



Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Sociales
Departamento de Antropología Física

EFFECTOS DE LA EXPOSICIÓN A CALOR EN DIENTES: UN ESTUDIO COMPARATIVO EXPERIMENTAL SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE FRACTURAS DENTALES PERIMORTEM Y POSTMORTEM

Memoria para optar al título profesional de Antropóloga Física

ANTONIA FERNANDA RODRÍGUEZ MUÑOZ

Profesora guía: Constanza Torres Llanos
Profesora tutora: Sandra López Lázaro

Santiago-Chile
2024

Agradecimientos

Agradezco inicialmente a la profesora Sandra López por la oportunidad de trabajar con ella, por su paciencia, palabras de aliento, enseñanza y compromiso. Agradezco a la profesora Constanza Torres por su amabilidad, por su preocupación, por sus correcciones, y por su apoyo. Agradezco a los profesores revisores Kornelius Kupczik y Eduardo Saldías, y a los docentes de Antropología Física que sembraron gustos, ideas, conocimiento y mucho cariño por la disciplina. Agradezco al equipo del Fondecyt que me ayudó en lo que necesité para la realización de mi Memoria, como también a Daniela Poblete y a la Facultad de Odontología por facilitarme la utilización del microtomógrafo; y al equipo de trabajadores de la faenadora por su amabilidad y carisma.

Agradezco a mi abuela, Lyda Guzmán, por su inagotable cariño, por ser una madre para mí, por hacer de mí lo que soy, por siempre escucharme, por entregarme las herramientas que me han permitido enfrentar el mundo. Agradezco a mi padre, Alejandro Rodríguez, por su apoyo incondicional, por su infinita sabiduría, por su amor constante, por sus chistes y anécdotas, por siempre entregarme lo que necesité y más. A Joaquín, quien sin saberlo me enseñó lo que era el amor incondicional y puro, la emoción intensa, la hermandad, la compañía eterna y el orgullo. Agradezco también a mi familia Jorge Rodríguez Marín, Jorge Rodríguez Guzmán y Florencia Rodríguez.

Agradezco a la familia que adquirí a lo largo de la vida, Angélica Urrutia, por quererme desde el primer día, por abrirme las puertas de su hogar, por darme cosas que nunca tuve o conocí, por sus palabras de aliento, por las infinitas risas, apoyo constante y profundas conversaciones. A Pedro Gutiérrez Araya y Camila Gutiérrez, por hacerme parte de la familia, por siempre considerarme, por su cariño.

Agradezco a mis amigas, Roma Quiroz, por ser una de las personas más hermosas que la vida me permitió conocer, por tu infinito cariño, conversaciones profundas, por ser amigas desde pequeñas. A Isidora Ibarra, por tu inmenso corazón, por tus sentimientos puros, por siempre escucharme. A Catalina Lara, por quererme, por siempre tener un mensaje cálido y amable, por escucharme, por las risas, por tu apoyo.

Y por supuesto, agradezco a Pedro Gutiérrez Urrutia, mi pareja y amor de vida, por acompañarme desde la adolescencia, desde cuando la Universidad se veía lejana y la vida actual nos parecía utópica. Por tu amor gigante, por tu paciencia, por siempre mantenerme enfocada, por acompañarme a vivir la vida, por sacar lo mejor de mí, por ayudarme a construir mis objetivos, por crecer juntos, por escuchar lo que he querido decir, y hacer lo que he querido hacer, por siempre estar presente, por ser lo que he necesitado cuando lo he necesitado, sin condiciones.

Resumen

La presente Memoria lleva a cabo un estudio exploratorio-experimental basado en la comparación de los patrones de fractura de 15 dientes hidratados (perimortem) y 15 dientes deshidratados (postmortem) expuestos a bajas temperaturas, correspondientes a los 30°, 40° y 50° Celsius, con el objetivo de aportar en la comprensión de fracturas dentales presentes en contextos médicos legales. Los resultados demuestran que las bajas temperaturas tienen un efecto formador de fracturas sobre ambos grupos de dientes. Así como también se evidenció que las dinámicas observadas en los dientes hidratados difieren de las observadas en los dientes deshidratados. Respecto a los dientes hidratados, se encontró que existe una mayor afectación de estos al momento de la postprueba, en comparación con los dientes deshidratados, mostrando especialmente líneas de fractura con orientación coronal-apical, que se proyectan a través de los túbulos dentinarios, que alcanzan tejidos y uniones entre el esmalte y la UPD, y que al momento de contactar a la UDE se detienen en ella o la atraviesan. Por el otro lado, los dientes deshidratados mostraron un menor incremento de dientes afectados por las bajas temperaturas al momento posterior al experimento, no obstante, muchos de los dientes se encontraban previamente fracturados. Asimismo, los indicadores “mesial-distal”, “intertúbulo”, “UPD”, “esmalte”, “UDE: se detiene”, “UDE: la atraviesa” demostraron diferencias significativas entre la preprueba y postprueba para este grupo de dientes.

Palabras clave

Palabras clave: Antropología Forense, Perimortem, Postmortem, Fracturas dentales, *Proxy* animal, Calor.

Contenido

I. Antecedentes.....	6
1.1 Tafonomía y dentición humana	6
1.2 Experimentación en dientes con calor: estudio de fracturas	7
1.3 Experimentación en dientes <i>proxy</i> animal	8
II. Marco Teórico.....	10
2.1 Anatomía dental de los bovinos.....	10
2.2 Tafonomía.....	11
2.3 Fracturas dentales.....	12
III. Problema de investigación	14
IV. Hipótesis	16
V. Objetivos	16
5.1 Objetivo general	16
5.2 Objetivos específicos.....	16
VI. Materiales y método	17
6.1 Composición de la muestra	17
6.2 Metodología	18
6.3 Variables de estudio y análisis de las imágenes arrojadas por el microtomógrafo computarizado.....	18
6.3.1 Orientación de las fracturas	19
6.3.2 Proyección de la fractura por los túbulos dentinarios o intertúbulos dentinarios.....	20
6.3.3 Tejidos dentales y uniones por las cuales viaja la fractura	21
6.3.4 Dinámica de la fractura al contactar con la unión dentina-esmalte (UDE)	21
6.4 Análisis estadístico.....	22
VII. Resultados	23
7.1 Sistematización de los resultados.....	23
7.2 Efectos de las bajas temperaturas y su asociación con los dientes perimortem	26
7.2.1 Efectos de las bajas temperaturas y su asociación con los dientes perimortem respecto a la orientación de las fracturas.....	27
7.2.2 Efectos de las bajas temperaturas y su asociación con los dientes perimortem respecto a la proyección de la fractura por los túbulos dentinarios o intertúbulos dentinarios.....	28
7.2.3 Efectos de las bajas temperaturas y su asociación con los dientes perimortem respecto a los tejidos dentales y uniones por las cuales viaja la fractura	28

7.2.4 Efectos de las bajas temperaturas y su asociación con los dientes perimortem respecto a la dinámica de la fractura al contactar con la unión dentina-esmalte (UDE)	30
7.3 Efectos de las bajas temperaturas y su asociación con los dientes postmortem	31
7.3.1 Efectos de las bajas temperaturas y su asociación con los dientes postmortem respecto a la orientación de las fracturas.....	31
7.3.2 Efectos de las bajas temperaturas y su asociación con los dientes postmortem respecto a a la proyección de la fractura por los túbulos dentinarios o intertúbulos dentinarios	33
7.3.3 Efectos de las bajas temperaturas y su asociación con los dientes postmortem respecto a a los tejidos dentales y uniones por las cuales viaja la fractura	33
7.3.4 Efectos de las bajas temperaturas y su asociación con los dientes postmortem respecto a a la dinámica de la fractura al contactar con la unión dentina-esmalte (UDE)	35
7.4 Efectos de las bajas temperaturas y su asociación con las temperaturas 30°, 40° y 50° Celsius.....	36
7.4.1 Dientes perimortem y su relación con los 30°, 40° y 50°C	37
7.4.2 Dientes postmortem y su relación con los 30°, 40° y 50°C.....	40
7.5 Test de McNemar	44
IX. Discusión.....	48
9.1 Dientes perimortem o hidratados.....	48
9.2 Dientes postmortem o deshidratados	50
9.3 Limitaciones	51
X. Conclusión	53
XI. Referencias	54

I. Antecedentes

1.1 Tafonomía y dentición humana

El concepto de tafonomía proviene del griego “*taphos*” que significa enterramiento, y de “*nomos*” que significa ley, es decir, la ley del enterramiento (Haglund et al, 1997). Este término fue acuñado en el año 1940 por el paleontólogo ruso Ivan Efremov, que definió a la tafonomía como “el estudio de la transición (en todos sus detalles) de los restos animales de la biosfera a la litosfera” (Lyman, 2010), siendo utilizado por la geología como medio para el estudio de los sesgos en registros paleobiológicos (Beary y Lyman, 2012 en Moreno, 2020). Sin embargo, este concepto inicialmente fue usado para estudio con restos animales, pero posteriormente fue adoptado y reajustado a distintas disciplinas, por ejemplo, por la arqueología y la antropología que la situaron en estudios de restos humanos.

Primeramente fue utilizado por la arqueología, especialmente la zooarqueología que enfocó sus intereses hacia la conducta humana y su relación con otros animales (Lyman, 1994). Con intención de explicar la historia y dinámicas de los organismos desde que se encontraban con vida, su cultura, hasta su muerte y finalmente su depositación y destrucción (Lyman, 2010). Sumándose, posteriormente, el estudio de los elementos materiales que acompañaban a esas poblaciones humanas (Binford, 1962, 1978, Domínguez et al, 2011, en Moreno, 2020).

Luego, respecto a la tafonomía aplicada en la antropología, esta se ha entendido como todos los procesos que le suceden a un organismo desde su muerte, desde que se depositan en un sitio hasta que este se recupera; incluso los procesos que se llevan a cabo en laboratorio (Schotsmans et al, 2017). En este mismo contexto se ha trabajado bajo dos esferas: el estudio de los restos humanos en contextos históricos o arqueológicos, es decir, bioarqueología; o por el contrario bajo el estudio de los restos humanos en un contexto médico-legal, es decir, la antropología forense (Moreno, 2020). La antropología forense, la cual reviste interés para la presente memoria, releva la importancia del estudio de las temporalidades antemortem, perimortem y postmortem, debido a la búsqueda de respuestas centradas en el individuo y en las circunstancias de su muerte, es decir, especialmente en lo perimortem. Todo ello, con la intención de dar respuesta a procesos judiciales de manera científica, especializada y con la menor cantidad de sesgos posible.

Los estudios de tafonomía se han desarrollado especialmente en huesos, sin embargo, no se ha adentrado acabadamente al estudio de los dientes. Por ejemplo, ese tipo de investigaciones están ligadas al estudio de la degradación y erosión de ciertos huesos en función de su lugar de depósito (Brothwell, 1987), a la intervención animal y carroñeo en los huesos (Scarso et al, 2020); al nivel de tejido trabecular/cortical que compone a los distintos huesos (Schotsmans et al, 2017), a los procesos de descomposición postmortem de cuerpos (Schotsmans et al, 2017), a la degradación del ADN (Pokines et al, 2014), a alteraciones diagenéticas (Stiner, 2008), entre otros.

Respecto a la tafonomización de los dientes, las investigaciones existentes en la actualidad son en cantidad menores a los estudios realizados en huesos. Estas investigaciones tratan los cambios macroscópicos del diente con base en los cambios de coloración generados por el contacto con minerales, metales, plantas o presencia de amalgamas por procesos de restauraciones odontológicas (Dupras & Schultz, 2014; Briemm et al., 2023; Medina et al., 2013); así como también estudios de caso (Marín & Moreno, 2004) o estudios experimentales (Rubio et al., 2016) relacionados a los efectos de la quema de dientes, analizando los estadios de incineración y carbonización. Esto últimos se encuentran enfocados en los efectos de las altas temperaturas en los tejidos dentales (Ferreira et al., 2010; Espina et al., 2004). Por otra parte, existen estudios respecto al intervalo postmortem (IPM), por ejemplo, con la evaluación de la abrasión de la superficie dental y la densidad mineral de estos mediante micro-CT como parámetros objetivos y precisos para su evaluación (Akbulut et al, 2020).

1.2 Experimentación en dientes con calor: estudio de fracturas

La experimentación en dientes con calor ha sido un tópico ampliamente estudiado en investigaciones de la antropología forense, debido a ser un agente activo en, por ejemplo, sitios del suceso. En estos contextos, la temperatura funciona como un generador o expansor de fracturas dentales, ya sea a bajas o altas temperaturas, pudiendo ocurrir en cualquier sean las condiciones de la depositación del cuerpo (Wedel y Galloway, 2014).

Respecto a las altas temperaturas, a pesar de no existir un rango determinado de grados, estas se podrían considerar desde aproximadamente los 300-400° C ya que es ahí en donde se inicia la formación de fracturas y fisuras en la unión dentino-esmalte (Garriga et al, 2016). Respecto a esta temperatura, se han llevado a cabo experimentos que tienen como objetivo investigar los efectos macroscópicos y microscópicos de la carbonización y la calcinación en el tejido dental, determinando que existen cambios de coloración en el diente que viajan desde el café hacia el negro, el gris azulado y finalmente el blanco tiza. Posterior a los 300-400° C antes mencionados, a los 700°C se alcanzaría la separación de las raíces junto con la calcinación del diente (Garriga et al, 2016), similar a lo planteado por Harbeck et al (2011); Schwark et al (2010); y Karkhanis et al (2023). Asimismo, estas altas temperaturas podrían conducir a una reducción de la dentina, reducción en el tamaño de los cristales de hidroxiapatita y una expansión de las fracturas (Peer & Sarig, 2023). En suma, las altas temperaturas podrían disminuir la dureza del diente producto de los daños que provoca el calor a nivel mecánico-estructural (Sui et al, 2014), además de alterar la matriz ósea al punto de producir fracturas que se deben al fenómeno de fusión y recristalización por hidrólisis de los cristales de hidroxiapatita (Castillo et al, 2013).

Por el otro lado, los estudios que contemplan bajas temperaturas -menores a los 300° C-, plantean que los dientes parecen no tener cambios a nivel de corona ni de raíz hasta que alcanzan una temperatura aproximada de 300°C, en donde comienza la formación de fracturas (Savio et al, 2006; Garriga et al, 2016). Sin embargo, a nivel microscópico es posible observar que incluso en temperaturas desde los 40°C se producen

fracturas dentales que, según el tipo de diente, pueden ser de tipo longitudinal, transversal, de contorno o esporádicas (Hughes et al, 2009). Además de observarse la separación de la capa odontoblástica de la dentina, que inicia aproximadamente desde los 52°C (Lisanti et al, 1950). Asimismo, en otro estudio se observa también que la formación de grietas o fracturas tienen lugar desde los 100°C junto con la presencia de fibras de colágeno en forma de cordón que tienden a separarse de la matriz por efecto del calor y de las grietas, llegando a una pérdida de agua -deshidratación- en el diente producto de la combustión de los componentes orgánicos a partir de los 250°C (Karkhanis et al, 2023; Castillo et al, 2013).

Dentro de estos efectos, es necesario destacar los cambios en el diente producidos por la deshidratación de la dentina resultante de la exposición a calor -sean altas o bajas temperaturas-. Se ha observado que la deshidratación de los tejidos dentales disminuye significativamente la resistencia a la fractura de la dentina, induce cambios en la formación del colágeno de la dentina humana, aumenta sustancialmente la rigidez del colágeno y por consiguiente reduce la resistencia, facilitando la iniciación y propagación de las grietas. Por el contrario, el tejido hidratado aumenta la resistencia a la fractura de la dentina (Kruzik et al, 2003; Kishen y Asundi, 2005), resultando de gran relevancia para la presente memoria, ya que, entrega rasgos que permiten distinguir diferencias entre un diente deshidratado y uno hidratado. Siendo esas diferencias las que se buscan evidenciar con tal de conocer un poco más el comportamiento de las fracturas en dientes perimortem y postmortem.

1.3 Experimentación en dientes *proxy* animal

El estudio sobre dientes, en específico en dientes de animales tiene su apogeo durante la segunda mitad del siglo XX, utilizándose a bovinos, rumiantes, roedores, ovinos, cánidos como animales objeto de estudio. Su principal interés, aparte de tener mayor conocimiento sobre la fauna que habita el planeta, es sobre el transpolar esta información hacia la dentadura humana y generar mayor conocimiento sobre nosotros mismos (Posada et al, 2006).

Algunos de los caminos que tomaron estas investigaciones fueron en torno al conocimiento sobre la anatomía dental de los animales y humanos, el estudio sobre patologías, investigaciones sobre el desarrollo de bacterias en la cavidad bucal y su relación con la higiene, intereses respecto a la estética dental, al estudio de los dientes como evidencia en situaciones forenses, entre otros. Vale mencionar que respecto a los estudios forenses, estos no han sido especialmente explotados, y la gran parte de los estudios que se realizaron contemplaron el análisis de la composición y dinámica dental, analizando por ejemplo los patrones de fracturas dentales entre humanos y cerdos (Popowics, et al, 2001), los patrones de fracturas dentales entre humanos y bovinos (Wang, 2005; Yassen et al, 2011), las similitudes y diferencias respecto al desgaste de la dentina entre bovinos y humanos (Wegehaupt et al, 2008), las semejanzas a nivel microestructural de los dientes entre humanos y bovinos (Wang et al, 2012), y la composición química dental entre humanos y animales (Tymczynna et al, 2009), entre otros.

Los dientes de bovino han sido utilizados en investigaciones como análogos de los dientes de humano principalmente por su disponibilidad, la ausencia caries dentales y el gran tamaño que permite su manipulación (de Carvalho et al, 2018). Además de ser utilizado en otro tipo de investigaciones como, por ejemplo, en estudios clínicos odontológicos. Estos dientes se posicionan como elementos apropiados para ser utilizados como sustitutos de los dientes humanos, debido a elementos tales como: la posesión de caracteres macroscópicos como la corona dental, la raíz dental, el cuello, la cavidad pulpar, los cuales tendrían bajas diferencias morfológicas con dientes humanos (Soto y Col, 2000, como se citó en Posada et al., 2006).

Asimismo, respecto a los tejidos dentales, los dientes de bovino presentan (i) esmalte, vidrioso y duro, poco espeso en la cara lingual, al igual que los humanos; (ii) dentina, dura y ligeramente amarillenta; (iii) cemento, que en vacas se encuentra sobre la corona a diferencia de los humanos; y (iv) a la pulpa dentaria, que a nivel histológico se identifica la misma disposición y cantidad de elementos constitutivos que en los humanos. Además, tienen una coloración similar a la de los dientes humanos (Soto y Col, 2000, como se citó en Posada et al., 2006; Dyce et al., 1999, como se citó en Posada et al., 2006).

Al observar los dientes de bovino mediante microscopía óptica y electrónica, se observa que la dentina está compuesta principalmente por túbulos dentinarios, al igual que los humanos. Y se identifica la dentina primaria, la predentina, la dentina secundaria y la dentina terciaria (Gazquez & Blanco, 2004, como se citó en Posada et al., 2006).

Asimismo, los dientes de bovino tienen un tamaño mayor que los dientes humanos -lo que permite una mayor facilidad en su manipulación- pero no perciben diferencias significativas entre el diámetro de los túbulos dentinarios y la cantidad de estos (de Carvalho et al, 2018).

No obstante, existen algunas diferencias tales como que los túbulos dentinarios son más irregulares en dientes de bovino que en humanos, el diámetro promedio del túbulo dentinario es mayor en los bovinos que en los humanos, que los dientes de humano presentan un menor número de túbulos dentinarios junto al esmalte, el diámetro de los túbulos dentinarios de los dientes de vaca es mayor que en los humanos, el grosor de la dentina peritubular es menor en los dientes humanos, y que no se encuentra dentina interglobular en los dientes de bovino (Segovia et al, 2022).

Por lo tanto, en consideración de lo mencionado anteriormente, y a pesar de las limitaciones y diferencias entre la dentición humana y la dentición animal, la presente Memoria utilizará como objeto de estudio a dientes de bovino, escogidos entre otras cosas, por su similitud morfológica e histológica a los dientes humanos (de Carvalho et al, 2018).

II. Marco Teórico

2.1 Anatomía dental de los bovinos

Según Gloobe (1989), las vacas corresponden a animales rumiantes de tipo bovino, que posee una dentadura acorde a su alimentación herbívora, jugando un rol importante en su método de digestión mediante 4 estómagos. Su dentadura es de tipo heterodonte, es decir, que está compuesta por distintos tipos de dientes, según sus morfologías y funciones. Así, presentan incisivos, premolares y molares. Los primeros son largos, afilados y están diseñados para cortar los alimentos consumidos; los premolares y molares presentan una morfología plana y ancha que permite la trituración de los vegetales, pero estos últimos son especialmente relevantes para la digestión de celulosa presente en las plantas (Gloobe, 1989).

Los dientes de vaca, al igual que los dientes humanos, están formados por una porción intraalveolar -la raíz- y extraalveolar -la corona dental-. Cada diente se compone, desde el exterior hacia el interior, primeramente por el *esmalte* producido por los ameloblastos, correspondiente al tejido más duro del cuerpo, y que cubre a la dentina y al infundíbulo (Budras et al, 2003). El esmalte está compuesto principalmente por cristales de hidroxiapatita, y consta de un 96% de matriz inorgánica y un 4% de material orgánico (Ortiz et al, 2018).

Luego se ubica la *dentina*, la cual compone la mayor parte de la estructura del diente siendo producida por los odontoblastos, y consta en un 70% por matriz inorgánica, un 20% de matriz orgánica (principalmente por colágeno tipo 1) y un 10% de agua (Ortiz et al, 2018). Así, el *cemento* -producido por los cementoblastos- cubre la raíz del diente y lo une al hueso mandibular/maxilar, siendo la sustancia dentaria más superficial y con un rol importante en la fijación del diente (Budras et al, 2003). Finalmente, en la zona más interna del diente se encuentra la cavidad pulpar, de tipo vascularizada e inervada con presencia de tejido conectivo, que mantiene la vitalidad del diente y asegura su suministro de nutrientes y sensibilidad.

Las vacas presentan a lo largo de su vida dos sistemas de dientes, los temporales y los permanentes, que al igual que los humanos, los temporales erupcionan en las primeras etapas de la vida y luego son sustituidos por los definitivos. En sus dientes permanentes, no se observan incisivos en la arcada superior, pero sí 3 premolares y 3 molares por lado; y en la arcada inferior se ubican 4 incisivos agrupados en la zona media de la mandíbula, además de 3 premolares y 3 molares. Resultando en un total de 32 dientes en su cavidad bucal. Asimismo, en la mandíbula existe un espacio sin dientes entre los incisivos y los premolares, es decir, un diastema de gran tamaño, llamado *barra* (Budras et al, 2003).

2.2 Tafonomía

Este estudio se ha aplicado a lo largo de las décadas a diversas disciplinas que trabajan con la muerte de seres vivos, y para efectos de este escrito, se contemplará la definición que acoge la tafonomía forense, la cual apunta a los procesos de descomposición del cuerpo en diferentes tipos de ambientes, y cómo los agentes tafonómicos -tales como la quema o el consumo de animal carroñero- pueden ser identificados. Asimismo, configura métodos y enfoques para el análisis tafonómico en contextos forenses con la intención de reconstruir los eventos postmortem por los cuales atravesó el cuerpo antes y después de la descomposición, y especialmente, discriminar entre los productos ejecutados por intención humana, de los ejercidos por subsistemas biológicos, físicos, químicos, geológicos (Black et al., 2011).

Es así como la tafonomía estudia a los agentes tafonómicos que pueden afectar al cuerpo en descomposición, entre los cuales se encuentra la humedad, el clima, la temperatura, la exposición a la luz, el nivel de oxígeno, la acción de hongos, el tipo de suelo, el crecimiento de plantas, el consumo por insectos cadavéricos o fauna carroñera, el contacto con metales o minerales, la inhumación, la exhumación, la cremación, entre otros agentes tafonómicos (Haglund et al., 1997)

Con especial interés para esta memoria, se destaca el agente tafonómico de tipo abiótico: la temperatura. Según Junkins et al (2017, como se citó en Schotsmans et al, 2017), la temperatura juega un rol crucial en los procesos de tafonomización, debido a que tiene un efecto directo en la autólisis y en la descomposición. Por ejemplo, el aumento de la temperatura entrega las condiciones necesarias para que distintos tipos de microorganismos -bacterias- crezcan y contribuyan con el consumo del cuerpo; o por el contrario, las bajas temperaturas retrasan los procesos de muerte celular, lo cual ralentiza la descomposición (Damann, 2017 como se citó en Schotsmans et al, 2017). Esto se puede ver reflejado en el uso de refrigeradores o cámaras de frío que se utilizan para ingresar a los fallecidos que serán autopsiados.

Respecto a los efectos de la temperatura en dientes, estos pueden verse reflejados principalmente mediante los cambios de coloración de los dientes y en la formación de fracturas en ellos (Schotsmans et al, 2017). Lo primero sucede debido a la deshidratación y pérdida de colágeno del diente, pudiendo adquirir coloraciones cafés, negras, celestes, grises y blancas, a medida que la temperatura va aumentando y alcanza la calcinación (Sandholzer, 2015, como se citó en Schotsmans et al, 2017).

No obstante, la cantidad de estudios publicados respecto a la tafonomía dental son escasos, a diferencia de los estudios tafonómicos en otras zonas corporales.

2.3 Fracturas dentales

Según García et al (2003), los traumas dentales *in vivo* corresponden a una de las mayores causas de atención odontológica, junto a las caries, los accidentes, las caídas, la violencia y los deportes. Los traumas dentales corresponden a transmisiones agudas de energía que afectan al diente, al ligamento periodontal, la irrigación vascular y el hueso adyacente, lo que resulta en fracturas, desplazamiento, separación, o aplastamiento de los tejidos (Andreasen et al, 2011; García et al, 2003a; García et al, 2003b).

En dentadura decidua y mixta *in vivo*, existe una mayor prevalencia de lesiones traumáticas dentales asociadas a la luxación de ligamento periodontal, debido a que sus espacios medulares son más amplios y el ligamento periodontal es más elástico a menor edad del individuo, configurándose como un soporte levemente inestable (García et al, 2003b). Por el contrario, la dentadura permanente *in vivo* sufre más fracturas que luxaciones producto de la menor proporción corona:raíz, y también a que el tejido del hueso alveolar es más denso (García et al, 2003a).

Asimismo, pueden tener lugar las lesiones por masticación, como por ejemplo al apretar con la boca extremadamente fuerte un objeto (Kimmerle y Baraybar 2008). Según Lynch y McConnell (2002), estas fracturas tendrían una forma similar a las mencionadas anteriormente, es decir, al paso de una línea de fractura de profundidad y dirección desconocida que atraviesa al diente pudiendo alcanzar la pulpa y/o el ligamento periodontal (Ellis, 2001).

En organismos vivos, la curación de las lesiones se basa inicialmente en la hemorragia propia de la herida que es seguida por la coagulación que requiere de plaquetas para transformar el fibrinógeno a fibrina para iniciar el proceso curativo y de cicatrización, mientras que los leucocitos neutrófilos y los macrófagos trabajan en la minimización de proliferación microbiana (Andreasen et al, 2011).

No obstante, estas definiciones de las fracturas dentales serían asociables a una temporalidad antemortem, es decir, en casos en los que el diente se encuentre hidratado y tendrá lugar la remodelación ósea y la cicatrización de la herida, además de corresponder a lesiones traumáticas producidas por acción mecánica. Por lo que, para efectos de la presente Memoria, es necesario recopilar información respecto a la dinámica de las fracturas en dientes de temporalidad perimortem (dientes hidratados con baja posibilidad de remodelación) y postmortem (dientes deshidratados sin remodelación) y producidas por acción del calor.

Respecto a eso, según Schotsmans et al (2017) la formación de fracturas en dientes deshidratados tiene lugar por diferencias en la temperatura a lo largo del diente o hueso, que generan un calentamiento de la corona y la dentina que rápidamente se proyecta hacia el resto del diente, siendo la raíz una de las zonas más protegidas por el tejido blando. La deshidratación provocada por el aumento de la temperatura genera un encogimiento del

diente y sus estructuras, formando grietas en las zonas en donde las distintas temperaturas se encuentran. Así, los incisivos tienden a generar grietas de tipo vertical y los molares presentan generalmente fracturas de tipo vertical u horizontal.

De esa forma, Hughes y White (2009) publicaron un artículo científico que presentó información sobre los patrones de propagación de grietas por calor postmortem en dientes de cerdo, de manera en la que las conclusiones plantean que el comportamiento de las grietas postmortem analizadas difieren de la dinámica de las grietas de naturaleza antemortem o perimortem. Además, expusieron que en *ex vivo* las tensiones de tracción entre los túbulos dentinarios se amplifican por la presencia de la cavidad pulpar e inician la propagación de las grietas desde la dentina interna, a través de la unión dentina-esmalte, y el esmalte, es decir, ocurre una contracción desde el interior hacia el exterior que por consiguiente podría producir que algunas fracturas viajaran entre los túbulos dentinarios - también dicho "intertúbulo dentinarios" a lo largo de la presente memoria-. Por el contrario, *in vivo* la grieta es iniciada desde la superficie externa del esmalte hacia la UDE, y los túbulos dentinarios, en donde se disipa la energía y finaliza el avance de la grieta.

Asimismo, dicho estudio plantea que a nivel microscópico también fue posible observar que en dientes deshidratados todas las líneas de fractura se originaron en la cavidad pulpar y se propagaron hacia la dentina y hacia la unión dentina-esmalte (UDE), sin embargo, no todas lograron alcanzar la UDE. Además, las que llegaban a alcanzar a la UDE mantenían dos posibles escenarios: a. La cruzaban directamente y se propagaban hacia el esmalte; o b. Viajaban por ella hasta adentrarse finalmente en el esmalte y lo agrietaban a través del esmalte más externo. Vale decir que, este trabajo entrega información valiosa respecto a las diferencias en el daño producido por fracturas antemortem y perimortem, de los procesos de tafonomización -postmortem-.

III. Problema de investigación

Uno de los objetivos de la antropología forense es el de diferenciar las temporalidades de los traumas, es decir, identificar un trauma antemortem, perimortem y postmortem, para la reconstrucción de los eventos que atraviesa una persona desde el momento alrededor de su muerte y los eventos posteriores, con la intención de determinar o descartar la relevancia médico legal de los hechos (Pokines et al, 2014). Así, la antropología forense funciona como un agente garante de la justicia y los procesos judiciales en investigaciones médico legales, mediante la respuesta a cuestionamientos como: ¿Quién es? ¿Cómo murió? ¿Existió acción de terceros?

Al respecto, las temporalidades ante y perimortem han sido estudiadas y teorizadas ampliamente en las distintas zonas del cuerpo humano, mediante el estudio de la biomecánica de los diferentes huesos del ser humano y, también, mediante investigaciones de tafonomía forense.

En un contexto de investigación forense o hallazgo de cadáver los dientes pueden contener una especial relevancia debido a su composición química e histológica, ya que, ya sea en contextos de quema, de exposición al sol, estos podrían mantenerse mejor preservados que el resto de los huesos del cuerpo, siendo muchas veces la única evidencia hallada en el sitio del suceso, por lo que su estudio y comprensión se releva significativamente (Schotsmans et al, 2017)

En torno al estudio de los traumas dentales y la propagación de fracturas en dientes, estos son tópicos ampliamente trabajados, ya sea, mediante el estudio de la dinámica de las fracturas dentales y su curación (Andreasen et al, 2011); las posibles fracturas dentales en contextos de accidentes y su seguimiento como urgencia odontológica (Ministerio de Salud, 2011), entre otros. Sin embargo, estas investigaciones tienen un enfoque clínico que nace desde la odontología y se especializan en individuos vivos, por lo que este material puede ser aplicado a fracturas dentales que tengan una temporalidad perimortem o antemortem, mas no comprende a las alteraciones o roturas postmortem.

Entendiendo esto, es que se hace relevante generar contenido científico que contribuya al estudio dental en su dimensión perimortem y postmortem y que trabaje con las diferencias biomecánicas entre un diente vital y un diente deshidratado. De manera en que, estas investigaciones permitan generar métodos aplicables para la determinación de la temporalidad de los traumas, y que la antropología en su rama forense tenga el conocimiento y las herramientas necesarias para llevar a cabo la disciplina.

Es para esto que la presente memoria consiste en un estudio experimental-exploratorio que analiza los patrones de fractura que tienen lugar en dientes hidratados (perimortem) y deshidratados (postmortem) expuestos a bajas temperaturas -generando un ambiente controlado-, evaluando las posibles diferencias entre los daños por fractura perimortem y rotura postmortem en dientes, mediante la utilización de dientes de vaca como

análogo de los dientes humanos, y considerando los resultados obtenidos en Hughes y White (2009) como base teórica y metodológica.

IV. Hipótesis

Hipótesis nula (H0): La temperatura no tiene un efecto diferenciado en la formación de fracturas dentales en su temporalidad peri o postmortem.

Hipótesis alternativa (H1): La temperatura tiene un efecto diferenciado en la formación de fracturas dentales, según su temporalidad peri o postmortem.

V. Objetivos

5.1 Objetivo general

- I. Estudiar los patrones de fracturas perimortem y postmortem (PM) en dientes de vaca, mediante la exposición a temperaturas controladas en ambientes simulados.

5.2 Objetivos específicos

1. Observar el estado inicial de los dientes de vaca según su temporalidad perimortem y postmortem.
2. Exponer a bajas temperaturas los dientes de vaca peri y postmortem.
3. Caracterizar los patrones de fractura peri y postmortem tras su exposición a bajas temperaturas.
4. Analizar los patrones de fractura peri y postmortem en dientes de vaca.
5. Contrastar los estadios previos y posteriores a la exposición a bajas temperaturas de los dientes peri y postmortem.

VI. Materiales y método

6.1 Composición de la muestra

Para la realización de este estudio experimental, se utilizaron dientes de vaca como objetos de estudio, correspondiente a una muestra de 30 dientes de vaca que se dividieron en 2 grupos: 15 dientes perimortem y 15 dientes postmortem. Los dientes perimortem correspondieron a 15 dientes obtenidos de una faenadora ubicada en la comuna de La Cisterna, y fueron utilizados tan pronto tuvo lugar su extracción con la intención de mantener su hidratación. Por el otro lado, los dientes postmortem corresponden a una colección de dientes *proxy* animal del Fondecyt 1211534, y representan a los dientes deshidratados (ver Tabla 1).

N°	Diente perimortem o postmortem	ID inventario	Exposición temperatura
1	Perimortem/Hidratado	PR1	30° C
2	Perimortem/Hidratado	PR2	30° C
3	Perimortem/Hidratado	PR3	30° C
4	Perimortem/Hidratado	PR4	30° C
5	Perimortem/Hidratado	PR5	30° C
6	Perimortem/Hidratado	PR6	40 ° C
7	Perimortem/Hidratado	PR7	40 ° C
8	Perimortem/Hidratado	PR8	40 ° C
9	Perimortem/Hidratado	PR9	40 ° C
10	Perimortem/Hidratado	PR10	40 ° C
11	Perimortem/Hidratado	PR11	50 ° C
12	Perimortem/Hidratado	PR12	50 ° C
13	Perimortem/Hidratado	PR13	50 ° C
14	Perimortem/Hidratado	PR14	50 ° C
15	Perimortem/Hidratado	PR15	50 ° C
16	Postmortem/Deshidratado	PS1	30° C
17	Postmortem/Deshidratado	PS2	30° C
18	Postmortem/Deshidratado	PS3	30° C
19	Postmortem/Deshidratado	PS4	30° C
20	Postmortem/Deshidratado	PS5	30° C
21	Postmortem/Deshidratado	PS6	40 ° C
22	Postmortem/Deshidratado	PS7	40 ° C
23	Postmortem/Deshidratado	PS8	40 ° C
24	Postmortem/Deshidratado	PS9	40 ° C
25	Postmortem/Deshidratado	PS10	40 ° C
26	Postmortem/Deshidratado	PS11	50 ° C
27	Postmortem/Deshidratado	PS12	50 ° C
28	Postmortem/Deshidratado	PS13	50 ° C
29	Postmortem/Deshidratado	PS14	50 ° C
30	Postmortem/Deshidratado	PS15	50 ° C

Tabla 1. Composición de la muestra de estudio (N=30). *Diente perimortem o postmortem* refieren a la forma de obtención y a su vitalidad. *ID inventario* refiere al nombre que se le otorgó al iniciar el experimento. *Exposición temperatura* refiere a la temperatura a la cual se expuso dentro de la cámara climática. *Tipo de diente* refiere a su nombre dentro de la arcada: II es incisivo izquierdo; ID es incisivo derecho; el número es su

ubicación. Los dientes fueron nombrados como “PR” o “PS” como referencia a las palabras “perimortem” y “postmortem” respectivamente.

6.2 Metodología

De esta manera, los dientes se ingresaron a una cámara climática [Belltonic BE-BoCamCliHum250 ubicadas en la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad de Chile] en grupos de 5 dientes para cada temporalidad, es decir, 5 dientes perimortem y 5 dientes postmortem bajo la misma temperatura, durante 1 semana calendario (7 días). Este proceso se realizó 3 veces -para las temperaturas 30°, 40° y 50° C-. Sin embargo, previo y posterior a este proceso, los dientes se escanearon bajo microtomografía computarizada [Bruker, modelo Skyscan 1278 ubicado en la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile], con la intención de evidenciar y constatar su estado inicial y final posterior a su ingreso en las cámaras climáticas (ver Tabla 2). El registro de las actividades, los grupos de dientes escaneados, y su organización se compiló en planillas Excel con formato autoconstruido.

Para el ingreso de los dientes en las cámaras climáticas y por consiguiente, su exposición a bajas temperaturas es que las piezas dentales se ubicaron en vasos de precipitado de 250 ml debidamente rotulados, y así ingresados a las cámaras climáticas.

Vale decir que a lo largo de la presente memoria se hablará de “entrada” al referirse al momento previo al ingreso de los dientes a las cámaras climáticas, es decir, la preprueba; y a “salida” al momento de la extracción de los dientes de las cámaras climáticas, o postprueba.

Finalmente, las imágenes de entrada y salida obtenidas por el microtomógrafo fueron analizadas bajo el *software* “DataViewer”, el cual corresponde a una aplicación utilizada en computador para la visualización de las distintos cortes del diente y su reconstrucción final. Según Bruker (s.f), esta plataforma permite mostrar resultados reconstruidos como películas de cada uno de los cortes, reconstruir las tres proyecciones ortogonales, suavizar las imágenes, codificar los colores, transformar las escalas de grises lineales y no lineales, y el análisis de imágenes diferenciales entre las muestras.

6.3 Variables de estudio y análisis de las imágenes arrojadas por el microtomógrafo computarizado

Las variables de estudios para este experimento corresponden a 5 variables: 1. La temperatura; 2. La orientación de las fracturas; 3. La proyección de las fracturas; 4. Los tejidos y uniones por las cuales viaja la fractura; y 5. La dinámica de la fractura al contactar con la UDE. Cada una de estas variables genera distintos indicadores que refieren a las características posibles a observar en cada una de las variables, correspondiendo a 12 indicadores en total (ver Tabla 2).

Variables (5)	Indicadores (12)
1. Temperatura	30°C
	40°C
	50°C
2. Orientación de las fracturas	coronal-apical
	mesial-distal
	bucal-lingual
3. Proyección de la fractura	a través de los túbulos dentinarios
	entre los túbulos dentinarios (intertúbulos),
4. Tejidos y uniones por las cuales viaja la fractura	unión pulpo-dentinaria (UPD)
	dentina
	unión dentina-esmalte (UDE)
	esmalte
5. Dinámica de la fractura al contactar con la UDE	detenerse en ella
	atravesarla hacia el esmalte
	viajar a través de ella

Tabla 2. Se muestran en la columna izquierda las 5 variables trabajadas, y en la columna derecha se muestran los 12 indicadores y su asociación con su variable.

Así, estos 12 indicadores se evaluaron de manera diferenciada al momento del análisis de las imágenes y también en el procedimiento estadístico. Vale decir que ninguna de las características presentes es excluyente entre sí, esto debido a que en términos generales las líneas de fractura observadas pueden proyectarse de distintas formas a lo largo y ancho del diente, pudiendo variar su orientación, ubicación, forma, etcétera.

Estas variables fueron analizadas, identificadas, construidas y codificadas en base a las imágenes obtenidos del micro-TC, en donde se generó una sistematización de los datos de manera cualitativa y descriptiva basado en la observación de dichos rasgos en el diente. El análisis se realizó en formato Word, con planilla autoconstruida que consideró las variables mencionadas, imágenes de los escaneos de los dientes, descripciones, y codificación final de cada uno de los indicadores observados.

6.3.1 Orientación de las fracturas

Esta variable corresponde a la orientación de las líneas de fractura presentes en el diente, pudiendo encontrarse de tipo: (i) Coronal-apical, cuando la línea de fractura viaja verticalmente por el diente desde la corona hacia la raíz, o viceversa (ver Imagen 1); (ii) Bucal-lingual, cuando la línea de fractura viaja desde el plano anterior hacia el posterior, o viceversa (ver Imagen 2); y (iii) Mesial-distal, cuando la fractura viaja horizontalmente por el diente (ver Imagen 3).

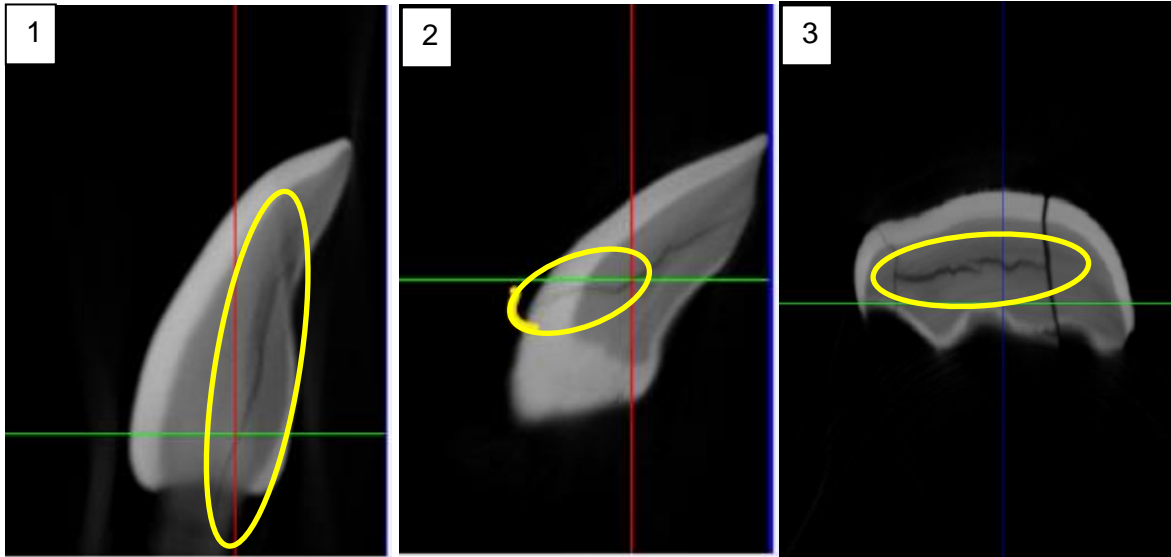


Imagen 1, 2 y 3. La Imagen 1 muestra el plano sagital de un diente, en el cual se observa una línea de fractura que viaja con orientación coronal-apical (vertical) o viceversa, demarcada con un círculo amarillo. En la Imagen 2 se observa el plano sagital de otro diente, en el cual se observa una línea de fractura que viaja con orientación bucal-lingual o viceversa, señalado con un círculo amarillo. En la Imagen se muestra la línea de fractura con orientación mesial-distal enmarcada con un círculo amarillo.

6.3.2 Proyección de la fractura por los túbulos dentinarios o intertúbulos dentinarios

Según Hughes y White (2009), las fracturas que viajan a través de dientes o tejidos hidratados tienden a hacerlo por medio de los túbulos dentinarios (ver Imagen 4), los cuales facilitan su proyección. Y en tejidos deshidratados, si bien podrían viajar por los túbulos dentinarios, también podrían hacerlo entre los túbulos dentinarios, o “intertúbulo” (ver Imagen 5).

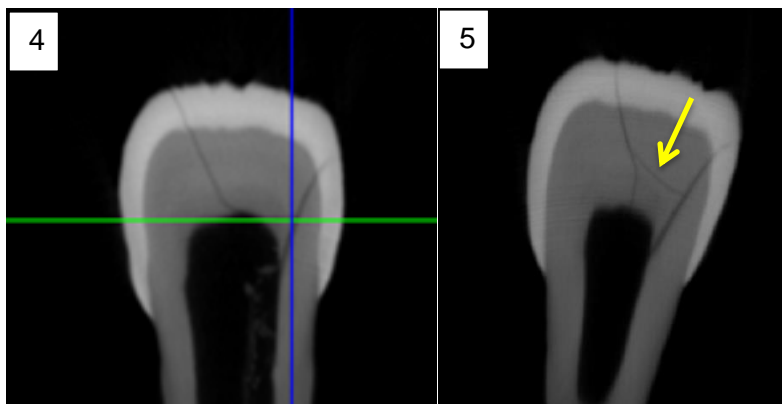


Imagen 4 y 5. La Imagen 4 muestra un diente en plano frontal, donde se observan 2 líneas de fractura que viajan a través de túbulos dentinarios. En la Imagen 5 se muestran 3 líneas de fractura, en donde se señala específicamente la línea de fractura que viaja “intertúbulo”.

6.3.3 Tejidos dentales y uniones por las cuales viaja la fractura

Esta variable tiene como objetivo estudiar por cuáles tejidos del diente viajan las fracturas presentes, considerando la unión pulpo-dentina (UPD), la dentina, la unión dentina-esmalte (UDE) y el esmalte (ver Imagen 6).

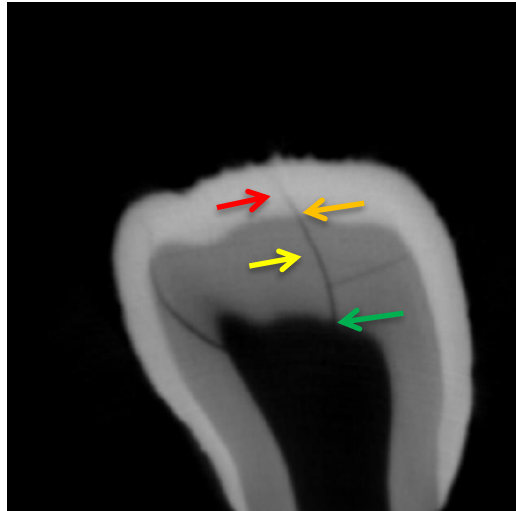


Imagen 6. La Imagen 6 muestra un diente en plano frontal, en donde se muestran 3 líneas de fractura. Respecto a la línea de fractura central, se señalan con flechas de colores su ubicación en los distintos tejidos o uniones dentales: con flecha verde la UPD, con flecha amarilla la dentina, con flecha naranja la UDE, y con flecha roja el esmalte.

6.3.4 Dinámica de la fractura al contactar con la unión dentina-esmalte (UDE)

Producto de lo observado en Hughes y White (2009), es posible analizar las dinámicas de las fracturas al momento de contactar con la UDE, siendo posible que esta línea atravesase la UDE al llegar a ella (ver Imagen 7), o por el contrario viaje a través de ella, no encontrándose dientes que al momento de la postprueba presentaran este último indicador. Vale decir, que se observó un indicador anexo a la literatura, correspondiente a cuando la línea de fractura se detiene en la UDE (ver Imagen 8).

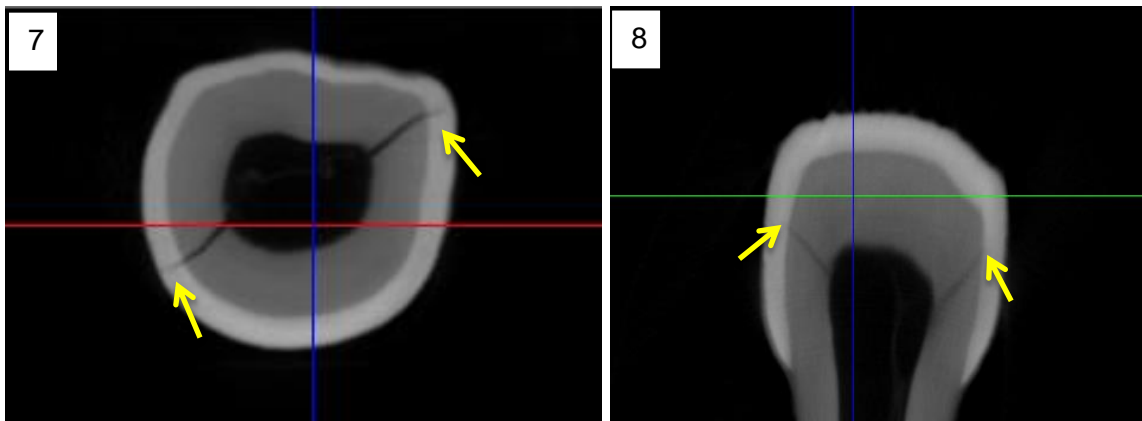


Imagen 7 y 8. La Imagen 7 muestra un diente en plano transversal, señalando con flechas amarillas dos

líneas de fractura que viajaron a través del diente y que atraviesan a la UDE. En la Imagen 8 se muestra un diente en plano frontal, donde se destaca con flechas amarillas que las dos líneas de fracturas presentes se detienen en la UDE.

6.4 Análisis estadístico

Finalmente, los resultados fueron procesados bajo análisis estadístico basado en estadística descriptiva, generando una sistematización de las frecuencias absolutas y relativas para cada uno de los posibles indicadores (=12) de las 5 variables antes mencionadas mediante el programa estadístico Jamovi en su versión 2.6. Inicialmente, se analizaron descriptivamente los resultados obtenidos en la pre y postprueba de los dientes perimortem (n=15) y postmortem (n=15) diferenciadamente. Luego, se analizaron las frecuencias para los dientes perimortem (n=15) y postmortem (n=15) comparando su entrada y su salida y su asociación a cada variable e indicador. Y finalmente, se identificaron las frecuencias relativas y absolutas de los dientes perimortem y postmortem comparando su entrada y su salida, y su asociación a cada variable e indicador diferenciando según las temperaturas utilizadas. La intención de generar este procedimiento estadístico es el evidenciar cambios en el estado inicial de los dientes en cada indicador, pero también evaluando su contexto desde lo más macro y general, correspondiente a la muestra completa, y luego poder evaluar los dientes en detalle en torno a sus diferencias de temporalidad e hidratación, y también el efecto de las diferentes temperaturas a las que fueron expuestos.

Asimismo, los resultados obtenidos en las frecuencias absolutas y relativas para cada variable y característica fueron trabajados bajo el test de McNemar, el cual según Coronel (2020) consiste en una prueba estadística utilizada en situaciones en las que se realizan mediciones del “antes” y el “después”, lo que en este caso correspondería al estado previo al ingreso del diente en la cámara climática, y luego su estado posterior a su exposición a la cámara climática. Esta prueba es de tipo no paramétrica de comparación de proporciones para una muestra repetida, así busca demostrar la eficacia de un procedimiento o intervención sobre una muestra (Coronel, 2020).

El test de McNemar fue posible realizarlo debido a que se generó una hipótesis nula y alternativa, luego se realizaron tablas de contingencia de 2x2 para cada una de las variables antes mencionadas -comparando el antes del ingreso a cámara climática y después del ingreso a la cámara climática de la misma variable-, y finalmente se realizó el test de Chi cuadrado de McNemar mediante programa Rstudio.

Por lo tanto, el análisis estadístico, ya sea a nivel cualitativo o cuantitativo permitió el análisis de los dientes en su estado previo y posterior a su ingreso en las cámaras climáticas, permitiendo llevar a cabo los objetivos generales y los específicos y, evidenciar los resultados obtenidos experimentalmente en laboratorio.

VII. Resultados

A continuación, se expondrán los resultados obtenidos en las entradas y salidas para cada una de las variables y sus respectivos indicadores, según la temporalidad de los dientes. Inicialmente, se expondrá la sistematización de los resultados obtenidos de la observación previa y posterior de los dientes, luego se mostrarán las frecuencias obtenidas entre los dientes perimortem y postmortem respecto a su pre y postprueba para cada una de las variables e indicadores, y finalmente se analizarán las frecuencias de los resultados según su temporalidad, su temperatura y su entrada o salida para cada una de las variables e indicadores.

7.1 Sistematización de los resultados

Posterior a la observación, detección de variables y codificación de los datos es que se realizó la sistematización de todos los datos obtenidos. Estos datos fueron recopilados para el total de los dientes (=30) de entrada, es decir, antes de su ingreso a las cámaras climáticas (ver Tabla 3), y separadamente para el total de dientes de la salida -posterior a su ingreso en las cámaras- (ver Tabla 4). En ambas la Tabla 3 y 4 se trabajan los resultados según la ausencia o presencia de los indicadores observados para cada uno de los dientes analizados, pudiendo encontrar en ellos más de 1 indicador por variable.

ID diente	Orientación de la fractura			Proyección		Ubicación en tejidos y uniones				Dinámica en la UDE		
	Coronal-apical	Mesial-distal	Bucal-lingual	Túbulo	Intertúbulo	U P D	Dentina	U D E	Esmalte	UDE: se detiene	UDE: la atraviesa	UDE: viaja por ella
PR1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PR2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PR3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PR4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PR5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PR6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PR7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PR8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PR9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PR10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PR11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PR12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PR13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PR14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PR15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PS1	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1
PS2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1
PS3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PS4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PS5	2	1	1	2	1	2	2	2	2	1	2	1
PS6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PS7	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1
PS8	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	2	1
PS9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PS10	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	2	1
PS11	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1
PS12	2	1	1	2	1	2	2	2	2	1	2	1
PS13	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1
PS14	2	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2	1
PS15	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	2	1

Tabla 3. Sistematización de los datos obtenidos posterior al análisis de las imágenes de la microtomografía computarizada, **antes del ingreso a las cámaras climáticas** (preprueba). En el eje x se muestran las variables utilizadas, y en el eje y se muestran los 30 dientes de la muestra. Los valores corresponden a: “1” =Ausencia, representado en color verde; y “2” =Presencia” del indicador, representado en color naranja.

ID diente	Orientación de la fractura			Proyección		Ubicación en tejidos y uniones				Dinámica en la UDE		
	Coronal-apical	Mesial-distal	Bucal-lingual	Túbulo	Intertúbulo	U P D	Dentina	U D E	Esmalte	UDE: se detiene	UDE: la atraviesa	UDE: viaja por ella
PR1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PR2	2	1	1	2	1	2	2	2	1	2	1	1
PR3	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	2	1
PR4	1	2	1	2	1	2	2	2	1	2	1	1
PR5	2	2	1	2	2	2	2	2	1	2	1	1
PR6	2	2	1	2	1	1	2	2	2	2	2	1
PR7	1	2	1	1	1	1	2	2	2	1	2	1
PR8	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	1
PR9	1	2	1	1	1	2	2	2	2	1	2	1
PR10	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	1
PR11	2	1	1	2	1	1	2	2	1	2	1	1
PR12	2	1	1	2	1	2	2	2	1	2	1	1
PR13	2	1	1	2	1	2	2	2	1	2	1	1
PR14	2	1	1	2	1	2	2	2	2	1	2	1
PR15	2	1	1	2	1	2	2	2	1	2	1	1
PS1	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1
PS2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1
PS3	2	1	1	2	1	2	2	2	1	2	1	1
PS4	2	1	1	2	1	2	2	2	2	2	2	1
PS5	2	1	1	2	1	2	2	2	2	1	2	1
PS6	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1
PS7	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1
PS8	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	1
PS9	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	2	1
PS10	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	2	1
PS11	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1
PS12	2	1	1	2	1	2	2	2	2	1	2	1
PS13	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1
PS14	2	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2	1
PS15	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	2	1

Tabla 4. Sistematización de los datos obtenidos posterior al análisis de las imágenes de la microtomografía computarizada, **después del ingreso a las cámaras climáticas** (postprueba). En el eje x se muestran las variables utilizadas, y en el eje y se muestran los 30 dientes de la muestra. Los valores corresponden a: "1" =Ausencia, representado en color verde; y "2" =Presencia" del indicador, representado en color naranja.

Los resultados de la Tabla 3 y Tabla 4 muestran los resultados obtenidos producto del análisis de los escaneos de los dientes, con base en la presencia o ausencia de los 12 indicadores trabajados. Así, en el eje x se muestran las variables utilizadas (y por consiguiente los 12 indicadores) y en el eje y se muestran los 30 dientes de la muestra; y el valor 1 se refiere a cuando no se encuentra el indicador en el diente, y el valor 2 refiere

a cuando el indicador sí está presente en el diente. Vale decir que un indicador únicamente puede variar desde “1” a “2” y no inversamente, debido a que una línea de fractura podría eventualmente solo formarse o expandirse, pero no desaparecer. Y que un diente puede presentar más de un indicador dentro de la misma variable, por la presencia de más de una línea de fractura de características distintas entre sí, o por la presencia de una misma línea de fractura que cambie de orientación dentro del diente.

De esta manera, la Tabla 3 registra los indicadores ausentes o presentes para el momento previo al ingreso de los dientes en las cámaras climáticas, pudiendo observarse que ya existen líneas de fractura en los dientes que no pueden ser atribuidas a un efecto provocado por la temperatura, y que podrían corresponder a fracturas originadas por acción mecánica, por manipulación, tafonomía, entre otros. Asimismo, se evidencia que los indicadores “bucal-lingual” y “UDE: viaja por ella” presentan únicamente ausencias del indicador, es decir que no existen líneas de fracturas que presenten dichas características.

Además, en dicha tabla se muestra que los dientes hidratados o perimortem no presentan ningún indicador trabajado, es decir, que no presentan fracturas previas al experimento, a diferencia de los dientes deshidratados o postmortem que presentan 11 dientes con líneas de fractura antes de la exposición a bajas temperaturas, correspondiente al 73,33% de los dientes deshidratados.

A su vez, la Tabla 4, expone también las ausencias y presencias de los distintos indicadores analizados en los dientes, que permite observar que se mantiene la ausencia de dientes hidratados o deshidratados que presentarían líneas de fractura para el indicador “UDE: viaja por ella”, pero ocurren algunos cambios en los resultados como la presencia de nuevas fracturas en los dientes perimortem para algunos indicadores, correspondientes al 93,33% de los dientes hidratados; también la presencia de 1 diente con líneas de fractura de tipo “bucal-lingual”; y la afectación de la totalidad de los dientes deshidratados posterior al ingreso a las cámaras climáticas.

En suma, se observa una mayor presencia de cambios, es decir, de datos previamente ausentes que luego aparecieron, hacia los dientes hidratados, o sea, hacia la zona más superior de la Tabla 4. Esto, posiblemente porque los dientes perimortem tienden a evidenciar menor cantidad de fracturas al momento previo del experimento, debido a su hidratación y baja contracción de la dentina.

7.2 Efectos de las bajas temperaturas y su asociación con los dientes perimortem

En este apartado se trabajará el efecto de la temperatura en la pre y post prueba de los dientes hidratados o perimortem, mediante la evaluación de las frecuencias absolutas y relativas de cada uno de los indicadores trabajados, cuantificando a estos dientes en su entrada y salida para así identificar diferencias o asociaciones en ambos estados.

7.2.1 Efectos de las bajas temperaturas y su asociación con los dientes perimortem respecto a la orientación de las fracturas

Para evaluar la relación entre la temporalidad del diente y la orientación de sus fracturas, es que se presenta la Tabla 5 que trabaja con el indicador “Coronal-apical” respecto a las frecuencias obtenidas previo y posterior a la exposición a bajas temperaturas para los dientes perimortem.

	Valores	F. Absoluta	F. Relativa
Entrada	1	15	100%
Salida	1	4	26,67%
	2	11	73,33%

Tabla 5. Frecuencias absolutas y relativas de los dientes que presentan líneas de fractura con orientación “coronal-apical” en dientes perimortem al momento de la entrada y de la salida. Los valores corresponden a: “1” =Ausencia; y “2” =Presencia” del indicador.

En torno a los dientes perimortem del indicador evaluado, estos aumentaron en un 73,33% su indicador, igual a 11 dientes que presentaron en la salida líneas de fractura con orientación coronal-apical.

Por otro lado, respecto al indicador “Mesial-distal”, se presenta la Tabla 6 que expone las frecuencias de este indicador en dientes perimortem al momento de su entrada y salida. Esta, indica que los dientes hidratados aumentaron en un 53,33% la presencia de este indicador, correspondiente a 8 dientes.

	Valores	F. Absoluta	F. Relativa
Entrada	1	15	100%
Salida	1	7	46,67%
	2	8	53,33%

Tabla 6. Frecuencias absolutas y relativas de los dientes que presentan líneas de fractura con orientación “mesial-distal” en dientes perimortem al momento de la entrada y salida. Los valores corresponden a: “1” =Ausencia; “2” =Presencia del indicador.

Finalmente, respecto al indicador “Bucal-lingual”, se observan las frecuencias de la presencia o ausencia del rasgo en la Tabla 7 para los dientes perimortem de entrada y salida.

	Valores	F. Absoluta	F. Relativa
Entrada	1	15	100%
Salida	1	15	100%

Tabla 7. Frecuencias absolutas y relativas de los dientes que presentan líneas de fractura con orientación “bucal-lingual” en dientes perimortem al momento de la entrada y la salida. Los valores corresponden a: “1” =Ausencia del indicador.

Se observa que al momento de la entrada y de la salida no hay presencia de líneas de fractura con orientación bucal-lingual, por lo que se podría decir que la temperatura no tuvo un efecto formador de fracturas en este caso.

7.2.2 Efectos de las bajas temperaturas y su asociación con los dientes perimortem respecto a la proyección de la fractura por los túbulos dentinarios o intertúbulos dentinarios

En torno a la relación de la temporalidad del diente y la presencia o ausencia de líneas de fractura con proyección por los túbulos dentinarios, es que se presenta la Tabla 8 respecto a la entrada y salida de los dientes hidratados para dicho indicador.

	Valores	F. Absoluta	F. Relativa
Entrada	1	15	100%
Salida	1	3	20%
	2	12	80%

Tabla 8. Frecuencias absolutas y relativas de los dientes perimortem que presentan líneas de fractura con proyección por los túbulos dentinarios al momento de la entrada y salida. Los valores corresponden a: “1” =Ausencia; y “2” =Presencia del indicador.

Se observa que los dientes perimortem aumentaron la presencia de líneas de fractura con proyección por los túbulos dentinarios en un total de 12 dientes, correspondientes a un aumento del 80%.

Respecto a la característica relacionada con la proyección de las líneas de fractura intertúbulos dentinarios se observa la Tabla 9 sobre los dientes hidratados al momento previo y posterior de su ingreso a las cámaras.

	Valores	F. Absoluta	F. Relativa
Entrada	1	15	100%
Salida	1	11	73,33%
	2	4	26,67%

Tabla 9. Frecuencias absolutas y relativas de los dientes perimortem que presentan líneas de fractura con proyección entre los túbulos dentinarios o intertúbulo al momento de la entrada y salida. Los valores corresponden a: “1” =Ausencia; y “2” =Presencia del indicador.

Según lo observado, los dientes hidratados tuvieron un aumento de 4 dientes para el indicador de proyección entre los túbulos dentinarios, correspondiente al 26,67%.

7.2.3 Efectos de las bajas temperaturas y su asociación con los dientes perimortem respecto a los tejidos dentales y uniones por las cuales viaja la fractura

Al momento de evaluar el estado del diente perimortem y los tejidos y uniones por las cuales viajan las fracturas, es que se deriva la Tabla 10, que plantea las frecuencias de la característica “UPD” para la entrada y salida de estos dientes.

	Valores	F. Absoluta	F. Relativa
Entrada	1	15	100%
Salida	1	6	40%
	2	9	60%

Tabla 10. Frecuencias absolutas y relativas de los dientes perimortem que presentan líneas de fractura ubicadas en la unión pulpo-dentinaria al momento de la entrada y salida. Los valores corresponden a: “1” =Ausencia; y “2” =Presencia del indicador.

Es posible decir que 9 de los 15 dientes se vieron afectados por la temperatura, debido a que al momento de la salida presentan líneas de fractura que viajan por la UPD, correspondientes a un 60% de aumento.

Respecto a la característica “dentina” se presentan la Tabla 11 correspondiente a la relación entre dientes hidratados y su momento previo y posterior al experimento.

	Valores	F. Absoluta	F. Relativa
Entrada	1	15	100%
Salida	1	1	6,67%
	2	14	93,33%

Tabla 11. Frecuencias absolutas y relativas de los dientes perimortem que presentan líneas de fractura ubicadas en la dentina al momento de la entrada y salida. Los valores corresponden a: “1” =Ausencia; y “2” =Presencia del indicador.

Estos dientes hidratados se vieron afectados por la temperatura en un 93,33%, ya que existieron 14 dientes que al momento de la salida presentaron líneas de fractura que viajan por la dentina.

Sobre la característica “UDE”, esta se relaciona con los dientes hidratados o perimortem en la Tabla 12 al momento de la entrada y salida.

	Valores	F. Absoluta	F. Relativa
Entrada	1	15	100%
Salida	1	1	6,67%
	2	14	93,33%

Tabla 12. Frecuencias absolutas y relativas de los dientes perimortem que presentan líneas de fractura ubicadas en la unión dentina-esmalte al momento de la entrada y salida. Los valores corresponden a: “1” =Ausencia; y “2” =Presencia del indicador.

Los dientes perimortem aumentaron en un 93,33% la presencia de líneas de fractura que se ubicaran en la UDE, correspondientes a 14 dientes.

Finalmente, sobre la característica “esmalte”, en la Tabla 13 se relacionan los dientes perimortem al momento previo y posterior de las cámaras climáticas.

	Valores	F. Absoluta	F. Relativa
Entrada	1	15	100%
Salida	1	8	53,33%
	2	7	46,67%

Tabla 13. Frecuencias absolutas y relativas de los dientes perimortem que presentan líneas de fractura ubicadas en el esmalte al momento de la entrada y salida. Los valores corresponden a: “1” =Ausencia; y “2” =Presencia del indicador.

Así, existió un aumento en la presencia del indicador con un total de 8 dientes, correspondiente a un 46,67%.

7.2.4 Efectos de las bajas temperaturas y su asociación con los dientes perimortem respecto a la dinámica de la fractura al contactar con la unión dentina-esmalte (UDE)

Respecto a la dinámica de la fractura al contactar con la UDE y su relación con la hidratación de los dientes, es que se presenta la Tabla 14 que evidencia las frecuencias de los dientes hidratados que al momento de la entrada y salida presenten la característica de “detenerse en la UDE”.

	Valores	F. Absoluta	F. Relativa
Entrada	1	15	100%
Salida	1	7	46,67%
	2	8	53,33%

Tabla 14. Frecuencias absolutas y relativas de los dientes perimortem que al momento de contactar con la UDE se detienen, al momento de la entrada y salida. Los valores corresponden a: “1” =Ausencia; y “2” =Presencia del indicador.

Los dientes perimortem mostraron un aumento del 53,33% al momento de su salida para el indicador mencionado, correspondiente a un total de 8 dientes afectados por la exposición a las bajas temperaturas.

Sobre la dinámica de la fractura para “atravesar la UDE”, se presentan la Tabla 15 para la entrada y salida de los dientes perimortem para dicho indicador. Allí se evidencia un aumento en la presencia del indicador de un 46,67% al momento de la salida, correspondiente a un total de 7 dientes afectados por las bajas temperaturas.

	Valores	F. Absoluta	F. Relativa
Entrada	1	15	100%
Salida	1	8	53,33%
	2	7	46,67%

Tabla 15. Frecuencias absolutas y relativas de los dientes perimortem que al momento de contactar con la UDE la atraviesan, al momento de la entrada y salida. Los valores corresponden a: “1” =Ausencia; y “2” =Presencia del indicador.

Finalmente, para la característica de “viajar por la UDE”, es que se presentan la Tabla 16 para dientes hidratados al momento de la entrada y la salida.

	Valores	F. Absoluta	F. Relativa
Entrada	1	15	100%
Salida	1	15	100%

Tabla 16. Frecuencias absolutas y relativas de los dientes perimortem que al momento de contactar con la UDE viajan a través de ella, al momento de la entrada y salida. Los valores corresponden a: "1" =Ausencia del indicador.

Se analiza que con relación a la dinámica de los dientes de presentar fracturas que al momento de contactar a la UDE viajen a través de ella, es que ninguno de los dientes muestreados presentó afectación por su exposición a las bajas temperaturas. Manteniendo un 0% de los dientes con presencia de líneas de fractura con dichas características, ni antes ni después del experimento.

De esta manera, se observa que existe en términos generales una mayor afectación de los dientes hidratados o perimortem, y que la dinámica de la línea de fractura que se observó mayormente fue la de detenerse en la unión dentina-esmalte.

Además, considerando lo planteado por Hughes y White (2009) sobre que algunas de las fracturas que se producen en la cavidad pulpar se propagan hacia la UDE, pudiendo detenerse en ella o viajar a través de ella, es que solo se evidencia en el experimento de esta memoria la capacidad de la fractura para detenerse en la unión dentina-esmalte, mas no atravesarla. Y la dinámica de detenerse en ella, no fue planteada por los autores mencionados, pero fue mayormente observada en esta memoria

7.3 Efectos de las bajas temperaturas y su asociación con los dientes postmortem

En este apartado se trabajará el efecto de la temperatura en la pre y post prueba de los dientes deshidratados o postmortem, mediante la evaluación de las frecuencias absolutas y relativas de cada uno de los indicadores trabajados, cuantificando a estos dientes en su entrada y salida para así identificar diferencias o asociaciones en ambos estados.

7.3.1 Efectos de las bajas temperaturas y su asociación con los dientes postmortem respecto a la orientación de las fracturas

Para evaluar la relación entre la temporalidad del diente y la orientación de sus fracturas, es que se presenta la Tabla 17 que trabaja con el indicador "Coronal-apical" respecto a las frecuencias obtenidas previo y posterior a la exposición a bajas temperaturas para los dientes postmortem.

	Valores	F. Absoluta	F. Relativa
Entrada	1	4	26,67%
	2	11	73,33%
Salida	2	15	100%

Tabla 17. Frecuencias absolutas y relativas de los dientes que presentan líneas de fractura con orientación “coronal-apical” en dientes postmortem al momento de la entrada y salida. Los valores corresponden a: “1” =Ausencia; y “2” =Presencia” del indicador.

Se observa que los dientes postmortem presentaron un aumento del 26,67% con un total de 4 dientes afectados, para el indicador “Coronal-apical”.

Respecto al indicador “Mesial-distal”, es que se presenta la Tabla 18, que muestra las frecuencias relativas y absolutas de los dientes deshidratados que presentan dicha característica al momento de la entrada y salida respectivamente.

	Valores	F. Absoluta	F. Relativa
Entrada	1	6	40%
	2	9	60%
Salida	1	4	26,67%
	2	11	73,33%

Tabla 18. Frecuencias absolutas y relativas de los dientes que presentan líneas de fractura con orientación “mesial-distal” en dientes postmortem al momento de la entrada y salida. Los valores corresponden a: “1” =Ausencia; y “2” =Presencia del indicador.

Se evidencia que para este indicador se alcanzó un aumento del 13,33% de los dientes que presentan una afectación al momento de la salida, es decir, un total de 2 dientes afectados.

Respecto a las líneas de fractura que viajan con orientación “bucal-lingual”, se evidencian sus frecuencias absolutas y relativas respecto a la presencia o ausencia de este indicador al momento de la entrada y salida en la Tabla 19.

	Valores	F. Absoluta	F. Relativa
Entrada	1	15	100%
Salida	1	14	93,33%
	2	1	6,67%

Tabla 19. Frecuencias absolutas y relativas de los dientes que presentan líneas de fractura con orientación “bucal-lingual” en dientes postmortem al momento de la entrada y salida. Los valores corresponden a: “1” =Ausencia.; y “2” = Presencia del indicador.

Respecto a los dientes deshidratados para el indicador “bucal-lingual”, 1 de los dientes muestreados presentó la presencia de una línea de fractura de este tipo al momento posterior de su ingreso en las cámaras climáticas.

7.3.2 Efectos de las bajas temperaturas y su asociación con los dientes postmortem respecto a a la proyección de la fractura por los túbulos dentinarios o intertúbulos dentinarios

En torno a la relación de la temporalidad del diente y la presencia o ausencia de líneas de fractura con proyección por los túbulos dentinarios, es que se presenta la Tabla 20 respecto a la entrada y salida de los dientes deshidratados para dicho indicador.

	Valores	F. Absoluta	F. Relativa
Entrada	1	4	26,67%
	2	11	73,33%
Salida	2	15	100%

Tabla 20. Frecuencias absolutas y relativas de los dientes postmortem que presentan líneas de fractura con proyección por los túbulos dentinarios al momento de la entrada y salida. Los valores corresponden a: "1" =Ausencia; y "2" =Presencia del indicador.

Se observa que los dientes postmortem tuvieron un aumento de 4 dientes afectados por la exposición a las bajas temperaturas, sin embargo, previo al ingreso a las cámaras climáticas presentaban 11 dientes ya fracturados, representando un 26,67% de afectación contra un 73.33%, respectivamente.

Por su parte, para el indicador que revisa la presencia o ausencia de líneas de fractura que se proyecten entre los túbulos dentinarios en los dientes deshidratados, se presenta la Tabla 21, que concentra las frecuencias absolutas y relativas al momento de la entrada y la salida.

	Valores	F. Absoluta	F. Relativa
Entrada	1	7	46,67%
	2	8	53,33%
Salida	1	5	33,33%
	2	10	66,67%

Tabla 21. Frecuencias absolutas y relativas de los dientes postmortem que presentan líneas de fractura con proyección entre los túbulos dentinarios o intertúbulo al momento de la entrada y salida. Los valores corresponden a: "1" =Ausencia; y "2" =Presencia del indicador.

Es posible decir que para este indicador ocurrió un aumento de 2 dientes con presencia de líneas de fractura que se proyecten entre los túbulos dentinarios, correspondiendo a un aumento del 13,34%.

7.3.3 Efectos de las bajas temperaturas y su asociación con los dientes postmortem respecto a a los tejidos dentales y uniones por las cuales viaja la fractura

El primer indicador trabajado respecto a las uniones y tejidos por los cuales viajan las líneas de fractura corresponde a la unión pulpo-dentinaria, la cual se presenta en la

Tabla 22 que evalúa la presencia y ausencia de ese indicador para la entrada y salida de los dientes deshidratados.

	Valores	F. Absoluta	F. Relativa
Entrada	1	4	26,67%
	2	11	73,33%
Salida	1	1	6,67%
	2	14	93,33%

Tabla 22. Frecuencias absolutas y relativas de los dientes postmortem que presentan líneas de fractura ubicadas en la unión pulpo-dentinaria al momento de la entrada y salida. Los valores corresponden a: "1" =Ausencia; y "2" =Presencia del indicador.

Respecto a este indicador, 4 de 15 dientes se vieron afectados al momento posterior del experimento, correspondientes a un incremento del 20% para el indicador. No obstante, ya se encontraban 11 dientes postmortem afectados por previas fracturas que viajaban por la UPD.

El siguiente tejido trabajado fue el de la dentina, mostrándose sus ausencias o presencias en la Tabla 23.

	Valores	F. Absoluta	F. Relativa
Entrada	1	4	26,67%
	2	11	73,33%
Salida	2	15	100%

Tabla 23. Frecuencias absolutas y relativas de los dientes postmortem que presentan líneas de fractura ubicadas en la dentina al momento de la entrada y salida. Los valores corresponden a: "1" =Ausencia; y "2" =Presencia del indicador.

Al momento de la postprueba se vieron afectados los 15 dientes postmortem, es decir, el 100%, sin embargo, en el momento de la preprueba ya se encontraban fracturados 11 dientes, correspondientes al 73,33%. Por lo tanto, la afectación tuvo un incremento del 26,67% para este indicador.

La tercera unión trabajada corresponde a la unión dentina-esmalte, la cual se analizó en base a la presencia o ausencia del indicador en los dientes deshidratados en la siguiente Tabla 24.

	Valores	F. Absoluta	F. Relativa
Entrada	1	4	26,67%
	2	11	73,33%
Salida	2	15	100%

Tabla 24. Frecuencias absolutas y relativas de los dientes postmortem que presentan líneas de fractura ubicadas en la unión dentina-esmalte al momento de la entrada y salida. Los valores corresponden a: "1" =Ausencia; y "2" =Presencia del indicador.

Los dientes postmortem aumentaron en un 26,67%, correspondientes a 4 dientes afectados. De igual manera, estos dientes ya se observaban afectados previo al experimento en un total de 11 dientes.

Por último, se evaluó la presencia y ausencia de los dientes que presentasen líneas de fractura que viajan por el esmalte, mostrándose sus frecuencias absolutas y relativas en la Tabla 25.

	Valores	F. Absoluta	F. Relativa
Entrada	1	4	26,67%
	2	11	73,33%
Salida	1	1	6,67%
	2	14	93,33%

Tabla 25. Frecuencias absolutas y relativas de los dientes postmortem que presentan líneas de fractura ubicadas en el esmalte al momento de la entrada y salida. Los valores corresponden a: "1" =Ausencia; y "2" =Presencia del indicador.

Se evidenció para este indicador que al momento de la salida 3 dientes se vieron afectados por las bajas temperaturas, correspondientes a un incremento del 20% en la presencia del indicador. No obstante, la mayoría de estos dientes ya se encontraban previamente fracturados con líneas de fractura que se ubicaran en el esmalte.

7.3.4 Efectos de las bajas temperaturas y su asociación con los dientes postmortem respecto a a la dinámica de la fractura al contactar con la unión dentina-esmalte (UDE)

Para la variable sobre la dinámica de la fractura al contactar con la unión dentina-esmalte, es que se trabajó inicialmente el indicador de que la línea de fractura se detuviera al contactar con la UDE. Para ello, se evaluó la presencia y ausencia del indicador en la entrada y salida en la Tabla 26.

	Valores	F. Absoluta	F. Relativa
Entrada	1	9	60%
	2	6	40%
Salida	1	6	40%
	2	9	60%

Tabla 26. Frecuencias absolutas y relativas de los dientes postmortem que al momento de contactar con la UDE se detienen, al momento de la entrada y salida. Los valores corresponden a: "1" =Ausencia; y "2" =Presencia del indicador.

Se observa que los dientes posterior a su ingreso en las cámaras climáticas aumentaron en un 20% la frecuencia de dientes que presentan líneas de fractura que se detengan en la UDE, correspondiendo a un aumento de 3 dientes.

Posteriormente, se estudiaron los dientes que presentaron líneas de fractura que al momento de contactar a la UDE la atravesaban, mediante sus frecuencias de las ausencias y presencias en la Tabla 27.

	Valores	F. Absoluta	F. Relativa
Entrada	1	4	26,67%
	2	11	73,33%
Salida	1	1	6,67%
	2	14	93,33%

Tabla 27. Frecuencias absolutas y relativas de los dientes postmortem que al momento de contactar con la UDE la atraviesan, al momento de la entrada y salida. Los valores corresponden a: "1" =Ausencia; y "2" =Presencia del indicador.

Se evidenció un aumento en la presencia del indicador para 3 dientes, es decir, un 20% de incremento. De igual manera, este indicador ya evidenciaba presencia en el momento previo a la exposición a bajas temperaturas.

Finalmente, se trabajó el indicador en el cual la línea de fractura viaja a través de la UDE al momento de contactarla. Para evidenciar sus frecuencias en torno a la ausencia o presencia del indicador, es que se construye la Tabla 28.

	Valores	F. Absoluta	F. Relativa
Entrada	1	15	100%
Salida	1	15	100%

Tabla 28. Frecuencias absolutas y relativas de los dientes postmortem que al momento de contactar con la UDE viajan a través de ella, al momento de la entrada y salida. Los valores corresponden a: "1" =Ausencia del indicador.

Se analiza que con relación a la dinámica de los dientes de presentar fracturas que al momento de contactar a la UDE viajen a través de ella, es que ninguno de los dientes muestreados presentó afectación por su exposición a las bajas temperaturas. Manteniendo un 0% de los dientes con presencia de líneas de fractura con dichas características antes y después del experimento.

7.4 Efectos de las bajas temperaturas y su asociación con las temperaturas 30°, 40° y 50° Celsius

Con la intención de evidenciar las diferencias y efectos de las distintas temperaturas trabajadas con relación a la entrada y salida de cada una de las variables, es que en el presente apartado se evaluarán las frecuencias relativas y absolutas para cada una de ellas según su relación con su temporalidad y la temperatura a la que fueron expuestos los dientes, es decir, evaluando específicamente cada set de 5 dientes de la misma temperatura y temporalidad.

7.4.1 Dientes perimortem y su relación con los 30°, 40° y 50°C

Respecto a los dientes hidratados, es que en el este acápite se presentan las frecuencias absolutas y relativas de los indicadores ausentes o presentes obtenidos en la entrada y salida de la orientación de las fracturas para los 30°, 40° y 50° C (ver Tabla 29).

El 100% de estos dientes al momento de la preprueba se encuentran indemnes, y al momento de la postprueba se evidencia que respecto al indicador coronal-apical más dientes se ven afectados proporcional al aumento de la temperatura, viéndose afectados un 60%, 60% y 100% para los 30°, 40° y 50°C, respectivamente. En relación con el indicador mesial-distal es que para los grados 30° y 40°C se vieron efectos por la temperatura en el 60% y 100% de los dientes respectivamente, mas en los 50° no se vieron efectos posterior al experimento. Finalmente, respecto al indicador bucal-lingual no se evidenciaron efectos por el experimento.

		Valores	Entrada		Salida	
			F. Absoluta	F. Relativa	F. Absoluta	F. Relativa
Coronal-apical	30°C	1	5	100%	2	40%
		2	0	0%	3	60%
	40°C	1	5	100%	2	40%
		2	0	0%	3	60%
	50°C	1	5	100%	0	0%
		2	0	0%	5	100%
Mesial-distal	30°C	1	5	100%	2	40%
		2	0	0%	3	60%
	40°C	1	5	100%	0	0%
		2	0	0%	5	100%
	50°C	1	5	100%	5	100%
		2	0	0%	0	0%
Bucal-lingual	30°C	1	5	100%	5	100%
		2	0	0%	0	0%
	40°C	1	5	100%	5	100%
		2	0	0%	0	0%
	50°C	1	5	100%	5	100%
		2	0	0%	0	0%

Tabla 29. Frecuencias absolutas y relativas de los dientes perimortem para la orientación de las fracturas en los 30°, 40° y 50° C, al momento de la entrada y salida. Los valores corresponden a: "1" =Ausencia; y 2 =Presencia del indicador.

Respecto a los dientes hidratados y su proyección de las líneas de fractura a través de los túbulos dentinarios o intertúbulos dentinarios, es que se presenta la Tabla 30, la cual muestra las frecuencias en la preprueba y postprueba para ambos indicadores según los 30°, 40° y 50°C.

Se observa que todos los dientes inician el experimento con un 0% de fracturas. Para el indicador por túbulos dentinarios, el 80% de los dientes se ve afectado al momento de exponerlos a 30°C; el 60% para los 40°C; y el 100% para los 50°C. Por el otro lado, para el indicador intertúbulo los dientes se vieron afectados en un 40%, 40% y 0% para los 30°, 40° y 50°C, respectivamente.

		Valores	Entrada		Salida	
			F. Absoluta	F. Relativa	F. Absoluta	F. Relativa
Por túbulos dentinarios	30°C	1	5	100%	1	20%
		2	0	0%	4	80%
	40°C	1	5	100%	2	40%
		2	0	0%	3	60%
	50°C	1	5	100%	0	0%
		2	0	0%	5	100%
Intertúbulos dentinarios	30°C	1	5	100%	3	60%
		2	0	0%	2	40%
	40°C	1	5	100%	3	60%
		2	0	0%	2	40%
	50°C	1	5	100%	5	100%
		2	0	0%	0	0%

Tabla 30. Frecuencias absolutas y relativas de los dientes perimortem para la proyección de las fracturas en los 30°, 40° y 50° C, al momento de la entrada y salida. Los valores corresponden a: "1" =Ausencia; y 2 =Presencia del indicador.

Ahora, respecto a la ubicación en tejidos y uniones por las cuales viaja la línea de fractura, es que se presentan los resultados para la entrada y la salida con relación a las temperaturas trabajadas (ver Tabla 31).

Así, se observa que el total de los dientes perimortem inicia sin fracturas previas al experimento. Para la unión UPD se observa que en los 30°C el 80% de los dientes se ve afectado por las bajas temperaturas; el 20% se ve afectado a los 40°C; y el 80% a los 50°C. Por otro lado, a los 30°C el 80% de los dientes presenta líneas de fractura que viajen por la dentina, y a los 40° y 50°C el 100% de ellos. En la UDE, el 80% de los dientes presentó en la salida fracturas que viajaran por dicha unión a los 30°C y a los 40° y 50°C el 100% de los dientes presentó fracturas que se ubicaran en ella. Y finalmente, en los 30° y 50°C el 20% de los dientes presentó líneas de fractura que viajaran por el esmalte, y en los 40° el 100% presentó fracturas que viajaran por ese tejido.

		Entrada			Salida	
		Valores	F. Absoluta	F. Relativa	F. Absoluta	F. Relativa
UPD	30°C	1	5	100%	1	20%
		2	0	0%	4	80%
	40°C	1	5	100%	4	80%
		2	0	0%	1	20%
	50°C	1	5	100%	1	20%
		2	0	0%	4	80%
Dentina	30°C	1	5	100%	1	20%
		2	0	0%	4	80%
	40°C	1	5	100%	0	0%
		2	0	0%	5	100%
	50°C	1	5	100%	0	0%
		2	0	0%	5	100%
UDE	30°C	1	5	100%	1	20%
		2	0	0%	4	80%
	40°C	1	5	100%	0	0%
		2	0	0%	5	100%
	50°C	1	5	100%	0	0%
		2	0	0%	5	100%
Esmalte	30°C	1	5	100%	4	80%
		2	0	0%	1	20%
	40°C	1	5	100%	0	0%
		2	0	0%	5	100%
	50°C	1	5	100%	4	80%
		2	0	0%	1	20%

Tabla 31. Frecuencias absolutas y relativas de los dientes perimortem para la ubicación en los tejidos o uniones de las fracturas en los 30°, 40° y 50° C, al momento de la entrada y salida. Los valores corresponden a: "1" =Ausencia; y 2 =Presencia del indicador.

Finalmente, para la variable sobre la dinámica de las líneas de fractura al contactar con la UDE, es que se presentan las ausencias y presencias de los dientes perimortem para cada una de las temperaturas trabajadas (ver Tabla 32).

Como se mencionó anteriormente, todos los dientes hidratados inician el experimento con un 0% de líneas de fractura. Así, para el indicador en la que la línea de fractura se detiene en la UDE, se observa que el 60% de los dientes presentó líneas de fractura que actuaran de esa forma al exponerse a los 30°C; y el 20% de los dientes al exponerse a 40° y 50°C. En el caso de las líneas de fractura que atraviesan la UDE, se observa que el 20% de los dientes las presentaron en los 30° y 50°C, y el 100% en los 40°C. Y respecto a los dientes que presentan líneas de fractura que viajan por la UDE, no se evidenciaron dientes para este indicador.

		Valores	Entrada		Salida	
			F. Absoluta	F. Relativa	F. Absoluta	F. Relativa
UDE: se detiene	30°C	1	5	100%	2	40%
		2	0	0%	3	60%
	40°C	1	5	100%	4	80%
		2	0	0%	1	20%
	50°C	1	5	100%	4	80%
		2	0	0%	1	20%
UDE: la atraviesa	30°C	1	5	100%	4	80%
		2	0	0%	1	20%
	40°C	1	5	100%	0	0%
		2	0	0%	5	100%
	50°C	1	5	100%	4	80%
		2	0	0%	1	20%
UDE: viaja por ella	30°C	1	5	100%	5	100%
		2	0	0%	0	0%
	40°C	1	5	100%	5	100%
		2	0	0%	0	0%
	50°C	1	5	100%	5	100%
		2	0	0%	0	0%

Tabla 32. Frecuencias absolutas y relativas de los dientes perimortem para la dinámica de las fracturas al contactar con la UDE, en los 30°, 40° y 50° C, al momento de la entrada y salida. Los valores corresponden a: "1" =Ausencia; y 2 =Presencia del indicador.

7.4.2 Dientes postmortem y su relación con los 30°, 40° y 50°C

Respecto a los dientes deshidratados, es que en este acápite se presentan las frecuencias absolutas y relativas de los indicadores ausentes o presentes obtenidos en la entrada y salida de la orientación de las fracturas para los 30°, 40° y 50° C (ver Tabla 33).

A diferencia de los dientes hidratados, algunos dientes deshidratados pueden presentar líneas de fractura previo a la realización del experimento. Así, en el caso del indicador coronal-apical, se observa un incremento en la afectación del 40% para los 30° y 40°C, y los dientes expuestos a 50° ya se encontraban todos fracturados previo al experimento. Para el indicador mesial-distal se evidencia un aumento del 60%, 40% y 20% para los 30°, 40° y 50°C, respectivamente. Y para el indicador bucal-lingual se observó una afectación del 100% para los 30° y 40°C; y una afectación del 20% para los 50°C.

		Entrada			Salida	
		Valores	F. Absoluta	F. Relativa	F. Absoluta	F. Relativa
Coronal-apical	30°C	1	2	40%	0	0%
		2	3	60%	5	100%
	40°C	1	2	40%	0	0%
		2	3	60%	5	100%
	50°C	1	0	0%	0	0%
		2	5	100%	5	100%
Mesial-distal	30°C	1	3	60%	0	0%
		2	2	40%	5	100%
	40°C	1	2	40%	0	0%
		2	3	60%	5	100%
	50°C	1	1	20%	0	0%
		2	4	80%	5	100%
Bucal-lingual	30°C	1	5	100%	0	0%
		2	0	0%	5	100%
	40°C	1	5	100%	0	0%
		2	0	0%	5	100%
	50°C	1	5	100%	4	80%
		2	0	0%	1	20%

Tabla 33. Frecuencias absolutas y relativas de los dientes postmortem para la orientación de las fracturas en los 30°, 40° y 50° C, al momento de la entrada y salida. Los valores corresponden a: "1" =Ausencia; y 2 =Presencia del indicador.

Respecto a los dientes deshidratados y su proyección de las líneas de fractura a través de los túbulos dentinarios o intertúbulos dentinarios, es que se presenta la Tabla 34, la cual muestra las frecuencias en la preprueba y postprueba para ambos indicadores según los 30°, 40° y 50°C.

Se evidencia que para las tres temperaturas trabajadas el 100% de los dientes finalizó el experimento con presencia de líneas de fractura que viajan por los túbulos dentinarios, con un incremento del 40% para los 30° y 40°C. Y respecto a las líneas de fractura que viajan entre los túbulos dentinarios, se observa un efecto únicamente en los dientes expuestos a 40°C, con un incremento del 40%.

		Entrada			Salida	
		Valores	F. Absoluta	F. Relativa	F. Absoluta	F. Relativa
Por túbulos dentinarios	30°C	1	2	40%	0	0%
		2	3	60%	5	100%
	40°C	1	2	40%	0	0%
		2	3	60%	5	100%
	50°C	1	0	0%	0	0%
		2	5	100%	5	100%
Intertúbulos dentinarios	30°C	1	3	60%	3	60%
		2	2	40%	2	40%
	40°C	1	2	40%	0	0%
		2	3	60%	5	100%
	50°C	1	2	40%	2	40%
		2	3	60%	3	60%

Tabla 34. Frecuencias absolutas y relativas de los dientes perimortem para la proyección de las fracturas en los 30°, 40° y 50° C, al momento de la entrada y salida. Los valores corresponden a: "1" =Ausencia; y 2 =Presencia del indicador.

Ahora, respecto a la ubicación en tejidos y uniones por las cuales viaja la línea de fractura, es que se presentan los resultados para la entrada y la salida con relación a las temperaturas trabajadas (ver Tabla 35).

Al momento previo al experimento el 100% de los dientes que fueron expuestos a 50°C presentaban líneas de fractura que viajaban por la UPD, la dentina, la UDE, y el esmalte; por lo que no existe un incremento cuantificable para esa temperatura en ningún tejido ni unión. Para la totalidad de dientes deshidratados expuestos a 30° y 40°C existe un efecto del 40% para todos los tejidos y uniones.

		Valores	Entrada		Salida	
			F. Absoluta	F. Relativa	F. Absoluta	F. Relativa
UPD	30°C	1	2	40%	0	0%
		2	3	60%	5	100%
	40°C	1	2	40%	1	20%
		2	3	60%	4	80%
	50°C	1	0	0%	0	0%
		2	5	100%	5	100%
Dentina	30°C	1	2	40%	0	0%
		2	3	60%	5	100%
	40°C	1	2	40%	0	0%
		2	3	60%	5	100%
	50°C	1	0	0%	0	0%
		2	5	100%	5	100%
UDE	30°C	1	2	40%	0	0%
		2	3	60%	5	100%
	40°C	1	2	40%	0	0%
		2	3	60%	5	100%
	50°C	1	0	0%	0	0%
		2	5	100%	5	100%
Esmalte	30°C	1	2	40%	1	20%
		2	3	60%	4	80%
	40°C	1	2	40%	0	0%
		2	3	60%	5	100%
	50°C	1	0	0%	0	0%
		2	5	100%	5	100%

Tabla 35. Frecuencias absolutas y relativas de los dientes perimortem para la ubicación en los tejidos o uniones de las fracturas en los 30°, 40° y 50° C, al momento de la entrada y salida. Los valores corresponden a: "1" =Ausencia; y 2 =Presencia del indicador.

Finalmente, para la variable sobre la dinámica de las líneas de fractura al contactar con la UDE, es que se presentan las ausencias y presencias de los dientes postmortem para cada una de las temperaturas trabajadas (ver Tabla 36).

Se observa que en el caso de las líneas de fractura que se detienen en la UDE, existió un incremento del 40% de dientes afectados para los dientes expuestos a 30°C y de un 20% en los dientes expuestos a 40°C, y en el caso de los 50°C ningún diente se vio afectado en la postprueba. Por su parte, las líneas de fractura que atraviesan la UDE, aumentaron en un 40% los dientes expuestos a 30° y 40°, pero en el caso de los 50° el 100% de los dientes ya presentaban fracturas. Asimismo, ningún diente presentó líneas de fractura que viajaran por la UDE al momento de su salida de las cámaras climáticas.

		Entrada			Salida	
		Valores	F. Absoluta	F. Relativa	F. Absoluta	F. Relativa
UDE: se detiene	30°C	1	3	60%	1	20%
		2	2	40%	4	80%
	40°C	1	4	80%	3	60%
		2	1	20%	2	40%
	50°C	1	2	40%	2	40%
		2	3	60%	3	60%
UDE: la atraviesa	30°C	1	2	40%	1	80%
		2	3	60%	4	20%
	40°C	1	2	40%	0	0%
		2	3	60%	5	100%
	50°C	1	0	0%	0	0%
		2	5	100%	5	100%
UDE: viaja por ella	30°C	1	5	100%	5	100%
		2	0	0%	0	0%
	40°C	1	5	100%	5	100%
		2	0	0%	0	0%
	50°C	1	5	100%	5	100%
		2	0	0%	0	0%

Tabla 36. Frecuencias absolutas y relativas de los dientes postmortem para la dinámica de las fracturas al contactar con la UDE, en los 30°, 40° y 50° C, al momento de la entrada y salida. Los valores corresponden a: "1" =Ausencia; y 2 =Presencia del indicador.

7.5 Test de McNemar

Posterior a la realización de la estadística descriptiva y de la determinación de las frecuencias relativas y absolutas de cada una de las características de las fracturas presentados en los dientes, es que se procedió a realizar la estadística inferencial, consistente en el test de McNemar. Como se mencionó anteriormente, este test es utilizado para muestras con eventos preprueba y postprueba, especialmente en antropología médica aplicada en poblaciones vivas, sin embargo, en este caso es útil debido a que el experimento realizado consistió en un evento de entrada y un evento de salida de las mismas muestras.

Este test se trabajó diferenciadamente según temporalidad, con el objetivo de evidenciar si es que existen o no diferencias significativas en las variables e indicadores utilizados mediante la comparación de la preprueba y postprueba. Se realizó el test de McNemar para 6 de los 12 indicadores trabajados, y únicamente para los dientes postmortem, ya que, para su aplicación se requiere que exista un conjunto de datos que permitan la realización de tablas de contingencia de 2x2, lo cual en el resto de los indicadores no pudo llevarse a cabo por la falta de variación en sus valores ("1" y "2"). Los indicadores a los cuales se realizó este test corresponden a: 1. Orientación mesial-distal; 2. Proyección entre los túbulos dentinarios; 3. Ubicación en la UPD; 4. Ubicación en el

esmalte; 5. Dinámica de la fractura al contactar con la UDE: se detiene; y 6. Dinámica de la fractura al contactar con la UDE: la atraviesa.

Inicialmente, se determinan las hipótesis alternativa y nula a continuación:

H0= La temperatura podría no tener un efecto diferenciado en la formación y/o expansión de fracturas dentales en los dientes muestreados

H1= La temperatura podría tener un efecto diferenciado en la formación y/o expansión de fracturas dentales en los dientes muestreados.

El nivel de significancia utilizado corresponde al 5% = 0,05.

A continuación, se expondrán las tablas correspondientes a los test de McNemar para cada uno de los indicadores mencionados anteriormente. Cada indicador presentará una tabla correspondiente a la tabla de contingencia de 2x2 necesaria para realizar el test estadístico, y presentará también el valor final del chi cuadrado de McNemar, y finalmente el resultado de su p valor.

En relación con el indicador “mesial-distal” es posible decir que debido a su p valor es posible rechazar la hipótesis nula, es decir, aceptar la hipótesis alternativa y decir que sí existe una diferencia significativa entre la cantidad de dientes que presentaron líneas de fractura de orientación mesial-distal al momento previo del experimento, y los dientes que presentaron dichas fracturas al momento posterior al experimento (ver Tabla 37).

Indicador “Mesial-distal” entrada y salida			
	Salida		
Entrada	Ausencia	Presencia	Sum
Ausencia	4	2	6
Presencia	0	9	9
Sum	4	11	15
Chi cuadrado = 8,1			
P valor = 0,004427			

Tabla 37. Test de McNemar para la característica “mesial-distal”.

Sobre la proyección de las líneas de fractura entre los túbulos dentinarios o intertúbulo, es posible rechazar la hipótesis nula, es decir, aceptar la hipótesis alternativa y decir que sí existe una diferencia significativa entre la cantidad de dientes que presentaron líneas de fractura con proyección entre los túbulos dentinarios al momento previo del experimento, y los dientes que presentaron dichas fracturas al momento posterior al experimento (ver Tabla 38).

Indicador “Intertúbulo” entrada y salida			
	Salida		
Entrada	Ausencia	Presencia	Sum
Ausencia	5	2	7
Presencia	0	8	8
Sum	5	10	15
Chi cuadrado = 4,1667			
P valor = 0,04123			

Tabla 38. Test de McNemar para la característica “intertúbulo”.

Luego, para la variable asociada a los tejidos y uniones por los cuales viajan las líneas de fractura, es que se observan los resultados del test para el indicador “unión pulpo-dentinaria” o UPD, siendo es posible rechazar la hipótesis nula, es decir, aceptar la hipótesis alternativa y decir que sí existe una diferencia significativa entre la cantidad de dientes que presentaron líneas de fractura que se ubicaban en la UPD al momento previo del experimento, y los dientes que presentaron dichas fracturas al momento posterior al experimento (ver Tabla 39).

Indicador “UPD” entrada y salida			
	Salida		
Entrada	Ausencia	Presencia	Sum
Ausencia	0	4	4
Presencia	1	10	11
Sum	1	14	15
Chi cuadrado = 8,6429			
P valor = 0,003283			

Tabla 39. Test de McNemar para la característica “UPD”.

Con relación al tejido del esmalte, es posible visualizar que se puede rechazar la hipótesis nula, es decir, aceptar la hipótesis alternativa y decir que sí existe una diferencia significativa entre la cantidad de dientes que presentaron líneas de fractura que se ubicaban en el esmalte al momento previo del experimento, y los dientes que presentaron dichas fracturas al momento posterior al experimento (ver Tabla 40).

Indicador “Esmalte” entrada y salida			
	Salida		
Entrada	Ausencia	Presencia	Sum
Ausencia	1	3	4
Presencia	0	11	11
Sum	1	14	15
Chi cuadrado = 8,1			
P valor = 0,004427			

Tabla 40. Test de McNemar para la característica “esmalte”.

En base a la variable correspondiente a la dinámica de la fractura al contactar con la UDE y su característica específica de detenerse al llegar a ella, es posible rechazar la hipótesis nula, es decir, aceptar la hipótesis alternativa y decir que sí existe una diferencia

significativa entre la cantidad de dientes que presentaron líneas de fractura que al contactar con la UDE se detenían previo del experimento, y los dientes que presentaron dichas fracturas al momento posterior al experimento (ver Tabla 41).

Indicador “UDE: se detiene” entrada y salida			
	Salida		
Entrada	Ausencia	Presencia	Sum
Ausencia	6	3	9
Presencia	0	6	6
Sum	6	9	15
Chi cuadrado = 9,0909			
P valor = 0,002569			

Tabla 41. Test de McNemar para la característica “UDE: se detiene”.

Finalmente, sobre el indicador asociado a que las líneas de fractura atraviesan la UDE al momento de contactarse con ella, es posible rechazar la hipótesis nula, es decir, aceptar la hipótesis alternativa y decir que sí existe una diferencia significativa entre la cantidad de dientes que presentaron líneas de fractura que al contactar con la UDE la atravesaban previo del experimento, y los dientes que presentaron dichas fracturas al momento posterior al experimento (ver Tabla 42).

Indicador “UDE: la atraviesa” entrada y salida			
	Salida		
Entrada	Ausencia	Presencia	Sum
Ausencia	1	3	4
Presencia	0	11	11
Sum	1	14	15
Chi cuadrado = 8,1			
P valor = 0,004427			

Tabla 42. Test de McNemar para la característica “UDE: la atraviesa”.

IX. Discusión

Con base en los resultados obtenidos y descritos en el acápite anterior, es que es posible discutir respecto a algunos puntos trabajados.

Primeramente, es menester decir que en términos generales se evidenció un cambio en las condiciones de los dientes y la cantidad de líneas de fractura presentes en ellos, al comparar los estados previos y posteriores a la realización del experimento. Evidenciándose empíricamente que las bajas temperaturas sí generan un efecto formador de líneas de fractura, y por consiguiente, cambios en los dientes que se ven expuestos a ellas.

De esta manera, las características definidas y utilizadas en la presente memoria se configuraron en base al sustento teórico utilizado y presentado en los antecedentes y marco teórico, con la intención de poder contrastar, confirmar o rechazar lo planteado por otros autores. En este sentido, fue posible aceptar la hipótesis alternativa de estudio (H1) que planteaba que la temperatura sí tiene un efecto diferenciado en la formación de fracturas dentales según la temporalidad peri o postmortem.

Estos resultados plantean que la formación de las fracturas no solo tendría lugar en dientes expuestos a altas temperaturas como lo proponen algunos autores (Peer & Sarig, 2023; Savio et al, 2006; Garriga et al, 2016), sino que también en escenarios de baja temperatura, especialmente desde los 40°C, tal como lo plantea Hughes & White (2009). Estas bajas temperaturas podrían afectar significativamente a los dientes expuestos a ellas, mediante la formación de fracturas que tengan características como una orientación mesial-distal; una proyección de la fractura entre los túbulos dentinarios, a través de la UPD y el esmalte; y que al momento de que la fractura alcance la UDE se detenga en ella o que la atraviese.

9.1 Dientes perimortem o hidratados

Respecto a los hallazgos visualizados en los dientes perimortem no fue posible generar un análisis estadístico que permitiera su aplicación en este grupo de dientes, debido a que para la realización de una estadística cuantitativa que trabajara la comparación entre preprueba y postprueba se requiere de variaciones en los datos que mantengan dos valores posibles, para así poder generar tablas de contingencia de 2x2. Es decir que, en este caso los dos valores posibles correspondían al "1" (ausencia) y "2" (presencia), y en algunos casos los indicadores presentaban únicamente valores ausentes, o por el contrario, únicamente valores presentes, no permitiendo la generación de tablas de contingencias 2x2. Sin embargo, para este grupo de dientes se releva y utiliza el análisis de las frecuencias absolutas y relativas, con tal de cuantificar y analizar los indicadores presentes y/o ausentes en los dientes hidratados.

De esta manera, se observaron algunos resultados relevantes, como por ejemplo en relación con la orientación de las fracturas, existió en su mayoría fracturas de

orientación coronal-apical con un 73,33%, lo que se condice con Schotsmans (2017) que plantea que en dientes incisivos se tienden a generar fracturas verticales. Además, para la orientación coronal-apical se observó que existe una mayor cantidad de fracturas con dicho indicador en los dientes expuestos a 50°C; por su parte, la orientación mesial-distal se presentó mayormente en dientes expuestos a los 40°C; y para la orientación bucal-lingual no se observaron diferencias al momento de la postprueba.

En torno a que las fracturas viajen por los túbulos dentinarios o entre los túbulos dentinarios es que se evidenció una mayor presencia de dientes con fracturas que viajan a través de los túbulos dentinarios, con un 80%, especialmente para dientes expuestos a 50°C, permitiendo confirmar las dinámicas planteadas por Hughes & White (2009) para este tipo de fracturas.

Según Hughes y White (2009), las líneas de fractura que se originaron desde el interior del diente se propagaron hacia la dentina o hacia la UDE, pudiendo atravesarla o detenerse en ella. En este enunciado es posible analizar dos partes, primero la propagación de las fracturas hacia la dentina o hacia la UDE; y por otro lado la manera en la que la fractura actúa cuando alcanza la UDE. Respecto a la primera parte, es que en la presente memoria se evidenció que las líneas de fractura observadas sí tendían a proyectarse hacia la dentina o hacia la UDE, manteniendo un alto porcentaje de cambios en la pre y postprueba para ambas características (46,6%), sin embargo, la mayoría de estas fracturas no alcanzó la UDE para las tres trabajadas, lo que se podría responder con lo planteado por Kruzik et al (2003) y Kishen & Asundi (2005) respecto a los niveles de resistencia del tejido hidratados, o en su defecto, por factores asociados a las temperaturas trabajadas, factores de la manipulación, entre otros.

Respecto a la segunda parte, es posible comentar que, si bien los autores plantean dos posibles escenarios para las fracturas que alcanzan la UDE, en el caso de los dientes muestreados en la presente memoria, se observó un comportamiento anexo a lo planteado por los autores y que corresponde a la detención de la línea de fractura al momento de contactar la unión dentina-esmalte. En términos generales, este comportamiento fue común en los dientes analizados, especialmente para los dientes expuestos a 30°C, a diferencia de la característica "viajar a través de la UDE" que no se presentó en ninguno de los dientes muestreados.

Por otro lado, no fue posible identificar si es que los dientes hidratados o perimortem tendían a fracturar el diente desde la zona externa del diente, es decir, desde el esmalte hacia la pulpa, tal como lo plantean Hughes & White (2009). No obstante, se encontró que existe una propensión de las líneas de fractura a viajar con mayor facilidad a través de los tejidos hidratados que en los deshidratados, al contrario de lo planteado por Kruzik et al (2003); y Kishen & Asundi (2005), quienes proponen que el tejido hidratado aumenta la resistencia a la fractura de la dentina.

Finalmente, para los tejidos dentales hidratados es posible observar especialmente líneas de fractura con orientación coronal-apical, mayoritariamente en dientes expuestos a 50°C, con una proyección a través de los túbulos dentinarios, que alcancen tejidos y uniones entre el esmalte y la UPD. Además, que estas líneas de fractura al momento de alcanzar la UDE se detengan en ella o la atraviesen.

9.2 Dientes postmortem o deshidratados

Respecto a los hallazgos visualizados en los dientes postmortem fue posible generar un análisis estadístico que permitiera su aplicación en este grupo de dientes, pero únicamente para los indicadores “mesial-distal”, “intertúbulo”, “UPD”, “esmalte”, “UDE: se detiene”, “UDE: la atraviesa”, encontrando diferencias significativas para todos ellos.

En términos generales, este grupo de dientes presentó líneas de fractura previo al ingreso de los dientes a las cámaras climáticas, por lo que para la evaluación de los efectos de las bajas temperaturas se trabajó con las frecuencias relativas y absolutas del “incremento” en la afectación, es decir, tan solo considerando las líneas de fractura que se atribuyen al presente experimento. Vale decir que, estas fracturas previas podrían corresponderse a fracturas de origen mecánico o de manipulación, sin embargo, no son consideradas en el presente experimento.

En torno a la orientación de las líneas de fractura, es posible mencionar que se observaron mayormente fracturas de tipo coronal-apical (26,67%), especialmente en dientes expuestos a 30° y 40°C, en comparación con la orientación mesial-distal y bucal-lingual (13,33% y 6,67%, respectivamente). Lo cual se condice con lo planteado por Schotsmans (2017) sobre que los dientes incisivos tienden a generar fracturas verticales. Pudiendo relacionarlo con el tipo de fractura “longitudinal” que se halló en el experimento realizado por Hughes & White (2009).

Respecto a las proyecciones de las líneas de fractura a través o entre los túbulos dentinarios se concluye que existe una mayor cantidad de dientes que al momento de la postprueba presentaron fracturas que viajaran entre los túbulos dentinarios, especialmente para los dientes expuestos a 40°C, lo cual pudo ratificarse estadísticamente como una diferencia significativa para ese indicador.

Por otro lado, Hughes & White (2009) plantean que en dientes deshidratados las fracturas se originaban en la cavidad pulpar y que se propagaban hacia el exterior sin alcanzar necesariamente la UDE, lo cual fue posible observarlo en el experimento de manera en la que se formaron líneas de fractura que efectivamente iniciaron en la cavidad pulpar y se propagaron hacia el esmalte. Sin embargo, los autores también exponen que las fracturas que alcanzan la UDE pueden atravesarla o viajar por ella. Estas opciones se observaron en 3 dientes (20%) y 0 dientes, respectivamente, pero se observó una nueva dinámica correspondiente a que la línea de fractura se detenía en la UDE, que no había sido encontrada en la literatura, con 9 dientes (60%). En el caso de las líneas de fractura

que atraviesan la UDE se encontraron mayoritariamente en dientes expuestos a 50°C; y por otro lado, las fracturas que se detuvieron en la UDE fueron halladas principalmente en dientes expuestos a los 30°C.

Además, se observó que posterior a la exposición de los dientes a las bajas temperaturas, se evidenció una menor afectación en los dientes deshidratados en comparación con los hidratados, debido a una menor cantidad de fracturas que se originaron en el experimento. A pesar de lo planteado por Kruzik et al (2003) y Kishen & Asundi (2005), respecto a que los tejidos deshidratados disminuyen significativamente la resistencia a la fractura facilitando la iniciación y propagación de las fracturas.

Finalmente, es posible decir que para los dientes deshidratados se observan patrones como la presencia de líneas de fractura con orientación coronal-apical y mesial-distal especialmente en los 30° y 40°C, como también fracturas que viajen desde la UPD hacia el exterior, y que se proyecten especialmente entre los túbulos dentinarios. Además, que al momento de alcanzar la UDE se detengan en ella o que la atraviesen, pudiendo alcanzar significativamente el esmalte.

9.3 Limitaciones

La cantidad de dientes utilizados para el experimento, es decir, el tamaño muestral o 'n', ya que, no permite un cotejo más representativo y amplio de los hallazgos. La determinación de este n se realizó en base a criterios como la disponibilidad de material, la factibilidad en la recolección de la muestra, los tiempos de demora para analizar los dientes a nivel físico, digital y estadístico, la dificultad de trabajar con una muestra muy alta, los plazos de entrega de la memoria a nivel universitario, tamaños muestrales de otras investigaciones, entre otras.

El tipo de diente utilizado como muestra para el experimento correspondió únicamente a dientes de vaca, y no dientes humanos. Así, se utilizaron incisivos izquierdos o derechos, pudiendo corresponder a cualquiera de los cuatro incisivos ubicados en la zona media de la mandíbula del bovino. Esto, podría generar diferencias en algunos de los resultados obtenidos al ser aplicados en dientes humanos, debido a diferencias como el grosor de la dentina, la cantidad de túbulos dentinarios, el diámetro de los túbulos dentinarios, entre otras características, pudiendo ser de interés su aplicación en dientes humanos y generar una comparación de los resultados obtenidos en el presente experimento.

Por otro lado, las fracturas buscadas y consideradas son las fracturas dentales que fueron provocadas por efecto de la exposición del diente a las bajas temperaturas, no considerando las posibles líneas de fractura que podrían tener un origen mecánico.

Se evidenció que, en algunos casos, al momento previo de la introducción de dientes a las cámaras climáticas, hubo dientes que no presentaban líneas de fractura. Y al momento

de su exposición a bajas temperaturas, estas no tuvieron un efecto formador de fracturas, es decir, el diente mantuvo 0 líneas de fractura para dicha característica. Las razones de esto, si bien son desconocidas, podría remitirse a la temperatura a la cual se expuso el diente, a la temporalidad del diente y su nivel de hidratación, al tiempo que se expuso el diente a bajas temperaturas (=7 días), a las propiedades químicas e histológicas de la unión dentina-esmalte, entre otras. Por lo tanto, generar un estudio que contemple estas variables podría permitir un cotejo de lo presentado en el experimento de esta Memoria.

El microtomógrafo computarizado utilizado para el escaneo del estado inicial y final de los dientes, corresponde a uno de los tres micro-TC existentes en Chile, del cual este permitió un trabajo más expedito y eficiente debido a los convenios existentes entre la Facultad de Odontología y la Facultad de Ciencias Sociales para la utilización de dicha máquina. Sin embargo, este microtomógrafo presenta niveles no tan altos de resolución, pudiendo generar la pérdida o no identificación de algunas líneas de fractura que se presenten más tenues, negruzcas, pequeñas, o microscópicas.

El tema de estudio trabajado en la presente memoria, correspondiente a las dinámicas de las fracturas que tienen lugar en dientes hidratados y deshidratados con enfoque forense, corresponde a un tópico poco escogido como materia de estudio. Por lo que la búsqueda de material bibliográfico y sustento teórico se dificulta y ralentiza, así también la determinación de la metodología a realizar y las variables analizadas.

La dificultad de generar un análisis estadístico que permitiera evidenciar las diferencias significativas entre todas las características evaluadas se debe principalmente al tamaño muestral utilizado, el cual es pequeño, considerando que es un estudio exploratorio. Y, además, por la naturaleza de las variables, las cuales son de tipo categóricas, siendo un poco más acotada la posibilidad de utilizar un análisis estadístico que considerara todas las variables y permitiera el cruce entre -por lo menos- la mayoría de ellas. Además, la presencia de indicadores únicamente con valores "1" o "2" (ausentes o presentes, respectivamente) no permite la formulación de tablas de contingencia de 2x2 para la aplicación del Test de McNemar.

Finalmente, para futuras investigaciones podría considerarse como variable la posible capacidad de las bajas temperaturas para expandir las líneas de fractura presentes en los dientes, de manera en la que no solamente se evalúe el efecto formador, es decir, si es que luego del experimento aparece o no una fractura, sino que también se trabaje la posibilidad de cambios/aumento en la longitud de las líneas de fractura al comparar su estado previo y posterior al ingreso en las cámaras climáticas. Esto, podría ayudar a entender mucho mejor la dinámica de las fracturas para los dientes postmortem por su presencia de líneas de fractura previo al experimento.

X. Conclusión

En conclusión, la presente memoria logró la extracción, limpieza, experimentación y análisis de 30 piezas dentales de bovino que fueron utilizadas como muestra para evaluar las dinámicas de fractura en los tejidos dentales producidas por la exposición a calor, específicamente a bajas temperaturas.

De esta manera, se evidenció que las bajas temperaturas tienen un efecto formador o expansor de líneas de fractura en dientes hidratados o deshidratados. Pudiendo encontrar algunas diferenciaciones en las dinámicas de fractura que tienen lugar en ambos tipos de dientes, relacionados a su temporalidad peri o postmortem.

Así, fue posible evidenciar que las bajas temperaturas, en este caso los 30°, 40° y 50° Celsius sí tienen un efecto formador de fracturas dentales en dientes hidratados y deshidratados. Además, estas fracturas se formaron mayormente en los dientes perimortem o hidratados, los cuales se vieron más afectados por el experimento, y en los cuales se pudo evidenciar una mayor propensión a presentar líneas de fractura que viajaran a través de los túbulos dentinarios, y que afectarían a más tejidos y/o uniones del diente. Por otro lado, los dientes postmortem o deshidratados demostraron la presencia de líneas de fractura previo al experimento a diferencia de los dientes hidratados que iniciaron el experimento con 0% de daño, lo cual genera que, a nivel de formación de fracturas, los dientes postmortem no evidencien mayores cambios posterior a la exposición a bajas temperaturas.

Finalmente, estadísticamente se evidenció que existen diferencias significativas en el estado de los dientes en el momento previo a su ingreso en las cámaras climáticas en comparación al momento posterior, para 6 de los 12 indicadores, y únicamente para los dientes deshidratados, ya que, presentan variación de los valores trabajados. Esto, para los indicadores de: "Orientación mesial-distal"; "Proyección entre los túbulos dentinarios"; "Ubicación en la UPD"; "Ubicación en el esmalte"; "Dinámica de la fractura al contactar con la UDE: se detiene"; y "Dinámica de la fractura al contactar con la UDE: la atraviesa". De esta manera, siendo posible señalar que las bajas temperaturas sí tienen un efecto formador de líneas de fractura en dientes deshidratados para dichos indicadores.

XI. Referencias

- Andreasen, J., Andreasen, F., Andersson, L. (2011). *Traumatic Dental Injuries: A Manual*. 3rd edn. Oxford, UK: Wiley-Blackwell.
- Akbulut, N., Çetin, S., Bilecenoğlu, B., Akbulut, S., Ocak, M., y Orhan, K. (2020). The micro-CT evaluation of enamel-cement thickness, abrasion, and mineral density in teeth in the postmortem interval (PMI): new parameters for the determination of PMI. *Int J Legal Med* 134, 645–653 <https://doi.org/10.1007/s00414-019-02104-2>
- Black, S., y Ferguson, E. (2011). *Forensic Anthropology: 2000 to 2010*. (279-318). Taylor & Francis Group.
- Boehm, R. (1985). *Heat transfer in teeth*. En A. Shitzer, y R. Eberhart (Vol. 2), *Heat transfer in Medicine and Biology: Analysis and applications* (307-327). Plenum Press.
- Briem, A., Outes, M., Fernández, M., Rannelucci, L., Casadoumécq, A., Salazar, J. (2023). Análisis forense de dientes, materiales de obturación y restauraciones protésicas en restos humanos expuestos a elevadas temperaturas. Revisión de la literatura. *Revista de la Asociación Odontológica Argentina*. <https://doi.org/10.52979/raoa.1110452.1212>
- Brothwell, D. (1987). *Desenterrando huesos*. México DF: Fondo de Cultura. <https://archive.org/details/brothwell-desenterrando-huesos>
- Bruker. (s.f). *Skyscan 1278*. Products and Solutions. <https://www.bruker.com/en/products-and-solutions/preclinical-imaging/micro-ct/skyscan-1278.html>
- Económica SA de CV. <https://archive.org/details/brothwell-desenterrando-huesos/page/n25/mode/2up?view=theater>
- Budras, K., Habel, R., Wünsche, A., y Buda, S. (2003). *Bovine Anatomy*. First Edition. Schlutersche.
- Cardona, A., Méndez, N., y Castañeda, J. (s.f). *Adhesión en Odontología Estética y Restauradora*. <https://www.monografias.com/trabajos-pdf4/adhesion-odontologia/adhesion-odontologia.pdf>
- Castillo, R., Ubelaker, D., Acosta, J., & de la Fuente, G. (2013). Effects of temperature on bone tissue. Histological study of the changes in the bone matrix. *Forensic science international*, 226(1-3), 33–37. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2012.11.012>

- Coronel, C. (2020). Forma correcta de presentar los datos y uso de McNemar en las intervenciones educativas. *Revista Archivo Médico de Camagüey*, 24(1),. Epub 20 de marzo de 2020. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-02552020000100002&lng=es&tlng=es.
- de Carvalho, M., Leijôto, A., Rodrigues, M., Nogueira, L., Ferraz, N., Moreira, A., Yamauti, M., Zina, L., & Magalhães, C. (2018). Viability of Bovine Teeth as a Substrate in Bond Strength Tests: A Systematic Review and Meta-analysis. *The journal of adhesive dentistry*, 20(6), 471–479. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a41636>
- Dupras, T., y Schultz, J. (2013). *Taphonomic Bone Staining and Color Changes in Forensic Contexts*. En Pokines, J., Steven, A. (2013). *Manual of Forensic Taphonomy*.
- Espina, Á., Barrios, F., Ortega, A., Mavárez, M., Espina, O., & Fereira, J. (2004). Cambios estructurales en los tejidos dentales duros por acción del fuego directo, según edad cronológica. *Ciencia Odontológica*, 1 (1),38-51. ISSN: 1317-8245. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=205222145005>
- Ellis, S. (2001). Incomplete tooth fracture-proposal for a new definition. *Restorative Dentistry* 190(8):424-428.
- Fereira, J., Ortega, A., Barrios, F., & Espina, A. (2010). Análisis Estructural de los Indicadores de Edad Dental en los Tejidos Duros del Diente que han Experimentado la Acción de Altas Temperaturas. *cta icroscopica*, 19(3), 291-304. etrieved from <https://acta-microscopica.org/acta/article/view/447>
- García, C., Pérez, L., & Castejón, I. (2003a). Prevalencia y etiología de los traumatismos dentales: Una revisión. *RCOE*, 8(2), 131-141. http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1138-123X2003000200002&lng=es&tlng=es.
- García, C., Pérez, L., & Castejón, I. (2003b). Pautas de actuación en las lesiones traumáticas que cursan luxación. *RCOE*, 8(2), 155-166. Recuperado en 09 de octubre de 2024, de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1138-123X2003000200004&lng=es&tlng=es.
- Garriga, J., Ubelaker, D., Zapico, S. (2016). Evaluation of macroscopic changes and the efficiency of DNA profiling from burnt teeth. *Science&Justice*. Elsevier, 56(6). 437-442. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2016.06.006>
- Gloobe, H. (1989). *Anatomía aplicada del Bovino*. San José, Costa Rica. IICA.

- Haglund, W., y Sorg, M. (1997). *Forensic Taphonomy: The Postmortem Fate of Human Remains*.
- Harbeck, M., Schleuder, R., Schneider, J., Wiechmann, I., Schmahl, W. W., & Grupe, G. (2011). Research potential and limitations of trace analyses of cremated remains. *Forensic science international*, 204(1-3), 191–200. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2010.06.004>
- Hughes, C. E., White, C. A. (2009). *Crack propagation in Teeth: A comparison of Perimortem and Postmortem Behavior of Dental Materials and Cracks*. (54). *Journal of Forensic Science*. 10.1111/j.1556-4029.2008.00976.x.
- Karkhanis, S., Ball, J., & Franklin, D. (2023). Macroscopic and microscopic changes in incinerated deciduous teeth. *The Journal of Forensic Odonto-Stomatology - JFOS*, 27(2), 9: 19. Retrieved from <https://ojs.iofos.eu/index.php/Journal/article/view/1631>
- Kimmerle, E.H., & Baraybar, J.P. (2008). *Skeletal Trauma: Identification of Injuries Resulting from Human Rights Abuse and Armed Conflict* (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420009118>
- Kishen, A., & Asundi, A. (2005). Experimental investigation on the role of water in the mechanical behavior of structural dentine. *Journal of biomedical materials research. Part A*, 73(2), 192–200. <https://doi.org/10.1002/jbm.a.30288>
- Lisanti, V. F., y Zander, H. A., (1950). Thermal conductivity of dentin. En Boehm, R. F. (1985). *Heat transfer in teeth* (Chapter 24).
- Lyman, R. (2010). What Taphonomy Is, What it Isn't, and Why Taphonomists Should Care about the Difference. *J Taphonomy*. 8. https://www.researchgate.net/publication/239927151_What_Taphonomy_Is_What_it_Isn't_and_Why_Taphonomists_Should_Care_about_the_Difference
- Lynch, C., McConnell, R. (2002). The cracked tooth syndrome. *J. de L'Association dentaire canadienne*. 68:470-475.
- Manneschi, C. (2006). *Efecto del Envejecimiento del Esmalte sobre la Resistencia Traccional frente a dos sistemas adhesivos* [Tesis de título profesional, Universidad de Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/140617/Efecto-del-envejecimiento-del-esmalte-sobre-la-resistencia-traccional-frente-a-dos-sistemas-adhesivos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Marín, L., y Moreno, F. (2017). Odontología forense: identificación odontológica de cadáveres quemados. Reporte de dos casos. *Revista Estomatología*, 12(2). <https://doi.org/10.25100/re.v12i2.5567>
- Medina, S., Henao, S., Muñoz, V., López, C., Gutiérrez, JE, Herrera, A., y Moreno, F. (2017). Análisis macroscópico de tejidos dentales y periodontales de cerdo (*Sus domesticus*) expuestos a altas temperaturas. *Revista Estomatología*, 21 (1), 28–34. <https://doi.org/10.25100/re.v21i1.5755>
- Ministerio de Salud. (2011). Guía Clínica Urgencias Odontológicas Ambulatorias. Serie Guías Clínicas MINSAL: Guía Clínica AUGÉ. Santiago. 2ªEd.
- Moreno-Ibáñez, Miguel. (2020). Tafonomía forense de contextos funerarios arqueológicos.
- Ortiz, A., Teruel, J., Alcolea, L., Hernández, A., Martínez, Y., & Gispert, F. (2018). Structural differences in enamel and dentin in human, bovine, porcine, and ovine teeth. *Annals of anatomy = Anatomischer Anzeiger: official organ of the Anatomische Gesellschaft*, 218, 7–17. <https://doi.org/10.1016/j.aanat.2017.12.012>
- Peer, M., y Sarig, R. (2023). The Effect of Burning on Dental Tissue: A Macroscopic and Microscopic Analysis. Research Square. <https://www.researchsquare.com/article/rs-2962559/v1>
- Pokines, J. T., Symes, S. A. (2014). Manual of Forensic Taphonomy. 1-489. CRC Press.
- Popowics, T. E., Rensberger, J. M., y Herring, S. W. (2000). The fracture behaviour of human and pig molar cusps (46, 1-12). *Archives of Oral Biology*. [https://doi.org/10.1016/S0003-9969\(00\)00102-3](https://doi.org/10.1016/S0003-9969(00)00102-3).
- Posada, M. C., Sánchez, C. F., Gallego, G. J., Vargas, A. P., Restrepo, L. F., y López, J. D. (2006). Dientes de bovino como sustituto de dientes humanos para su uso en la odontología. Revisión de literatura. *CES odontología / Instituto de Ciencias de la Salud*. <https://revistas.ces.edu.co/index.php/odontologia/article/view/188>
- Rubio, L., Sioli, J., Santos, I., Fonseca, G., y Martin, S. (2016). Alteraciones Morfológicas en Dientes Sometidos a Altas Temperaturas con Interés Forense. *Int. J. Morphology*. 34(2):719-728.
- Savio, C., Merlati, G., Danesino, P., Fassina, G., & Menghini, P. (2006). Radiographic evaluation of teeth subjected to high temperatures: experimental study to aid identification processes. *Forensic science international*, 158(2-3), 108–116. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2005.05.003>

- Scarso, F., López, S., Alemán, I., & Fonseca, G. (2020). Metodología de Binford para la categorización tafonómica de marcas de dientes de animales en superficies óseas. Una revisión con búsqueda sistemática. *Revista Internacional de Morfología*, 38 (4), 838-844. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022020000400838>
- Schwark, T., Heinrich, A., Preusse-Prange, A., & von Wurmb-Schwark, N. (2011). Reliable genetic identification of burnt human remains. *Forensic science international. Genetics*, 5(5), 393–399. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2010.08.008>
- Schotsmans, E. M., Márquez-Grant, N., y Forbes, S. (2017). *Taphonomy of Human Remains: Forensic Analysis of the Dead and the Depositional Environment*. 1-531. Wiley.
- Segovia, M., Lezcano, M., Gili, M. (2022). Uso de dientes de bovino como elección para trabajos de investigación en odontología. *Revista del Ateneo Argentino de Odontología R.A.A.O.*, 66(1), 48-51. https://www.ateneo-odontologia.org.ar/articulos/lxvi01/RAAO_1_2022.pdf
- Stiner, M. (2008). Taphonomy. *Encyclopedia of Archaeology*. 3, pp. 2113-2119. https://www.researchgate.net/profile/Mary-Stiner/publication/285576822_Taphonomy/links/5cbe2c01a6fdcc1d49a86868/Taphonomy.pdf
- Sui, T., Sandholzer, M., Le Bourhis, E., Baimpas, N., Landini, G., & Korsunsky, A. (2014). Structure-mechanical function relations at nanoscale in heat-affected human dental tissue. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*, 32, 113–124. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2013.12.014>
- Tymczyna, B., Nowak, J., Jarzębski, M., Kuczumow, A. (2009). Elemental and chemical compounds study of enamel and dentine of porcine primary molar teeth. *X-Ray Spectrometry*. 2019; 48: 169–177. <https://doi.org/10.1002/xrs.3004>
- Wang, R. (2005). Anisotropic fracture in bovine root and coronal dentin. (21, 429-436). *Elsevier*. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2004.07.008> .
- Wang, C., Li, Y., Wang, X., Zhang, L., Tiantang, Fu. (2012). The enamel microstructures of bovine mandibular incisors. *Anat Rec (Hoboken)* ;295(10):1698-706. doi: 10.1002/ar.22543. Epub 2012 Jul 27. PMID: 22837182.
- Wedel, V., Galloway, A. (2014). *Broken Bones: Anthropological Analysis of Blunt Force Trauma*. Second Edition.

Wegehaupt, F., Gries, D., Wiegand, A., & Attin, T. (2008). Is bovine dentin an appropriate substitute for human dentin in erosion/abrasion tests?. *Journal of oral rehabilitation*. 35. 390-4. 10.1111/j.1365-2842.2007.01843.x.

Yassen, G., Platt, J., Hara, A. (2011). Bovine teeth as substitute for human teeth in dental research: a review of literature. *J Oral Sci*;53(3):273-82. doi: 10.2334/josnurd.53.273. PMID: 21959653.

Zach, L., y Cohen, G. (1965). Pulp response to externally applied heat. (19, 515-530). En Boehm, R. F. (1985). Heat transfer in teeth (Chapter 24).