y no vascular sistema, que es el medio fiable de evaluar el estado de la vitalidad pulpar.

La temperatura en la superficie del diente está determinada por el equilibrio entre la facilidad con que el calor se lleva hasta la superficie y la facilidad con la que la temperatura es disipada en el ambiente. En condiciones ambientales controladas, las fuentes de calor para los dientes normales provienen de los tejidos periodontales, el calor transportado por la circulación en la pulpa, y el calor producido dentro de la cámara debido al metabolismo de la pulpa. En dientes desvitalizados la única fuente de calor proviene del periodonto. Por esta razón, es esperable encontrar una diferencia de temperatura entre dientes vitales y desvitalizados, la cual se relaciona entonces con la presencia o no de irrigación sanguínea al interior de la pulpa.

Los diferentes estudios se basan en el supuesto de que un diente sin pulpa ve deteriorado gravemente su suministro de sangre interna. Si un diente sin pulpa y un diente contralateral vital se enfrían simultáneamente por debajo de la temperatura corporal, el diente sin pulpa debe tener una tasa más lenta de retorno a la temperatura corporal debido a su circulación reducida.

En la literatura se encuentran diferentes resultados respecto al tema, mientras que existen estudios cuyos resultados avalan la diferencia de temperatura entre dientes vitales y no vitales, otros no encontraron diferencias estadísticamente significativas^{16,17,18}. Howell¹⁹, Stoops y Scott¹⁴ y Fanibunda⁴ encontraron que los dientes con pulpa no vital tienen temperaturas más bajas que los dientes con pulpa vital (estos investigadores indicaron que es posible diferenciar por medio de mediciones de la

temperatura de la superficie de la corona, si la circulación está o no presente al interior de la pulpa).

Stoops y Scott¹⁴ enfriaron dientes por debajo de la temperatura corporal, y las temperaturas de la superficie fueron registradas por un termistor (sensor resistivo de temperatura). Ellos encontraron que hay una relación entre la vitalidad de la pulpa y la temperatura de la superficie, que puede proporcionar un medio útil para la detección de la vitalidad pulpar. Pogrel et al⁵, demostraron que la temperatura de incisivos superiores disminuyó desde el margen gingival hasta el borde incisal en aproximadamente 2,5 ° C, pero los dientes con pulpa vital y no vital tenían la misma temperatura basal, por lo que se basaron en demostrar diferencias en el tiempo de recuperación de la temperatura después del enfriamiento con aire frío; los dientes no vitales eran más lentos en recuperar su temperatura en comparación con los vitales. Estos resultados son similares a los de Fanibunda⁴ quien también después de enfriar los dientes con pulpa vital, observó que éstos eran más rápidos en volver a su temperatura coronaria basal. Kells et al^{20,21} también evaluaron el gradiente de temperatura desde incisal a gingival, in vitro e in vivo en dientes vitales, encontrando una diferencia de 1.5 °C, similar a la descrita por Pogrel⁵, además, evaluaron el patrón de recuperación de la temperatura después de la aplicación de un estímulo frío, concluyendo que la tasa temprana de recuperación de la temperatura es significativamente más rápida que la fase tardía.

Muchos factores pueden influir en los resultados de la medición de la temperatura. De hecho, esta prueba es muy sensible a la técnica y se debe realizar en condiciones totalmente controladas. La temperatura de la superficie está fuertemente influenciada por el medio ambiente y no es constante, por lo tanto, se debe tener cuidado para controlar tantas variables como sea posible en el estudio de la temperatura²². Cuando un diente está completamente expuesto al aire de la habitación, su temperatura es fuertemente influenciada por su flujo de sangre. Aunque la evaporación de la saliva enfriará los dientes y el calor obtenido de los tejidos adyacentes elevará la temperatura de los dientes, estos cambios serán iguales para los dientes colocados simétricamente (homólogos), por lo tanto, se especula que la temperatura de la superficie del diente sospechoso de ser desvital se puede comparar con la de su homólogo contralateral cuando las superficies de ambos están secas; la temperatura observada debe ser un indicador de la diferencia en la circulación local¹⁴.

Fanibunda²³ informó que no había diferencia en la temperatura de la superficie de los dientes con pulpa vital y no vital a pesar de la expectativa de que un suministro vascular normal habría dado lugar a una mayor temperatura en los dientes vitales. Se concluyó que el efecto del suministro de sangre pulpar fue enmascarado por el intercambio de calor entre el diente, el medio ambiente, y los tejidos de soporte. Sin embargo, sugirió que sería posible relacionar el suministro de sangre de la pulpa a la

tasa de recuperación de temperatura de la superficie del diente a la normalidad después de la aplicación de un estímulo térmico (ya sea caliente o frío), por lo cual, demostró que es posible diferenciar entre dientes vitales y no vitales utilizando la relación tiempo-temperatura.

En contraste a los resultados obtenidos por Fanibunda²³, Smith et al⁶ evaluaron el cambio en la temperatura de la superficie del diente después de aplicar un estímulo térmico, como un método sencillo y fiable para evaluar la presencia y el grado de flujo sanguíneo a través de los dientes. Midieron la relación entre la temperatura de la superficie de los dientes y el flujo interno de agua a 37 ° C (in vitro) o sangre (in vivo). Además, estímulos térmicos se aplicaron a la superficie externa de los dientes, y la tasa de recuperación de la temperatura estaba relacionada con el flujo interno. Llegaron a la conclusión de que bajo condiciones in vitro, la temperatura de la superficie de los dientes y tasa de recuperación de la temperatura se relaciona con la tasa de flujo interno de agua. Sin embargo, in vivo, ni la temperatura de la superficie de los dientes ni la tasa de recuperación de la temperatura se relacionó significativamente con la vitalidad pulpar.

Fanibunda^{4,23} plantea que el rango temperatura para dientes vitales es tan amplio que no es posible evaluar la vitalidad del diente de una lectura estática, pero sí es posible estimar la vitalidad de cualquier diente particular, midiendo el perfil en el tiempo de su respuesta de temperatura después de un evento térmico. Smith et al⁶ sostienen que la misma complejidad y variabilidad del ambiente térmico puede afectar recuperación de la temperatura después del enfriamiento. Es sólo cuando las condiciones se mantienen lo más uniforme posible (mediante la comparación de los dientes vitales y no vitales en una posición simétrica en la misma boca) que se convierte en posible separar los dos grupos y compararlos.

En el estudio de Hurtado y Cols²⁴ se demostró que después de un procedimiento de enfriamiento estandarizado, los dientes vitales recuperan su temperatura coronaria basal en menor tiempo que sus homólogos desvitalizados. Los autores observaron que en dientes vitales el tiempo de recuperación promedio de temperatura es de 44.83 segundos, mientras que en dientes desvitalizados el tiempo de recuperación es de 73,50 segundos y las diferencias mostraron ser estadísticamente significativas. Dentro de sus resultados también informaron que entre tipos de diente (Incisivo central, lateral, canino y premolar) comparados por vitalidad, si influyó en el tiempo de recuperación de la temperatura coronaria, observando que en todas las combinaciones entre dientes vitales y desvitalizados, los dientes vitales recuperaban sus temperaturas coronales basales, más rápido que los dientes desvitalizados de cualquier tipo.

2.4 Termómetros Infrarrojos

Son termómetros que miden la temperatura a través de la radiación infrarroja (calor), emitida por los objetos. Si hay una diferencia de temperatura entre los objetos teniendo en cuenta también el ambiente que los rodea, entonces este gradiente se puede medir y utilizar. Se prefieren por su rapidez, confiabilidad y facilidad de aplicación, permiten medir la temperatura a gran distancia y en objetos en movimiento.

En el mercado encontramos termómetros infrarrojos principalmente con objetivos de construcción y maquinaria, o bien con objetivos médicos. Estos últimos se caracterizan por tener rangos de medición más acotados y un nivel de acierto mayor, junto con ser en su mayoría más económicos. Existen termómetros médicos con un margen de error de 1 grado Celsius o menos, mientras que en los termómetros utilizados para mediciones a mayor distancia tienen un margen de error que va desde los 1.5 grados hasta 3 grados Celsius. Generalmente los termómetros infrarrojos encontrados en el mercado demoran aproximadamente 2 segundos en determinar la temperatura^{25,26}.

3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3.1 Hipótesis

La tendencia observada en el estudio previo, donde, el tiempo de recuperación de la temperatura basal coronaria después de un proceso de enfriamiento coronario estandarizado es menor en dientes vitales que en desvitalizados, se mantiene independiente del termómetro utilizado.

3.2 Objetivo General

Determinar si la tendencia del tiempo de recuperación de la temperatura coronaria basal luego de un proceso de enfriamiento estandarizado es menor en dientes vitales que en sus homólogos desvitalizados tratados endodónticamente, independiente del instrumento de medición utilizado.

3.3 Objetivos Específicos

1. Medir y comparar las temperaturas coronarias basales (TCB) de dientes vitales y desvitalizados homólogos, utilizando tres termómetros infrarrojos de uso médico de diferente marca comercial.
2. Medir y comparar las temperaturas coronarias post-enfriamiento (TCPE) de dientes homólogos vitales y desvitalizados, después de un proceso de enfriamiento estandarizado de 8 segundos con aire comprimido de jeringa triple, utilizando tres termómetros infrarrojos de uso médico de diferente marca comercial.
3. Medir y comparar el tiempo de recuperación empleado entre TCPE y TCB en dientes homólogos vitales y desvitalizados.
4. Medir cada 30 segundos la temperatura coronaria de los dientes vitales y desvitalizados en su proceso de recuperación de TCB utilizando tres termómetros infrarrojos de uso médico de diferente marca comercial.
5. Establecer curva de recuperación de temperatura de dientes vitales y desvitalizados y comparar entre mediciones de diferentes instrumentos.

4. MATERIAL Y MÉTODO

4.1 Diseño de Investigación

Estudio descriptivo, de carácter clínico. El diseño experimental de investigación es un estudio descriptivo, porque las variables en estudio no serán manipuladas y sólo se van a observar y medir en los sujetos de estudio. Las mediciones de temperaturas se realizaron con tres instrumentos diferentes y luego se compararon los resultados obtenidos.

4.2 Entorno

El estudio se realizó en las clínicas de pregrado de la Facultad de Odontología de la Universidad de Valparaíso.

4.3 Universo

Pares de dientes homólogos vitales y desvitalizados tratados endodónticamente de pacientes que asisten a las clínicas de la facultad de odontología de la Universidad de Valparaíso.

4.4 Muestra

La muestra consistió en 30 pares de dientes homólogos vitales y desvitalizados tratados endodónticamente de pacientes que cumplieron con los criterios de inclusión y que aceptaron de forma voluntaria su participación a través de un consentimiento informado (ver anexo N°1).

4.4.1 Tipo de Muestreo

El muestreo de este estudio es no probabilístico por conveniencia, el cual consiste en la elección por métodos no aleatorios de una muestra, cuyas características deben ser similares a las de la población objetivo. En este tipo de muestreo, no todos los miembros del universo propuesto tienen la misma oportunidad de ser incluidos, ya que, se recurre a aquellos sujetos que se encuentren accesibles y dispuestos a formar parte de nuestro estudio y que además cumplen con los criterios de inclusión.

4.4.2 Tamaño Muestral

Debido a la naturaleza descriptiva del estudio y al muestreo no probabilístico no fue necesario calcular un tamaño muestral, ya que queda a criterio del examinador el número de pacientes a estudiar, sin embargo, asumimos el supuesto de que una

muestra superior a 30 sujetos asegura una distribución normal de los datos, en nuestro estudio, nuestra muestra fue de un total de 30 pares de dientes.

4.5 Criterios de Inclusión y Exclusión

4.5.1 Criterios de Inclusión

- a) Dientes vitales en boca que presenten su homólogo desvital tratado endodónticamente.
- b) Incisivos, caninos y premolares de ambas arcadas.
- c) Zona de medición (esmalte vestibular) libre de lesiones y/o de grandes restauraciones.
- d) Ambos dientes deben poseer radiografía periapical corroborar el tratamiento de endodoncia.

4.5.2 Criterios de Exclusión

- a) Primeros, segundos o terceros molares.
- b) Dientes con gran destrucción coronaria.
- c) Dientes con restauraciones extensas.
- d) Dientes con lesiones apicales.
- e) Dientes con enfermedad pulpar aguda y crónica.
- f) Dientes con dificultad de ser aislados.
- g) Pacientes mayores de 60 años.
- h) Pacientes menores de 18 años.
- i) Pacientes con hipersensibilidad dentinaria.

4.6 Consideraciones Bioéticas

Desde el punto de vista bioético la investigación no presentó mayores alcances, ya que los procedimientos realizados no representaban ningún riesgo potencial para los pacientes participantes en el estudio.

Los pacientes debieron firmar un consentimiento informado en el cuál se explicitaban los objetivos de la investigación, los beneficios de ésta y los procedimientos a realizar, por lo cual contaban con toda la información necesaria para decidir libremente su participación en el estudio.

En cuanto a la confidencialidad de la información, los datos obtenidos de las diferentes mediciones fueron registrados por los tesisistas en una ficha (ver anexo N°2) y sólo ellos tuvieron acceso a dicha información. Los datos sensibles también se consignaron en la ficha, pero fueron estrictamente confidenciales y no formaron parte

del estudio, sólo se publicaron los resultados obtenidos de las mediciones realizadas a los sujetos.

4.7 Variables

4.7.1 Variables Demográficas

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Tipo de Variable
Sexo	Género al que pertenece el sujeto	Masculino / Femenino.	Variable cualitativa nominal dicotómica
Edad	Tiempo de vida del sujeto	<20 años, 21-30 años, 31-40 años, 41-50 años, 51-60 años, >61 años	Variable cualitativa ordinal
Vitalidad	Estado al que pertenece el diente con pulpa vital o el tratado endodónticamente	Vital / Desvital	Variable cualitativa nominal dicotómica

4.7.2 Variable Independiente

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Tipo de Variable
Termómetro Infrarrojo de uso Médico	Instrumento que sirve para medir la temperatura del cuerpo humano a distancia, a través de la detección de la energía infrarroja desprendida.	Termómetro que mide la temperatura en grados Celsius categorizado en 3 marcas comerciales diferentes: A, B y C.	Variable Cualitativa Ordinal

4.7.3 Variables Dependientes

a) Variables Instrumento "A"

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Tipo de Variable
Temperatura coronaria basal (TCB)	Es la temperatura que posee la estructura coronaria dental en el momento inicial	Grados Celcius	Variable cuantitativa continua
Temperatura coronaria Post-enfriamiento	Es la temperatura que alcanza la corona dental luego de ser enfriada por 10seg con aire	Grados Celcius	Variable cuantitativa continua

(TCPE)	comprimido a 10mm de distancia.		
Temperatura de intervalo de Recuperación de TCB	Es la temperatura medida a intervalos de 5 seg desde TCPE hasta llegar a TCB, con el fin de establecer una curva de recuperación de la TCB	Grados Celcius	Variable cuantitativa continua
Tiempo de recuperación de TCB	Es el tiempo que se demora el diente en ir de TCPE a TCB.	Segundos	Variable cuantitativa continua

b) Variables Instrumento "B"

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Tipo de Variable
Temperatura coronaria basal (TCB)	Es la temperatura que posee la estructura coronaria dental en el momento inicial	Grados Celcius	Variable cuantitativa continua
Temperatura coronaria Post-enfriamiento (TCPE)	Es la temperatura que alcanza la corona dental luego de ser enfriada por 10seg con aire comprimido a 10mm de distancia.	Grados Celcius	Variable cuantitativa continua
Temperatura de intervalo de Recuperación de TCB	Es la temperatura medida a intervalos de 5 seg desde TCPE hasta llegar a TCB, con el fin de establecer una curva de recuperación de la TCB	Grados Celcius	Variable cuantitativa continua
Tiempo de recuperación de TCB	Es el tiempo que se demora el diente en ir de TCPE a TCB.	Segundos	Variable cuantitativa continua

c) Variables Instrumento "C"

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Tipo de Variable
Temperatura coronaria basal (TCB)	Es la temperatura que posee la estructura coronaria dental en el momento inicial	Grados Celcius	Variable cuantitativa continua
Temperatura coronaria	Es la temperatura que alcanza la corona dental	Grados Celcius	Variable cuantitativa

Post-enfriamiento (TCPE)	luego de ser enfriada por 10seg con aire comprimido a 10mm de distancia.		continua
Temperatura de intervalo de Recuperación de TCB	Es la temperatura medida a intervalos de 5 seg desde TCPE hasta llegar a TCB, con el fin de establecer una curva de recuperación de la TCB	Grados Celcius	Variable cuantitativa continua
Tiempo de recuperación de TCB	Es el tiempo que se demora el diente en ir de TCPE a TCB.	Segundos	Variable cuantitativa continua

4.8 Recolección de Datos

Se utilizaron para la medición de la temperatura coronaria basal y post – enfriamiento, 3 termómetros infrarrojos de uso médico de diferente marca comercial, y la medición del tiempo de recuperación se hizo con el uso de un cronómetro. Los datos obtenidos de las mediciones fueron registrados en una ficha única específica para la investigación, la cual contenía datos relacionados a la anamnesis, examen clínico y tablas para completar con las mediciones realizadas, además de datos sensibles (tales como nombre, rut) que fueron de carácter confidencial. Como medida de respaldo de los registros, en el momento de hacer las mediciones éstas fueron dichas en voz alta y grabadas.

4.8.1 Instrumento de Medición

4.8.1.1 Termómetro

Termómetro "A". DualScan Ultra, termómetro infrarrojo de oído y frente, de uso médico, el cual presenta un rango de medición entre 32°C - 42.9°C a una distancia de hasta 15cm del objeto. Cuenta con una precisión de +/-0.2°C entre los 35.5°C - 42°C y de +/-0.3°C entre 32°C y 35.4°C. Las temperaturas que se escapen de los rangos de medición no serán registradas por el termómetro, denotando la sigla "Lo". Dentro de las medidas a considerar del termómetro, la fluctuación repentina de temperatura del medio puede afectar considerablemente la precisión del aparato, por lo cual se recomienda no utilizarlo frente a un sistema de aire acondicionado en funcionamiento. Si surgiera una medida incorrecta, se sugiere apagar el equipo de 5 a 15min antes de tomar una medición nuevamente, por otro lado, posee un sistema de memorización de los últimos 32 datos registrados, además de apagado automático después de 30 segundos de inactividad, y utiliza 2 pilas triple A para funcionar.



Fig.1 Termómetro Dual Scan Ultra

Termómetro "B". AND: termómetro infrarrojo de oído de uso médico, presenta un rango de medición entre 10°C y 50°C en contacto con el objeto. Cuenta con una precisión de +/-0.2°C entre los 36°C – 39°C y de +/-0.3°C bajo los 36°C o sobre los 39°C. Las temperaturas que se escapen de los rangos de medición no serán registradas por el termómetro, denotando la sigla "Lo". Por otro lado, posee un sistema de memorización de los últimos 10 datos medidos, cuenta con un apagado automático después de 60 segundos de inactividad y utiliza baterías para su funcionamiento (aproximadamente 5000 mediciones).



Fig.2 Termómetro AND

Termómetro "C". 4-in-1 forehead and ear thermometer: termómetro infrarrojo de oído y frente de uso médico, presenta un rango de medición de 0°C a 100°C. Cuenta con una precisión de +/-0.3 entre los 32°C – 35°C, bajo o sobre este rango la precisión es de +/-0.2°C. es termómetro no cuenta con un sistema de memorización de los datos registrados. Posee un apagado automático después de 15 segundos de inactividad y utiliza baterías para su funcionamiento



Fig.3 Termómetro 4-IN-1

4.8.1.2 Cronómetro Casio HS-3V-1

Especificaciones técnicas:

- Precisión a temperatura normal: +/- 99.997685%
- Unidad de medición: 1/100 de segundo
- Modos de medición: tiempo normal, tiempo neto, tiempo fraccionado (SPLIT)
- Temperatura de operación: 0°C a 40°C
- Tiempo máximo de medición 10Hrs



Fig.4 Cronómetro Casio
HS-3V-1

4.8.2 Calibración

La calibración de los investigadores corresponde al período de entrenamiento clínico que busca homogenizar a los examinadores en la detección del diagnóstico y registro de los datos para cada una de las variables de interés. Las mediciones de temperatura (manejo del termómetro) fueron realizadas por un solo examinador, al igual que el registro de las mediciones, por lo cual no fue necesaria la calibración entre ellos ni tampoco con un gold standard.

4.8.3 Estandarización

Se conoce como estandarización al proceso mediante el cual se realiza una actividad de manera standard o previamente establecida y tiene como connotación principal la idea de seguir entonces el proceso standard a través del cual se tiene que actuar o proceder. El objetivo del proceso de estandarización es disminuir al mínimo los errores asociados al procedimiento de recogida de datos. Para la realización del estudio se confeccionó un protocolo clínico en el cual se detalló paso por paso la técnica para realizar la toma y registro de mediciones (ver protocolo clínico), de esta manera se disminuyó el riesgo de cometer errores por parte de los examinadores durante el procedimiento, además se realizó un estudio piloto que sirvió entre otros aspectos, como un entrenamiento para que los examinadores se familiarizaran con la técnica e instrumentos adquiriendo una mayor experticia en la realización del procedimiento.

4.9 Procedimiento Experimental

El procedimiento clínico del estudio se formuló en base al protocolo propuesto por la tesis "Recuperación de temperatura coronaria como indicador de vitalidad pulpar", y que fue dirigida por nuestro Docente Guía. Para la recolección de datos fue necesaria la confección de una ficha clínica en la que se incluyeron aspectos sobre la identificación del paciente y sobre los resultados obtenidos de las mediciones (ver anexo N°2). También, se determinaron previamente los roles de cada examinador,

mientras que uno se dedicó exclusivamente a la manipulación de los termómetros, el otro fue el encargado de manipular el cronómetro y registrar los datos en las fichas, los procedimientos fueron realizados siempre por las mismas personas para disminuir los sesgos asociados y evitar un proceso de calibración. Previo al comienzo propiamente tal del estudio, se realizó un estudio piloto cuyos objetivos fueron; familiarizarse con los instrumentos de medición, adquirir práctica en la toma de mediciones, determinar los tiempos clínicos necesarios por cada paciente, pesquisar posibles problemas que se pudieran presentar, y poner a prueba el protocolo citado en la tesis anterior.

4.9.1 Estudio Piloto

El estudio piloto fue realizado el día miércoles 1 de abril del año 2015 en la clínica B de la Facultad de Odontología de la Universidad de Valparaíso, y se examinó un total de 3 pacientes, los cuáles fueron conseguidos en las mismas clínicas de la universidad, éstos presentaban un diente vital y su homólogo desvital y cumplían con los criterios de inclusión del estudio. Cada diente fue seleccionado por conveniencia mediante una evaluación radiográfica y examen clínico previo. Se examinó un total de 6 dientes, de los cuáles, 4 pertenecían al maxilar inferior (premolares) y 2 al maxilar superior (centrales).

El procedimiento clínico, se realizó de la siguiente manera:

1. Se aisló el diente vital de forma relativa con el uso de tómulas de algodón y eyector, se le indicó al paciente que solamente respire por la nariz.
2. Se ubicó el termómetro en contacto con la cara vestibular del diente y se realizaron 3 mediciones de la temperatura inicial o basal coronaria (TCB) para conseguir un promedio.
3. Luego, se enfrió el diente con aire de la jeringa triple por 10 segundos a 1cm de distancia de la corona. La distancia a la cual se debía ubicar la jeringa se verificó a través de una regla milimetrada que fue puesta en contacto con la cara vestibular del diente, cabe señalar, que la jeringa fue utilizada con su máxima potencia de aire. El tiempo de enfriamiento fue cronometrado por el examinador a cargo del uso del cronómetro.
4. Posteriormente se ubicó el termómetro infrarrojo "A" en contacto con la cara vestibular del diente y se determinando la cantidad de segundos que demoró en recuperar la temperatura basal del diente utilizando el cronómetro. Durante el periodo de recuperación de la temperatura, se fue midiendo y registrando cada 15 segundos en la ficha, hasta recuperar su temperatura coronaria basal.
5. Se repitió de igual forma las mediciones en el diente desvital homólogo.
6. Este proceso se realizó en los dientes homólogos con los termómetros infrarrojos "B" y "C".

Luego de la realización de este estudio piloto se concluyeron los siguientes aspectos: primero, al enfriar los dientes por 10 segundos, el termómetro "A" (dual scan ultra) presentó problemas, ya que su rango de medición va de los 32 – 39°C, y tras este tiempo de enfriamiento, los dientes se enfriaban a un umbral más bajo y por tanto el termómetro no arrojaba medición (lectura Lo), por lo tanto, se determinó que el tiempo de enfriamiento debía ser de 8 seg, ya que con ese tiempo no se obtenían temperaturas inferiores a los 32°. Segundo, al medir la T° de recuperación cada 15 seg. se observó que las variaciones eran mínimas, además, dentro de las fichas técnicas de los termómetros se recomienda esperar un mínimo de 30 seg. entre mediciones, por lo tanto, establecimos que el intervalo de tiempo para realizar las mediciones debía ser cada 30 seg. Tercero, pudimos observar que entre termómetros se debía esperar un tiempo mínimo de 2 minutos para realizar las mediciones, de esa forma, nos asegurábamos que el diente había vuelto completamente a su temperatura original y además obtendríamos resultados más fidedignos, ya que el mismo diente, era sometido 3 veces a un periodo de enfriamiento.

Entonces, el procedimiento clínico debe realizarse con aislamiento relativo, ubicando el termómetro en contacto con la cara vestibular del diente y luego retirarlo y verificar que la fibra de vidrio no se encuentre sucia ni empañada. Es necesario esperar entre las mediciones con cada termómetro, el aire de la jeringa debe utilizarse a máxima potencia y el paciente debe en lo posible respirar solo por la nariz.

Cabe mencionar que la manipulación del termómetro estuvo a cargo de una única persona, así como también, el cronómetro y el registro de las mediciones. Finalmente, determinamos que se requería un tiempo aproximado de 45 minutos por par de dientes examinados.

Con la realización del estudio pudimos observar que las mediciones de temperaturas basales y post enfriamiento fueron diferentes entre termómetros, sin embargo, efectivamente los dientes vitales recuperaron su temperatura coronaria basal en menor tiempo que sus homólogos desvitalizados, resultado observado con los tres instrumentos de medición

4.9.2 Protocolo Experimental

1. Aislar el diente vital de forma relativa con el uso de tómulas de algodón.
2. Ubicar el termómetro "A" en contacto con la cara vestibular del diente y realizar 3 mediciones de la temperatura inicial o basal coronaria (TCB) para conseguir un promedio.
3. Enfriar el diente con aire de la jeringa triple por 8 segundos a 1cm de distancia de la corona. La distancia a la cual debe ubicarse la jeringa será verificada a través de una regla milimetrada que será puesta en contacto con la cara

vestibular del diente. El tiempo de enfriamiento será cronometrado por el examinador a cargo del uso del cronómetro.

4. Ubicar el termómetro infrarrojo "A" en contacto con la cara vestibular del diente y determinar la cantidad de segundos que demora en recuperar la temperatura basal del diente utilizando el cronómetro. Durante el periodo de recuperación de la temperatura, ésta se deberá ir midiendo y registrando cada 30 segundos en la ficha, hasta que recupere su temperatura coronaria basal, luego de realizar cada medición el termómetro debe alejarse del diente.
5. Repetir de igual forma las mediciones en el diente desvital homólogo.
6. Este mismo proceso se debe realizar en los dientes homólogos con los termómetros infrarrojos "B" y "C", esperando un tiempo de 2 minutos entre ellos.



Figura N°5: Aislamiento Relativo con tómulas de algodón y eyector



Figura N°6: Posicionamiento regla y jeringa triple.



Figura N°7:
Posicionamiento
Temómetro "A"



Figura N°8:
Posicionamiento
Temómetro "B"



Figura N°9:
Posicionamiento
Temómetro "C"



Figura N°10: Aislamiento Relativo con tórculas de algodón y



Figura N°11: Posicionamiento regla y jeringa triple.



Figura N°12:
Posicionamiento
Temómetro "A"



Figura N°13:
Posicionamiento
Temómetro "B"



Figura N°14:
Posicionamiento
Temómetro "C"

4.10 Control de Sesgos y Limitaciones

La principal limitante de nuestro estudio fue la búsqueda de pacientes debido a que debían tener características muy específicas para ser incluidos dentro del estudio y además, por tratarse de un estudio con personas, se requirió la tramitación de permisos de parte del comité de bioética de la facultad. En cuanto a sesgos, podemos mencionar los siguientes: desconocimiento del estado real o grado de vitalidad de los dientes estudiados, ya que, la vitalidad se determinó sólo mediante examen clínico y radiográfico; control de los factores ambientales, como es sabido la temperatura de los dientes varía en función de muchos factores, para la realización de nuestro estudio, nos preocupamos de controlar cada uno de ellos manteniendo condiciones ambientales estándar (aire acondicionado y ubicación dentro de la clínica) y realizando un procedimiento de aislamiento a cada uno de los dientes estudiados.

4.11 Análisis de los datos

Los datos obtenidos de las fichas fueron tabulados en el software Excel 2010 y posteriormente codificados en el software SPSS v. 19. Considerando la naturaleza de la

investigación, se utilizaron análisis descriptivos e inferenciales para obtener una visión general de la problemática.

Como primera parte constamos con un análisis exploratorio para la caracterización de los sujetos estudiados y destacar las características más importantes, se utilizaron medidas de localización (media aritmética, mediana, mínimo, máximo) y medidas de dispersión (varianza, desviación estándar, error estándar) con el objetivo de entregar información respecto a la variabilidad de los datos. Además se utilizaron herramientas como gráficos (histograma, frecuencia acumulada) y tablas para ilustrar de mejor forma los resultados.

La segunda parte del análisis consistió en un análisis confirmatorio cuyo objetivo fue contrastar la hipótesis planteada y dar significancia a los datos obtenidos utilizando pruebas estadísticas de significancia comparando las variables entre las diferentes muestras. Las pruebas empleadas en este análisis fueron: pruebas para el análisis de diferencia de medias (T-student y ANOVA), comparaciones múltiples o pruebas de pares (Tukey), pruebas multivariadas (λ de Wilks, Traza de Pillai, Traza de Hotteling-Lawley, Raíz máxima de Roy). Mediante la aplicación de todas estas pruebas pudimos analizar los datos para dar significado a los resultados obtenidos y así dar respuesta a los objetivos planteados en nuestra investigación.

5. RESULTADOS

Las mediciones se realizaron sobre 30 pares de dientes homólogos (vital – desvital) pertenecientes a 24 Pacientes. 19 pacientes con 1 par homólogo, 4 pacientes con 2 pares homólogos y 1 paciente con 3 pares homólogos. Las distribuciones por sexo y rango etario fueron las siguientes:

5.1 Sexo

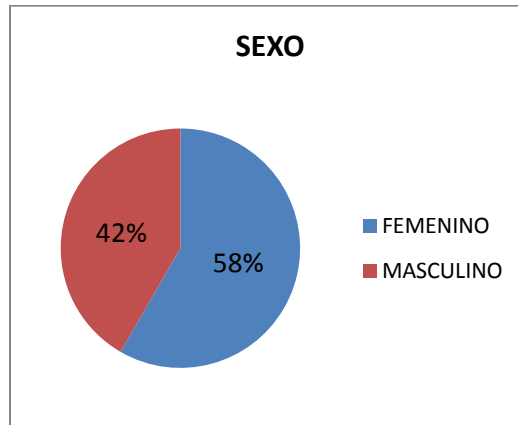


Gráfico N°1: distribución por sexo de la muestra

Los 30 pares de dientes homólogos estudiados pertenecían a un total de 24 pacientes, 14 de ellos de sexo femenino correspondientes a un 58% de la muestra, y 10 de ellos de sexo masculino correspondientes a un 42% de la muestra. De los 30 pares de dientes homólogos, 17 pares pertenecían a pacientes de sexo femenino y 13 pares pertenecían a pacientes de sexo masculino.

5.2 Edad

Grupo Etario	N° de Pacientes	N° de Dientes
18 – 20	1	2
21 – 30	8	16
31 – 40	3	8
41 – 50	4	10
51 – 60	8	24
Total	30	60

Tabla N° I: distribución de la muestra por rango etario.

El promedio de edad de los pacientes que participaron en el estudio, fue de 41 años de edad, fluctuando en un rango que va entre 20 años de edad para el paciente más joven y 59 años para el paciente de mayor edad.

5.3 Temperatura Coronaria Basal (TCB)

La temperatura coronaria basal fue medida 3 veces para cada par dentario homologo utilizando los tres instrumentos de medición. De dichas mediciones se obtuvo un promedio el cual se muestra en la siguiente tabla:

T° Coronaria Basal promedio utilizando Termómetro A, B y C	Vitalidad del diente	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
				Límite inferior	Límite superior
T° Coronaria Basal promedio utilizando Termómetro A	1 Vital	36,24	0,10	36,03	36,45
	2 Desvital	36,19	0,10	35,98	36,40
T° Coronaria Basal promedio utilizando Termómetro B	1 Vital	34,88	0,16	34,56	35,20
	2 Desvital	35,05	0,16	34,73	35,37
T° Coronaria Basal promedio utilizando Termómetro C	1 Vital	33,50	0,24	33,01	33,99
	2 Desvital	33,67	0,24	33,18	34,15

Tabla N° II: Promedio Temperatura Coronaria Basal según Vitalidad y Termómetro utilizado.

Como se aprecia en la Tabla N°II, la T° Coronaria Basal promedio en el termómetro "A" fue de 36.24 en dientes vitales y 36.19 en dientes desvital. En el termómetro "B" la T° Coronaria Basal promedio fue de 34,88 para dientes vitales y 35.05 para dientes desvital. A su vez, en el termómetro "C" el promedio de T° Coronaria Basal fue de 33.50 en dientes vitales y 33.67 en dientes desvital. Se puede observar que no hubo mayores diferencias en las temperaturas registradas por cada termómetro tanto en vitales como en desvital, encontrándose dichas mediciones dentro del rango de error de cada termómetro.

5.4 Temperatura Coronaria Post-Enfriamiento (TCPE)

La Temperatura Coronaria Post-Enfriamiento fue registrada tras hacer el procedimiento de enfriamiento estandarizado que consistió en enfriar los dientes mediante la aplicación de aire comprimido de la jeringa triple durante 8 segundos a 1 centímetro de distancia (ver procedimiento experimental en marco teórico). El promedio de dichas temperaturas se muestra en la siguiente tabla:

T° Coronaria Post-enfriamiento promedio utilizando Termómetro A, B y C	Vitalidad del diente	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
				Límite inferior	Límite superior
T° Coronaria Final promedio utilizando Termómetro A	1 Vital	32,61	0,12	32,38	32,84
	2 Desvital	32,92	0,12	32,69	33,15
T° Coronaria Final promedio utilizando Termómetro B	1 Vital	27,41	0,18	27,05	27,78
	2 Desvital	27,64	0,18	27,27	28,01
T° Coronaria Final promedio utilizando Termómetro C	1 Vital	27,25	0,25	26,76	27,74
	2 Desvital	27,77	0,25	27,28	28,26

Tabla N° III: Promedio Temperatura Coronaria Post-Enfriamiento según Vitalidad y Termómetro utilizado

Como se aprecia en la Tabla N°III, la T° Coronaria Post-Enfriamiento promedio en el termómetro "A" fue de 32.61 en dientes vitales y 32.92 en dientes desvital. En el termómetro "B" la T° Coronaria Post-Enfriamiento promedio fue de 27.41 para dientes vitales y 27.64 para dientes desvital. A su vez, en el termómetro "C" el promedio de T° Coronaria Post-Enfriamiento fue de 27.25 en dientes vitales y 27.77 en dientes desvital. Podemos observar que los dientes disminuyeron su temperatura en promedio unos 5°C luego del proceso de enfriamiento y que no hubo mayores diferencias en las temperaturas registradas por cada termómetro tanto en vitales como en desvital, encontrándose dichas temperaturas dentro del rango de error de cada termómetro.

5.5 Tiempo de Recuperación de la Temperatura Coronaria Basal

Se pesquisó mediante el cronómetro el tiempo en segundos que demoraba el diente en recuperar su temperatura coronaria basal luego del proceso de enfriamiento estandarizado.

Tiempo de recuperación utilizando termómetro A, B y C	Vitalidad del diente	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
				Límite inferior	Límite superior
Tiempo de recuperación en segundos utilizando Termómetro A	Vital	154,0	7,9	138,2	169,8
	Desvital	228,0	7,9	212,2	243,8
Tiempo de recuperación en segundos utilizando Termómetro B	Vital	184,0	9,1	165,7	202,3
	Desvital	261,0	9,1	242,7	279,3

Tiempo de recuperación en segundos utilizando Termómetro C	Vital	184,0	7,1	169,8	198,2
	Desvital	270,0	7,1	255,8	284,2

Tabla N° IV: Tiempo de Recuperación Promedio entre dientes vitales y desvitalizados utilizando los termómetros A, B y C.

En base a los resultados obtenidos en la Tabla N°IV se puede observar que el tiempo de recuperación promedio utilizando el Termómetro A para dientes vitales fue de 154 segundos, encontrándose entre 138,2 y 169,8 segundos con un nivel de confianza del 95% (Ver Anexo N°3 Intervalo de Confianza para una media poblacional). Para los dientes desvitalizados el tiempo de recuperación medio fue de 228 segundos, fluctuando entre 212.2 y 243.8 segundos con un nivel de confianza del 95% (Ver Anexo N°3 Intervalo de Confianza para una media poblacional).

De acuerdo a los resultados obtenidos utilizando el termómetro B se observa que el tiempo de recuperación en dientes vitales es de 184 segundos en promedio, encontrándose entre 165.7 y 202.3 segundos con un nivel de confianza del 95%. Para su homólogo desvitalizado el tiempo de recuperación promedio es de 261 segundos y fluctúa entre 242.7 y 279.3 segundos con un nivel de confianza del 95%.

Para el termómetro C los resultados en dientes vitales muestran un tiempo de recuperación promedio de 184 segundos, encontrándose el verdadero valor entre 169,8 y 198.2 segundos con un nivel de confianza del 95%. De igual forma para los dientes desvitalizados el tiempo es de 270 segundos en promedio, dicho valor fluctúa entre 255.8 y 284.2 segundos con un nivel de confianza del 95%.

Al expresar los resultados obtenidos en una escala logarítmica, se obtiene una representación mediante un gráfico de la distribución del tiempo de recuperación, según vitalidad dentaria.

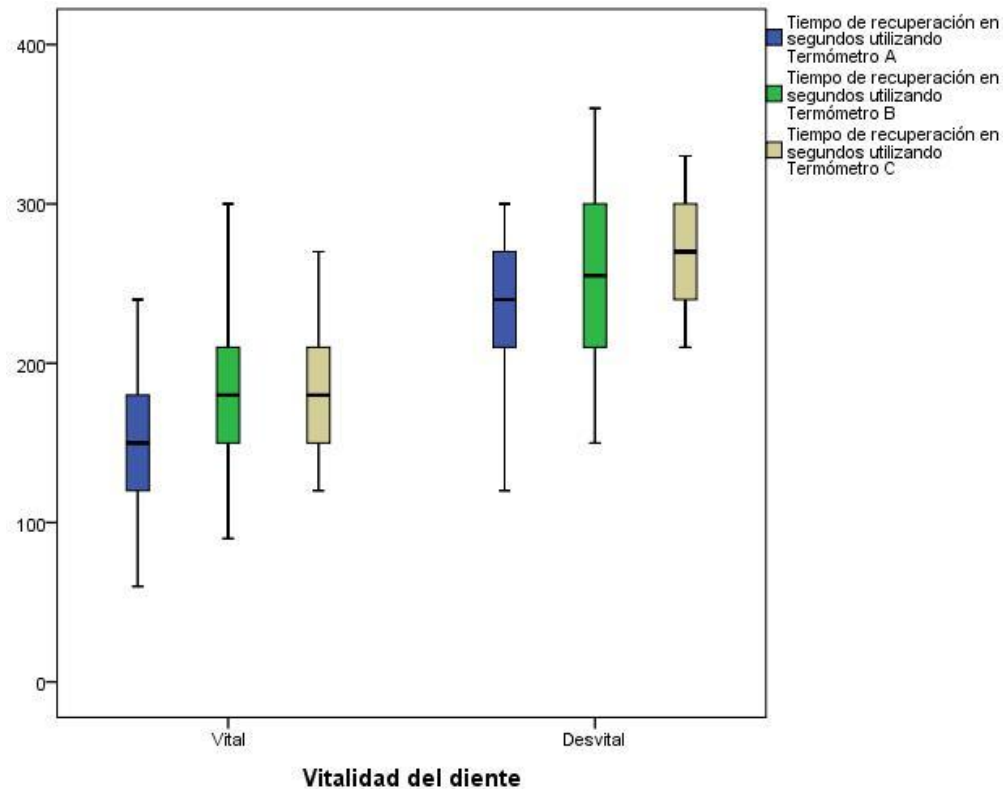


Gráfico N°2: Diagrama de Cajas del Tiempo de Recuperación en segundos versus vitalidad del diente utilizando los termómetros A, B y C.

Según se observa en el gráfico N°2, con los tres instrumentos de medición utilizados, el tiempo de recuperación en segundos de la TCB, fue menor en dientes vitales respecto a sus homólogos desvitalados.

Para confirmar lo anterior, se aplicaron las pruebas estadísticas λ de Wilks, Traza de Pillai, Traza de Hotteling-Lawley, Raíz máxima de Roy, y posteriormente al interior de cada termómetro se realizó comparaciones múltiples (o pruebas de pares) utilizando la estadística de Tukey. El resultado obtenido, fue que existen diferencias estadísticamente significativas en el tiempo de recuperación de la temperatura de dientes vitales y desvitalados, donde, el tiempo de recuperación en dientes vitales es menor que en sus homólogos desvitalados con los tres instrumentos utilizados, por lo tanto, el tiempo de recuperación es siempre menor en dientes vitales independiente del termómetro infrarrojo utilizado.

5.6 Temperatura de Recuperación

Dentro de los objetivos se planteó establecer una curva de recuperación de temperatura de dientes vitales y desvitalizados y comparar entre mediciones de los diferentes instrumentos, para observar si existe algún comportamiento distintivo en el proceso de recuperación de la temperatura. Para ello se fue registrando la temperatura cada 30 segundos durante el tiempo de recuperación.

El análisis realizado para este punto es de tipo descriptivo, y se grafican las mediciones de los dientes en cada instante de medición, el objetivo fue determinar si existía una tendencia clara en la temperatura de recuperación media, patrones u otra característica de interés.

En los gráficos que se presentan a continuación se muestran las medias marginales de la temperatura de recuperación cada 30 segundos para dientes vitales y desvitalizados.

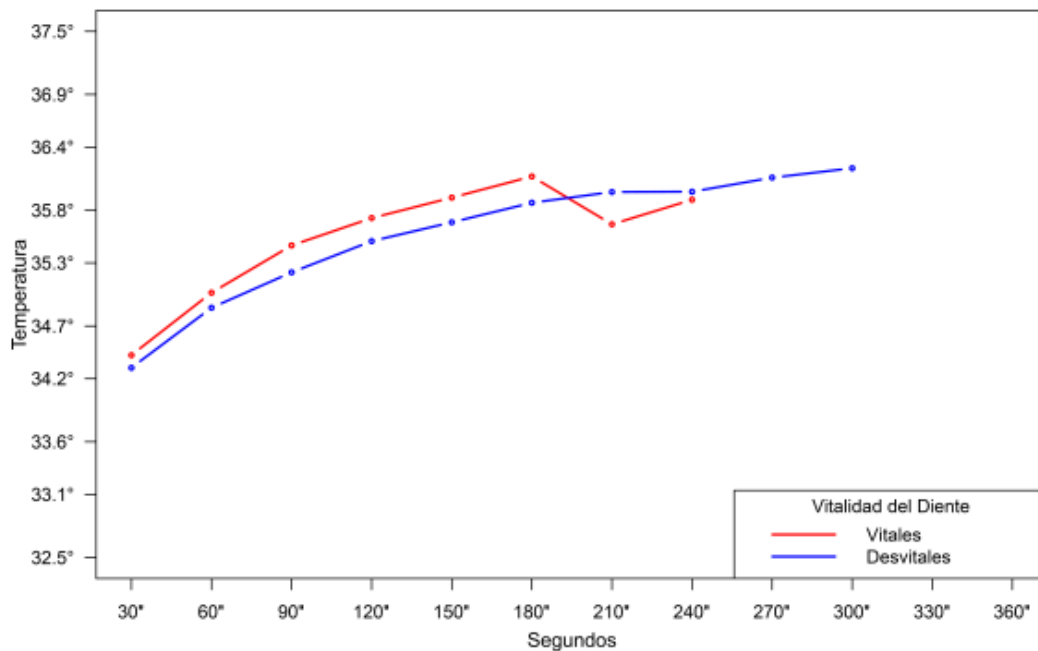


Gráfico N°3: Curvas de crecimiento para la temperatura de recuperación en una ventana de 360 segundos utilizando el Termómetro A para dientes vitales y desvitalizados

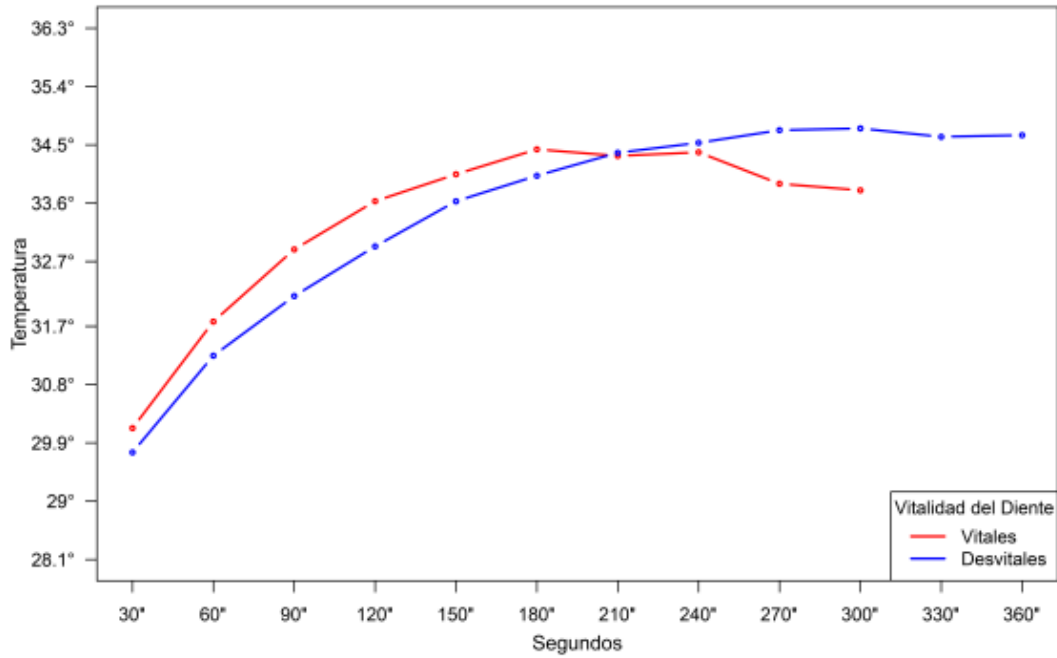


Gráfico N°4: Curvas de crecimiento para la temperatura de recuperación en una ventana de 360 segundos utilizando el Termómetro B para dientes vitales y desvitalizados.

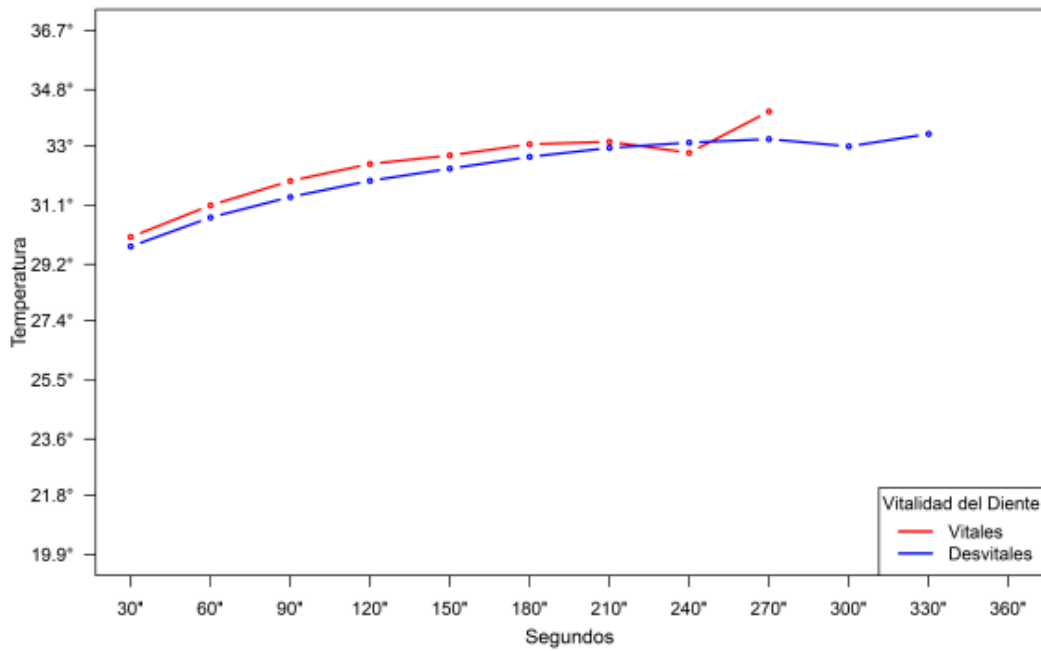


Gráfico N°5: Curvas de crecimiento para la temperatura de recuperación en una ventana de 360 segundos utilizando el Termómetro C para dientes vitales y desvitalizados.

Tras la aplicación de la prueba estadística T-student se obtuvo que, para un nivel de significancia del 5%, se puede decir que no hay evidencia estadística para afirmar que existen diferencias significativas en la temperatura de recuperación de dientes vitales versus desvitalizados (P-valor > 0.05), es decir, la temperatura de recuperación para dientes vitales y desvitalizados es la misma. Esto se observó en la temperatura de recuperación en 30, 60, 90, 120, 150, 180 y 210 segundos. Para los tiempos restantes no se pudo obtener conclusiones debido a la menor cantidad de datos.

Entonces, según lo observado, no se puede establecer un patrón característico de recuperación de la temperatura coronaria en dientes vitales o desvitalizados. Los homólogos presentan las mismas temperaturas de recuperación y difieren sólo en el tiempo de recuperación de dichas temperaturas.

5.7 Perfiles de los Termómetros A, B y C

Para la realización del estudio se utilizaron tres termómetros infrarrojos de uso médico de diferente marca comercial, con el objetivo de establecer un menor tiempo de recuperación en dientes vitales que en sus homólogos desvitalizados sin importar el instrumento de medición.

Se realizó un análisis para verificar si existen diferencias significativas en el desempeño de medición de los tres termómetros utilizados obteniendo un promedio del tiempo de recuperación observado en dientes vitales y desvitalizados .

Tiempo de recuperación en segundos utilizando Termómetro A, B y C	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
A	191,000	5,586	179,818	202,182
B	222,500	6,468	209,553	235,447
C	227,000	5,021	216,950	237,050

Tabla N° V: Tiempo de recuperación en segundos utilizando los termómetros A, B y C

En la tabla se puede apreciar con un nivel de confianza del 95% (Ver Anexo N°3 Intervalo de Confianza para una media poblacional) que existen diferencias en el tiempo de recuperación obtenido con los tres instrumentos. Para el termómetro "A" el tiempo de recuperación promedio (vitales – desvitalizados) fue de 191 segundos, para el termómetro "B" el tiempo de recuperación promedio fue de 222,5 segundos y para el termómetro "C" fue de 227 segundos. Esta información se representa gráficamente de la siguiente forma:

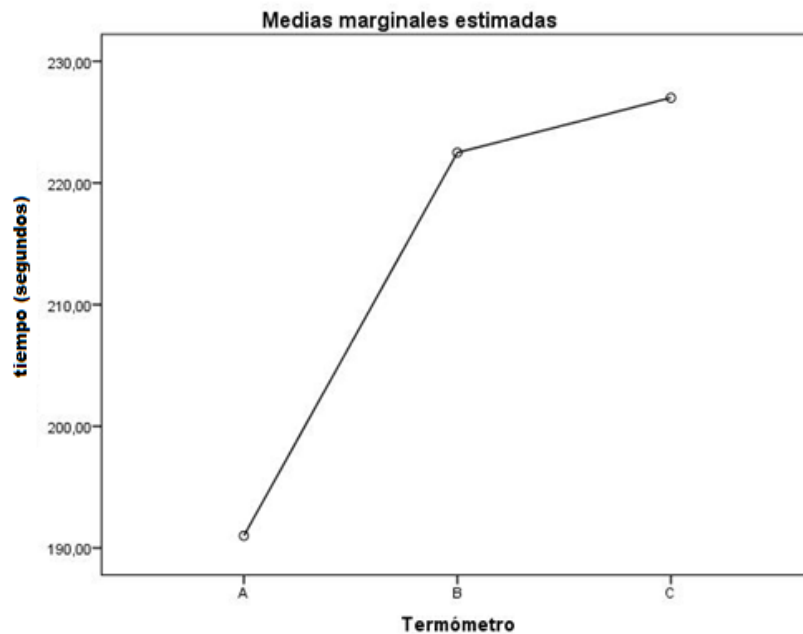


Gráfico N°6: Medias marginales del tiempo de recuperación utilizando los termómetros A, B y C.

En base a los resultados obtenidos y considerando un nivel de significancia del 5% se puede observar que existen diferencias significativas en al menos un par de termómetros. Al comparar el tiempo medio de recuperación del termómetro "A" versus el termómetro "B" se puede observar que existen diferencias significativas con un nivel de significancia del 5%. De igual forma, al observar el tiempo de recuperación medio del termómetro "A" versus el termómetro "C" existen diferencias significativas con un nivel de significancia del 5%. Por otro lado al observar el tiempo de recuperación medio del termómetro "B" versus el termómetro "C" se puede observar que no existen diferencias significativas con un nivel de significancia del 5%. Las pruebas estadísticas utilizadas fueron, λ de Wilks, Traza de Pillai, Traza de Hotteling-Lawley, Raíz máxima de Roy, y posteriormente al interior de cada termómetro se realizó comparaciones múltiples (o pruebas de pares) utilizando la estadística de Tukey.

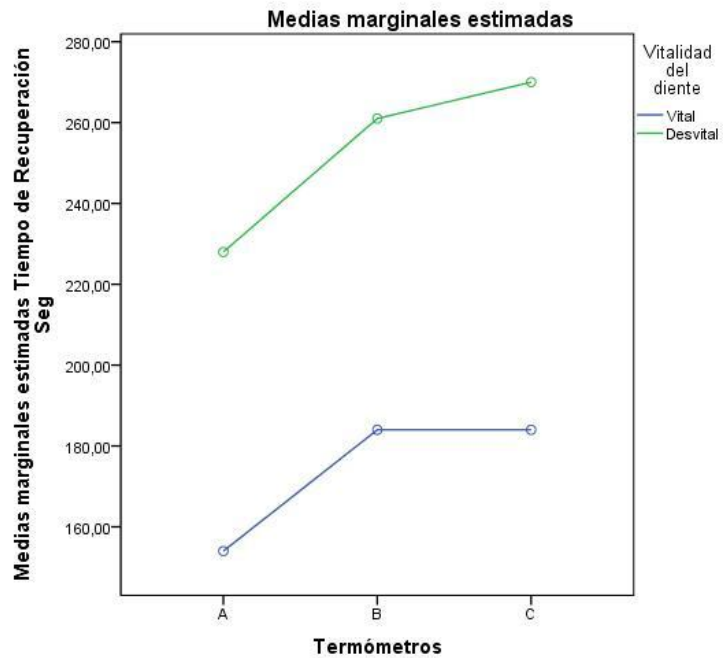


Gráfico N°7: Medias marginales del tiempo de recuperación utilizando los termómetros A, B y C versus vitalidad del diente.

Mediante este gráfico se representa que existen diferencias en el tiempo de recuperación medio en cada uno de los termómetros utilizados. Sin embargo, con todos los termómetros, el tiempo de recuperación de los dientes vitales fue menor que el de los desvitalados.

6. DISCUSIÓN

Nuestra investigación está basada en la evidencia que avala la medición de la temperatura coronaria dentaria como un método sencillo y fiable para evaluar la presencia y grado de irrigación sanguínea a través del cual se puede determinar la vitalidad dentaria⁶. En condiciones ambientales controladas, las fuentes de calor para los dientes vitales provienen de los tejidos periodontales y de la circulación y metabolismo pulpar, pero en dientes desvitalizados la única fuente de calor proviene del periodonto. La temperatura de la superficie dentaria está fuertemente influida por el medio ambiente, es por eso, que es esperable que tanto dientes vitales como desvitalizados tengan temperaturas de superficie similares, sin embargo, al someterse a un proceso de enfriamiento estandarizado, los dientes vitales por tener un adecuado aporte vascular, deberían recuperar en la corona su temperatura basal más rápido que los dientes desvitalizados^{4,5,6,24}.

Por lo expuesto anteriormente, son muchos los factores que pueden influir en los resultados de la medición de temperatura, por lo cual, representa una técnica sensible y se deben controlar tantas variables como sea posible en el estudio de la temperatura²². Sin embargo, según Stoops y Scott¹⁴, los cambios influyentes son iguales para dientes colocados simétricamente (homólogos), por lo tanto, cuando las superficies están secas, ambos dientes son comparables y la temperatura observada debe ser un indicador de la diferencia en la circulación local. Por tal motivo, durante la realización de nuestro estudio, se prestó especial cuidado al control de los factores que pudieran afectar o repercutir en la temperatura, utilizamos un procedimiento estandarizado que incluía el aislamiento de los dientes para evitar su contacto con los tejidos de la cavidad oral y también nos preocupamos de mantener condiciones locales controladas (lugar y temperatura de la habitación). Sin embargo, existen factores que escapan del control de los operadores, tal como lo expuso, Pogrel et al⁵, donde aclara que la respiración de los individuos puede inducir lecturas erróneas de los instrumentos, en nuestro caso, el termómetro.

En cuanto a las temperaturas basales lo esperado fue no encontrar diferencias en dientes vitales y desvitalizados debido a que ésta se encuentra influida principalmente por el ambiente externo (T° ambiental de la cavidad oral). Nuestros resultados confirman lo expresado al obtener una diferencia promedio de temperatura con los tres termómetros de 0.1°C entre dientes vitales y desvitalizados, este promedio se encuentra dentro de los rangos de error de los diferentes termómetros los cuales fluctúan entre 0,2 y 0.3°C. Dichos resultados concuerdan con los resultados obtenidos por Hurtado y cols²⁴ y con lo expresado por Fanibunda⁴, quién informó que no existe una diferencia en la temperatura de la superficie dental de dientes vitales y desvitalizados a pesar de la expectativa de que un suministro vascular normal habría dado lugar a una mayor

temperatura de los dientes vitales. Dicho autor concluye que el efecto del suministro de sangre pulpar fue enmascarado por el intercambio de calor entre el diente, el medio ambiente y los tejidos de soporte.

Por lo explicado anteriormente también esperamos no encontrar diferencias en las temperaturas post-enfriamiento, ya que, si ambos dientes presentaban la misma temperatura basal, luego del enfriamiento estandarizado, debían mostrar una disminución proporcional de la temperatura. Según nuestros hallazgos los dientes presentaron una disminución promedio de 5°C luego del proceso de enfriamiento, y la diferencia promedio obtenida con los tres termómetros entre dientes vitales y desvitalizados fue de 0.3°C, promedio que se encuentra dentro del rango de error esperado con los diferentes instrumentos. No hubo una diferencia estadísticamente significativa entre la temperatura post enfriamiento de dientes vitales y desvitalizados, lo que concuerda con los resultados obtenidos por Pogrel et al⁵.

Fanibunda⁴, sugirió que es posible relacionar el suministro de sangre de la pulpa a la tasa de recuperación de la temperatura de la superficie del diente a la normalidad después de la aplicación de un estímulo térmico (caliente o frío), por lo cual, demostró que es posible diferenciar entre dientes vitales y desvitalizados utilizando la relación tiempo-temperatura. Dicho autor también plantea que el rango de temperatura para dientes vitales es tan amplio que no es posible evaluar la vitalidad del diente a partir de una lectura estática, pero sí es posible midiendo el perfil en el tiempo de su respuesta de temperatura después de aplicado el estímulo térmico. A su vez, Smith et al⁶ sostienen que la misma complejidad y variabilidad del ambiente térmico puede afectar la recuperación de la temperatura después del enfriamiento y sólo es posible comparar dientes homólogos que aseguren condiciones ambientales uniformes.

Luego de aplicado el proceso de enfriamiento estandarizado utilizado en nuestro estudio, las mediciones obtenidas con los tres instrumentos de medición utilizados, arrojaron que con un nivel de significancia del 95% existen diferencias estadísticamente significativas en el tiempo de recuperación de la temperatura de dientes vitales y desvitalizados, donde, el tiempo de recuperación en dientes vitales es menor que en sus homólogos desvitalizados. El promedio del tiempo de recuperación para dientes vitales fue de 174 segundos, por otro lado, para los dientes desvitalizados se obtuvo un promedio de 253 segundos, con una diferencia entre ambos de 79 segundos, es decir, los dientes vitales recuperaron su temperatura coronaria basal 79 segundos antes que los dientes desvitalizados. Al contrastar nuestros resultados con la literatura, Smith et al⁶ evaluaron in vitro e in vivo el cambio en la temperatura de la superficie del diente después de aplicar un estímulo térmico y concluyeron que bajo condiciones in vitro, la temperatura de los dientes y tasa de recuperación de la temperatura se relaciona con la tasa de flujo interno de agua, sin embargo in vivo, ni la temperatura de la superficie de los dientes ni

la tasa de recuperación de la temperatura se relacionó significativamente con la vitalidad pulpar. Por el contrario, Pogrel et al⁵, al encontrar que las temperaturas basales eran iguales tanto para vitales como desvitaes, se centraron en buscar diferencias en el tiempo de recuperación de la temperatura después del enfriamiento con aire frío y demostraron con significancia estadística que los dientes devitales eran más lentos en recuperar sus temperaturas basales que los dientes vitales, tal como lo demostró Fanibunda⁴.

Nuestros resultados coinciden con los obtenidos por la investigación de Hurtado y cols²⁴, quienes también demostraron que existe una diferencia estadísticamente significativa en la recuperación de la temperatura entre dientes vitales y desvitaes, siendo menor el tiempo en los primeros. De acuerdo a sus resultados, los dientes vitales recuperaron su temperatura basal en un promedio de 44.86 segundos, mientras que los dientes desvitaes lo hicieron en un promedio de 73.50 segundos, existiendo una diferencia entre ambos de 28.64 segundos. Sus tiempos de recuperación difieren con los obtenidos en la presente investigación, lo que se puede atribuir principalmente a dos factores: (1) en el proceso de enfriamiento ellos obtuvieron un menor rango de variación de la temperatura que el obtenido por nosotros, y (2) el grupo etario más prevalente en su muestra fue entre 21-30 años, a diferencia de nuestra investigación en la cual el grupo etario más prevalente fue entre 51-60 años.

En la literatura no existen muchos estudios que intenten establecer curvas o patrones de recuperación de la temperatura, es por eso que, en nuestra investigación se planteó la idea de analizar los tiempos de recuperación cada 30 segundos con el objetivo de establecer si existe o no un patrón característico o diferencia en la forma de recuperación de la temperatura de dientes vitales y desvitaes. Para tal objetivo se analizaron los datos obteniendo curvas de recuperación de la temperatura y con los resultados obtenidos se pudo determinar que con un nivel de significancia del 5% no hay evidencia estadística para afirmar que existen diferencias significativas en la temperatura de recuperación de dientes vitales versus desvitaes, es decir, no se puede establecer un patrón característico de recuperación de la temperatura coronaria. Los dientes homólogos presentan las mismas temperaturas de recuperación y difieren solo en el tiempo de recuperación de dichas temperaturas. Lo que sí es posible establecer gracias a las curvas, es que la fase temprana de recuperación es más rápida que la fase tardía, tanto para dientes vitales como desvitaes, este hallazgo coincide con el obtenido por Kells^{20,21}.

La presente investigación surgió de la necesidad de determinar si los resultados arrojados por la investigación de Hurtado y cols²⁴ eran independientes del instrumento de medición de temperatura utilizado. Para tal efecto se realizaron las mediciones

utilizando tres diferentes termómetros infrarrojos de uso médico de diferente marca comercial.

Los termómetros infrarrojos son instrumentos que miden la temperatura a través de la radiación infrarroja (calor) emitida por los objetos. Si hay una diferencia de temperatura entre los objetos teniendo en cuenta también el ambiente que los rodea, entonces este gradiente se puede medir y utilizar. Los termómetros infrarrojos de uso médico se caracterizan por tener rangos de medición más acotados y un nivel de acierto mayor^{25,26}. Los termómetros utilizados en nuestra investigación correspondieron a tres marcas comerciales diferentes, la elección de cada uno de ellos se basó en el precio, características estructurales y precisión. Se buscó que tuvieran diferencias en el precio para validar que la calidad no es influyente en la medición realizada, además el termómetro debía cumplir con las características necesarias para realizar la medición de manera óptima, es decir, debía ser un termómetro con modalidad de oído o de frente/oído ya que su punta ahusada y de menor tamaño permitía posicionarlo de manera correcta y eficiente en la superficie dentaria. En cuanto a la precisión de los termómetros utilizados, esta variaba entre un 0.2 y 0.3°C dependiendo del rango de temperatura medido.

Nuestros resultados muestran que con un nivel de significancia del 95% existen diferencias estadísticamente significativas en las mediciones del tiempo y temperatura de recuperación realizadas por los termómetros, sin embargo, a pesar de que las mediciones sean diferentes, los datos obtenidos indican que los dientes vitales recuperan su temperatura coronaria basal antes que los dientes desvitalizados tratados endodónticamente en todos los casos, por lo tanto, este resultado es independiente del instrumento de medición utilizado.

Según los resultados obtenidos podemos notar una tendencia a la disminución de las temperaturas coronarias basales y post-enfriamiento registradas con los diferentes termómetros. Además, según el tiempo de recuperación, se puede afirmar que, con un nivel de confianza del 5% el termómetro Dual Scan Ultra presentó diferencias significativas con los termómetros AND y 4-in-1. A su vez, con un nivel de confianza del 5% los termómetros AND y 4-in-1 no presentaron diferencias significativas en sus mediciones. La tendencia observada puede atribuirse al protocolo experimental, ya que, el termómetro Dual Scan Ultra fue el primero en utilizarse en todas las mediciones y se debe considerar que cada par homólogo sufrió tres procesos de enfriamiento consecutivos, esto explicaría la baja en las temperatura basales y también en las temperaturas post-enfriamiento y por otro lado, explicaría el menor tiempo de recuperación obtenido con el termómetro Dual Scan Ultra. Por esta razón, podemos inferir, que las variaciones entre termómetros podrían ser atribuidas al momento de medición más que al instrumento propiamente tal.

Pese a que los hallazgos pesquisados en nuestro trabajo avalan que los dientes vitales recuperan su temperatura más rápido que los dientes desvitalizados luego de un proceso de enfriamiento estandarizado, no es posible dilucidar, si este cambio debe ser exclusiva y efectivamente a la presencia o no de irrigación sanguínea al interior de la pulpa, esto se debe a que son muchos los factores que influyen en la temperatura de los dientes, especialmente, la temperatura ambiente, factor que es muy difícil de controlar y estandarizar. Además, es necesario recalcar, que los dientes vitales tienen diferentes grados de irrigación (ya sea por la edad o por la historia de noxas pulpares) y esto puede influir de manera negativa en los resultados, es por esto, que pudiese ser necesario previo a la realización de las mediciones corroborar la vitalidad dentaria con otros medios.

7. CONCLUSIÓN

Nuestro estudio confirmó que, luego de un proceso de enfriamiento estandarizado existen diferencias significativas en el tiempo de recuperación de la temperatura de dientes vitales y desvitalados, donde, el tiempo de recuperación en dientes vitales es menor que en sus homólogos desvitalados.

Se determinó que, existen diferencias significativas en las mediciones del tiempo y temperatura de recuperación realizadas por los termómetros, sin embargo, los datos obtenidos indican que los dientes vitales recuperan su temperatura coronaria basal antes que los dientes desvitalados tratados endodónticamente y este resultado es independiente del instrumento de medición utilizado.

Existen diferencias entre las mediciones realizadas según marca comercial (T° de recuperación, TCB, TCPE), presentando el termómetro de marca Dual Scan Ultra las mayores diferencias respecto a los termómetros de marca AND y 4-in-1, éstos últimos no presentaron diferencias en su mediciones.

Las temperaturas coronarias basales de los dientes homólogos presentaron diferencias leves en su promedio, siendo ésta de 0.1°C entre vitales y desvitalados. Así mismo, las temperaturas coronarias post-enfriamiento presentaron una diferencia de 0,3°C entre vitales y desvitalados tratados endodónticamente.

Se observó que, el promedio del tiempo de recuperación para dientes vitales fue de 174 segundos y para los dientes desvitalados un promedio de 253 segundos, con una diferencia entre ambos de 79 segundos, es decir, los dientes vitales recuperaron su temperatura coronaria basal 79 segundos antes que los dientes desvitalados.

Se determinó que, no existen diferencias en la temperatura de recuperación de dientes vitales versus desvitalados, es decir, no se puede establecer un patrón característico de recuperación de la temperatura coronaria. Los dientes homólogos presentan las mismas temperaturas de recuperación y difieren solo en el tiempo de recuperación de dichas temperaturas.

Se observó, mediante el empleo de las curvas de recuperación de la temperatura, que la fase temprana de recuperación de la temperatura es más rápida que la fase tardía, tanto para dientes vitales como desvitalados tratados endodónticamente.

Según lo expuesto se puede concluir que, independiente del instrumento de medición utilizado, los dientes vitales recuperan su temperatura coronaria basal más rápido que los dientes desvitalados tratados endodónticamente.

8. SUGERENCIAS Y LIMITACIONES

Dentro de las sugerencias, planteamos el desarrollo de una futura investigación que contemple el uso de dientes con su estructura coronaria indemne para disminuir la variabilidad de los datos del estudio, además se sugiere que, previo a la realización de las mediciones, la vitalidad de los dientes sea comprobada mediante otro método (ej. Vitalometro) para asegurar la obtención de resultados lo más fidedignos posibles y tener un punto de comparación para evaluar la certeza del método planteado.

Otra sugerencia es lograr un mayor control de las condiciones ambientales, ya que, pueden influir de gran manera en las mediciones realizadas por los termómetros (evitar el aire acondicionado directo). También planteamos establecer un método de aislamiento con el uso de goma dique y eyector, que asegure la obtención de mediciones exactas de la temperatura y además evaluar la posibilidad de que las mediciones con cada termómetro se hagan en días diferentes para asegurar la consistencia de los datos. Otro punto, es que, dentro de los criterios de exclusión, deben agregarse los pacientes respiradores bucales, porque alteran y dificultan el proceso de medición.

Como sugerencia final, consideramos la realización de un estudio futuro que compare dientes vitales con dientes traumatizados o con diagnóstico dudoso, en los que existe sospecha acerca del estado de vitalidad.

Dentro de las limitaciones de nuestro estudio, las más relevantes son: no contar con un método que demuestre que la recuperación de la temperatura coronaria más rápida en dientes vitales, sea efectivamente por la presencia de un flujo sanguíneo intrapulpal, y además, los dientes pueden presentar diversos grados de vitalidad según la historicidad de noxas al tejido pulpar y eso no fue considerado en nuestro estudio.

La otra limitación fue que pudimos proyectar una curva de recuperación de la temperatura sólo hasta los 360 segundos, debido a que en tiempos superiores la cantidad de datos era muy escasa para aplicar estadística.

9. RESUMEN

La mayoría de los métodos utilizados para evaluar vitalidad pulpar generan una respuesta dolorosa en el paciente. Por este motivo, es necesario contar con un método que se correlacione con la presencia de vascularización más que con la función nerviosa.

OBJETIVO: Determinar si la tendencia del tiempo de recuperación de la temperatura coronaria basal luego de un proceso de enfriamiento estandarizado es menor en dientes vitales que en sus homólogos desvitalizados tratados endodónticamente, independiente del instrumento de medición utilizado.

MATERIAL Y MÉTODO: Estudio descriptivo, de carácter clínico. La muestra consistió en 30 pares de dientes homólogos vitales y desvitalizados tratados endodónticamente de pacientes de la Facultad de Odontología de la Universidad de Valparaíso. A cada paciente se le realizaron mediciones de temperatura coronaria utilizando tres termómetros infrarrojos de diferente marca comercial.

RESULTADOS: Existen diferencias estadísticamente significativas en el tiempo de recuperación de la temperatura de dientes vitales y desvitalizados, donde, en dientes vitales es menor que en sus homólogos desvitalizados, siendo independiente del instrumento de medición utilizado.

DISCUSIÓN: El tiempo de recuperación de la temperatura coronaria basal y la de post-enfriamiento, coinciden con la literatura (Fanibunda, 1986, Pogrel, 1989. Hurtado, 2013). Por otro lado, no existe un patrón característico de recuperación de temperatura entre vitales y desvitalizados, difiriendo sólo en el tiempo de recuperación.

CONCLUSIONES: luego de un proceso de enfriamiento estandarizado los dientes vitales recuperan su temperatura basal más rápido que los desvitalizados, independientemente del instrumento de medición utilizado.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. JAFARZADEH, H., UDOYE, C. I. & KINOSHITA, J. The application of tooth temperature measurement in endodontic diagnosis: a review. *J Endod* 2008 Dec. 34 (12): 1435-1440.
2. PETERSSON, K., SÖDERSTRÖM, C., KIANI-ANARAKI, M. & LÉVY, G. Evaluation of the ability of thermal and electrical tests to register pulp vitality. *Endod Dent Traumatol.* 1999 Jun. 15 (3): 127-13.1
3. ANDREASSEN J. O., ANDREASSEN F.M., ANDERSSON L. Texto y Atlas a color de lesiones traumáticas a las estructuras dentales. 4ta Edición, Oxford, Amolca; 2009. Capítulo 2: Respuesta de los tejidos orales al trauma; p 58-60.
4. FANIBUNDA, K. B. Diagnosis of tooth vitality by crown surface temperature measurement. *J Dent.* 1986. 14: 160-164.
5. POGREL, M. A., YEN, C. K. & TAYLOR, R. C. Studies in tooth crown temperature gradients with the use of infrared thermography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1989 May. 67 (5): 583-587
6. SMITH, E., DICKSON, M., EVANS, A. L., SMITH, D. & MURRAY, C. A. An evaluation of the use of tooth temperature to assess human pulp vitality. *IntEndod J*, 2004 Jun. 37 (6): 374-380
7. ESTRELA, C. Ciencia Endodóntica. 1era Edición, España, Panamericana, 2005, Capítulo 1: La Pulpa Dental; p 20-53.
8. AANDERUD-LARSEN, K., BRODIN, P., AARS, H. & SKJELBRED, P. Laser Doppler flowmetry in the assessment of tooth vitality after Le Fort I osteotomy. *J Craniomaxillofac Surg*, 1995 Dec. 23 (6): 391-395.
9. STOCK, C, Atlas en Color y Texto de Endodoncia, 2da Edición, Madrid España, Mosby, 1996, Capítulo 3: Factores Etiológicos; p 202-205.
10. SELTZER, S, Pulpa Dental, 3ra Edición, Mexico, Editorial Mundi, 1987, Capitulo 2: Noxas pulpares; p 56-63.
11. SURINDAR N. BHASKAR, HAROLD M. RAPPAPORT, Dental vitality tests and pulp status, *J Am Dent Assoc.* 1973 Feb. 86 (2): 409-411
12. SOARES, I. J., GOLDBERG, F., Endodoncia, técnicas y fundamentos, 2da Edición, 2012 Panamericana, Madrid, España. Capítulo 2: Procedimientos para el diagnóstico en endodoncia; p 70-75.
13. COHEN, S., HARGREAVES M. Vías de la Pulpa, 9na Edición, 2007, Elsevier, España. Capítulo 1: Diagnóstico p 20-25.

14. STOOPS, L. C. & SCOTT, D. Measurement of tooth temperature as a means of determining pulp vitality. *J Endod* 1976 May. 2 (5): 141-145
15. ABD-ELMEGUID, A. & YU, D. C.. Dental pulp neurophysiology: part 1. Clinical and diagnostic implications. *J Can Dent Assoc.* 2009 Feb. 75 (1): 55-59.
16. CRANDELL, C. E. & HILL, R. P. Thermography in dentistry: a pilot study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1966 Mar. 21 (3): 316-320.
17. BROWN, A. C. & GOLDBERG, M. P. Surface temperature and temperature gradients of human teeth in situ. *Arch Oral Biol.* 1966 Oct. 11 (10): 973-982.
18. HARTLEY, J. L., STANFILL, D. F. & PLAKUN, B. D. Thermography of the human dentition. *TechRep SAMTR* 1967 Jul: 1 -40
19. HOWELL, R. M., DUELL, R. C. & MULLANEY, T. P. The determination of pulp vitality by thermographic means using cholesteric liquid crystals. A preliminary study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1970 May. 29 (5): 763-768.
20. KELLS, B. E., KENNEDY, J. G., BIAGIONI, P. A. & LAMEY, P. J. Computerized infrared thermographic imaging and pulpal blood flow: Part 1. A protocol for thermal imaging of human teeth. *IntEndod.* 2000 Sep. 33 (5): 442-447.
21. KELLS, B. E., KENNEDY, J. G., BIAGIONI, P. A. & LAMEY, P. J. Computerized infrared thermographic imaging and pulpal blood flow: Part 2. Rewarming of healthy human teeth following a controlled cold stimulus. *IntEndod.* 2000 Sep. 33 (5): 448-462.
22. BANES, J. D. & HAMMOND, H. L. Surface temperatures of vital and nonvital teeth in humans. *J Endod.* 1978 Apr. 4 (4): 106-109.
23. FANIBUNDA, K. B. A laboratory study to investigate the differentiation of pulp vitality in human teeth by temperature measurement. *J Dent.* 1985 Dec. 13 (4): 295-303.
24. HURTADO, N., NAVARRO, L. 2013. Recuperación de la temperatura coronaria como indicador de vitalidad pulpar. Tesis para optar al título de cirujano dentista. Universidad de Valparaíso, 30.
25. Catálogo de termómetros infrarrojos de Huke y Hemel: p 6-10
26. Catálogo de termómetros digitales MOBI: p 4-6

11. ANEXOS

11.1 Anexo N° 1 Consentimiento Informado

Consentimiento informado para ser parte de un estudio de tesis

Título de tesis: “Comparación en la medición del tiempo de recuperación de la temperatura basal, utilizando tres termómetros infrarrojos”.

”Investigadores: Valentina Rearte Ibar – Javiera Tordecilla Rodríguez.

Nombre del paciente: _____

Se le invita a participar en este estudio de investigación odontológica, que busca encontrar avances que ayude a determinar mejores diagnósticos mediante pruebas menos invasivas. Antes de decidir si participa o no, debe conocer y comprender cada uno de los siguientes apartados. Este proceso se conoce como consentimiento informado. Usted cuenta 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.

Objetivo del estudio

A usted se le está invitando a participar en un estudio de investigación que tiene como objetivos:

Objetivo General

Determinar si la tendencia del tiempo de recuperación de la temperatura coronaria basal luego de un proceso de enfriamiento estandarizado es menor en dientes vitales que en sus homólogos desvitalados tratados endodónticamente, independiente del instrumento de medición utilizado.

Objetivos Específicos

1. Medir y comparar las temperaturas coronarias basales (TCB) de dientes vitales y desvitalados homólogos, utilizando tres termómetros infrarrojos de uso médico de diferente marca comercial.
2. Medir y comparar las temperaturas coronarias post-enfriamiento (TCPE) de dientes homólogos vitales y desvitalados, después de un proceso de enfriamiento estandarizado de 8 segundos con aire comprimido de jeringa triple, utilizando tres termómetros infrarrojos de uso médico de diferente marca comercial.

3. Medir y comparar el tiempo de recuperación empleado entre TCPE y TCB en dientes homólogos vitales y desvitalizados.
4. Medir cada 30 segundos la temperatura coronaria de los dientes vitales y desvitalizados en su proceso de recuperación de TCB utilizando tres termómetros infrarrojos de uso médico de diferente marca comercial.
5. Establecer curva de recuperación de temperatura de dientes vitales y desvitalizados y comparar entre mediciones de diferentes instrumentos.

Beneficios del estudio

Este estudio busca validar una nueva manera de evaluar la presencia de vitalidad en los dientes, ya que en la actualidad esto se lleva a cabo con la aplicación de temperaturas extremas en los dientes examinados, lo que causa dolor al paciente en caso de que presente dicha vitalidad dentaria. Esto tiene además la idea de acercar al paciente a la odontología, siendo un primer paso en encontrar nuevas prácticas menos invasivas y molestas.

Procedimientos del estudio

En caso de aceptar participar en el estudio se le realizará un examen bucal, más específicamente a dos de sus dientes, uno con tratamiento de endodoncia y otro homólogo, es decir el que se corresponde del otro lado de la cara. En este examen se le medirá una temperatura inicial a ambos dientes, luego serán enfriados mediante aire frío durante 10 segundos para asegurarnos de que usted no presente molestias, finalmente tomaremos una serie de mediciones de temperatura a ambos dientes. La temperatura será medida con tres termómetros infrarrojos, los cuáles no producen molestias ni daño alguno a las estructuras orales. Para las mediciones pondremos pequeñas tómulas de algodón compactado entre la encía que circunda al diente y el labio, esto tampoco ocasiona molestias ni daños a los tejidos de la boca. Finalmente todos estos datos serán consignados en una ficha que será llenada por uno de nuestros examinadores.

Aclaraciones

- Su decisión de participar en el estudio es completamente voluntaria.
- No habrá ninguna consecuencia desfavorable para usted, en caso de no aceptar la invitación.
- Si decide participar en el estudio puede retirarse en el momento que lo desee, aún cuando el investigador responsable no se lo solicite, pudiendo informar o no, las razones de su decisión, la cual será respetada en su integridad.
- No tendrá que hacer gasto alguno durante el estudio.
- No recibirá pago por su participación.

- La información obtenida en este estudio, utilizada para la identificación de cada paciente, será mantenida con estricta confidencialidad por el grupo de investigadores.
- 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.

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 ____/____/____.

11.2 Anexo N° 2 Ficha de Recolección de Datos

Ficha Única Facultad de Odontología

Ficha N°: _____

Fecha : ____/____/____.

DATOS PERSONALES

Apellido paterno

Apellido Materno

Nombres

RUT

Edad

Profesión/Oficio

Teléfono

EXÁMEN CLÍNICO

ANAMNESIS SISTÉMICA

Termómetro A

DIENTE VITAL	T°1		T°2		T°3		X
T° Coronaria Basal							
T° Coronaria Final							
T° Recuperación	30''	60''	90''	120''	150''	180''	210''
	240''	270''	300''	330''	360''	390''	420''
	450''	480''	510''	540''	570''	600''	630''
	660''	690''	720''	750''	780''	810''	840''
	870''	900''					

DIENTE DESVITAL	T°1		T°2		T°3		X
T° Coronaria Basal							
T° Coronaria Final							
T° Recuperación	30''	60''	90''	120''	150''	180''	210''
	240''	270''	300''	330''	360''	390''	420''
	450''	480''	510''	540''	570''	600''	630''
	660''	690''	720''	750''	780''	810''	840''
	870''	900''					

Termómetro B:

DIENTE VITAL	T°1		T°2		T°3		X
T° Coronaria Basal							
T° Coronaria Final							
T° Recuperación	30''	60''	90''	120''	150''	180''	210''
	240''	270''	300''	330''	360''	390''	420''
	450''	480''	510''	540''	570''	600''	630''
	660''	690''	720''	750''	780''	810''	840''
	870''	900''					

DIENTE DESVITAL	T°1		T°2		T°3		X
T° Coronaria Basal							
T° Coronaria Final							
T° Recuperación	30''	60''	90''	120''	150''	180''	210''
	240''	270''	300''	330''	360''	390''	420''
	450''	480''	510''	540''	570''	600''	630''
	660''	690''	720''	750''	780''	810''	840''
	870''	900''					

Termómetro C:

DIENTE VITAL	T°1		T°2		T°3		X
T° Coronaria Basal							
T° Coronaria Final							
T° Recuperación	30''	60''	90''	120''	150''	180''	210''
	240''	270''	300''	330''	360''	390''	420''
	450''	480''	510''	540''	570''	600''	630''
	660''	690''	720''	750''	780''	810''	840''
	870''	900''					

DIENTE DESVITAL	T°1		T°2		T°3		X
T° Coronaria Basal							
T° Coronaria Final							
T° Recuperación	30''	60''	90''	120''	150''	180''	210''
	240''	270''	300''	330''	360''	390''	420''
	450''	480''	510''	540''	570''	600''	630''
	660''	690''	720''	750''	780''	810''	840''
	870''	900''					

11.3 Anexo N°3: Análisis Estadístico

11.3.1 Resumen de Pruebas Estadísticas Realizadas

Este estudio considera cuatro variables (dependientes) relevantes, a las cuales se realizaron pruebas estadísticas:

1. Tiempo de Recuperación en segundos
2. Temperatura de Recuperación General y Curvas de Crecimiento cada 30 segundos
3. Temperatura Coronaria Post-Enfriamiento (TCPE)
4. Temperatura Coronaria Basal (TCB)

Para 1. Se realizaron varias pruebas estadísticas por temperatura de recuperación cada 30 segundos. El objetivo es comparar la temperatura de recuperación media de dientes vitales respecto a su homólogo desvital (ver Tabla N°6).

Para las Curvas de Crecimiento se realizaron las pruebas de **diferencia de medias de dos poblaciones**

Para 2. Se realizó una prueba multivariada que busca determinar si existen diferencias en la media poblacional del tiempo de recuperación utilizando el termómetro 1, 2 y 3. Es decir,

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3$$

Donde

β_j : Efecto medio del tiempo de recuperación en el j –ésimo termómetro.

Las estadísticas de Pruebas utilizadas son:

Se pueden utilizar cuatro criterios para determinar la significación de este contraste: ☐

- **λ de Wilks:** $\det(E)/\det(H + E)$ ☐
- **Traza de Pillai:** $\text{traza}(H(H + E)^{-1})$ ☐
- **Traza de Hottelling-Lawley:** $\text{traza}(E^{-1}H)$ ☐
- **Raíz máxima de Roy:** mayor autovalor de $E^{-1}H$

Posteriormente al interior de cada termómetro se realizó comparaciones múltiples (o pruebas de pares) utilizando la estadística de Tukey..

Para 3 Y 4. Se realizó una prueba multivariada que busca determinar si existen diferencias en la media poblacional de la Temperatura Coronaria Basal (TCB) Y Temperatura Coronaria Post-Enfriamiento (TCPE) utilizando los termómetros 1, 2 y 3.

Las estadísticas de Pruebas utilizadas son:

Se pueden utilizar cuatro criterios para determinar la significación de este contraste: „

- **λ de Wilks:** $\det(E)/\det(H + E)$
- **Traza de Pillai:** $\text{traza}(H(H + E)^{-1})$
- **Traza de Hottelling-Lawley:** $\text{traza}(E^{-1}H)$
- **Raíz máxima de Roy:** mayor autovalor de $E^{-1}H$

Posteriormente al interior de cada termómetro se realizó comparaciones múltiples (o pruebas de pares) utilizando la estadística de Tukey.

11.3.2 Análisis Exploratorio

En esta primera parte se realizara una breve caracterización de los pacientes estudiados y destacar las características más importantes. El estudio cuenta con 24 pacientes, la unidad de análisis es el diente o los dientes del paciente que posean un diente vital y un diente homologo desvital con tratamiento endodóntico y para cada uno de los pares se midió la temperatura post enfriamiento, tiempo de recuperación del diente en segundos y temperatura basal promedio, en total hay 60 casos (dientes) y para cada uno de ellos se utilizaron tres termómetros A, B y C donde se registró la temperatura basal conoraria, temperatura coronaria post – enfriamiento, temperatura de recuperación y tiempo de recuperación..

Tabla N°1: Resumen variable Edad de los pacientes distribuidos por sexo

Sexo	Nro Pacientes	Edad del Paciente		
		Media	Mínimo	Máximo
1 Femenino	13	42,38	23	58
2 Masculino	11	38,55	20	59
Total	24	40,63	20	59

La muestra está compuesta por 13 hombres y 11 mujeres.

Tabla N°2: Resumen de edad de los pacientes estudiados

	N	Mínimo	Máximo	Media		Desv. típ.
				Estadístico	Error típico	
Edad del paciente	24	20	59	40,63	2,822	13,824

Para los 24 pacientes en estudio se puede observar que la edad promedio es de 40 años, esta edad fluctúa entre los 20 y 59 años como mínimo y máximo respectivamente.

Tabla N°3: Resumen Temperatura Coronaria Basal promedio utilizando Termómetro distribuidos por vitalidad del diente

T° Coronaria Basal promedio utilizando Termómetro A, B y C	Vitalidad del diente	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
				Límite inferior	Límite superior
T° Coronaria Basal promedio utilizando Termómetro A	1 Vital	36,24	0,10	36,03	36,45
	2 Desvital	36,19	0,10	35,98	36,40
T° Coronaria Basal promedio utilizando Termómetro B	1 Vital	34,88	0,16	34,56	35,20
	2 Desvital	35,05	0,16	34,73	35,37
T° Coronaria Basal promedio utilizando Termómetro C	1 Vital	33,50	0,24	33,01	33,99
	2 Desvital	33,67	0,24	33,18	34,15

Como se aprecia en la Tabla N°2, la temperatura Coronaria basal promedio utilizando Termómetro A en dientes vitales es de 36,24° con una desviación promedio de $\pm 0,1^\circ$. Ahora bien, si repetimos 1000 veces el experimento (tomar la temperatura coronaria basal usando el termómetro A en dientes vitales), se puede afirmar que en el 95% de los casos el verdadero valor se encuentra entre 36,03° y 36,45° con un nivel de confianza del 95%, es decir, $36,03^\circ < \mu < 36,45^\circ$.

Para la temperatura coronaria basal en dientes desvitalados usando el termómetro A, la temperatura media es de 36,19° con una desviación promedio de $\pm 0,1^\circ$. Con un nivel de confianza del 95%, se puede afirmar que el verdadero valor se encuentra en $35,98^\circ < \mu < 36,40^\circ$.

La interpretación para la temperatura coronaria usando los termómetros B y C en dientes vitales y desvitalados es la misma. Se puede repetir la interpretación para los cuatro restantes.

Tabla N°4: Resumen de Temperatura Coronaria promedio distribuidos por vitalidad del diente utilizando Termómetro A, B y C

T° Coronaria Post-enfriamiento promedio utilizando Termómetro A, B y C	Vitalidad del diente	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
				Límite inferior	Límite superior
T° Coronaria Post-Enfriamiento Final promedio utilizando Termómetro A	1 Vital	32,61	0,12	32,38	32,84
	2 Desvital	32,92	0,12	32,69	33,15
T° Coronaria Post-Enfriamiento promedio utilizando Termómetro B	1 Vital	27,41	0,18	27,05	27,78
	2 Desvital	27,64	0,18	27,27	28,01

T° Coronaria Post-Enfriamiento promedio utilizando Termómetro C	1 Vital	27,25	0,25	26,76	27,74
	2 Desvital	27,77	0,25	27,28	28,26

Como se aprecia en la Tabla N°4, la temperatura Coronaria final promedio utilizando Termómetro A en dientes vitales es de 32,61° con una desviación promedio de ±0,12°. Ahora bien, si repetimos 1000 veces el experimento (tomar la temperatura coronaria final usando el termómetro A en dientes vitales), se puede afirmar que en el 95% de los casos el verdadero valor se encuentra entre 32,38° y 32,84° con un nivel de confianza del 95%, es decir, $32,38^\circ < \mu < 32,84^\circ$.

Para la temperatura coronaria final en dientes desvitalados usando el termómetro A, la temperatura media es de 32,92° con una desviación promedio de ±0,12°. Con un nivel de confianza del 95%, se puede afirmar que el verdadero valor se encuentra en $32,69^\circ < \mu < 33,15^\circ$.

La interpretación para la temperatura coronaria final usando los termómetros B y C en dientes vitales y desvitalados es la misma. Se puede repetir la interpretación para los cuatro restantes.

Gráfico N°1: Diagrama de Cajas Temperatura Coronaria Basal promedio versus vitalidad del diente y termómetros A, B y C.

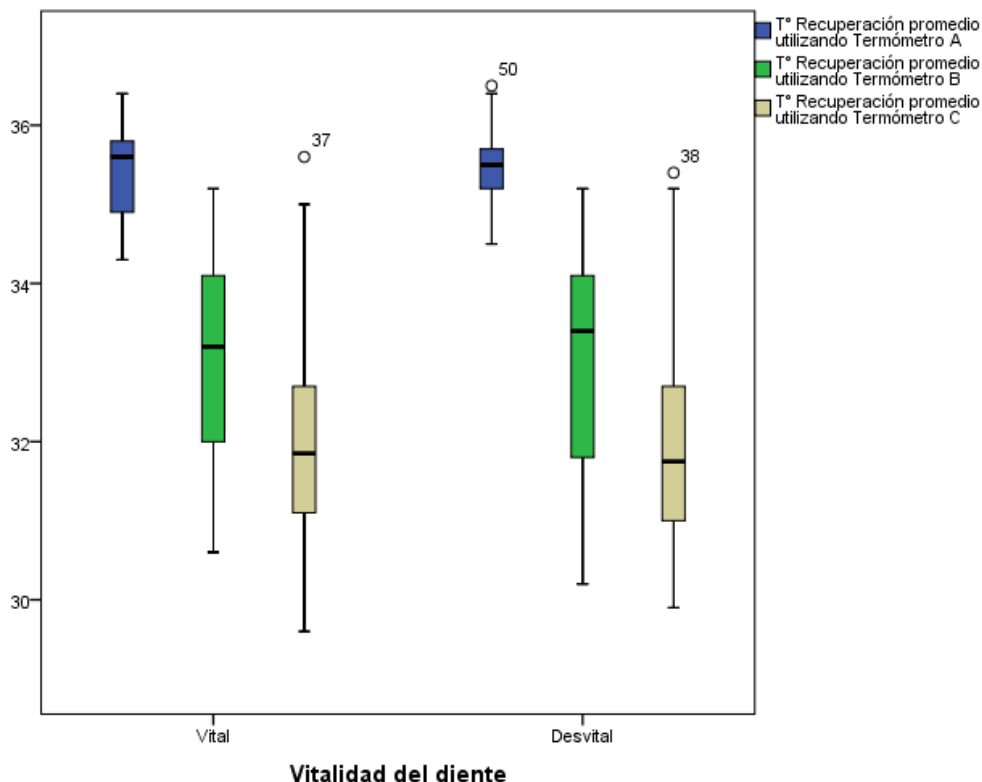


Gráfico N°2: Diagrama de Cajas Temperatura Coronaria Final promedio versus vitalidad del diente y termómetros A, B y C.

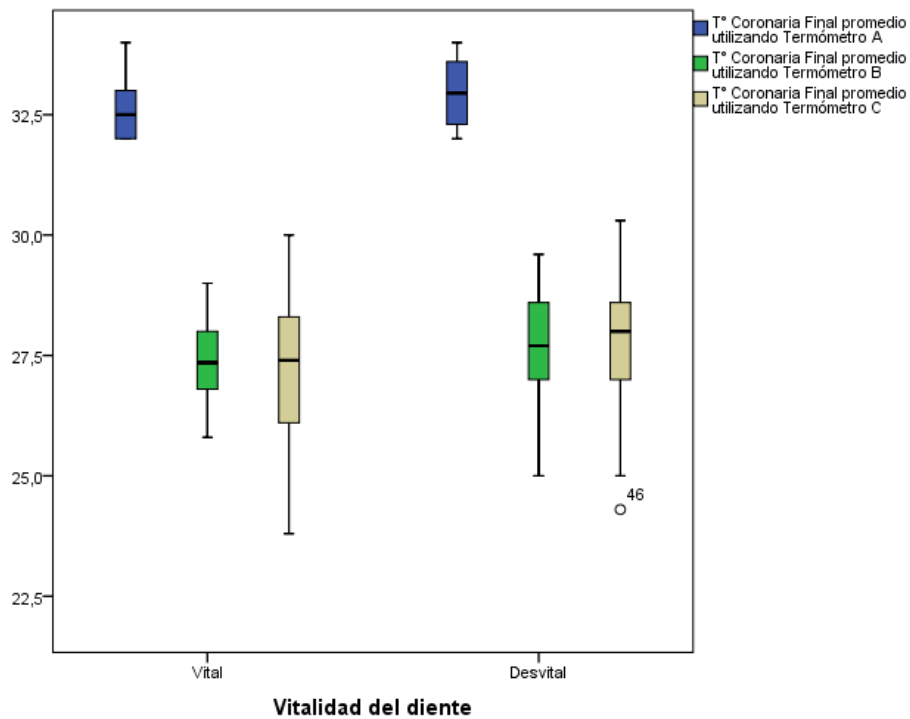


Gráfico N°3: Diagrama de Cajas Tiempo de recuperación en segundos versus vitalidad del diente y termómetros A, B y C

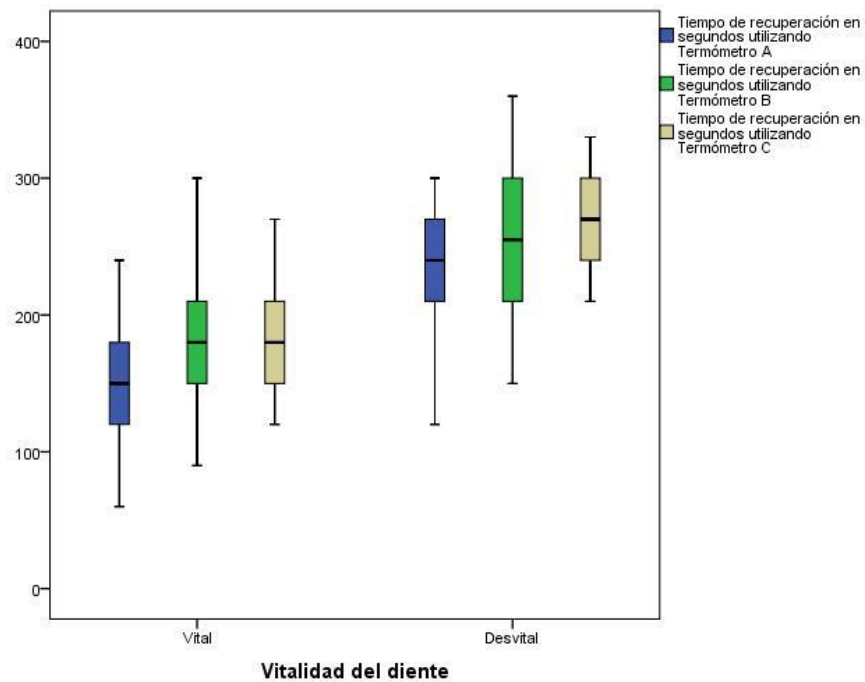


Gráfico N°4: Diagrama de Cajas Temperatura de recuperación promedio versus vitalidad del diente y termómetros A, B y C

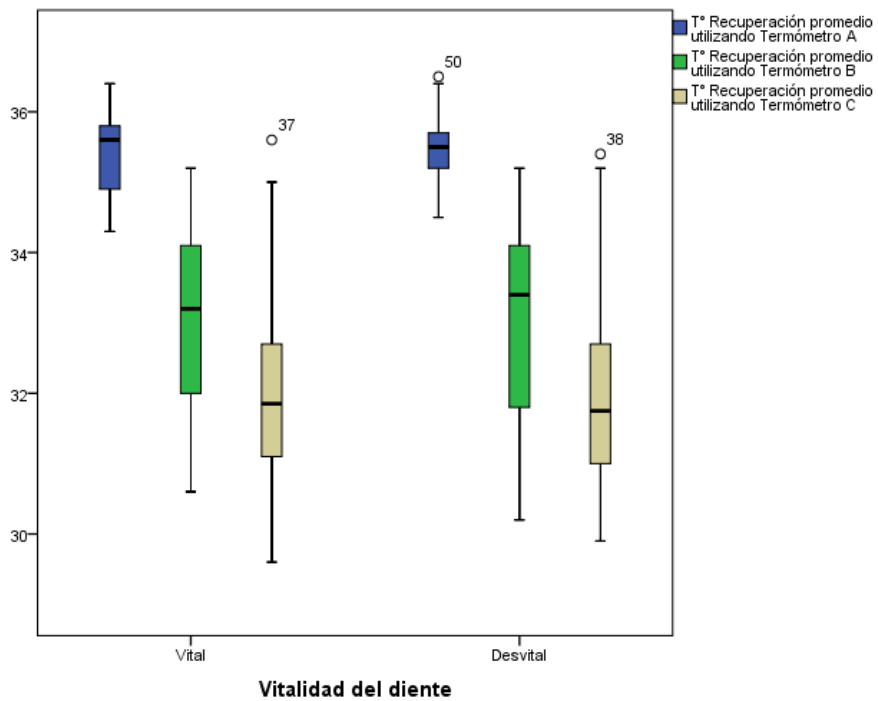
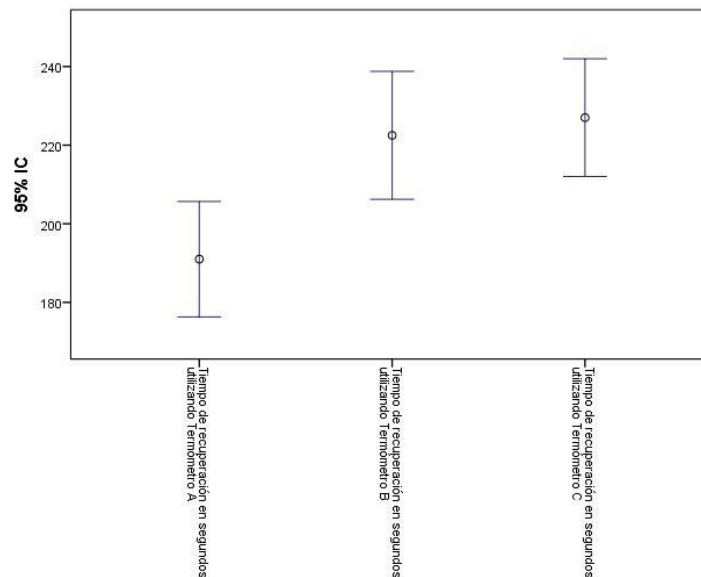


Gráfico N°5: Intervalos de Confianzas al 95% de confianza para el tiempo de recuperación utilizando los termómetros A, B y C



Curva de crecimiento para la Temperatura de Recuperación

El siguiente análisis es observar el comportamiento de los dientes vitales y desvitalizados en una ventana de 360 segundos utilizando los termómetros A, B y C, donde cada 30 segundos se toma la temperatura de recuperación. Este análisis es de tipo descriptivo, y se grafican las mediciones de los dientes en cada instante de medición, de esta manera se espera observar si existe una tendencia clara en la temperatura de recuperación media, patrones u otra característica de interés.

Las líneas delgadas rojas corresponden a las mediciones realizadas para cada diente ya sea vital o desvitalizado. La línea gruesa azul muestra las medias marginales en cada instante de medición, en el caso de que se obtiene una observación la media es el valor.

Se incorporan parámetros adicionales para caracterizar este proceso de medición utilizando valores mínimos y máximos observados (Mín y Máx), como también la media general del proceso. Los gráficos del 6 al 11 representan esta situación.

Gráfico N° 6: Curva de crecimiento para la temperatura de recuperación en una ventana de 360 segundos utilizando el Termómetro A para dientes vitales

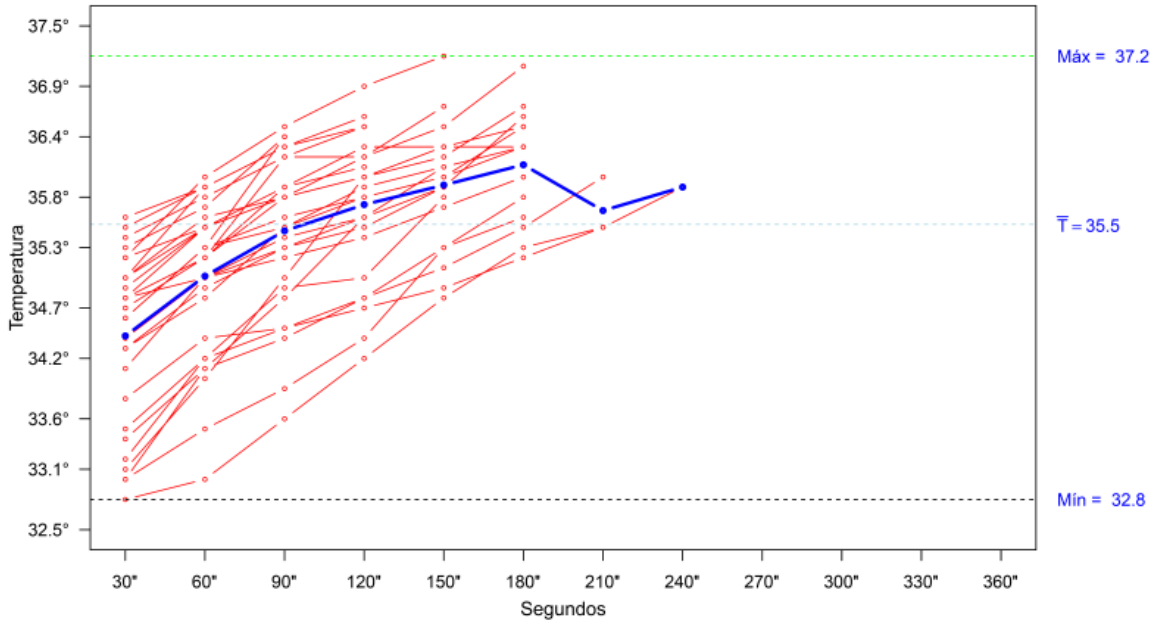


Gráfico N° 7: Curva de crecimiento para la temperatura de recuperación en una ventana de 360 segundos utilizando el Termómetro A para dientes desvitales

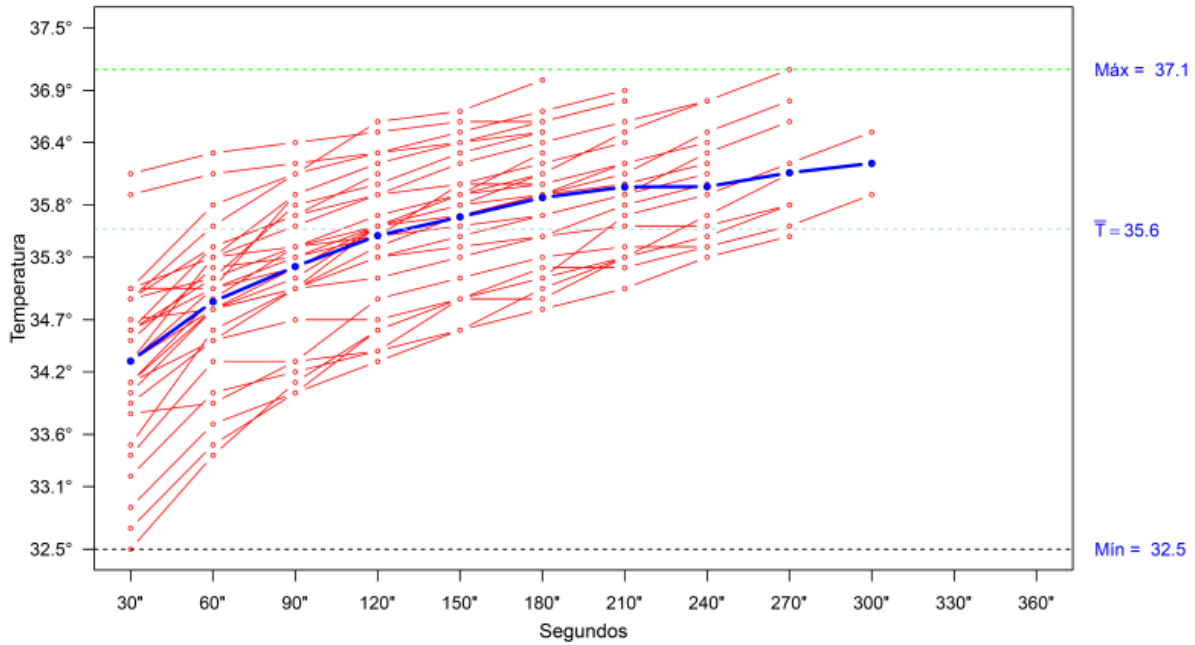


Gráfico N° 8: Curva de crecimiento para la temperatura de recuperación en una ventana 360 segundos utilizando el Termómetro B para dientes vitales

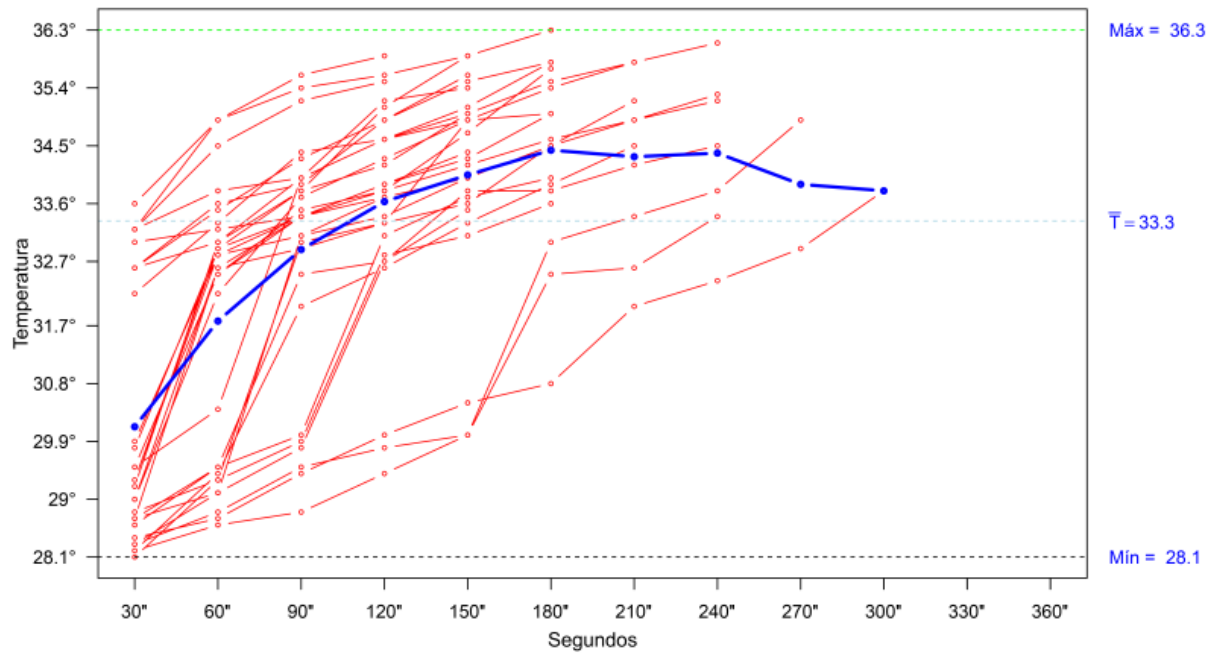


Gráfico N° 9: Curva de crecimiento para la temperatura de recuperación en una ventana de 360 segundos utilizando el Termómetro B para dientes desvitales

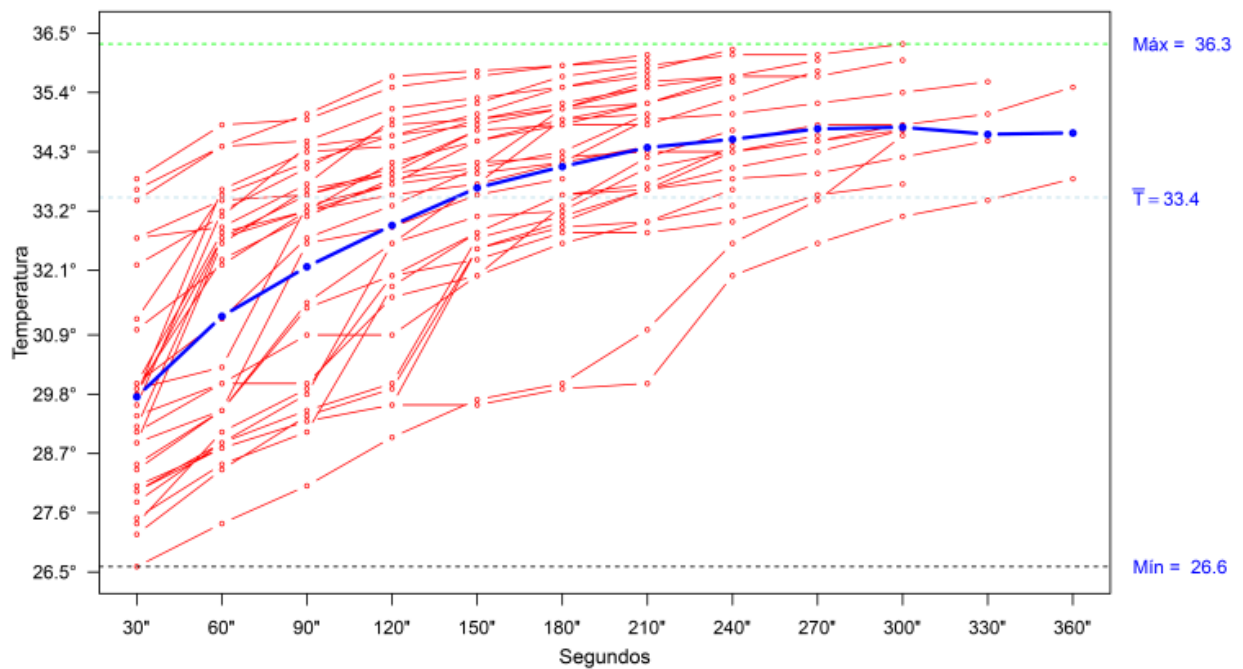


Gráfico N° 10: Curva de crecimiento para la temperatura de recuperación en una ventana de 360 segundos utilizando el Termómetro C para dientes vitales

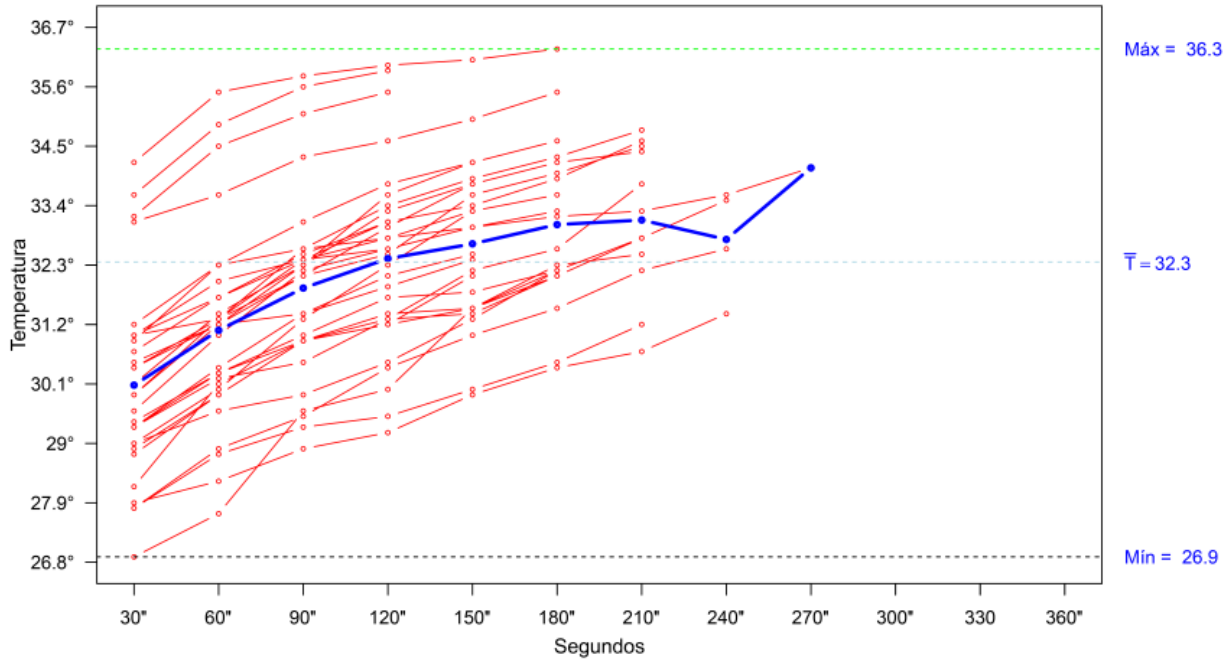
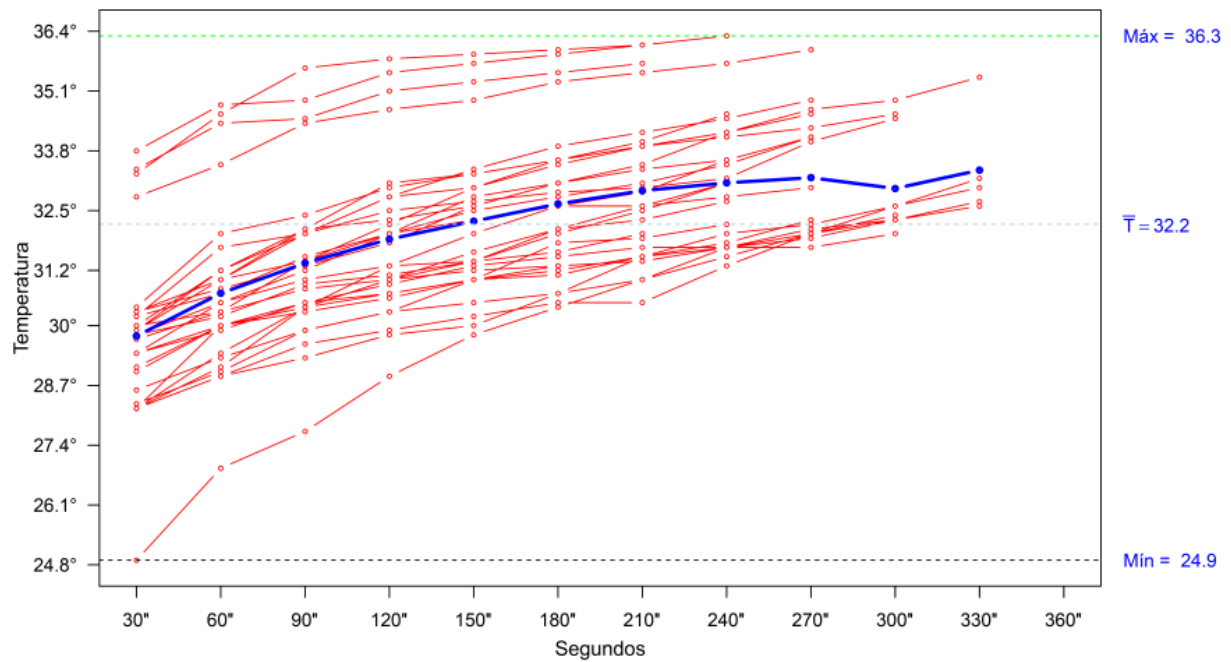


Gráfico N° 11: Curva de crecimiento para la temperatura de recuperación en una ventana de 360 segundos utilizando el Termómetro C para dientes desvitalizados



Análisis por Termómetro

Los gráficos que se presentan a continuación son una síntesis de los realizados anteriormente, en donde graficamos las medias marginales de la temperatura de recuperación cada 30 segundos para dientes vitales y desvitalizados e inspeccionamos si existen diferencias entre ellos.

Gráfico N° 12: Curvas de crecimiento para la temperatura de recuperación en una ventana de 360 segundos utilizando el Termómetro A para dientes vitales y desvitalizados

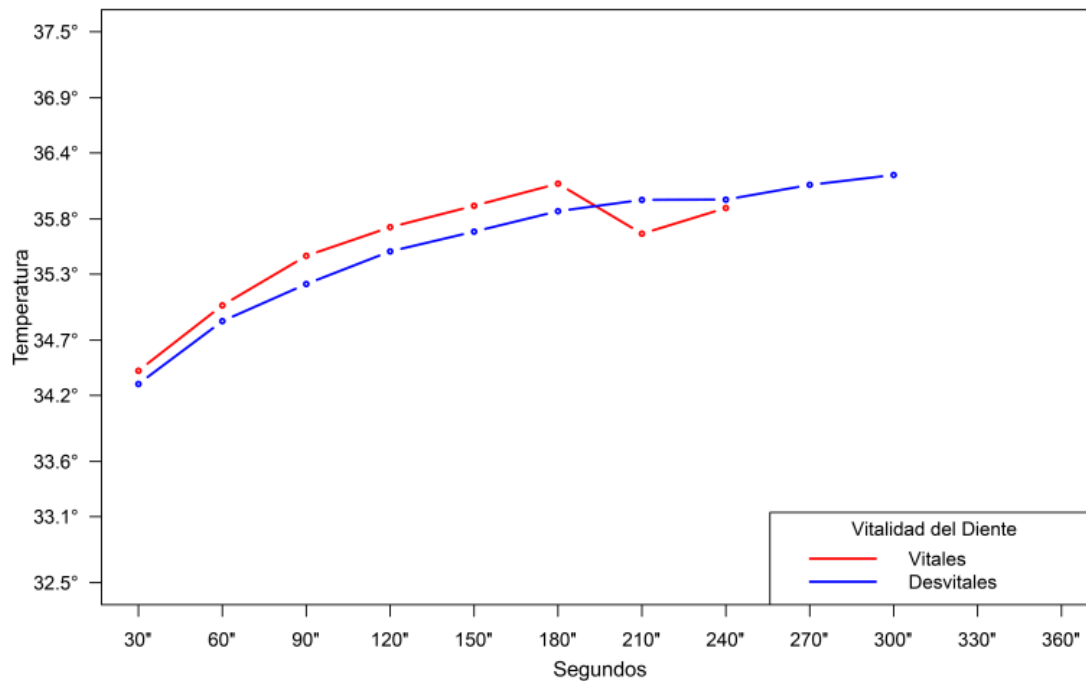


Gráfico N° 13: Curvas de crecimiento para la temperatura de recuperación en una ventana de 360 segundos utilizando el Termómetro B para dientes vitales y desvitalos

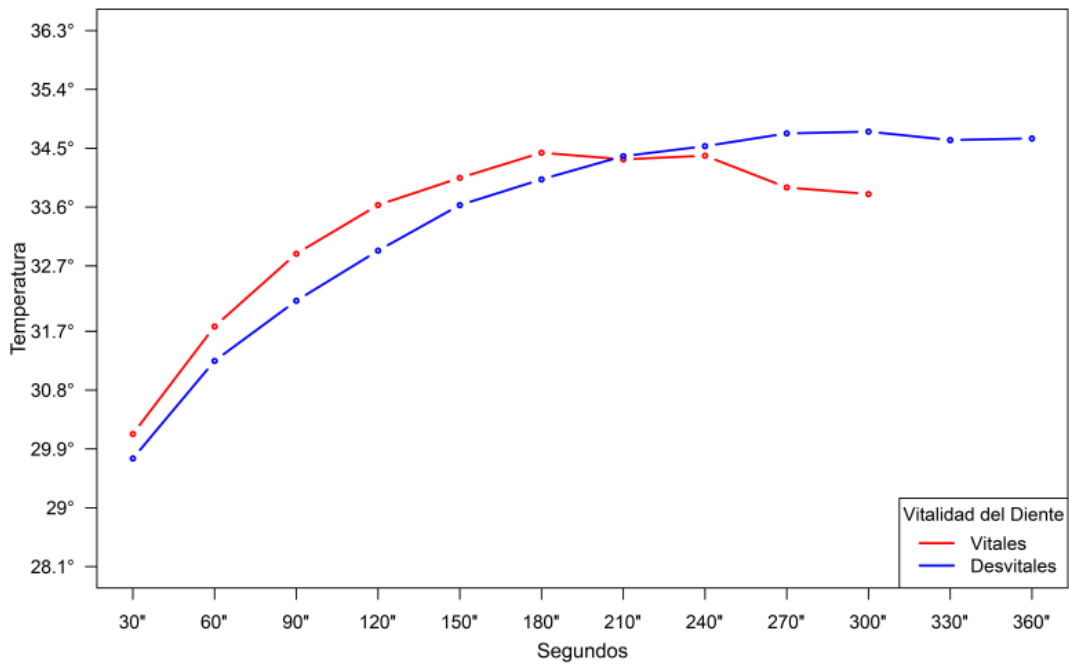
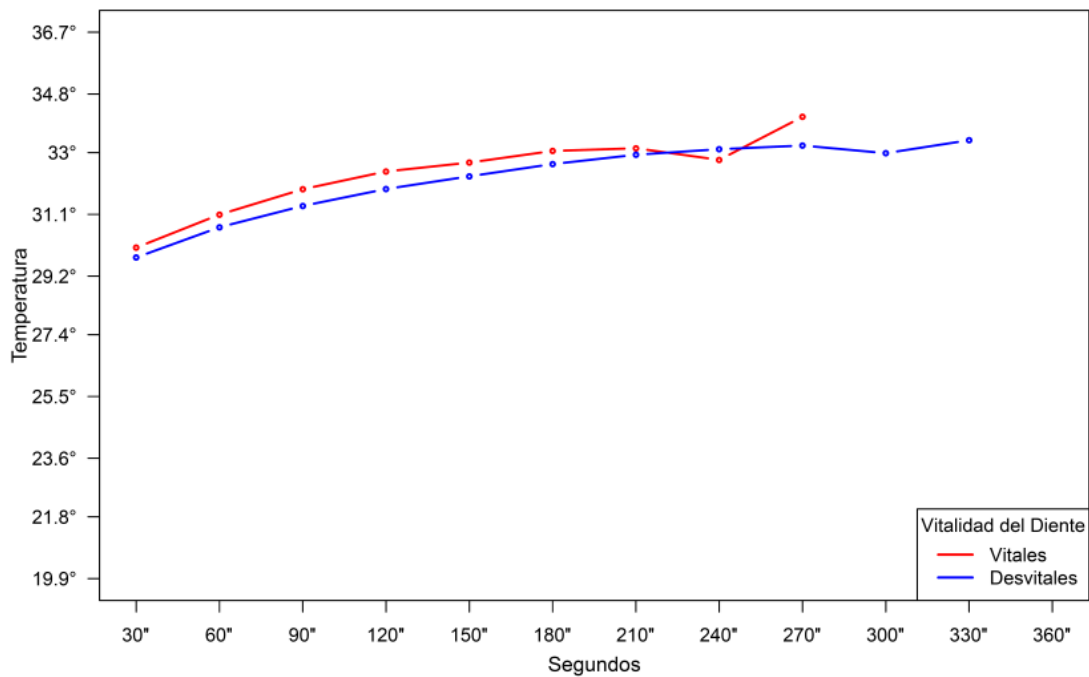


Gráfico N° 14: Curvas de crecimiento para la temperatura de recuperación en una ventana de 360 segundos utilizando el Termómetro C para dientes vitales y desvitalos



11.3.3 Análisis Confirmatorio

Los intervalos de confianza calculados se obtuvieron mediante el siguiente análisis.

Intervalo de Confianza para la media poblacional μ

Un intervalo de confianza del $100(1 - \alpha)\%$ para μ está dado por:

$$IC(\mu)_{100(1-\alpha)\%} = \left[\bar{X} \mp t(n; 1 - \alpha/2) \frac{S}{\sqrt{n}} \right]$$

O bien

$$IC(\mu)_{100(1-\alpha)\%} = \left[\bar{X} - t\left(n; 1 - \frac{\alpha}{2}\right) \frac{S}{\sqrt{n}}; \bar{X} + t\left(n; 1 - \frac{\alpha}{2}\right) \frac{S}{\sqrt{n}} \right]$$

Tiempo de Recuperación

El modelo subyacente a esta situación planteada, es el siguiente:

$$y_{kij} = \mu + \alpha_k + \beta_i + (\alpha\beta)_{ki} + \epsilon_{kij}, k = 1, 2; i = 1, 2, 3; j = 1, \dots, 30$$

Donde,

y_{kij} : Tiempo de recuperación en segundos del diente j -ésimo ($j = 1, 2, \dots, 30$) del termómetro i -ésimo ($i = 1, 2, 3$ (Termómetro A, B y C)) respecto a su vitalidad k -ésima ($k = 1, 2$ (vital, desvital))

μ = Media global de la variable de respuesta media.

α_k = Es el efecto de tratamiento Media de dientes vitales y desvital

β_i : Efecto medio del tiempo de recuperación en el j -ésimo termómetro

$(\alpha\beta)_{kj}$ = Efecto vitalidad de los dientes y termómetros utilizados

ϵ_{kij} : Error aleatorio.

Las pruebas de interés son las siguientes:

Prueba N°1: Esta prueba quiere verificar si existen diferencias significativas en el tiempo de recuperación utilizando tres termómetros infrarrojos de uso médico de diferente marca comercial

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3$$
$$H_1: \beta_l \neq \beta_n \text{ Para algún par } l \neq n \text{ con } l = 1, \dots, 3; n = 1, \dots, 3.$$

Por otro lado, esta prueba quiere verificar si existen diferencias significativas en el tiempo de recuperación en segundos de los dientes vitales versus desvital.

$$H_0: \alpha_i = \alpha_j$$

$$H_1: \alpha_i \neq \alpha_j$$

Análisis de Perfiles para los Termómetros A,B y C

A continuación se realizará un análisis para verificar si existen diferencias significativas en el desempeño de medición de los tres termómetros utilizados.

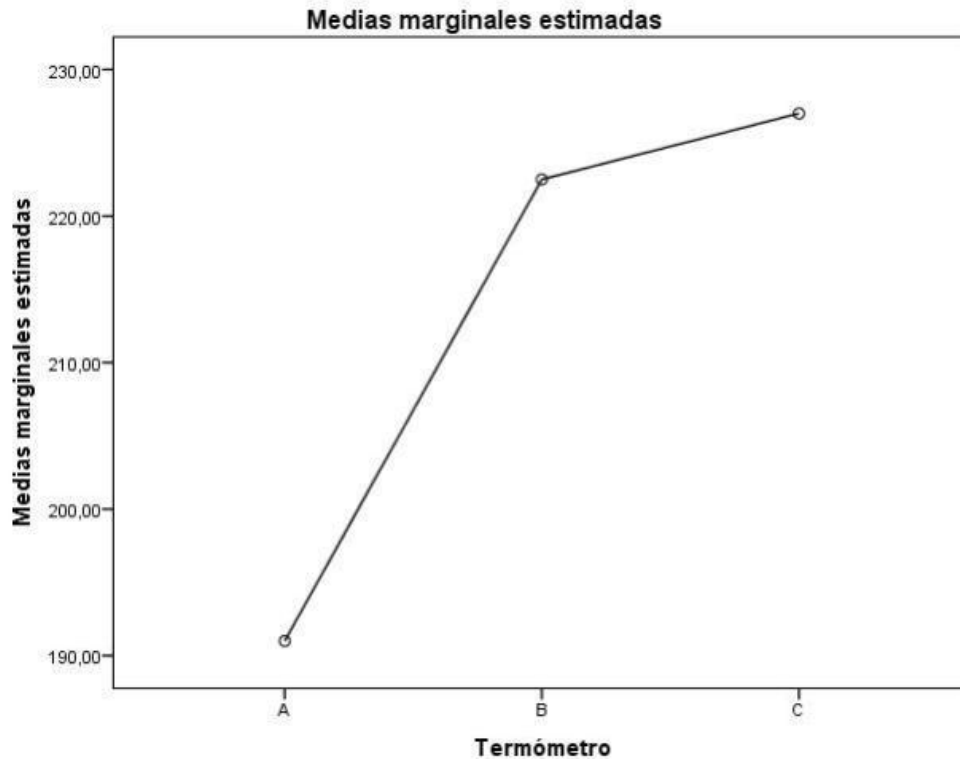
Tabla N°9: Estadísticas e Intervalos de Confianzas al 95% para el Tiempo de recuperación en segundos utilizando el termómetro A, B y C.

Tiempo de recuperación en segundos utilizando Termómetro A, B y C	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
A	191,000	5,586	179,818	202,182
B	222,500	6,468	209,553	235,447
C	227,000	5,021	216,950	237,050

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla N°9 se puede observar que existen diferencias en el tiempo de recuperación en los distintos termómetros. Por ejemplo, el tiempo de recuperación promedio utilizando el termómetro A es de 191 segundos, o bien, se logran 6 observaciones aproximado en la temperatura de recuperación. Se puede observar que el tiempo de recuperación poblacional fluctúa entre 179,8 y 202,1 segundos con un nivel de confianza del 95%. El tiempo de recuperación promedio utilizando el termómetro B es de 222,5 segundos y este fluctúa entre 209,5 y 235,4 segundos con un nivel de confianza del 95%. De igual forma que en los anteriores termómetros se observa que el termómetro C presenta un tiempo de recuperación promedio de 227 segundos.

La información de la Tala N°6 está representada gráficamente en el Grafico N°6, en donde se pueden observar claramente las diferencias en el desempeño de los tres termómetros.

Gráfico N°15: Medias marginales del tiempo de recuperación utilizando los termómetros A, B y C



A continuación se realizara una prueba para verificar si el tiempo de recuperación en segundos es igual utilizando los tres termómetros A, B y C en conjunto, es decir

$$H_0: \beta_A = \beta_B = \beta_C$$

H_1 : Al menos dos medias son distintas

Donde

β_A : Es el tiempo de recuperación medio utilizando el termómetro A.

β_B : Es el tiempo de recuperación medio utilizando el termómetro C.

β_C : Es el tiempo de recuperación medio utilizando el termómetro B.

El objetivo de esta prueba es analizar el desempeño de los tres termómetros y determinar si existen diferencias significativas entre ellos. La Tabla N°7 muestra el resultado de las pruebas asociadas a la hipótesis anterior

Tabla N°10: Pruebas Estadísticas para determinar si existen diferencias significativas en los termómetros A, B y C.

Estadísticos	Valor	F	Gl de la hipótesis	Gl del error	Sig.	Potencia observada ^b
Traza de Pillai	,422	20,826 ^a	2,000	57,000	,000	1,000
Lambda de Wilks	,578	20,826 ^a	2,000	57,000	,000	1,000

Traza de Hotelling	,731	20,826 ^a	2,000	57,000	,000	1,000
Raíz mayor de Roy	,731	20,826 ^a	2,000	57,000	,000	1,000

En base a los resultados obtenidos y considerando un nivel de significancia del 5%, se puede observar que existen diferencias significativas en al menos un par de termómetros. Para identificar estas diferencias se realiza una comparación de pares, donde la hipótesis de interés es:

$$H_0: \beta_i = \beta_j$$

$$H_1: \beta_i \neq \beta_j$$

Donde $i = A, B$ y $C, j = A, B$ y C con $i \neq j$

μ_i : Es el tiempo de recuperación medio utilizando el termómetro (A, B y C)

μ_j : Es el tiempo de recuperación medio utilizando el termómetro (A, B y C)

Tabla N°11: Pruebas Estadísticas para los pares de combinaciones de tiempo de recuperación utilizando termómetro A, B y C.

Tiempo de recuperación en segundos utilizando Termómetro A, B y C		Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig. ^b	Intervalo de confianza al 95 % para la diferencia ^b	
I	J				Límite inferior	Límite superior
A	B	-31,500*	5,724	,000	-42,958	-20,042
A	C	-36,000*	5,825	,000	-47,660	-24,340
B	C	-4,500	4,938	,366	-14,385	5,385

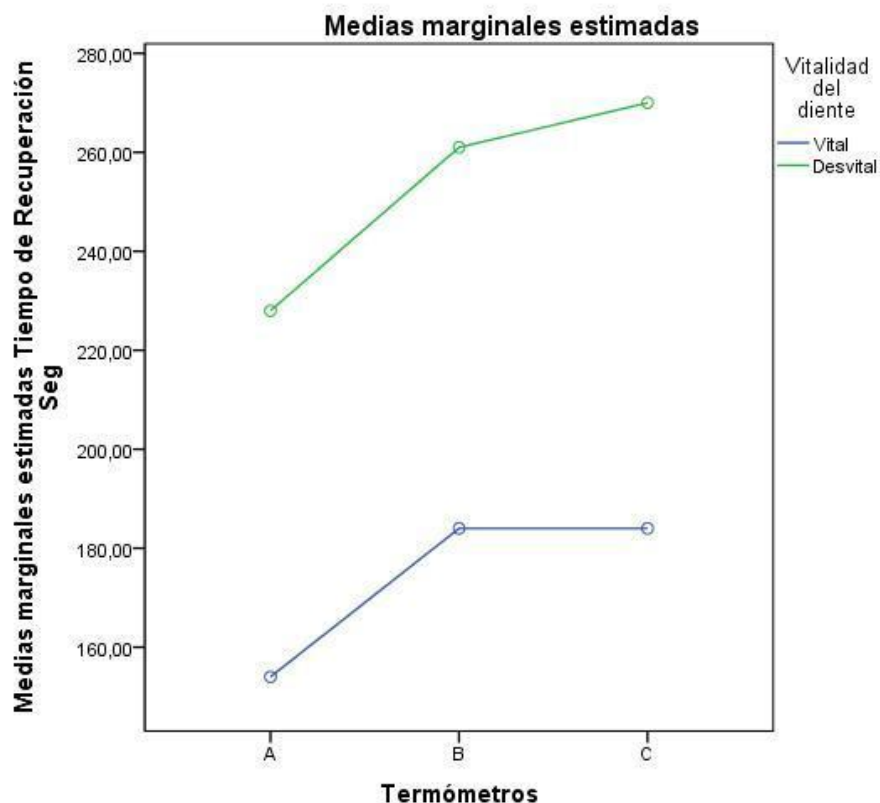
Al comparar el tiempo de recuperación medio del termómetro A versus el termómetro B se puede observar que existen diferencias significativas con un nivel de significancia del 5%.

De igual forma, al observar el tiempo medio de recuperación del termómetro A versus el termómetro C existen diferencias significativas al 5%.

Por otro lado, al observar el tiempo de recuperación medio del termómetro B versus el termómetro C, se puede observar que no existen diferencias significativas al 5%.

Al analizar el desempeño de los tres termómetros respecto la vitalidad de los dientes se puede obtener el siguiente comportamiento.

Gráfico N°16: Medias marginales del tiempo de recuperación utilizando los termómetros A, B y C versus vitalidad del diente.



Al expandir las medias marginales del tiempo de recuperación medio respecto la vitalidad del diente se observan que existen diferencias en el tiempo de recuperación medio en cada uno de los termómetros utilizados. Donde el tiempo de recuperación de los dientes vitales es menor al de los desvital.

Para analizar este grafico se realizaron pruebas estadísticas al interior de cada termómetro para probar que el tiempo en segundos de recuperación medio de dientes vitales es menor a los desvital.

Análisis al interior de los termómetros A, B y C

El análisis que se realizara a continuación busca determinar si existen diferencias significativas al interior de cada termómetro.

Tabla N°12. Estadísticas e Intervalos de Confianza para el Tiempo de recuperación medio en dientes vitales y desvital utilizando termómetro A, B y C.

Tiempo de recuperación utilizando termómetro A, B y C	Vitalidad del diente	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
				Límite inferior	Límite superior

Tiempo de recuperación en segundos utilizando Termómetro A	Vital	154,0	7,9	138,2	169,8
	Desvital	228,0	7,9	212,2	243,8
Tiempo de recuperación en segundos utilizando Termómetro B	Vital	184,0	9,1	165,7	202,3
	Desvital	261,0	9,1	242,7	279,3
Tiempo de recuperación en segundos utilizando Termómetro C	Vital	184,0	7,1	169,8	198,2
	Desvital	270,0	7,1	255,8	284,2

En base a los resultados obtenidos en la Tabla N°12 se puede observar que el tiempo de recuperación utilizando el Termómetro A para dientes vitales es de 154 segundos, con un error muestral respecto su media de 7,9 segundos. Por otro lado, el tiempo de recuperación en segundos del termómetro A, se encuentra entre 138,2 y 169,8 con un nivel de confianza del 95%. Para los dientes desvital es de 228 segundos, con un error muestral de 7.9 segundos. El tiempo de recuperación para los dientes desvital fluctúa entre 212.2 y 243.8 segundos con un nivel de confianza del 95%.

Para los resultados obtenidos utilizando el termómetro B se tiene que el tiempo de recuperación en dientes vitales es de 184 segundos en promedio, con un error muestral de 9.1 segundos, el verdadero tiempo fluctúa entre 165.7 y 202.3 segundos con un nivel de confianza del 95%. Para su homólogo desvital el tiempo de recuperación promedio es de 261 segundos. El tiempo de recuperación se mueve entre 242.7 y 279.3 segundos con un nivel de confianza del 95%.

Para el termómetro C los resultados en dientes vitales presenta un tiempo de recuperación promedio de 184 segundos, con un nivel de confianza del 95% se puede decir que el verdadero valor se encuentra entre 169,8 y 198.2 segundos. De igual forma para los dientes desvital el tiempo es de 270 segundos en promedio, este valor se mueve entre 255.8 y 284.2 segundos con un nivel de confianza del 95%.

Si representamos los intervalos de confianza al 95% como una recta numérica y graficamos el rango de cada uno de ellos se tienen las siguientes representaciones.

El objetivo de los gráficos 17, 18 y 19 es comparar las mediciones respecto al tiempo de medición

Gráfico N°17: Intervalos de Confianzas del 95% de confianza para el tiempo de recuperación en segundos utilizando el Termómetro A para dientes vitales y desvital.

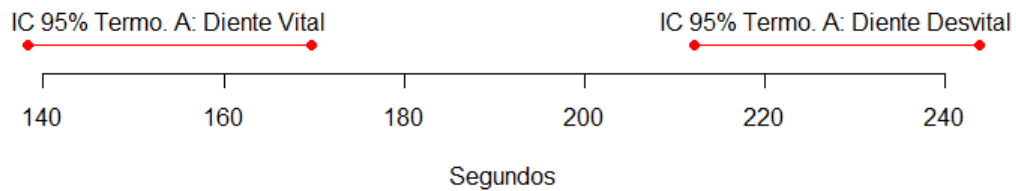


Gráfico N°18: Intervalos de Confianzas del 95% de confianza para el tiempo de recuperación en segundos utilizando el Termómetro B para dientes vitales y desvital.

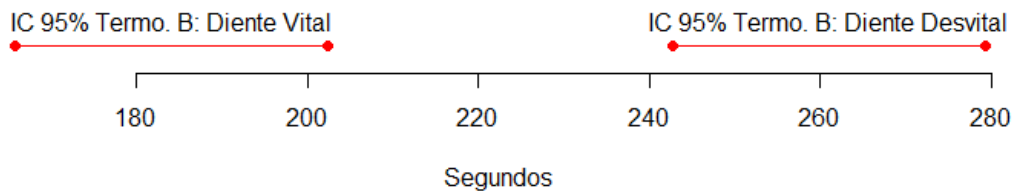
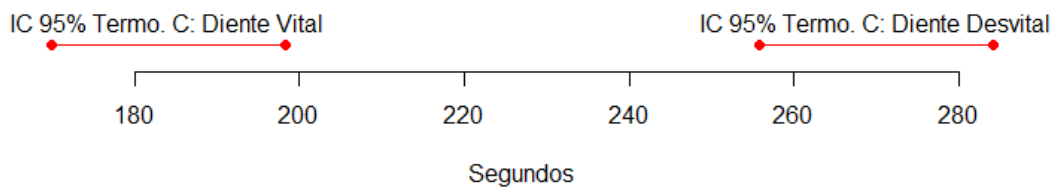


Gráfico N°19: Intervalos de Confianzas del 95% para el tiempo de recuperación en segundos utilizando el Termómetro C para dientes vitales y desvital.



Al observar los gráficos 17, 18 y 19 se pueden mostrar gráficamente que existen diferencias para cada par de dientes vitales y desvital en el tiempo de recuperación en cada uno de los tres termómetros A, B y C. Para comprobar estos resultados se realizarán pruebas estadísticas al interior de cada termómetro.

Tabla N°13: Pruebas Estadísticas para los pares de dientes vitales y desvitalados respecto al tiempo de recuperación utilizando termómetro A, B y C.

Tiempo de recuperación utilizando termómetro A, B y C	Vitalidad del diente		Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig. ^b	Intervalo de confianza al 95 % para la diferencia ^b	
						Límite inferior	Límite superior
Tiempo de recuperación en segundos utilizando Termómetro A	Vital	Desvital	-74,000*	11,173	,000	-96,364	-51,636
Tiempo de recuperación en segundos utilizando Termómetro B	Vital	Desvital	-77,000*	12,936	,000	-102,895	-51,105
Tiempo de recuperación en segundos utilizando Termómetro C	Vital	Desvital	-86,000*	10,041	,000	-106,100	-65,900

La Tabla N°13 presenta los resultados obtenidos al interior de cada tipo de termómetro. En cada uno de ellos realizó una prueba estadística para testear si existen diferencias entre el tiempo de recuperación en segundos de dientes vitales y desvitalados.

Con un nivel de significancia del 5% para el termómetro A, se puede observar que existe evidencia estadística para decir que los tiempos de recuperación entre los dientes vitales y desvitalados son distintos (P -valor < 0.05). En efecto, se tiene que el tiempo de recuperación en dientes vitales es de 154 segundos versus 228 segundos en dientes desvitalados. El intervalo de confianza al 95% para esta diferencia se fluctúa entre -96.34 y -51.63 segundos. El intervalo al no contener el cero se puede decir que el tiempo de recuperación en dientes vitales es menor que el tiempo en dientes desvitalados.

Con un nivel de significancia del 5% para el termómetro C, se puede observar que existe evidencia estadística para decir que los tiempos de recuperación entre los dientes vitales y desvitalados son distintos (P -valor < 0.05). En efecto, se tiene que el tiempo de recuperación en dientes vitales es de

Curvas de Recuperación

El análisis que se realizará a continuación son pruebas estadísticas para determinar si existen diferencias significativas en la temperatura de recuperación según dientes vitales y desvitalizados cada 30 segundos. Para esto consideramos los siguientes elementos (Para mayor detalle ver Anexos: Dóxicimas sobre la diferencia de medias de dos poblaciones):

n_1 : Tamaño muestral dientes vitales.

n_2 : Tamaño muestral dientes desvitalizados.

$n = n_1 + n_2$: Tamaño muestral total de dientes vitales y desvitalizados.

μ_v : Media poblacional de la temperatura de recuperación para dientes vitales

μ_d : Media poblacional de la temperatura de recuperación para dientes desvitalizados

Tabla N°6: Pruebas Estadísticas para la T° de Recuperación cada 30 segundos utilizando el termómetro A, B y C (de 30 a 120 segundos).

Termómetro	Indicadores	T° Recuperación 30''	T° Recuperación 60''	T° Recuperación 90''	T° Recuperación 120''
A	Promedio Vital	34,40	35,00	35,50	35,70
	Promedio Desvital	34,30	34,90	35,20	35,50
	n_1	30	30	29	27
	n_2	30	30	30	30
	$n = n_1 + n_2$	60	60	59	57
	Intervalo de Confianza al 95%	[-0,3099; 0,5499]	[-0,2345; 0,5212]	[-0,1215; 0,6325]	[-0,1863; 0,5507]
	Estadístico de Prueba: $H_0: \mu_v = \mu_d$	0,559	0,76	1,36	0,99
	P – valor	0,579	0,45	0,18	0,33
B	Promedio Vital	30,13	31,77	33,60	33,63
	Promedio Desvital	29,75	31,25	32,90	32,93
	n_1	30	30	30	29
	n_2	30	30	30	30
	$n = n_1 + n_2$	60	60	60	59
	Intervalo de Confianza al 95%	[-0,6627; 1,4112]	[-0,5765; 1,6298]	[-0,302; 1,742]	[-0,2251; 1,6205]
	Estadístico de Prueba: $H_0: \mu_v = \mu_d$	0,723	0,96	1,41	1,51
	P – valor	0,473	0,34	0,16	0,14
C	Promedio Vital	30,10	31,09	31,87	32,42
	Promedio Desvital	29,80	30,70	31,03	31,88
	n_1	30	30	30	30
	n_2	30	30	30	30
	$n = n_1 + n_2$	60	60	60	60
	Intervalo de Confianza al 95%	[-0,617; 1,224]	[-0,5355; 1,3155]	[-0,378; 1,404]	[-0,3417; 1,4217]
	Estadístico de Prueba: $H_0: \mu_v = \mu_d$	0,659	0,84	1,12	1,23
	P – valor	0,512	0,40	0,25	0,23

Tabla N°7: Pruebas Estadísticas para la T° de Recuperación cada 30 segundos utilizando el termómetro A, B y C (de 150 a 240 segundos).

Termómetro	Indicadores	T° Recuperación 150''	T° Recuperación 180''	T° Recuperación 210''	T° Recuperación 240''
A	Promedio Vital	35,90	36,10	35,70	35,90
	Promedio Desvital	37,70	35,90	36,00	36,00
	n_1	20	14	3	1
	n_2	28	28	23	17
	$n = n_1 + n_2$	48	42	26	18
	Intervalo de Confianza al 95%	[-0,0854; 0,6225]	[-0,1385; 0,6385]	[-0,8544; 0,2400]	-
	Estadístico de Prueba: $H_0: \mu_v = \mu_d$	1,53	1,32	-1,51	-
	P – valor	0,13	0,20	0,20	-
B	Promedio Vital	34,05	34,43	34,33	34,39
	Promedio Desvital	33,63	34,02	34,38	34,53
	n_1	26	19	10	7
	n_2	30	29	28	22
	$n = n_1 + n_2$	56	48	38	29
	Intervalo de Confianza al 95%	[-0,4387; 1,2710]	[-0,4303; 1,2452]	[-1,0875; 0,9903]	[-1,3613; 1,069]
	Estadístico de Prueba: $H_0: \mu_v = \mu_d$	0,98	0,98	-0,10	-0,27
	P – valor	0,33	0,33	0,92	0,79
C	Promedio Vital	32,69	33,05	33,13	32,78
	Promedio Desvital	32,27	32,65	32,93	33,10
	n_1	27	20	12	4
	n_2	30	30	30	26
	$n = n_1 + n_2$	57	50	42	30
	Intervalo de Confianza al 95%	[-0,3940; 1,2391]	[-0,4998; 1,3064]	[-0,7943; 1,1943]	[-1,8265; 1,1688]
	Estadístico de Prueba: $H_0: \mu_v = \mu_d$	1,04	0,90	0,42	-0,57
	P – valor	0,30	0,37	0,68	0,59

Tabla N°8: Pruebas Estadísticas para la T° de Recuperación cada 30 segundos utilizando el termómetro A, B y C (de 270 a 360 segundos).

Termómetro	Indicadores	T° Recuperación 270''	T° Recuperación 300''	T° Recuperación 330''	T° Recuperación 360''
A	Promedio Vital	-	-	-	-
	Promedio Desvital	36,10	36,20	-	-
	n_1	-	-	-	-
	n_2	10	2	-	-
	$n = n_1 + n_2$	10	2	-	-
	Intervalo de Confianza al 95%	-	-	-	-
	Estadístico de Prueba: $H_0: \mu_v = \mu_d$	-	-	-	-
	P – valor	-	-	-	-
B	Promedio Vital	33,90	33,80	-	-
	Promedio Desvital	34,73	34,75	34,63	34,65
	n_1	2	1	-	-
	n_2	15	11	4	2
	$n = n_1 + n_2$	17	12	-	-
	Intervalo de Confianza al 95%	[-10,4048;8,7515]	-	-	-
	Estadístico de Prueba: $H_0: \mu_v = \mu_d$	-0,80	-	-	-
	P – valor	0,56	-	-	-
C	Promedio Vital	34,10	-	-	-
	Promedio Desvital	33,72	32,98	33,38	-
	n_1	1	-	-	-
	n_2	18	11	5	-
	$n = n_1 + n_2$	19	11	5	-
	Intervalo de Confianza al 95%	-	-	-	-
	Estadístico de Prueba: $H_0: \mu_v = \mu_d$	-	-	-	-
	P – valor	-	-	-	-

Las Tabla N°6, 7 y 8 presentan un resumen de las pruebas estadísticas para cada Temperatura de recuperación medida cada 30 segundos y termómetros A, B y C. Para un nivel de significancia del 5%, se puede decir que no hay evidencia estadística para

decir que existen diferencias significativas en la temperatura de recuperación de dientes vitales versus desvitaes (P-valor > 0.05), es decir, la temperatura de recuperación para dientes vitales y desvitaes son iguales. Esto se observa en la temperatura de recuperación en 30, 60, 90, 120, 150, 180 y 210 segundos. Para las pruebas restantes no se pueden concluir dado que se tienen pocos casos.

11.3.4 Herramientas estadísticas utilizadas

Cálculos estadísticos o Estadística descriptiva

Permiten caracterizar una muestra mediante medidas de tendencia central (Media, Mediana), o medidas de dispersión (Varianza, Desviación estándar y coeficiente de variación), de esta forma se puede entender el comportamiento de la variable de interés. Las estadísticas descriptivas de interés que se utilizarán en este trabajo son:

1. **Número de casos:** Es el número de valores muestreados respecto de la variable en estudio, representados por n y los datos por c_i , $i = 1, \dots, n$, que llamamos frecuencias
2. **Media:** Es la media aritmética es una medida de tendencia central que mide la intensidad media de una variable de interés, dado por la fórmula:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

3. **Mediana:** Es el valor para el cual la mitad de los datos son menores y la otra mitad están por encima de este valor.

Si ordenamos los datos en orden ascendente podemos calcular la mediana como.

$$M = \begin{cases} x_{(n+1)/2} & \text{si } n \text{ impar} \\ [x_{n/2} + x_{n/2+1}]/2 & \text{si } n \text{ par} \end{cases}$$

La mediana es también llamada percentil 50, además los datos no solo se dividen en dos grupos, sino que se pueden dividir en cuatro partes, cuartiles, donde $Q_1 =$ percentil 25, $Q_2 =$ Mediana y $Q_3 =$ percentil 75, si los datos se dividen en 10, tenemos los deciles. De forma general estas medidas se pueden calcular por: $[p(n+1)/100]$ ésima observación de los datos ordenados ascendentemente, donde p es el percentil que se desea calcular.

4. **Varianza:** Describe la variabilidad de la variable de interés. Es la medida de la desviación o dispersión de la distribución y se calcula por:

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2$$

La razón principal por la que se aboga por la división entre $n - 1$ en la estimación de la varianza, es porque proporciona un mejor estimado; si dividimos por $n - 1$ nos referimos a la varianza muestral S^2 como un estimador insesgado de la varianza poblacional σ^2 . Esto significa que si un experimento fuera repetido muchas veces se podría esperar que el promedio de los valores así obtenidos para S^2 igualaría a σ^2 . Por otra parte si dividimos entre n los valores obtenidos para S^2 serían como promedio demasiado pequeño.

- 5. Desviación estándar:** Describe la tendencia o dispersión de la variable de interés. Es la medida de desviación alrededor de la media. Se calcula por:

$$S = \sqrt{S^2}$$

- 6. Error estándar:** El Error estándar (o de Muestreo) de la Media se define como la Desviación Estándar dividida por la raíz cuadrada del número de observaciones.

$$\varepsilon = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

Es una medida de variabilidad corregida por el tamaño de la muestra. Se emplea para realizar estimaciones de la Media Poblacional.

- 7. Coeficiente de variación:** Es el cociente entre la desviación estándar y la media aritmética de una distribución

$$CV = \frac{S}{\bar{X}}$$

y en porcentaje como:

$$100 \cdot CV = 100 \cdot \frac{S}{\bar{X}} \%$$

Proporciona una comparación entre la variación de que puede existir en la medición de la variable de interés, el objetivo es comparar que variable de interés es más dispersa o tiene mayor variabilidad.

Propiedades

- Es una medida de variabilidad relativa, mide la dispersión en unidades de media aritmética.
- Se expresa en números absolutos, sin unidades. Esto permite comparar CV de diversas distribuciones de variables expresadas en diversas unidades.

- 8. Prueba t-Student:** Permite determinar si en una población las medias de las poblaciones son estadísticamente diferentes.

Construcción de Gráficos Estadísticos

Estos gráficos permiten ilustrar y representar la variable de interés:

- 1. Histogramas:** Son usados para ver las características descriptivas de la distribución. Es un gráfico de barras donde en las abscisas aparecen los límites de las clases y en las ordenadas las frecuencias correspondientes a cada clase.
- 2. Frecuencia acumulativa:** Usado para identificar el tipo de distribución muestral y ayuda a determinar si están presentes poblaciones mixtas. Es un gráfico de límite de clase contra frecuencia acumulada.

En el caso de gráficos estadísticos es útil usar los gráficos de frecuencia absoluta, relativa, acumulativa y el diagrama de dispersión, como se presenta en muchos sistemas.

Todos estos elementos permiten establecer las características de la población en estudio

Dótimas sobre la diferencia de medias de dos poblaciones

Caso Varianza iguales

Las dótimas de hipótesis son pruebas estadísticas que se usan para verificar una hipótesis de investigación, respecto de algún parámetro poblacional de interés. Generalmente se quiere contrastar la media poblacional. Los elementos que deben estar para realizar una dócima son las siguientes:

Elementos de una Prueba de Hipótesis:

- a) Prueba:** Es el procedimiento o la regla de decisión que se emplea para decidir sobre la aceptación o no de la Hipótesis Nula. La selección de la prueba se realiza, considerando la Hipótesis de la Investigación y la respectivas Hipótesis Estadísticas, considerando las características de la muestra y los supuestos necesarios para desarrollar la prueba (p.ej. normalidad, aleatoriedad de la muestra, independencia etc.)
- b) Hipótesis Nula (H_0):** Es la hipótesis que señala lo tradicional y se supone que es verdadera para desarrollar el procedimiento de la prueba.

- c) **Hipótesis Alternativa (H_1):** Es complementaria a H_0 , refleja lo novedoso o lo que usualmente interesa al investigador. Ambas hipótesis agotan las posibles alternativas, en cuanto a valores de parámetros o formas de distribución.
- d) **Nivel de significación (α):** Corresponde a la probabilidad de rechazar una hipótesis que puede ser verdadera (se denomina también error tipo I). Valores usuales son 5% y 1% ($\alpha=0,05$ o $\alpha=0,01$). Es fijado por el investigador.
- e) **Estadística de Prueba:** Es la estadística muestral empleada en la prueba. Tiene una distribución en el muestreo con características que se asocian con el parámetro que se estima.
- f) **Región Crítica (RC):** Corresponde al conjunto de valores de la *estadística de prueba* que llevan al rechazo de H_0 . Dependen del nivel de significación fijado y de la Hipótesis alternativa. Puede corresponder a un área en una cola de la distribución de la *estadística de prueba* (en décimas unilaterales) o a dos áreas en las colas de esa distribución (en décimas bilaterales). Cuando se conoce el valor-p (valor de significación), no es necesario indicar la *región crítica* como ocurre al usar un software estadístico.

1. Hipótesis

a) Bilateral	b) Unilateral Izquierda	c) Unilateral Derecha
$H_0: \mu_1 = \mu_2$	$H_0: \mu_1 \geq \mu_2$	$H_0: \mu_1 \leq \mu_2$
$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$	$H_1: \mu_1 < \mu_2$	$H_1: \mu_1 > \mu_2$

2. Supuestos:

1. Las muestras se seleccionan aleatoriamente de las poblaciones.
2. Las varianzas poblacionales son desconocidas pero se suponen iguales a σ^2
3. Las muestras provienen poblaciones con distribución normal.

3. Nivel de significación: α

4. Estadística de Prueba: t_c

Bajo H_0

$$t_c = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - \Delta_0}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \sim t(n_1 + n_2 - 2)$$

donde $t(n_1 + n_2 - 2)$ es la distribución t-student con $n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad, siendo

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

y n_1 es el número de observaciones de la media muestral \bar{X}_1 , n_2 es el número de observaciones de la media muestral \bar{X}_2 .

5. Región Crítica

Se rechaza H_0 si

a) Bilateral

$$R.C = \{t_c < -t(n_1 + n_2 - 2; 1 - \alpha/2) \text{ o } t_c > t(n_1 + n_2 - 2; 1 - \alpha/2)\}$$

b) Unilateral Izquierda

$$R.C = \{t_c < -t(n_1 + n_2 - 2; 1 - \alpha)\}$$

c) Unilateral Izquierda

$$R.C = \{t_c > t(n_1 + n_2 - 2; 1 - \alpha)\}$$

La idea es comparar el valor calculado basado en la muestra t_c y compararlo con el valor teórico $t(n_1 + n_2 - 2)$ obtenido de alguna tabla de probabilidad o software.

6. P-valor

Otra forma alternativa de rechazar o no H_0 , es mediante la probabilidad de significación observada, o bien, P-valor, dado por:

$$\alpha_{obs} = P(t_c \in R.C)$$

En donde si se cumple que $\alpha_{obs} < \alpha$, entonces se rechaza H_0

7. Evaluación y Decisión sobre H_0

1. Reemplazar \bar{X}_1 , \bar{X}_2 , S_1^2 y S_2^2 obtenidos de la muestra en Estadística de Prueba (en 4) para obtener t_c .
2. Si t_c pertenece a la Región Crítica se rechaza H_0 (y se acepta H_1)
3. Si t_c no pertenece a la Región Crítica, no se rechaza H_0

Pruebas para las diferencias entre pares de prueba

Cuando se rechaza la hipótesis nula de que todas las medias son iguales se debe realizar otras pruebas estadísticas para determinar que pares son distintos, si se tienen k tratamientos, el número de pruebas de pares es

$$a = \frac{k(k-1)}{2}$$

Estas pruebas de pares dependen del tamaño de la muestra en cada tratamiento, si cada tratamiento tiene el mismo número de observaciones se dice que el diseño es balanceado, en caso contrario se dice que es no balanceado.

El procedimiento considera el valor absoluto (ignorando los signos) de la diferencia entre dos medias muestrales cualquiera es mayor que algún estándar, se observa como una diferencia significativa, y se concluye que las medias poblacionales respectivas son diferentes.

Se puede determinar este estándar debido a una diversidad de procedimientos estadísticos incluyendo el método de Tukey y la diferencia mínima significativa (DMS).

Prueba para Diseños Balanceados

Los dos métodos de Tukey y DMS se utilizan si el número de observaciones en cada muestra es la misma. Si el diseño no está balanceado es decir tiene diferentes tamaños debe utilizarse un método DMS alternativo.

El método de Tukey

Desarrollado en 1953 por J.W Tukey, requiere el cálculo del criterio de Tukey, de la siguiente forma

$$T = q_{\alpha, k, n-k} \sqrt{\frac{CME}{n}}$$

Donde q tiene una distribución de rangos estudentizadas con k y $n - k$ grados de libertad y α es el nivel de significancia utilizada.

Diferencia mínima significativa DMS

El método de diferencia mínima significativa es muy similar al método de Tukey. Compara el criterio de la diferencia menos significativa con la diferencia absoluta en las medias muestrales.