



# **UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

## **Colegio de Ciencias de la Salud**

Estudio comparativo in Vitro del grado de remoción de barrillo dentinario en conductos radiculares instrumentados con técnica Protaper rotatoria usando irrigación final con EDTA al 17% seguida de hipoclorito de sodio (NaOCl) al 5.25% o con Qmix

**Diana Victoria Viteri Noel**

**Ana Cristina Viteri, Dra., Directora de Tesis**

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Odontóloga

Quito, noviembre del 2013

**Universidad San Francisco de Quito**  
**Colegio de Ciencias de la Salud**

**HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS**

Estudio comparativo in Vitro del grado de remoción de barrillo dentinario en conductos radiculares instrumentados con técnica Protaper rotatoria usando irrigación final con EDTA al 17% seguida de hipoclorito de sodio (NaOCl) al 5.25% o con Qmix

**Diana Victoria Viteri Noel**

Ana Cristina Viteri, Dra .....  
Directora de Tesis

Johanna Monar, Dra .....  
Miembro del Comité de Tesis

Sofía Mantilla, Dra .....  
Miembro del Comité de Tesis

Nicolás Castrillón, Dr .....  
Miembro del Comité de Tesis

Fernando Sandoval, Dr .....  
Decano de la Facultad de Odontología

Quito, noviembre del 2013

## © DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

-----

Nombre: Diana Victoria Viteri Noel

C. I.: 1712358140

Fecha: Quito, noviembre del 2013

## DEDICATORIA

El presente estudio va dedicado a mi familia, a mi padre Sr. Jorge Viteri, mi madre Sra. Sophie Noel de Viteri y a mi hermano Sr. Luis Adrián Viteri Noel, quienes me dieron su amor y su apoyo incondicional a lo largo de toda mi carrera universitaria. Mi familia siempre fue mi pilar y mi fuente de fortaleza para enfrentar los momentos más duros de la demandante carrera de odontología. Mi familia es un ejemplo de lucha y de coraje y es gracias a ellos que he aprendido a enfrentar la vida con decisión y siempre con el deseo de dar lo mejor de mí en todas las actividades que me proponga realizar. Este estudio es el fruto de un trabajo laborioso, demandante y extenuante pero a la vez muy interesante, apasionante y enorgullecedor.

## AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos van para todas las personas que me ayudaron con la realización del presente estudio.

A mis profesores del pregrado de Odontología de la Universidad San Francisco de Quito que me enseñaron a trabajar de manera seria y eficiente a lo largo de toda la carrera y que se prestaron para responder cualquier inquietud que se me presente a lo largo de la elaboración de este estudio.

A todas personas que me ayudaron directamente con la elaboración del estudio. A mi directora de tesis la Dra. Ana Cristina Viteri por compartir conmigo sus conocimientos y ponerle siempre tan buen ánimo y dedicación a todos los pasos seguidos para la realización del estudio. Al personal de la sección de microscopio electrónica de barrido de la Escuela Politécnica Nacional del Ejército por enseñarme el protocolo a seguir para poder estudiar las muestras bajo el microscopio electrónico de barrido. A la Dra. Johanna Monar por revisar periódicamente los avances del trabajo escrito de mi tesis y compartir conmigo sus consejos para realizar el trabajo de la mejor manera posible.

A todas las instituciones que prestaron sus servicios para poder realizar la parte experimental de mí estudio. A la clínica odontológica de la Universidad San Francisco de Quito por facilitarme el uso de los equipos y del radiovisógrafo. A la Escuela Politécnica del Ejército por permitirme el uso de su microscopio electrónico de barrido para obtener las imágenes de las hemisecciones dentales de cada grupo de estudio.

## RESUMEN

En el presente estudio se compara la eficacia para remover el barrillo dentinario de dos sistemas de irrigación final usados en Endodoncia. La capacidad de remoción de barrillo dentinario otorgado por la irrigación final con EDTA al 17% seguida de hipoclorito de sodio (NaOCl) al 5.25% se compara con el grado de remoción de barrillo dentinario otorgado por la irrigación final con Qmix. Los irrigantes tendrán un tiempo de acción de 1 minuto y medio en el interior de los conductos. Este estudio se hará con ayuda de imágenes obtenidas del microscopio electrónico de barrido de cada una de las piezas dentales sometidas al debido protocolo de irrigación final.

Para realizar este estudio se escogieron 18 dientes unirradiculares entre premolares y molares extraídos por fines ortodónticos. Posteriormente a la remoción de la corona clínica de cada diente, se instrumentaron los conductos radiculares siguiendo la técnica de instrumentación rotatoria Protaper. Los conductos fueron constantemente irrigados con hipoclorito de sodio al 5.25% luego de cada lima. Posteriormente, los dientes se dividieron aleatoriamente en tres grupos distintos (control positivo, irrigación final con EDTA y NaOCl e irrigación final con Qmix). Finalmente, los conductos se sometieron a la irrigación final con los dos sistemas de irrigación escogidos para el estudio.

Una vez la irrigación final realizada, se procedió a seccionar los dientes en sentido longitudinal para obtener dos hemisecciones de cada una de las piezas. Se escogió la mejor hemisección, la más íntegra, y se la llevó a estudio bajo microscopio electrónico de barrido.

Las fotografías obtenidas del microscopio electrónico de barrido fueron sometidas a análisis cuantitativo de comparación de áreas de túbulos dentinarios sin barrillo dentario taponando su entrada. Los porcentajes de remoción de barrillo dentario fueron sometidos a análisis estadístico (sistemas estadísticos Anova y Tukey) y se llegó a la conclusión que el Qmix otorga mejores resultados para la remoción del barrillo dentinario que la irrigación final con EDTA al 17% seguida de NaOCl al 5.25%.

## ABSTRACT

The present study compares the efficacy to remove the smear layer from two of final irrigation systems used in Endodontics. The ability in barrillo dentinario removal awarded by final irrigation with EDTA to 17% followed by sodium hypochlorite (NaOCl to the 5.25%) compared to the level of smear layer remove awarded by final irrigation with Qmix. The irrigants will have a time of 1 minute and a half inside the canal. This study will be done with help of images from the scanning electron microscope from each of the teeth subjected to the proper final irrigation Protocol.

Eighteen single teeth between premolars and molars extracted for orthodontic purposes were chosen for this study. Subsequent to the removal of the clinical Crown of each tooth, root canals using Protaper rotary instrumentation technique were established. The canals were constantly irrigated with sodium hypochlorite at the 5.25% after each file. Subsequently, teeth were divided randomly into three distinct groups (positive control, final with EDTA and NaOCl irrigation and irrigation with Qmix). Finally, the canals were subjected to final irrigation with two irrigation systems chosen for the study.

Once the final irrigation was done, we proceeded to section the teeth in a longitudinal direction with the porpuse to obtain two parts. The best part would be studied under scanning electron microscope.

Photographs were obtained from the scanning electron microscope submitted to quantitative analysis of comparison of areas of dentin tubules without smear layer plugging its entry. Removal of tooth smear percentages were subjected to statistical analysis (Anova and Tukey statistical systems) and it was concluded that the Qmix gives best results for the removal of the smear layer that final irrigation with EDTA to 17% followed by NaOCl to the 5.25%.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

1. Introducción.....	13
2. Justificación.....	16
3. Objetivo Principal.....	16
4. Objetivos Secundarios.....	16
5. Marco Teórico.....	17
5.1 La dentina	
5.2 La pulpa dental	
5.3 El tratamiento de Endodoncia o tratamiento de conductos radiculares	
5.4 El barrilo dentinario	
5.5 El hipoclorito de sodio (NaOCl) y su importancia en el tratamiento de conductos	
5.6 El uso de la solución quelante de EDTA al 17% es muy popular en el tratamiento de endodoncia	
5.7 La combinación de EDTA al 17% y NaOCl al 5.25% como opción para realizar la irrigación final del sistema de conductos radiculares	
5.8 El Nuevo irrigante final Qmix	
6. Matriales y métodos.....	49
6.1 Criterios de inclusion	
6.2 Criterios de exclusion	
6.3 Materiales	
7. Metodología.....	52

Tabla 7.1 Longitudes de trabajo radiográficas de cada diente

Tabla 7.2 Proceso de inmersión de las muestras en concentraciones descendientes de acetona según los tiempos indicados

Tabla 7.3 Proceso de inmersión de las muestras en concentraciones creciente de alcohol según los tiempos indicados

7.1 Proceso de evaluación

8. Resultados.....56

Fotografías del microscopio electrónico de barrido en anexos 12.4, 12.5 y 12.6

Tabla 8.1 Áreas de superficie total de la hemisección de cada pieza del grupo 1

Tabla 8.2 Áreas de túbulos abiertos para cada hemisección de las piezas del grupo 1

Tabla 8.3 Porcentajes de remoción de barrillo dentinario de cada hemisección del grupo 1

Tabla 8.4 Áreas de superficie total de cada hemisección del grupo 2

Tabla 8.5 Áreas de túbulos abiertos para cada hemisección de las piezas del grupo 2

Tabla 8.6 Porcentajes de remoción de barrillo dentinario de cada hemisección del grupo 2

Tabla 8.7 Áreas de superficie total de cada hemisección del grupo 3

Tabla 8.8 Áreas de túbulos abiertos para cada hemisección de las piezas del grupo 3

Tabla 8.9 Porcentajes de remoción de barrillo dentinario de cada hemisección del grupo 3

Tabla 8.10 Grado de diferencia, determinado por medio del sistema estadístico ANOVA, del grado de remoción de barrillo dentinario entre los distintos irrigantes utilizados

Tabla 8.11 Comparación, realizada por medio del sistema Tukey, de la diferencia de remoción del barrillo dentinario entre los distintos sistemas irrigantes

Tabla 8.12 Grado de diferencia, realizada por medio del sistema ANOVA, de remoción del barrillo dentinario entre los distintos sistemas irrigantes considerando únicamente los tercios apicales de los conductos instrumentados

Tabla 8.13 Comparación, realizada por medio del sistema Tukey, de la diferencia de remoción del barrillo dentinario entre los distintos sistemas irrigantes considerando únicamente los tercios apicales de los conductos instrumentados

Tabla 8.14 Grado de diferencia, realizada por medio del sistema ANOVA, de remoción del barrillo dentinario entre los distintos sistemas irrigantes considerando únicamente los tercios medios de los conductos instrumentados

Tabla 8.15 Comparación, realizada por medio del sistema Tukey, de la diferencia de remoción del barrillo dentinario entre los distintos sistemas irrigantes considerando únicamente los tercios medios de los conductos instrumentados

Tabla 8.16 Grado de diferencia, realizada por medio del sistema ANOVA, de remoción del barrillo dentinario entre los distintos sistemas irrigantes considerando únicamente los tercios corales de los conductos instrumentados

Tabla 8.17 Comparación, realizada por medio del sistema Tukey, de la diferencia de remoción del barrillo dentinario entre los distintos sistemas irrigantes considerando únicamente los tercios corales de los conductos instrumentados

9. Discusiones.....	64
10. Conclusiones.....	75
11. Recomendaciones.....	76
12. Anexos.....	77
12.1 Fotografías de las radiografías iniciales de cada una de las piezas	
12.2 Fotografías de las radiografías de las longitudes de trabajo de todas las piezas	
12.3 Fotografías de la parte experimental del estudio	
12.4 Fotografías de las imágenes obtenidas del microscopio electrónico de barrido para los tercios apical, medio y coronal de cada hemisección dental del grupo 1	
12.5 Fotografías de las imágenes obtenidas del microscopio electrónico de barrido para los tercios apical, medio y coronal de cada hemisección dental del grupo 2	

12.6 Fotografías de las imágenes obtenidas del microscopio electrónico de  
barrido para los tercios apical, medio y coronal de cada hemisección dental del  
grupo 3

13. Works Cited.....151

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente se considera que la Endodoncia es una de las ramas más importantes de la Odontología. Es el campo que se dedica al estudio de la morfología de la cavidad pulpar, la fisiología y la patología de la pulpa dental, así como la prevención y el tratamiento de las alteraciones de la pulpa y de sus efectos sobre los tejidos periapicales (Soares & Golberg, 2002).

Los procedimientos terapéuticos relacionados con el área de la Endodoncia se pueden dividir en dos grupos: los tratamientos conservadores y los tratamientos radicales. En el caso de los tratamientos conservadores se destacan la protección pulpar indirecta y directa, el curetaje pulpar y la pulpotomía, los cuales tienen como objetivo principal el de conservar la pulpa dental, o parte de ella, viva y en condiciones de ejercer sus funciones. Por otra parte, los tratamientos radicales incluyen a la pulpectomía y al tratamiento de dientes con pulpa mortificada. En estos tratamientos el objetivo de la Endodoncia es preservar los dientes cuya pulpa ha sido afectada de forma irreversible o que ha perdido su capacidad de mantenerse con vitalidad (Soares & Golberg, 2002).

El Ser Humano actual lleva una dieta alta en azúcares, con la incorporación de muchos carbohidratos refinados lo cual lo hace más propenso al desarrollo de caries. Los microorganismos bucales aprovechan los hidratos de carbono de la dieta, especialmente la sacarosa, para obtener energía y sintetizar polisacáridos complejos. Muchos estudios han revelado que la exposición frecuente de azúcares refinados induce a la colonización y multiplicación de microorganismos cariogénicos. En otras palabras, la sacarosa es el sustrato para el metabolismo bacteriano. El metabolismo de la sacarosa se compone de la producción de ácidos, síntesis de polisacáridos extracelulares y síntesis de polisacáridos intracelulares (Barrancos Mooney & Barrancos, 2008). La caries es una enfermedad muy

frecuente que si no se diagnostica y se trata a tiempo puede llegar a tener efectos irreversibles a nivel del tejido pulpar. De la misma manera, cuando se realiza una cavidad es imperativo eliminar todos los restos de tejidos cariado de la dentina para evitar la progresión de microorganismos que pueden irritar la pulpa (Barrancos Mooney & Barrancos, 2008).

Así como los microorganismos cariogénicos pueden llevar a daños pulpares, también hay irritantes físicos (calor friccional, profundidad excesiva de una preparación cavitaria o trauma inducido por sobrecargas oclusales o contactos prematuros) y químicos (sistemas adhesivos o ácidos) que pueden afectar la pulpa (Barrancos Mooney & Barrancos, 2008).

Así, los principios terapéuticos que engloba la Endodoncia son frecuentes en los consultorios odontológicos. Numerosos pacientes acuden a la consulta por dolor dental, el cual puede estar asociado a una inflamación pulpar reversible o irreversible. También son frecuentes los pacientes que acuden al consultorio por cambios de coloración de las coronas de sus dientes, posiblemente asociado a un cuadro de necrosis pulpar. Así, existen muchos casos en los que el endodoncista debe intervenir para diagnosticar el problema, tratar la patología y devolver la salud y el bienestar al paciente por medio de la realización de un tratamiento de conductos radiculares cuando el caso lo amerita (Barrancos Mooney & Barrancos, 2008).

Para realizar un tratamiento de conductos o tratamiento de endodoncia exitoso es esencial una excelente limpieza del sistema de conductos radiculares. Para esto no sólo es imprescindible realizar una adecuada instrumentación mecánica de los conductos sino que ésta debe ir acompañada de un buen sistema de irrigación. El irrigante tiene que penetrar en los sitios a donde los instrumentos mecánicos no llegan (conductos accesorios,

secundarios, laterales, etc.) y debe tener características antimicrobianas, poder de limpieza y de humectación y acción de disolución (tanto de tejido orgánico como inorgánico) (Ingle & Bakland, 2004).

Durante la instrumentación mecánica de los conductos radiculares se forma una capa de barrillo dentinario o barro dentinario que resulta del corte de la dentina por los instrumentos. Este barrillo dentinario consta de una parte orgánica (bacterias, células sanguíneas, etc.) y de una parte inorgánica (restos de hidroxiapatita, sobre todo calcio y fósforo). Así, para tener un tratamiento de conductos exitoso resulta necesario usar un irrigante final que sea capaz de eliminar el barro dentinario que se deposita en la entrada de los túbulos y que constituye una fuente para el crecimiento y la recolonización bacteriana. El irrigante final tiene que permitir la eliminación tanto de la parte orgánica como de la inorgánica del barrillo dentinario para promover una adecuada limpieza y desinfección del sistema de conductos. Eliminando el barrillo dentinario que taponan los túbulos, también mejora el ingreso del material obturador para generar una obturación hermética tridimensional (Estrela, 2005).

## II. JUSTIFICACIÓN

Uno de los prerrequisitos fundamentales para el éxito a largo plazo del tratamiento de endodoncia es la eliminación completa del barrillo dentinario formado durante la instrumentación mecánica de los conductos radiculares. Para remover el barrillo dentinario existen varias sustancias en el mercado sin embargo, ninguna se ha demostrado 100% efectiva cuando se usa por sí sola. La combinación de la irrigación final con EDTA al 17% (con la colocación de suero fisiológico intermedio) seguida de la aplicación de hipoclorito de sodio al 5.25% a demostrado ser una solución efectiva en la remoción del barrillo dentinario y por esto es la que se usa con más frecuencia en los tratamientos de conductos. Sin embargo, la casa comercial Dentsply desarrolló el Qmix, un irrigante final que, según ellos, presenta mayor grado de remoción del barrillo dentinario y a la vez altera menos la integridad de la superficie de las dentinas intertubular y peritubular. Es importante llegar a comprobar la eficacia de este irrigante de manera más objetiva.

## III. OBJETIVO PRINCIPAL

Comprobar si el Qmix ofrece iguales o mejores resultados en la remoción del barrillo dentinario que la combinación usual de EDTA al 17% seguida por hipoclorito de sodio al 5.25%.

## IV. OBJETIVOS SECUNDARIOS

- Determinar si el Qmix altera menos la estructura de las dentinas intratubular e intertubular.
- Determinar si el grado de remoción del barrillo dentinario es semejante en cada uno de los tercios del conducto (cervical, medio y apical).
- Valorar que irrigante ofrece mayor grado de penetración en el interior del conducto

## V) MARCO TEÓRICO

### 5.1) La dentina

La dentina es un tejido vivo que forma la mayor parte del diente y que normalmente no está expuesto al ambiente bucal. La dentina de la raíz está recubierta por el cemento dental mientras que la dentina coronal está cubierta por el esmalte dental. La dentina tiene propiedades de elasticidad lo cual protege al esmalte de quebrarse durante los impactos de la masticación (Avery & Chiego Jr, 2007).

La dentina se clasifica como primaria, secundaria o terciaria de acuerdo al período de su desarrollo y a las características histológicas del tejido. La dentina primaria es el principal constituyente de la corona y de la raíz y se compone de la dentina del manto y de la dentina circunpular. La dentina del manto es la primera dentina primaria en formarse, se deposita a lo largo de la unión amelodentinaria en un grosor aproximado de 150µm. Se denomina dentina del manto porque justamente sirve de recubrimiento para el resto de la dentina. Por otra parte, la dentina circunpular está directamente subyacente a la dentina del manto y compone la mayor parte de la dentina primaria del diente (Avery & Chiego Jr, 2007). Esta dentina puede llegar a tener de 6mm a 8mm de espesor a nivel coronal mientras que a nivel radicular es más delgada. La dentina del manto está separada de la dentina circunpular por una zona de formación de dentina alterada que toma el nombre de dentina globular. Se cree que la dentina globular es el resultado de una mineralización deficiente, de hecho esta dentina se caracteriza por poseer zonas hipomineralizadas entre los glóbulos. Estas zonas se denominan espacios interglobulares. La dentina del manto está compuesta por gruesas fibras de colágeno en contraste con las de la dentina circunpular que son diez veces más pequeñas. Además, la dentina del manto está ligeramente menos

mineralizada y tiene menos defectos que la dentina circunpulpal (Avery & Chiego Jr, 2007).

Cuando los dientes inician su función, entran en oclusión, la dentina toma el nombre de dentina secundaria. Esta dentina se forma internamente a la dentina primaria tanto a nivel coronal como a nivel radicular. El depósito de dentina secundaria es más lento que el de dentina primaria. De hecho, algunos autores mencionan que después de que la corona inicie su función clínica, es el encéfalo el que controlaría el crecimiento de la dentina enlenteciendo así su ritmo de producción. El enlentecimiento de la producción de dentina secundaria con respecto a la primaria evita que la pulpa quede rápidamente reducida y obliterada por una tasa muy alta de formación de dentina (Avery & Chiego Jr, 2007).

La dentina terciaria también se denomina dentina reparativa ya que se forma en resultado de la estimulación pulpar sólo en la zona de activación odontoblástica. Su formación se da independientemente al tipo de estímulo, en otras palabras su formación puede ser el resultado de atrición, abrasión, caries o procedimientos restauradores. Su depósito se da sólo en las zonas subyacentes a las áreas que recibieron los estímulos (Avery & Chiego Jr, 2007).

También existe una banda de dentina no mineralizada que se forma en el borde pulpar de la dentina y que toma el nombre de predentina. La existencia de la predentina sugiere que la dentina se forma en dos estadios: primero, se deposita la matriz orgánica y después, se le añade una sustancia mineral inorgánica. La mineralización ocurre en la unión predentina/ dentina y la predentina se convierte en una nueva capa de dentina. Durante la formación de la dentina primaria, se depositan y calcifican 4um de predentina al

día mientras que después de que la pieza haya entrado en oclusión y función, la actividad disminuye hasta 1 a 1.5um por día (Avery & Chiego Jr, 2007).

Durante la formación de dentina por los odontoblastos, se va generando espacio por el alargamiento de la prolongación del odontoblasto lo cual hace que la dentina se caracterice por tener un aspecto tubular. El odontoblasto se traslada hacia la pulpa desde la unión amelodentinaria. Es importante tener presente que los procesos odontoblásticos son extensiones citoplasmáticas del cuerpo celular de los odontoblastos que se encuentran en el límite pulpa/ dentina. Los túbulos se inician, por lo general, a nivel de la unión amelodentinaria pero pueden llegar a extenderse al interior de la matriz del esmalte en formación. Las prolongaciones odontoblásticas forman después una curva en S que se extiende hacia la pulpa. A medida que estas prolongaciones se alargan se forman ramificaciones secundarias casi en ángulo recto con las prolongaciones principales. Estas ramificaciones secundarias toman el nombre de conductillos, ramas secundarias o microtúbulos. Algunas de estas ramificaciones terminan en una prolongación principal adyacente y otras parecen terminar en la matriz intertubular (Avery & Chiego Jr, 2007).

Los odontoblastos junto con sus prolongaciones son las células que dan la vitalidad a la dentina. Los túbulos son de menor diámetro en la dentina externa (1um) que a nivel del borde pulpar (3 a 4um). A medida que la prolongación crece en longitud hacia la pulpa, su tamaño aumenta lo cual hace que haya una mayor distancia entre los túbulos a nivel de la dentina externa (cerca de la unión amelodentinaria) que la que hay entre los túbulos en el borde pulpar. La relación del número de túbulos en la unión amelodentinaria con el número que hay en el borde de la pulpa es de más o menos 4:1 (Avery & Chiego Jr, 2007).

La dentina que rodea inmediatamente el túbulo dentinario toma el nombre de dentina intratubular o peritubular. La dentina peritubular constituye un collar hipermineralizado que rodea a los túbulos. Sin embargo como esta dentina se forma dentro y a expensas de los túbulos dentinarios muchos autores consideran que es más conveniente el nombre de dentina intratubular. Esta dentina está ausente a nivel de la dentina interglobular debido que esta zona que representa un área de mineralización deficiente (Avery & Chiego Jr, 2007).

Resulta importante mencionar que en algunas zonas, la dentina intratubular hipermineralizada rellena totalmente el diámetro de los túbulos, como en la zona próxima a la unión amelodentinaria suprayacente a las astas o cuernos pulpares. Esta característica también se encuentra en los túbulos de la periferia de la raíz, cerca al cemento. Dentina esclerótica o transparente son los términos que se usan con frecuencia para la dentina que está con túbulos completamente obliterados (Avery & Chiego Jr, 2007).

Los túbulos dentinarios aumentan de tamaño por la pérdida de dentina intratubular. La pérdida de esta dentina se puede dar por descalcificación por caries o limpieza ácida de la cavidad o en Endodoncia, por el uso de ciertos irrigantes que eliminan el barro dentinario y causan su descalcificación. La dentina intratubular está alrededor del 40% más calcificada que el resto de la dentina (Avery & Chiego Jr, 2007).

La masa principal de dentina está entre o alrededor de los túbulos dentinarios. Esta masa de dentina se denomina dentina intertubular y constituye el cuerpo de la dentina, que comprende la corona y la raíz. Esta dentina es menos calcificada que la dentina intratubular o peritubular (Avery & Chiego Jr, 2007).

Resulta importante mencionar que cuando se hace una preparación cavitaria o cuando se realiza tratamiento de endodoncia, se está ejerciendo una actividad mecánica sobre el tejido dentinario. Durante esta actividad mecánica, los túbulos dentinarios están bloqueados por la producción de una capa de barro dentinario que se forma durante la preparación. El barrillo dentinario está compuesto de partículas finas de restos de dentina cortada los cuales se producen durante la preparación de las cavidades o de los conductos radiculares. Las partículas del barrillo dentinario penetran en los túbulos a modo de tapones cuya efectividad de taponamiento depende del tamaño de los túbulos y el de las partículas cortadas de dentina (Avery & Chiego Jr, 2007).

Hay que tener en cuenta que la dentina está proyectada para toda la vida. Los efectos patológicos de las caries, la atrición, la abrasión dental, la preparación de cavidades y la conformación de conductos radiculares provocan cambios en la dentina. Los cambios se asocian con degeneración odontoblástica, calcificación de túbulos que conducen a esclerosis y formación de dentina terciaria. El estímulo de los odontoblastos induce al aumento de la dentinogénesis subyacente a un área de cambio patológico (Avery & Chiego Jr, 2007).

## 5.2) La pulpa dental

La pulpa dental es un tejido conectivo especializado, blando y localizado en la porción central de cada diente. Tiene una porción coronal y una porción radicular. La pulpa contiene vasos sanguíneos de pared delgada, nervios y terminaciones nerviosas encerradas dentro de la dentina. La pulpa de cada pieza se abre en el interior del tejido conectivo que rodea al diente, al periodonto, a través del ápice del conducto radicular (Avery & Chiego Jr, 2007).

Tanto a nivel coronal como a nivel radicular, la pulpa consta de una zona periférica y de una zona central. Centralmente, la pulpa se compone de grandes venas, arterias y troncos nerviosos rodeados por fibroblastos y matriz intercelular. La zona periférica de la pulpa es muy organizada ya que se distinguen diversas zonas: la zona odontogénica que incluye a los odontoblastos; la zona libre en células o capa basal de Weil; adyacente a la capa pobre en células se encuentra una capa rica en células; y, pulpar a la zona rica en células, está la capa de nervios parietal (Avery & Chiego Jr, 2007).

Los fibroblastos son las células preponderantes en la pulpa, éstas viven en una sustancia intercelular de glucosaminoglucanos y de fibras de colágeno. Los odontoblastos constituyen el segundo grupo de células más frecuentes (Avery & Chiego Jr, 2007).

Los odontoblastos forman dentina durante toda la vida lo cual hace que con el tiempo haya un menor crecimiento de la pulpa. Éstas células revisten todo el perímetro de la pulpa. Los odontoblastos son más grandes en la pulpa coronal que en la pulpa radicular (Avery & Chiego Jr, 2007).

Los fibroblastos son las células más abundantes en la pulpa, ya que se encuentran localizadas a lo largo de toda su extensión. Estas células se caracterizan por su estado

funcional. En pulpas jóvenes, los fibroblastos producen fibras de colágeno y sustancia fundamental. Con la edad, el fibroblasto va perdiendo su capacidad de síntesis proteica, su tamaño se reduce así como la cantidad de sus organelas (Avery & Chiego Jr, 2007).

En la pulpa también se encuentran células de Schwann que son las encargadas de la mielinización del axón de los nervios pulpaes. En la pulpa se visualizan también células endoteliales que tapizan a los capilares, venas y arterias de la pulpa. Acompañando a la mayoría de los vasos sanguíneos pulpaes, se encuentran pericitos y células indiferenciadas. Éstos funcionan como una fuente de reserva celular que es puesta en acción cuando se requieren de nuevos odontoblastos o fibroblastos (por ejemplo cuando se requiere dentina reparativa por exposición de la pulpa) (Avery & Chiego Jr, 2007).

Los macrófagos son también constituyentes normales de la pulpa y actúan en su mantenimiento ya que promueven la renovación celular. Además, también se encuentran linfocitos que contribuyen al sistema inmunitario de la pulpa. En los vasos sanguíneos de la pulpa se encuentran eritrocitos, linfocitos, leucocitos, eosinófilos y basófilos (Avery & Chiego Jr, 2007).

La matriz extracelular que rodea las células se compone de fibras de colágeno. En la pulpa se han encontrado fibras de colágeno de tipo I y III. El colágeno tipo I está probablemente sintetizado por los odontoblastos ya que éste colágeno también se encuentra en la dentina. El colágeno tipo III es probablemente producido por los fibroblastos pulpaes. Alrededor de las fibras está la sustancia fundamental de la pulpa la cual proporciona el ambiente propicio para la vida de las células de la pulpa. Si se irrita la pulpa las fibras pueden acumularse rápidamente (Avery & Chiego Jr, 2007).

El órgano pulpar es altamente vascularizado, con vasos procedentes de las arterias carótidas externas, las arterias alveolares superiores e inferiores. Drena por venas satélite de las arterias. Las paredes de los vasos periodontales y pulpares se hacen cada vez más delgadas conforme entran en la pulpa. Esto se debe a que la pulpa está recubierta de dentina que es un tejido duro. El flujo sanguíneo es más rápido en la pulpa que en muchos otros lugares del organismo por lo que la presión sanguínea es bastante elevada (Avery & Chiego Jr, 2007).

Es interesante mencionar que la vitalidad de la pulpa también se relaciona con la capacidad del conducto apical para mantenerse abierto. Sin embargo, esta apertura puede bloquearse con el tiempo (a medida que el diente envejece) y el cemento llega a depositarse alrededor del conducto apical. Las paredes de las venas son las primeras estructuras en verse afectadas por la constricción cementaria de los ápices lo cual hace que pueda haber constricción vascular y posiblemente después una necrosis pulpar (Avery & Chiego Jr, 2007).

Así como la pulpa es un tejido altamente vascularizado también es un tejido muy innervado. En el conducto apical de cada molar y premolar penetran varios nervios voluminosos, mientras que en los dientes anteriores entra un único nervio. Los troncos nerviosos atraviesan la pulpa radicular y siguen hacia la zona coronal. La mayoría de las terminaciones nerviosas pulpares están en la zona odontogénica de las astas o cuernos pulpares. Algunas terminan sobre o en asociación con los odontoblastos. Otras terminaciones están en los túbulos predentinarios, por lo general en la región de los cuernos pulpares o el techo del área coronal. Estas terminaciones se relacionan presumiblemente con la sensación de dolor (Avery & Chiego Jr, 2007).

El dolor es la sensación que se produce debido a la alta concentración de terminaciones nerviosas en el interior del diente. La pulpa es muy sensible a los cambios térmicos, eléctricos, de temperatura, químicos y de presión. Existe una relación íntima entre las terminaciones nerviosas y los odontoblastos y sus prolongaciones. Existen varias teorías que tratan de explicar el mecanismo de la transmisión del dolor (Avery & Chiego Jr, 2007).

La primera teoría es la de la inervación directa basada en la creencia de que los nervios se extienden hasta la unión amelodentinaria. Pero, muchos estudios no han demostrado la presencia de nervios en esta unión (Avery & Chiego Jr, 2007).

La segunda teoría es la de la transducción que se basa en la creencia de ciertos autores de que la prolongación odontoblástica es el receptor y que ésta conduce el dolor hacia las terminaciones nerviosas en la pulpa periférica y en los túbulos dentinarios (Avery & Chiego Jr, 2007).

La teoría más aceptada es la teoría hidrodinámica que sugiere que cuando se estimula la dentina, el líquido y las prolongaciones odontoblásticas se mueven dentro de los túbulos. Este movimiento genera contacto con las terminaciones nerviosas en la dentina interna y en la pulpa adyacente. Cuando se contacta con las terminaciones nerviosas, éstas responden deformándose y actúan como mecanorreceptores para producir un impulso. Esta teoría explicaría porque los estímulos fríos o calientes provocan dolor. Cuando un estímulo frío se aplica sobre la dentina, la prolongación odontoblástica se desplaza hacia fuera, pero cuando se aplica calor la prolongación se desplaza hacia dentro (Avery & Chiego Jr, 2007).

Se llega a la conclusión que no se puede hablar de tejido dentinario y pulpar como dos elementos aislados. Por una parte, el odontoblasto, célula pulpar, forma dentina a lo largo de la vida. Muchas veces lo hace en respuesta a diversos estímulos generando una dentina reactiva o de respuesta que tiene la función de proteger a la pulpa. Además, el odontoblasto interviene en la conducción de estímulos a través de la dentina e influye en las terminaciones nerviosas en la pulpa periférica (Avery & Chiego Jr, 2007).

La pulpa dental tiene varias funciones de las cuales la más importante es proporcionar vitalidad a los dientes por medio de sus células, su aporte vascular y sus nervios. La pérdida de la pulpa después de un tratamiento de conductos no quiere decir que se ha perdido el diente pero sí sugiere que el diente va a funcionar sin dolor. El diente ha perdido el mecanismo protector que sus nervios pulpares le otorgaban (Avery & Chiego Jr, 2007).

La pulpa tiene varias otras funciones además de otorgar vitalidad a los dientes. La pulpa es inductora porque durante el desarrollo inicial la pulpa (papila) interactúa con el epitelio bucal e inicia la formación del diente. La pulpa es también formativa ya que los odontoblastos pulpares forman dentina que rodea y protege a la pulpa. La pulpa es también protectora ante los estímulos ya que genera respuestas ante cambios de temperatura, presión o técnicas restauradoras. La formación de dentina esclerótica que recubre el interior de los túbulos se origina en la pulpa y la protege. La pulpa tiene una función nutritiva ya que transporta oxígeno y nutrientes para el desarrollo y funcionamiento del diente. Por último, la pulpa es reparadora por su capacidad de generar dentina reparativa (Avery & Chiego Jr, 2007).

Es importante conocer que con el tiempo la pulpa disminuye de tamaño por el depósito continuo de dentina alrededor de todo el perímetro pulpar. Con el envejecimiento

y los traumatismos también disminuyen las células pulpares así como las organelas citoplasmáticas lo cual sugiere una disminución en la capacidad de la pulpa para responder a las lesiones y autorrepararse (Avery & Chiego Jr, 2007).

### 5.3) El tratamiento de Endodoncia o tratamiento de conductos radiculares

Actualmente, los tratamientos de Endodoncia registran tasas de éxito que circulan alrededor del 90% en 4 años. La Endodoncia es una de las especialidades odontológicas más importantes ya que el éxito final de muchos tratamientos de Rehabilitación Oral: prótesis fija, prótesis removibles, carillas estéticas y otros más, depende de la limpieza y desinfección previas del sistema de conductos radiculares (Leonardo, 2005).

Tal como lo afirman Pitoni, C.M y col. la Endodoncia es una de las especialidades más importantes de la Odontología ya que evita la pérdida de dientes naturales, mejora y es muchas veces es un prerrequisito para el éxito de las restauraciones estéticas y funcionales definitivas (prótesis fija, incrustaciones). De hecho, el tratamiento de Endodoncia es tan importante que muchas veces se lo necesita también en dientes primarios. Pitoni, C.M y col. aseguran que el tratamiento de endodoncia en dientes primarios necróticos o afectados de forma irreversible por un proceso inflamatorio e infeccioso, evitaría la pérdida prematura del diente deciduo junto con sus repercusiones como el daño al germen del diente definitivo durante su formación, por la diseminación de la infección del diente primario hacia los tejidos perirradiculares (Pitoni & Col, 2011).

Resulta interesante mencionar que la ciencia de la Endodoncia ha tenido varias evoluciones a lo largo del tiempo, de hecho se describen épocas determinadas evolutivas de la Endodoncia: (Leonardo, 2005)

- Época del Empirismo (siglo I- 1910): esta época comprende la era mística del siglo X; la era científica representada por Fauchard en el siglo XVIII; la era de la anestesia general en 1844 representada por Horace Wells y la era Germicida de 1891.
- Época de la infección focal (1910- 1928)
- Época del resurgimiento endodóntico (1928- 1936)
- Época de la concretización (afirmación) de la endodoncia (1936- 1940)
- Época de la simplificación endodóntica (1940- 1980)
- Época contemporánea o Endodoncia actual (1980- 2004)

En los últimos 20 años se dio una evolución técnica de esta especialidad, aumentando en gran medida las tasas de éxito del tratamiento de conductos. Uno de los adelantos técnicos más importante (una herramienta fundamental para realizar un buen diagnóstico) fue el examen radiográfico. Además, hoy en día se cuentan con los sistemas de imagen digital como la tomografía computarizada (cone beam) que, a pesar de ser métodos costosos, son recursos valiosos para diagnosticar patologías que no se valoran mediante el análisis radiográfico (Leonardo, 2005).

Existen varios otros adelantos técnicos que marcan la era de la Endodoncia contemporánea tales como los nuevos sistemas oscilatorios para la instrumentación de los conductos, la innovación del ultrasonido para ayudar a la irrigación, el desarrollo de la segunda generación de los localizadores electrónicos del foramen en la década de los 80 que ha permitido una conductometría confiable en más del 95% de los casos (Leonardo, 2005).

Dados todos los avances tecnológicos que caracterizan esta última década la Endodoncia fue reconocida como especialidad odontológica en 1963, en la 104ª asamblea general de la Asociación Americana de Odontología (Leonardo, 2005).

La definición clínica de la Endodoncia es la prevención o eliminación de la periodontitis apical. Las bacterias presentes en el sistema de conductos radiculares de dientes con necrosis pulpar son las causantes de la presencia de la periodontitis apical. Los dientes con pulpas vitales (a pesar de que presenten una pulpitis irreversible) no están infectados; por ende, en estos dientes el propósito de la Endodoncia es de prevenir la aparición de la periodontitis apical (Swift Jr, 2004).

Es importante tener en cuenta que hay una íntima relación entre la presencia de bacterias en el interior del sistema de conductos radiculares y el desarrollo de lesiones periapicales (Ferrari & Bombana, 2005).

Shen, Y et al aseguran que las bacterias son la causa principal de la enfermedad periapical. El objetivo principal de la endodoncia es la eliminación de las bacterias del sistema de conductos radiculares y la prevención de la recontaminación después del tratamiento.

La preparación del sistema de conductos radiculares es de las partes más importantes del tratamiento de endodoncia. Es mediante este paso que se desinfectan los conductos radiculares y se eliminan los restos de tejido pulpar. La preparación de los conductos radiculares consta de dos partes: (Ingle & Bakland, 2004)(Walton & Torabinejad, 1986)

- Una parte mecánica que consiste en la instrumentación de los conductos mediante diversos tipos de instrumentos.

- Una parte química, también imprescindible, que consiste en la irrigación de los conductos mediante diversas sustancias irrigantes antibacterianas y lubricantes.

La instrumentación del sistema de conductos puede llevarse a cabo mediante instrumentos manuales o rotatorios. Los instrumentos tienen diferentes configuraciones pero están convencionalmente agrupados de acuerdo a la ISO (International Organization for Standardization) y la ANSI (American National Standards Institute). La calidad, tamaño y propiedades físicas de los instrumentos endodónticos y de los materiales usados para su confección están bien definidos. Las propiedades de los instrumentos se relacionan directamente al tipo de aleación metálica que los compone (acero inoxidable o níquel-titanio), del grado de conicidad y del diseño de la sección transversal (Bergenholtz & Col, 2010).

Los instrumentos hechos a base de acero inoxidable tienen mayor rigidez (la cual aumenta de acuerdo al tamaño del instrumento) que los instrumentos de níquel-titanio. Los instrumentos muy rígidos tienen mayor capacidad de corte en la sección convexa (externa) que en la parte cóncava (interna) lo cual va a acentuar la curvatura de los canales radiculares que ya son curvos. Esto aumenta las fuerzas de torsión sobre el instrumento, aumentando también los riesgos de fractura de dichos instrumentos. La rigidez de los instrumentos de acero inoxidable no los hace capaces de flexionarse y adaptarse a la anatomía de los conductos curvos lo cual aumenta el riesgo de generar perforaciones, gradas en las paredes del conducto y crear una conformación irregular del sistema de conductos la cual es difícil de limpiar, desinfectar y obturar (Bergenholtz & Col, 2010).

Con el tiempo, clínicos e investigadores han encontrado una variedad de métodos para contrarrestar la rigidez de los instrumentos de acero inoxidable. Como solución se ha propuesto el uso de instrumentos de níquel-titanio (Ni-Ti) en reemplazo al acero

inoxidable. El níquel- titanio es un material que cuenta con la propiedad de súperelasticidad lo cual permite a los instrumentos (tanto manuales como rotatorios) de ser usados en conductos curvos con menos fuerza lateral ejercida. En concepto, todos estos instrumentos están hechos de Nitinol, una aleación equiatómica del Ni-Ti (usando 55% Ni y 45% Ti y sustituyendo cierta cantidad de Ni con menos de 2% de Co) que tiene menor módulo de elasticidad y mayor resistencia a la deformación plástica que el Ni-Ti puro (Bergenholtz & Col, 2010).

Los avances en el campo de la Endodoncia han permitido el uso de instrumentos rotatorios de Ni-Ti. La idea detrás del desarrollo de estos instrumentos es que estos pueden mejorar la calidad y eficacia de la preparación mecánica del sistema de conductos radiculares. Por ejemplo, debido a que permiten un diseño con mayor conicidad, estos instrumentos otorgan un buen contorno a nivel de la transición del los tercios medio y apical del conducto radicular (Bergenholtz & Col, 2010).

El sistema rotatorio ProTaper Ni-Ti se basa en un concepto único que requiere de 6 instrumentos. Tres instrumentos son denominados “shapping files” o limas conformadoras y tres instrumentos son denominados “finishing files” o limas de acabado. Estos instrumentos fueron diseñados por los doctores Cliff Ruddle, John West y Pierre Machtou. La sección de corte transversal de los instrumentos ProTaper se asemeja a un acariador, con tres ejes de corte afilados y un cuerpo convexo (Drukteinis & Balciuniene, 2006).

Por otra parte, la fase de irrigación del sistema de conductos radiculares se relaciona con el lavado de todos los restos y sustancias que puedan estar contenidos en la cámara pulpar y en los conductos radiculares. El irrigante tendría que idealmente penetrar en la totalidad del sistema de conductos radiculares permitiendo así su desinfección (Karunakaran J. V et al).

Stewart aseguró en 1995 que el éxito del tratamiento de conductos radica en los procedimientos quimiomecánicos realizados en conjunto. Peters y col. en el 2001 aseguran que debido a la complejidad anatómica del sistema de conductos radiculares, aproximadamente el 40 al 50% de la superficie de la paredes de los conductos radiculares no es instrumentada durante la preparación, el desbridamiento es insuficiente (Ballal & Col, 2011). Esto quiere decir que la instrumentación mecánica del sistema de conductos radiculares solo se limita a los conductos principales pero no engloba todas las complejidades de la anatomía radicular como son los conductos recurrentes, accesorios, secundarios, deltas apicales. Estas ramificaciones son inalcanzables únicamente con limas. De esta manera, la irrigación es un coadyuvante esencial a la instrumentación mecánica y así poder garantizar una mayor desinfección y un tratamiento de conducto exitoso (Ingle & Bakland, 2004).

Es esencial considerar que la instrumentación mecánica de los conductos hace que la dentina de las paredes del conducto radicular se desprenda de ellas. Junto con los desechos de dentina formados también se desprenden de la instrumentación las bacterias pegadas a las paredes de dentina de los conductos. Los productos de la instrumentación mecánica deben ser eliminados del sistema de conductos radiculares mediante irrigación química ya que estos productos de desecho taponan la entrada de los túbulos dentinarios. Así, se generaría una fuente para la multiplicación bacteriana, la infección o reinfección y la calidad de la obturación final se vería perjudicada (Ingle & Bakland, 2004) (Walton & Torabinejad, 1986).

La capa de desechos que se forman por la instrumentación mecánica cubren la entrada de los túbulos dentinarios y toma el nombre de barrillo dentinario. Estos desechos también penetran en cierto grado en el interior de los túbulos dentinarios. A estas partes que

penetran en el interior de los túbulos se las denomina “smear plugs”(Teixeira & Col, 2005).

La solución irrigadora ideal tendría que ser capaz de penetrar y desinfectar la totalidad del sistema de conductos radiculares por medio de la disolución de los componentes orgánicos (tejido pulpar necrótico y no necrótico, predentina y microorganismos) y de los componentes inorgánicos (componentes minerales de los túbulos dentinarios) del barrillo dentinario. Adicionalmente, el irrigante ideal tendría que permitir la eliminación por barrido de los desechos, la lubricación de los canales durante la preparación biomecánica y a la vez tener biocompatibilidad con los tejidos perirradiculares (Karunakaran & Col, 2012).

Sin embargo, hasta la fecha no existe sustancia irrigadora capaz de actuar a la vez sobre la parte orgánica como sobre la inorgánica del barrillo dentinario. Así, para la irrigación final del sistema de conductos se ha usado mucho la aplicación de EDTA al 17% (que actúa sobre los componentes inorgánicos del barrillo dentinario posterior a la limpieza con hipoclorito de sodio al 5.25% (que cuenta con la capacidad de disolver tejido orgánico) (Teixeira & Col, 2005). Como respuesta a la necesidad de encontrar un irrigante final capaz de eliminar el barrillo dentinario por sí sólo, sin necesidad de combinarlo con otro irrigante, la casa comercial Dentsply sacó al mercado un irrigante novedoso llamado Qmix. Esta casa comercial asegura que la irrigación final del sistema de conductos con el Qmix permite eliminar el barrillo dentinario y que además el producto cuenta con propiedades antimicrobianas que refuerzan la desinfección final (Stojicic & Col, 2012).

#### 5.4) El barrillo dentinario

A pesar de que la limpieza y la conformación del sistema de conductos radiculares sean considerados requerimientos básicos para el éxito del tratamiento de conductos, varias investigaciones han demostrado que tanto la instrumentación mecánica como la manual tienen limitaciones para crear la preparación ideal (Drukteinis & Balciuniene, 2006).

Todos los instrumentos endodónticos crean desechos de dentina y como consecuencia de su acción sobre las paredes de los canales se forma el barrillo dentinario (Drukteinis & Balciuniene, 2006).

McComb y Smith, cerca del año 1975, fueron los primeros en mencionar la presencia del barrillo dentinario como subproducto directo, inevitable e indeseable de la instrumentación mecánica (sea manual o rotatoria) del sistema de conductos radiculares (Estrela, 2005).

Los desechos dentinarios producto del raspado de las paredes de dentina de los conductos son compactados a lo largo de toda la superficie de las paredes del conducto. Esto aumenta el riesgo para la contaminación bacteriana y reduce la adaptación del cemento sellador y de la gutapercha en la fase de obturación (Drukteinis & Balciuniene, 2006). Los desechos formados después de la preparación biomecánica deben ser removidos porque retrasan la penetración de los agentes antimicrobianos y de la medicación intraconducto hacia el interior de los túbulos dentinarios (Nelson Filho & Col, 2009).

La capa de desechos que se deposita a lo largo de las paredes de los conductos radiculares como consecuencia de la instrumentación mecánica contiene desechos de dentina, remanentes de tejido pulpar, remanentes de procesos odontoblásticos y en algunos

casos también puede haber bacterias. Esta capa se ha denominado barrillo dentinario, barro dentinario o capa residual (Sen & Col, 1995).

El barrillo dentinario tiene una apariencia granular e irregular cuando se observa bajo el microscopio electrónico de barrido. Esta apariencia se relaciona por la remoción de los componentes superficiales de las paredes de dentina durante la instrumentación (Sen & Col, 1995).

El barrillo dentinario está compuesto de una fase orgánica y de una inorgánica. La fase orgánica está formada por bacterias, células sanguíneas, fibras colágenas, remanentes de procesos odontoblásticos y/o remanentes de tejido pulpar necrótico. La fase inorgánica la forman los desechos de dentina las cuales se constituyen de hidroxapatita, los minerales más presentes son el calcio y el fósforo (Sen & Col, 1995).

El grosor registrado del barrillo dentinario varía entre 1 $\mu$ m y 5 $\mu$ m. Este espesor depende del tipo de instrumento, de su nitidez de corte y de la hidratación de la dentina al momento del corte (si la dentina estaba húmeda o seca durante el corte) (Sen & Col, 1995).

Cameron en 1983 y Mader et al en 1984 clasificaron a los materiales de desecho en dos partes. La primera parte o parte superficial que corresponde al barrillo dentinario propiamente (que recubre superficialmente la entrada de los túbulos dentinarios). La segunda parte la forman los materiales de desecho que penetran a cierta profundidad en el interior de los túbulos dentinarios, los cuales toman el nombre de “smear plugs”. La profundidad de los “smear plugs” se extiende hasta las 40 $\mu$ m (Sen & Col, 1995).

Las ventajas y desventajas de la presencia del barrillo dentinario y la decisión de removerlo o no de las paredes de dentina instrumentada siguen siendo una fuente de controversia. Esto se debe al hecho de que algunos autores (como Vojinovic y col. en

1973) aseguran que el barrillo dentinario puede actuar como una barrera física ante la penetración de bacterias y sus productos de desecho. Estos autores sugieren que los “smear plugs” funcionan como verdaderos tapones que reducen la permeabilidad dentinaria y evitan que los microorganismos ingresen en los túbulos dentinarios (Sen & Col, 1995)

Sin embargo, la mayoría de estudios apoyan la eliminación del barrillo dentinario de las paredes de la dentina instrumentada. Los autores de estos artículos sugieren que a pesar de la instrumentación mecánica de los conductos, muchas bacterias se mantienen en el sistema de conductos radiculares en el barrillo dentinario. Esto hace que el barrillo dentinario sea una fuente para el acumulo y la multiplicación bacteriana lo cual puede llevar a una reagudización del proceso infeccioso y al fracaso de la endodoncia (Sen & Col, 1995).

Uitto et al en 1988 demostraron que el barrillo dentinario puede ser degradado por acción de las enzimas proteolíticas liberadas por ciertas bacterias. Esta degradación del barrillo dentinario generaría grietas entre el material obturador y las paredes de dentina. Esta teoría desecha la idea de que el barrillo dentinario sirve como una barrera contra la proliferación bacteriana (Sen & Col, 1995).

Eliminar el barrillo dentinario es un proceso necesario para el éxito del tratamiento de conductos. Como el barrillo dentinario está constituido por una parte orgánica y una parte inorgánica se debe buscar un irrigante capaz de actuar sobre las dos fases del barrillo dentinario para promover su remoción. La combinación más usada actualmente para este fin es la irrigación con EDTA al 17% (elimina la parte inorgánica) seguida de la irrigación con hipoclorito de sodio al 5.25% (actúa sobre la fase orgánica del barrillo dentinario) (Sen & Col, 1995).

### 5.5) El hipoclorito de sodio (NaOCl) y su importancia en el tratamiento de conductos

El uso en Odontología del hipoclorito de sodio se inició en 1792 cuando fue producido por primera vez y recibía el nombre de Agua de Javele. El hipoclorito de sodio pertenece al grupo de los compuestos halogenados (Estrela, 2005).

El hipoclorito de sodio es una sal que se compone de la unión de ácido hipocloroso y de hidróxido de sodio (que tiene propiedades oxidantes). Además, el hipoclorito de sodio es hipertónico y muy alcalino (con un pH entre 11.5 y 11.7) (Herrera & Azuero, 2006).

La solución de hipoclorito de sodio con pH elevado, alrededor de 11 a 12, es más estable y la liberación de cloro más lenta. Si se reduce el pH de la solución, ya sea con ácido bórico o con bicarbonato de sodio, el hipoclorito queda muy inestable y la pérdida de cloro es más rápida. Esto sugiere que el tiempo de vida útil de la solución es pequeño. La luz solar y la temperatura elevada provocan la liberación del cloro y dejan la solución ineficaz (Estrela, 2005).

La solución de hipoclorito de sodio representa la mayor indicación en la clínica endodóntica mundial para la irrigación del sistema de conductos radiculares (Estrela, 2005).

En la lista de propiedades que convierten al hipoclorito de sodio en la opción más valorada y adecuada para realizar la irrigación de los conductos se destacan: (Soares & Golberg, 2002)

- Buena capacidad de limpieza.
- Poder antibacteriano efectivo

- Neutralizante de productos tóxicos
- Disolvente de tejido orgánico
- Acción rápida y desodorizante

El potencial antimicrobiano del hipoclorito de sodio se relaciona con el hecho de que cuando el hipoclorito de sodio es añadido al agua (la dentina contiene agua en su composición) se forma ácido hipocloroso (HOCL). Este compuesto contiene cloro activo el cual es liberado y ejerce un efecto antimicrobiano por oxidación irreversible de los grupos -SH de las enzimas bacterianas esenciales lo cual altera por completo el metabolismo bacteriano (Poggio & Col, 2012)

Tal como lo menciona Estrela, C algunos factores pueden afectar la calidad de la solución de hipoclorito de sodio, principalmente al considerarse la estabilidad de la solución. El pH de la solución, su contenido de cloro, el método de almacenamiento y la temperatura son factores que deben ser muy considerados (Estrela, 2005).

El aumento de la temperatura tiene un efecto benéfico sobre la acción del hipoclorito de sodio. Varios estudios han demostrado que un aumento de temperatura mejora la acción disolvente del hipoclorito de sodio. También se ha sugerido que el aumento de temperatura aumenta el efecto bactericida del hipoclorito y mejora del desbridamiento (Estrela, 2005)(Ingle & Bakland, 2004). Sin embargo, Machtou y Yana aseguran que no es necesario calentar previamente la solución de hipoclorito de sodio ya que ésta de por sí se calienta una vez que se aplica en el interior del sistema de conductos radiculares (rápidamente adquiere la temperatura corporal) (Estrela, 2005).

Otro factor que influye en el mecanismo de acción del hipoclorito es su grado de dilución. Entre las posibles ventajas de diluir la solución de hipoclorito se encuentran:

reducir el olor del producto y reducir el potencial de toxicidad con los tejidos periapicales (Estrela, 2005)(Ingle & Bakland, 2004). Sin embargo, no es recomendable diluir las soluciones de hipoclorito de sodio ya que la disolución disminuye las propiedades antimicrobianas del producto, reduce su capacidad de disolver tejido (por ende la capacidad de desbridamiento es también menor) y aumenta el tiempo de trabajo (se requiere de mayor tiempo de exposición a la solución para destruir a las bacterias) (Estrela, 2005)(Ingle & Bakland, 2004).

Hay que tener en consideración la importancia de la concentración de la solución de hipoclorito de sodio según los resultados esperados en cada tratamiento. A mayor concentración del hipoclorito de sodio mayor es el grado de penetración del producto en los túbulos dentinarios (Estrela, 2005)(Ingle & Bakland, 2004). Goldman y col. en 1982 aseguraron que el grado de penetración del hipoclorito de sodio en el interior de los túbulos dentinarios también aumenta cuando se aplica previamente EDTA al 17% debido a la remoción de la mayoría del barrillo dentinario que taponaba la entrada de los túbulos dentinarios (Estrela, 2005).

Es importante tener en cuenta que la colocación de hipoclorito de sodio en la irrigación final después de haber irrigado con EDTA al 17% retiene el potencial calcioquelante del EDTA y a la vez potencia la propiedad antibacteriana moderada del EDTA. Sin embargo, el hipoclorito de sodio pierde la cantidad de cloro libre disponible en su composición cuando es mezclado con EDTA, lo cual reduce su capacidad antimicrobiana y de disolución de tejido. Por lo que se recomienda lavar varias veces con hipoclorito de sodio después de haber irrigado con EDTA (Grawehr & Col, 2003).

### 5.6) El uso de la solución quelante de EDTA al 17% es muy popular en el tratamiento de endodoncia

El término “quelante” es originario del griego, de la palabra “chele” (pinza de cangrejo). Los quelantes son complejos estables de iones metálicos y sustancias orgánicas. Su estabilidad se relaciona con el fuerte enlace entre el quelante, que tiene más de un par de electrones libres, y un ión central metálico. Los quelantes tienen la capacidad de unirse e inactivar los iones metálicos (Hulsmann & Col, 2003).

Los agentes quelantes se introdujeron en Endodoncia en 1957 por Nygaard- Osby como una ayuda para la preparación de conductos estrechos y calcificados. Estos autores recomendaron el uso de EDTA al 15%, con un pH de 7.3 y con la siguiente composición:(Hulsmann & Col, 2003)

- Sal disódica de EDTA (17.00g)
- Agua destilada (100.00mL)
- hidróxido de sodio (9.25mL)

Después de unos años se añadió a la composición un detergente con el objetivo de aumentar el poder limpiador y el potencial bactericida del EDTA. A esta nueva composición se la denominó EDTAC. Se genera mezclando el EDTA con 0.84g de amonio cuaternario. Sin embargo, no se han registrado grandes diferencias de efectividad entre el EDTA y el EDTAC (siendo este último más irritante para los tejidos blandos) por lo que el EDTA al 17% sigue siendo el quelante más usado en los tratamientos de endodoncia (Hulsmann & Col, 2003).

La sustancia quelante como el EDTA interactúa con los iones metálicos de los cristales de hidroxiapatita de la dentina formando quelatos metálicos. Esto sucede para los quelantes

que tienen en el extremo de sus moléculas radicales libres que se unen a iones metálicos. Así, estas sustancias roban los iones metálicos del complejo molecular al cual se adhieren (en este caso los iones metálicos de la dentina) y forman quelatos metálicos con los iones que roban. Estos quelatos metálicos están fijados mediante una unión coordinante que toma el nombre de quelación. De esta manera, la irrigación con EDTA al 17% (sustancia quelante que se usa con más frecuencia en los tratamientos de endodoncia) hace que la dentina peritubular, rica en hidroxapatita, se reblandezca y así los túbulos dentinarios aumentan su diámetro (Rivas Muñoz).

Entre las soluciones quelantes que más se usan para la irrigación se incluyen EDTA, EDTAC (mencionado anteriormente) y RC-Prep o Endo- Prep (formado por EDTA y peróxido de urea en una base de carbowax). La popularidad del RC- Prep radica que en combinación con el hipoclorito de sodio, la interacción del peróxido de urea de la solución con el hipoclorito de sodio produce una acción efervescente la cual se piensa ayuda a desalojar por flotación los residuos de dentina. Esta propiedad nunca ha sido demostrada. Además, se sugiere que la pasta de EDTAC no es aconsejable porque no permite la remoción del barrillo dentinario (como lo hace la solución líquido de EDTA al 17%) y en vez de tener un efecto lubricante benéfico sobre los instrumentos, Zehnder asegura que los lubricantes con carbowax podrían tener resultados contraproducentes (Rivas Muñoz).

El EDTA tiene un pH de 7.3, cercano al neutro. Conforme el pH aumenta también incrementa la penetración del EDTA hacia los espacios reducidos. El EDTA se usa en concentraciones que varían del 10% al 17%. Otro dato importante es que se ha demostrado que la capacidad de quelación del EDTA aumenta a medida que su acidez disminuye (Amable, 2011).

El EDTA no debe ser mezclado directamente con hipoclorito de sodio ya que son sustancias que interactúan mucho entre sí. El EDTA reduce inmediatamente la cantidad de cloro disponible en la solución de hipoclorito haciendo que se reduzca su capacidad antimicrobiana. Esto justifica el uso de suero fisiológico entre la irrigación final de EDTA al 17% y la aplicación secuencial de hipoclorito de sodio al 5.25% (Rivas Muñoz).

Estudios recientes han demostrado que 1 minuto de exposición a 10mL de EDTA al 17% es suficiente para remover el barrillo dentinario. Una exposición a 10 minutos causaría una erosión excesiva de las dentinas intertubular y peritubular (Hulsmann & Col, 2003).

Como todo irrigante endodóntico el EDTA debe emplearse con precaución. En 1996, Segura y col demostraron que una pequeña cantidad de EDTA que se difunde por la constricción apical puede resultar no sólo en una descalcificación irreversible del hueso periapical sino que también puede tener consecuencias serias a nivel neuroinmunológico. Su extrusión puede llegar a prevenir por ejemplo la adhesión de los macrófagos al sustrato (Hulsmann & Col, 2003).

Los quelantes como el EDTA no se caracterizan por tener un alto potencial antimicrobiano por lo que la irrigación con EDTA no es un reemplazo a la irrigación constante durante el tratamiento de conductos con hipoclorito de sodio. Sin embargo, usarlo como un coadyuvante en la irrigación final junto con el hipoclorito de sodio si permite llegar a una mejor desinfección debida la eliminación del barrillo dentinario. Así, La irrigación final con EDTA al 17% se destina a la eliminación del barrillo dentinario que taponan la entrada de los túbulos dentinarios. Esto promueve una mayor desinfección y a la vez mejora la calidad de la obturación final (Hulsmann & Col, 2003).

### 5.7) La combinación de EDTA al 17% y NaOCl al 5.25% como opción para realizar la irrigación final del sistema de conductos radiculares

La irrigación acompañada por la aspiración son procesos de mucho valor como auxiliares en la preparación del conducto radicular. Su uso en conjunto con la instrumentación mecánica es indispensable para el éxito del tratamiento de conductos (Soares & Golberg, 2002).

Los objetivos principales de la irrigación son: (Soares & Golberg, 2002)

- Eliminar (por remoción o disolución o ambos) los desechos presentes en el interior del conducto radicular. Estos desechos pueden ser preexistentes (restos pulpares, materiales del medio bucal) o formados como resultado de la instrumentación mecánica (virutas de dentina). Los desechos tienen tendencia a acumularse en el tercio apical del conducto por la acción de los instrumentos endodónticos hasta obstruir al conducto, e incluso pueden llegar a ser impulsados hacia el espacio periodontal, ejerciendo una acción agresiva, sobre todo si están contaminados.
- Reducir la cantidad de microorganismos existentes en el sistema de conductos radiculares, por el acto mecánico del lavado y por la acción antibacteriana de la sustancia usada.
- Facilitar la acción conformadora de los instrumentos endodónticos, por mantener las paredes de dentina hidratadas y lubricadas.

En resumen, mediante la irrigación se busca limpieza, desinfección y a la vez lubricación (Soares & Golberg, 2002).

Para realizar la irrigación existe una amplia gama de productos destinados a este fin. La selección del producto se hace de acuerdo a sus componentes y a los efectos

deseados en cada una de las condiciones clínicas de cada diente en tratamiento (Soares & Golberg, 2002).

Bystrom, A y Sunqvist, G también recalcan que el tratamiento de endodoncia incluye la limpieza de tejido pulpar y de bacterias de los conductos radiculares infectados. Para esto se requiere la instrumentación mecánica adecuada acompañada del uso de sustancias capaces de disolver tejido. Además, estos autores mencionan que el hipoclorito de sodio es el compuesto que registra la mejor capacidad de disolver tejido orgánico, es el irrigante de referencia para los tratamientos de endodoncia (Soares & Golberg, 2002).

Sin embargo, el irrigante no sólo tiene que tener la capacidad de disolver tejido orgánico. Cuando la dentina es cortada por medio de instrumentos manuales o rotatorios, los tejidos mineralizados son destrozados y producen una cantidad considerable de desechos que se acumulan en las paredes de los conductos. Así, es necesario realizar una irrigación final combinando sustancias. Una sustancia es destinada a eliminar componentes orgánicos (remanentes de procesos odontoblásticos, tejido pulpar y bacterias) y la otra es capaz de remover los desechos inorgánicos del barrillo dentinario (Violich & Chandler, 2010).

Para la irrigación final se ha aceptado que el método más efectivo para remover el barrillo dentinario es irrigando el conducto radicular con 10mL de EDTA al 17% seguido por la irrigación con 10mL de hipoclorito de sodio al 5% (con la aplicación de suero fisiológico intermedio). El EDTA desmineraliza la dentina y remueve el tejido inorgánico del barrillo dentinario mientras que el hipoclorito de sodio actúa removiendo los componentes orgánicos del barrillo dentinario (Herrera & Azuero, 2006).

Estrela, C argumenta que es urgente tener en cuenta que el conducto radicular debe estar lleno de sustancia irrigantedurante toda la preparación, siendo esta renovada a cada cambio de lima. Después, el conducto tiene que secarse y ser rellenado con EDTA trisódico (pH 7.2), agitado por 3 minutos. Posteriormente, se debe realizar una nueva irrigación con hipoclorito de sodio, no para neutralizar la acción del EDTA, sino para potenciar su efecto, pues ahora su eficacia probablemente será mayor, pudiendo liberar más cloro y ácido hipocloroso, antimicrobianos reconocidos (Estrela, 2005).

La irrigación final con EDTA al 17% seguida de hipoclorito de sodio al 5.25% es un paso fundamental ya que permite eliminar el barrillo dentinario y fomenta el ingreso del hipoclorito de sodio en los túbulos dentinarios, esto aumenta las tasas de éxito del tratamiento de conductos largo plazo. En efecto, las bacterias que predominan en infecciones endodónticas primarias son anaerobios estrictos debido a que las condiciones ecológicas en los conductos favorecen al crecimiento de este tipo de bacterias. Condiciones tales como nutrientes, baja capacidad de oxidación- reducción, pH, temperatura y las relaciones bacterianas. Estos microorganismos son de relativamente fácil eliminación por la irrigación con hipoclorito de sodio. Pero, también se han aislado cepas de enterococos, bacterias gram positivas facultativas que son difíciles de erradicar. Son capaces de sobrevivir en ambientes con escaso aporte nutricional. No necesitan de ningún tipo de interacción con otro tipo de bacterias para sobrevivir Normalmente estos microorganismos residen en los intestinos humanos y pero también pueden encontrarse en la cavidad oral. De la familia de los enterococos, la bacteria que más se ha aislado es el *Enterococcus faecalis*. Lo importante es que los enterococos tienen la capacidad de penetrar en el interior de los túbulos dentinarios lo cual hace imprescindible eliminar el barrillo dentinario mediante la irrigación final para que el irrigante antimicrobiano penetre con

eficacia en el interior de los túbulos dentinarios. Los microorganismos residuales juegan un papel fundamental en los fracasos de los tratamientos. Las bacterias que permanecen en el interior de los túbulos dentinarios son reservorios bacterianos importantes que fomentan la infección o la reinfección del sistema de conductos antes y después del tratamiento de endodoncia (Ferrari & Bombana, 2005).

Debido a la alta resistencia que presentan ciertas bacterias a los medicamentos intraconducto, a los antibióticos y a ciertos irrigantes (bacterias del género *Actynomesis*, *Candida albicans* y sobre todo *Enterococcus faecalis*) la solución de hipoclorito de sodio al 5.25% es la que demuestra ser más efectiva para la irrigación porque a mayor concentración del hipoclorito de sodio, menor tiempo de exposición al irrigante se necesita para tener efecto sobre los microorganismos más resistentes (Radcliffe & Col, 2004). En su estudio Radcliffe, L et al también comprobaron que la solución de hipoclorito de sodio al 5.25% no logra eliminar todos las cepas de *Enterococcus faecalis* en 1 minuto pero que cuando se la deja actuar por 2 minutos su eficacia en la eliminación del *Enterococcus faecalis* muestra ser del 100% (Radcliffe & Col, 2004).

### 5.8) El nuevo irrigante final Qmix

Se ha introducido al mercado el Qmix, una nueva opción para realizar la irrigación final en el tratamiento de conductos. Este producto se ha propuesto por la casa comercial Dentsply la cual revela que el producto cuenta con gran capacidad de remoción del barrillo dentinario, un alto potencial antimicrobiano (muy semejante al potencial del hipoclorito de sodio) y además se usa en un solo paso (Dentsply, 2012).

El Qmix consiste en una única solución irrigadora final que promueve la remoción del barrillo dentinario y la desinfección. Permite reducir los pasos del protocolo para la

irrigación final. En vez de realizar la irrigación final en dos pasos colocando EDTA al 17%, suero fisiológico y después hipoclorito de sodio; se hace la irrigación final en un solo paso únicamente colocando el Qmix. Esto permite reducir el tiempo de trabajo y obtener mejores resultados en cuanto remoción del barrillo dentinario y desinfección (Dentsply, 2012).

Además, la casa comercial Dentsply asegura que la irrigación final con Qmix es menos nociva para la dentina que la irrigación final con EDTA al 17% seguida de hipoclorito de sodio al 5.25% (Dentsply, 2012).

La solución de Qmix viene en un envase lista para ser usada y ofrece un tiempo de trabajo rápido que varía entre los 60 y 90 segundos. En otras palabras, los fabricantes mencionan que el QMIX requiere de 1 minuto a 1 minuto y medio para eliminar el barrillo dentinario y ejercer su efecto antimicrobiano (Dentsply, 2012).

Según Franklin, T PhD del colegio médico de Georgia, el Qmix remueve por completo el barrillo dentinario y los “smear plugs”. Es menos agresivo que el EDTA por lo que la desmineralización dentinaria es menor (Dentsply, 2012).

Stojicic, S y col realizaron un estudio en laboratorio para comprobar la eficacia del Qmix ante el *Enterococcus faecalis* (microorganismo muchas veces responsable de las fallas en los tratamientos de conducto debido a su persistencia dentro de los túbulos dentinarios y su metabolismo resistente). Además, por medio de su estudio, Stojicic, S y col lograron examinar la habilidad del Qmix para remover el barrillo dentinario. Para realizar el estudio se expusieron cepas de *Enterococcus faecalis* al Qmix, a la clorhexidina al 2%, al MTAD y al hipoclorito de sodio al 1% y al 2%, por 5 segundos, 30 segundos y 3 minutos. Los resultados del estudio demostraron que tanto el Qmix como el hipoclorito de

sodio lograron terminar con el *Enterococcus faecalis* después de 5 segundos de exposición a estos irrigantes. Mientras que la clorhexidina al 2% y el MTAD no fueron capaces de terminar con el *Enterococcus faecalis* ni siquiera después de 3 minutos de exposición a estos irrigantes. El estudio de Stojicic, S y col también reveló que el hipoclorito de sodio al 2% tiene mayor capacidad antibacteriana que la solución al 1%, a mayor concentración el hipoclorito de sodio tiene mejores efectos antibacterianos (Stojicic & Col, 2012).

Stojicic, S y col. también examinaron el grado de remoción del barrillo dentinario otorgado por el Qmix frente al grado de remoción del barrillo dentinario del EDTA. Los resultados fue que ambos irrigantes presentaban un grado de remoción del barrillo dentinario muy similar (Stojicic & Col, 2012).

Qmix, es una solución irrigante premezclada de acción dual que limpia y a la vez desinfecta el sistema de conductos radiculares después de la instrumentación endodóntica. En otras palabras se utiliza como irrigante final antes de obturar los conductos. No debe ser usado como desinfectante general (la irrigación con Qmix no reemplaza la irrigación con hipoclorito de sodio durante la instrumentación) o como enjuague oral (Dentsply, 2011).

En cuanto a las precauciones hay que considerar que el Qmix es un producto corrosivo del metal, tiene que mantenerse lejos del alcance de los niños y el producto contiene clorhexidina lo cual puede causar reacciones alérgicas en algunos pacientes. Hay que evitar el contacto de este producto con los ojos ya que esto podría causar una irritación ocular severa y abrasión. La inhalación directa del Qmix puede provocar irritación de las vías respiratorias así como de las mucosas que las recubren. El paciente no debe tragar el producto ya que se podrían presentar náuseas, vómito, diarrea o dificultades para deglutir (Dentsply, 2011).

Método de utilización del Qmix: (Dentsply, 2011)

- Agitar el tarro de Qmix antes de la dispensación sin crear burbujas o espuma.
- Realizar una irrigación final con hipoclorito de sodio hasta 6.15% antes de usar el Qmix.
- Limpiar el hipoclorito de sodio mediante una irrigación con solución salina.
- Llenar la jeringa de irrigación con Qmix.
- Colocar la jeringa cargada con Qmix junto con la aguja de irrigación en el conducto hasta 2mm del ápice e irrigar.
- La irrigación tiene que hacerse entre 60 y 90 minutos.
- Secar el conducto con puntas de papel absorbible estériles.
- Sellar y obturar.

## VI. MATERIALES Y MÉTODOS

Se escogerán 18 piezas dentales entre premolares y molares humanos extraídos, tomados en referencia a los criterios de inclusión (detallados más adelante) para realizar el estudio. Todos los dientes serán conservados en suero fisiológico, a temperatura ambiente, a partir del momento de su extracción hasta realizar la práctica de la investigación. Esto para evitar las alteraciones de la estructura interna de las piezas por desecamiento. También, se realizará un recambio de la solución de suero fisiológico cada semana. Se tomarán radiografías periapicales con la ayuda de un radiovisiógrafo para determinar la facilidad de acceso a las cámaras pulpares y a los conductos radiculares de cada uno de los dientes.

### 6.1) Criterios de inclusión

- Únicamente premolares y/o molares extraídos por fines ortodónticos
- Piezas sin tratamiento endodóntico previo
- Dientes unirradiculares
- Dientes sin ningún tipo de tratamiento restaurador a nivel coronal
- Dientes libres de caries
- Dientes con accesos radiográficamente visibles y accesibles a la cámara pulpar y a los conductos radiculares
- Dientes sin ningún signo radiográfico de calcificación
- Una vez seccionados los dientes, los fragmentos tienen que estar en buena calidad para la evaluación, íntegros y sin rastros de fracturas

### 6.2) Criterios de exclusión

- Dientes que no sean premolares o molares unirradiculares
- Piezas con caries extensas
- Piezas con traumatismos previos o fracturadas
- Piezas multirradiculares
- Conductos con ángulo de curvatura severa según la clasificación de Schnyder
- Dientes con signos radiográficos de cámara pulpar y/o conductos calcificados de difícil acceso
- Después de la hemisección dentaria, fragmentos fracturados, no íntegros

### 6.3) Materiales

- Discos ultradelgados de diamante marca BesQual de 0.13\*22mm
- Micromotor de baja velocidad marca NSK
- Limas K número 10, 15 y 20 de la casa comercial Dentsply Maillefer
- Radiovisógrafo de la Clínica Odontológica de la Universidad San Francisco de Quito
- Sistema rotatorio de instrumentos Protaper de la casa comercial Dentsply Maillefer
- Jeringas de irrigación de plástico desechable marca Nipro de 10mL
- Clorox o hipoclorito de sodio al 5.25%
- Solución irrigadora de EDTA al 17% de la casa comercial Ultradent
- Agujas de irrigación lateral
- Puntas de papel de la casa comercial Dentsply Maillefer
- Marcador sharpie permanente de color negro
- Cinsel fino marca Delta
- Microscopio electrónico de barrido DSM ADDA II, facilitado por la ESPE
- Solución irrigadora Qmix de la casa comercial Dentsply Maillefer
- Solución fisiológica de la casa comercial Laboratorios Lira S.A.

## VII. METODOLOGÍA

Las coronas de cada diente se seccionarán a nivel de la unión cemento esmalte con uno de los discos de diamante ultradelgados y con la ayuda del micromotor. Se procederá a tomar la longitud de trabajo de cada una de las piezas con una lima K número 10 y el radiovisógrafo.

Número de la pieza dentaria	Longitud de trabajo (en milímetros)
1	16
2	17
3	17
4	15
5	15
6	12
7	13
8	12
9	13
10	15
11	14
12	16
13	10
14	9
15	12
16	12
17	12
18	10

Tabla 7.1) Longitudes de trabajo radiográficas de cada diente

Los segmentos dentales se instrumentarán con un sistema rotatorio de instrumentos Protaper siguiendo la secuencia de uso recomendada por el fabricante. Los conductos radiculares serán constantemente irrigados con 10mL de NaOCl al 5.25% con la aguja de irrigación lateral medida a 3mm corta de la longitud de trabajo después de cada lima.

La secuencia de instrumentación corono-apical con instrumentos rotatorios Protaper recomendada por el fabricante es la siguiente:

- Limas K 10, 15, 20

- Lima Protaper S1
- Patentizar con Limas K 10, 15, 20 (dependiendo del caso)
- Lima Protaper Sx
- Limas Protaper S1 y S2
- Limas Protaper F1, F2 y F3

Una vez finalizada la instrumentación de los conductos radiculares de cada una de las piezas se procederá a dividir aleatoriamente a los dientes en 3 grupos distintos de 6 piezas cada uno. A cada grupo se le aplicará un irrigante final distinto para comprobar el grado de remoción del barrillo dentinario otorgado por cada irrigante.

El primer grupo (n=6) será el de control positivo, en el que el agua destilada será el irrigante final. En este grupo, los conductos radiculares seleccionados serán irrigados al final de la instrumentación y desinfección con 5mL de agua destilada por 1 minuto y medio.

El segundo grupo de dientes (n=6) será sometido a la irrigación final con 5mL de EDTA al 17% por 1 minuto y medio, seguida de la irrigación con hipoclorito de sodio al 5.25% por 1 minuto y medio (se colocarán 5mL de suero fisiológico por 1 minuto y medio entre las dos sustancias para que no haya interacción entre el EDTA y el hipoclorito de sodio) después de haber realizado la debida instrumentación y desinfección de los conductos.

El tercer grupo de dientes (n=6) será sometido a la irrigación final con 5mL de Qmix después de haber instrumentado y desinfectado los conductos. El Qmix actuará en los conductos por 1 minuto y medio.

Se evitará que los distintos irrigantes finales sigan actuando más allá del minuto y medio mediante la irrigación con 10mL de agua destilada (esto se aplicará sólo para los grupo 2 y 3 ya que el agua destilada es el irrigante final del primer grupo de control positivo). Después, se procederá a secar los conductos radiculares con las puntas de papel.

Se realizarán pequeñas líneas de referencia para la fractura longitudinal de las piezas con un marcador permanente de color negro. Una línea se ubicará a lo largo de la superficie vestibular de la raíz y la otra en la superficie lingual o palatina de la raíz de cada diente. Seguido a este paso, con la ayuda de un disco de diamante ultradelgado colocado en base a las líneas de referencia para el corte, se seccionará cada fragmento dental en sentido longitudinal con la ayuda del micromotor. Con un cincel fino se procederá a separar por completo los fragmentos previamente cortados en sentido longitudinal hasta que el conducto radicular preparado quede totalmente expuesto. Se escogerá la mejor de las dos hemisecciones obtenidas para el conducto de cada pieza (Ver fotografía en anexos).

Las hemisecciones seleccionadas serán preparadas para poder ser observadas mediante microscopio electrónico de barrido. Para la preparación de las muestras, cada una se someterá a deshidratación. Para esto se sumergirán las muestras en concentraciones descendientes de acetona y después en concentraciones crecientes de alcohol etílico absoluto en distintos tiempos (Ver en Anexos las fotografías 20 y 21 las cuales ilustran el proceso de deshidratación).

### Método de deshidratación de las muestras para ser preparadas para análisis en el microscopio electrónico de barrido

Reactivo	Tiempo de inmersión
Acetona 60%	5 minutos
Acetona al 40%	5 minutos
Acetona al 20%	5 minutos

Tabla 7.2) Proceso de inmersión de las muestras en concentraciones descendientes de acetona según los tiempos indicados

Reactivo	Tiempo de inmersión
Alcohol 20%	20 minutos
Alcohol al 40%	20 minutos
Alcohol al 60%	20 minutos
Alcohol 80%	20 minutos
Alcohol al 100%	20 minutos

Tabla 7.3) Proceso de inmersión de las muestras en concentraciones creciente de alcohol según los tiempos indicados

Una vez expuestas a la acetona y al alcohol según las concentraciones y tiempos indicados en las tablas precedentes, las muestras se secarán en una estufa y posteriormente se sumergirán en oro. Cada fragmento será sometido al análisis en el microscopio electrónico de barrido para poder obtener muestras a 3000X o a 2000X de los sectores apical, medio y cervical de cada uno de los conductos instrumentados e irrigados (Ver en anexos la fotografía 22). Habrá un recuento total de 3 fotografías por cada fragmento y en total 18 para cada grupo de estudio.

#### 7.1) Proceso de evaluación

Con las fotografías del microscopio electrónico de barrido se determinará el área total de la superficie de cada uno de los tercios de los conductos radiculares. Las áreas totales obtenidas para cada uno de los tercios (coronal, medio y apical) se suman para obtener la superficie total del conducto radicular preparado. Después se procederá a calcular, con ayuda de las fotografías, el área de apertura de los túbulos dentinarios para cada uno de los tercios de los conductos. Una vez obtenidas las áreas totales de los túbulos

dentenarios abiertos de cada tercio, estas áreas se suman para tener el área total de superficie de túbulos abiertos en todo el conducto preparado. El valor numérico obtenido para el área total de cada conducto radicular representa el 100% de superficie. Mediante regla matemática de proporcionalidad se determina el porcentaje de remoción barrillo dentinario.

Con los porcentajes, totales y por tercio, de remoción de barrillo dentinario de cada irrigante, se procederá a realizar un estudio estadístico por medio de los sistemas ANOVA y TUKEY. El sistema ANOVA permitirá valorar si hay una diferencia significativa del grado de remoción de barrillo dentinario entre los distintos irrigantes utilizados.

Posteriormente, el sistema estadístico comparativo TUKEY permitirá valorar que sistema de irrigación otorgó un mayor grado de remoción del barrillo dentinario y que irrigante tuvo mayor grado de penetración en el conducto radicular para ejercer su efecto de remoción del barrillo dentinario.

## VIII) RESULTADOS

Fotografías del microscopio electrónico de barrido de las hemisecciones dentales de cada uno de los grupos ver en anexos 12.4, 12.5 y 12.6.

	Tercio Apical	Tercio Medio	Tercio Coronal	Suma de la superficie total de cada hemisección (en $\mu\text{m}^2$ )
Pieza 2	59723.5	124102.4	58354.2	242180
Pieza 3	131514.8	62880.7	41120.3	235516
Pieza 4	42785.9	128449.1	4236.4	175471
Pieza 5	43690.6	44048.5	42722.1	130461
Pieza 7	115363.8	117998.8	127690.5	361053
Pieza 11	119762.1	119963.0	124564.0	364289

Tabla 8.1) Áreas de superficie total de la hemisección de cada pieza del grupo 1

	Tercio Apical	Tercio Medio	Tercio Coronal	Suma de la superficie de túbulos abiertos para la totalidad de la hemisección (en $\mu\text{m}^2$ )
Pieza 2	3008.79	13083.59	9190.18	25282.6
Pieza 3	3813.50	3695	90.80	7599.3
Pieza 4	538.60	6642.94	858.7	8040.24
Pieza 5	192.06	78	186.17	456.23
Pieza 7	347.2	1553.5	531.64	2432.34
Pieza 11	254.75	268.2	140.74	663.69

Tabla 8.2) Áreas de túbulos abiertos para cada hemisección de las piezas del grupo 1

	Tercio Apical	Tercio Medio	Tercio Coronal	Porcentaje total de remoción de barrillo dentinario
Pieza 2	5.04%	10.54%	15.75%	31.33%
Pieza 3	2.90%	0.059%	0.22%	3.2%
Pieza 4	1.25%	5.1%	2.04%	8.39%
Pieza 5	0.94%	0.2%	0.44%	1.58%
Pieza 7	0.3%	1.31%	0.45%	2.06%
Pieza 11	0.24%	0.2%	0.11%	0.55%

Tabla 8.3) Porcentajes de remoción del barrillo dentinario de cada hemisección del grupo 1

	Tercio Apical	Tercio Medio	Tercio Coronal	Suma de la superficie total de cada hemisección (en $\mu\text{m}^2$ )
Pieza 8	117564	41109.6	40277.9	198952
Pieza 9	55141	38532.4	42551	136224
Pieza 10	56772.6	114710	61086.9	232570
Pieza 11	59962.5	59494	59755.3	179212
Pieza 12	60196.6	122441	118942	301580
Pieza 18	58761.3	4980.11	53690	117431

Tabla 8.4) Áreas de superficie total de cada hemisección del grupo 2

	Tercio Apical	Tercio Medio	Tercio Coronal	Suma de la superficie de túbulos abiertos para la totalidad de la hemisección (en $\mu\text{m}^2$ )
Pieza 8	1181.15	1676.48	2307.22	5164.85
Pieza 9	2642.08	5598.07	15179	23419.2
Pieza 10	696.66	6288.34	3856.98	10842
Pieza 11	4781.43	1470.43	4566.47	10818.6
Pieza 12	2571.58	21335.3	42934.7	66841.6
Pieza 18	2656.27	4980.11	53690	61326.4

Tabla 8.5) Áreas de túbulos abiertos para cada hemisección de las piezas del grupo 2

	Tercio Apical	Tercio Medio	Tercio Coronal	Porcentaje total de remoción de barrillo dentinario
Pieza 8	1%	4.07%	5.7%	10.77%
Pieza 9	4.79%	14.5%	35.6%	54.89%
Pieza 10	1.23%	5.48%	6.3%	13.01%
Pieza 11	7.9%	2.5%	7.64%	18.04%
Pieza 12	4.3%	17.54%	36.1%	57.94%
Pieza 18	4.52%	9.38%	45.36%	59.26%

Tabla 8.6) Porcentajes de remoción del barrillo dentinario de cada hemisección del grupo 2

	Tercio Apical	Tercio Medio	Tercio Coronal	Suma de la superficie total de cada hemisección (en $\text{um}^2$ )
Pieza 13	63359.5	39778.7	38516.6	141655
Pieza 14	59005.7	60942.5	38402	158350
Pieza 15	59963.6	116126.07	56056.38	232146
Pieza 16	54991.89	38405.74	41691.18	135089
Pieza 17	52979.38	63532.08	39233.67	155745
Pieza 19	62120.2	41675.3	62452.2	166248

Tabla 8.7) Áreas de superficie total de cada hemisección del grupo 3

	Tercio Apical	Tercio Medio	Tercio Coronal	Suma de la superficie de túbulos abiertos para la totalidad de la hemisección (en $\text{um}^2$ )
Pieza 13	4335.89	2079.29	3670.85	10086
Pieza 14	12126.6	19742.4	5593.37	19694.2
Pieza 15	11344.51	22091.55	21215.87	54651.9
Pieza 16	9977.52	3994.28	7958.51	21930.3
Pieza 17	23840.7	6939.54	10771.34	99518.8
Pieza 19	4770.94	4223.3	29287.1	38281.3

Tabla 8.8) Áreas de túbulos abiertos para cada hemisección de las piezas del grupo 3

	Tercio Apical	Tercio Medio	Tercio Coronal	Porcentaje total de remoción de barrillo dentinario
Pieza 13	6.85%	5.3%	9.53%	21.68%
Pieza 14	20.55%	32.4%	14.57%	67.52%
Pieza 15	18.92%	19.02%	37.85%	75.79%
Pieza 16	18.14%	10.4%	19.09%	47.63%
Pieza 17	45%	10.9%	27.45%	83.35%
Pieza 19	7.68%	10.13%	46.9%	64.71%

Tabla 8.9) Porcentajes de remoción del barrillo dentinario de cada hemisección del grupo 3

Análisis estadístico por medio del programa ANOVA y comparación de los resultados por medio del sistema estadístico comparativo Tukey:

ANOVA  
REMOCION TOTAL

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Significancia.
Between Groups	8204.990	2	4102.495	10.154	.002
Within Groups	6060.145	15	404.010		
Total	14265.135	17			

Tabla 8.10) Grado de diferencia, determinado por medio del sistema estadístico ANOVA, del grado de remoción de barrillo dentinario entre los distintos irrigantes utilizados

Multiple Comparisons  
REMOCION Total  
Tukey HSD

(I) IRRGTE	(J) IRRGTE	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Agua	EDTA	-27.80000	11.60474	.073	-57.9430	2.3430
	Qmix	-52.26167*	11.60474	.001	-82.4046	-22.1187
EDTA	Agua	27.80000	11.60474	.073	-2.3430	57.9430
	Qmix	-24.46167	11.60474	.122	-54.6046	5.6813
Qmix	Agua	52.26167*	11.60474	.001	22.1187	82.4046
	EDTA	24.46167	11.60474	.122	-5.6813	54.6046

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Tabla 8.11) Comparación, realizada por medio del sistema Tukey, de la diferencia de remoción del barrillo dentinario entre los distintos sistemas irrigantes

ANOVA  
Remocion Apical

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1246.886	2	623.443	10.071	.002
Within Groups	804.722	13	61.902		
Total	2051.608	15			

Tabla 8.12) Grado de diferencia, realizada por medio del sistema ANOVA, de remoción del barrillo dentinario entre los distintos sistemas irrigantes considerando únicamente los tercios apicales de los conductos instrumentados

Multiple Comparisons  
Remocion Tercio Apical  
Tukey HSD

(I) Irrigante	(J) Irrigante	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Agua	EDTA	-3.18167	4.76417	.786	-15.7612	9.3978
	Qmix	-20.27967*	4.76417	.003	-32.8592	-7.7002
EDT	Agua	3.18167	4.76417	.786	-9.3978	15.7612
	Qmix	-17.09800*	4.97601	.011	-30.2368	-3.9592
Qmix	Agua	20.27967*	4.76417	.003	7.7002	32.8592
	EDTA	17.09800*	4.97601	.011	3.9592	30.2368

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level

Tabla 8.13) Comparación, realizada por medio del sistema Tukey, de la diferencia de remoción del barrillo dentinario entre los distintos sistemas irrigantes considerando únicamente los tercios apicales de los conductos instrumentados

ANOVA  
Remocion Tercio Medio

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	513.499	2	256.750	5.624	.017
Within Groups	593.470	13	45.652		
Total	1106.969	15			

Tabla 8.14) Grado de diferencia, realizada por medio del sistema ANOVA, de remoción del barrillo dentinario entre los distintos sistemas irrigantes considerando únicamente los tercios medios de los conductos instrumentados

Multiple Comparisons  
Remocion Tercio Medio  
Tukey HSD

(I) Irrigante	(J) Irrigante	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Agua	EDTA	-5.13850	4.09132	.443	-15.9414	5.6644
	Qmix	-13.66850*	4.09132	.014	-24.4714	-2.8656
EDT	Agua	5.13850	4.09132	.443	-5.6644	15.9414
	Qmix	-8.53000	4.27324	.152	-19.8132	2.7532
A	Agua	13.66850*	4.09132	.014	2.8656	24.4714
	EDTA	8.53000	4.27324	.152	-2.7532	19.8132

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level

Tabla 8.15) Comparación, realizada por medio del sistema Tukey, de la diferencia de remoción del barrillo dentinario entre los distintos sistemas irrigantes considerando únicamente los tercios medios de los conductos instrumentados

ANOVA  
Remocion Tercio Coronal

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1822.209	2	911.104	4.769	.025
Within Groups	2865.545	15	191.036		
Total	4687.754	17			

Tabla 8.16) Grado de diferencia, realizada por medio del sistema ANOVA, de remoción del barrillo dentinario entre los distintos sistemas irrigantes considerando únicamente los tercios coronales de los conductos instrumentado

Multiple Comparisons  
Remocion Tercio Coronal  
Tukey HSD

(I) Irrigante	(J) Irrigante	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Agua	EDTA	-19.61500	7.97990	.065	-40.3425	1.1125
	Qmix	-22.73000*	7.97990	.031	-43.4575	-2.0025
EDTA	Agua	19.61500	7.97990	.065	-1.1125	40.3425
	Qmix	-3.11500	7.97990	.920	-23.8425	17.6125
Qmix	Agua	22.73000*	7.97990	.031	2.0025	43.4575
	EDTA	3.11500	7.97990	.920	-17.6125	23.8425

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level

Tabla 8.17) Comparación, realizada por medio del sistema Tukey, de la diferencia de remoción del barrillo dentinario entre los distintos sistemas irrigantes considerando únicamente los tercios coronales de los conductos instrumentados

## IX) DISCUSIONES

Siempre que se instrumenta el sistema de conductos radiculares se forma una capa de material sobre las paredes del conducto radicular. Esta capa está formada por dentina, remanentes de tejido pulpar y procesos odontoblásticos y muchas veces también de bacterias. Es decir, esta capa se compone tanto de residuos orgánicos como de materiales inorgánicos. Esta capa toma el nombre de barrillo dentinario (Sen & Col, 1995).

Fueron McComb y Smith en 1975, los primeros investigadores en demostrar la presencia del barrillo dentinario como producto de la instrumentación mecánica del sistema de conductos radiculares usando el microscopio electrónico de barrido (Sen & Col, 1995).

Resulta importante conocer que el barrillo dentinario, formado como resultado de la instrumentación mecánica del sistema de conductos radiculares, tiene una apariencia amorfa, granulosa e irregular cuando se observa bajo el microscopio electrónico de barrido (Sen & Col, 1995). En este estudio, la capa de barrillo dentinario es notoria en los tres grupos de estudio, siendo su presencia mucho más significativa en las muestras del grupo 1 de control positivo. Esto es normal debido a que este grupo fue tan sólo irrigado con agua destilada.

El éxito del tratamiento de conductos depende directamente del método, de la calidad de la instrumentación, de la irrigación, del grado de desinfección del sistema de conductos y de la calidad de la obturación final. Cabe recalcar que el barrillo dentinario no solo se deposita en la superficie de los túbulos (barrillo dentinario superficial) sino que también tiene un grado de penetración al interior de los túbulos dentinarios que se extiende alrededor de las 40µm de profundidad. La decisión de remover o no el barrillo dentinario antes de realizar la obturación ha sido una fuente de controversia por mucho tiempo.

Algunos autores como Vojinovic y col. (1973) o Michelich y col. (1980), sugieren que la capa de barrillo dentinario producto de la instrumentación de los conductos actuaría como una barrera de protección que previene el ingreso y la reinfección bacteriana. Sin embargo, Uitto y col. (1988), demostraron que el barrillo dentinario se degrada con el tiempo debido a la acción de enzimas proteolíticas, subproductos de algunas bacterias. Esta degradación del barrillo dentinario dejaría una separación entre el material obturador y las paredes del conducto, lo cual lleva a microfiltración y reinfección con el tiempo (Sen & Col, 1995).

Por otra parte, cuando el tratamiento de conductos se hace en conductos radiculares previamente infectados, las bacterias penetran profundamente en el interior de los túbulos dentinarios y se albergan ahí. Esto hace que la capa de barrillo dentinario contenga restos de tales microorganismos y que, por ende, la capa de barrillo dentinario resulte ser una fuente para la recolonización y el crecimiento bacteriano y conduzca a la falla del tratamiento de endodoncia a largo plazo (Sen & Col, 1995).

Para aumentar las tasas de éxito del tratamiento de endodoncia es necesario que la obturación del sistema de conductos sea hermética es decir, tridimensional. Para esto es necesario una máxima penetración del material obturador en el interior de los túbulos dentinarios. El grado de penetración del material obturador podría verse afectado si la capa de barrillo dentinario actúa como tapón, bloqueando la entrada de los túbulos dentinarios (Sen & Col, 1995).

Varios investigadores como Behrend, G.D y col, Kennedy y col, Saunders y Saunders, han demostrado que la remoción del barrillo dentinario antes de obturar los conductos previene (no elimina) la microfiltración bacteriana en sentido coronal a través de los conductos ya obturados (Behrend & Col, 1996).

Por otra parte, el barrillo dentinario debe tratar de removerse al máximo antes de la obturación de los conductos ya que, además de los motivos mencionados anteriormente, impide la penetración de los irrigantes durante la desinfección de los conductos y evita la difusión de la medicación intraconducto para que esté en contacto directo con la fuente de bacterias en el interior de los túbulos (Sen & Col, 1995).

El espesor de la capa de barrillo dentinario se relaciona directamente con el tipo de instrumentación mecánica usada en el tratamiento de endodoncia. Varios estudios han demostrado que la instrumentación rotatoria produce mucho más barrillo dentinario que la instrumentación manual (Sen & Col, 1995). Es por esta razón que en este estudio se decidió realizar la instrumentación del sistema de conductos con un sistema rotatorio Protaper. Además, la mayoría de profesionales han reemplazado la instrumentación manual por la rotatoria debido a que esta última ofrece una mejor conformación del sistema de conductos radiculares. Debido a esto resulta necesario encontrar la sustancia irrigadora final que otorgue los mejores resultados en cuanto a remoción de barrillo dentinario. En este estudio, la irrigación final con Qmix revela porcentajes más elevados de remoción de barrillo dentinario que el protocolo de irrigación final con EDTA al 17% seguido de hipoclorito de sodio al 5.25% que generalmente se usa en la clínica.

Como el barrillo dentinario está formado por una porción orgánica (proteínas coaguladas, tejido pulpar necrótico o vital, restos de procesos odontoblásticos, saliva, células sanguíneas y microorganismos) y por una porción inorgánica (restos de hidroxiapatita y contaminantes inorgánicos inespecíficos) resulta necesario emplear un sistema de irrigación final capaz de actuar sobre los dos componentes del barrillo dentinario. Se han propuesto varias sustancias para remover el barrillo dentinario. El hipoclorito de sodio, en concentraciones que oscilan entre el 1% y el 5.25%, actúa muy

bien disolviendo el tejido orgánico, además tiene propiedades antibacterianas pero es incapaz de eliminar el barrillo dentinario por sí sólo. Es por esta razón que se mostró necesario el uso de sustancias descalcificantes, en combinación con el NaOCl, para que éstas actúen sobre el componente inorgánico del barrillo dentinario. Como sustancias descalcificantes que han sido incorporadas constan: el ácido cítrico, el ácido fosfórico y el EDTA (Takeda & Col, 2012).

Yamada en 1983 y Gulabivala en el 2005 indicaron que el método más eficiente para eliminar el barrillo dentinario es combinando el uso de quelantes con disolventes tisulares, es decir la combinación de EDTA seguida de hipoclorito de sodio (Di Lenarda & Col, 2000). Sin embargo, muchos estudios han demostrado que esta combinación remueve el barrillo dentinario de forma parcial (Takeda & Col, 2012), lo cual es también comprobado con este estudio. Este estudio confirma la sospecha que el protocolo de irrigación final con la combinación de EDTA al 17% e hipoclorito de sodio al 5.25% no produce las superficies libres de barrillo dentinario que uno espera.

En la actualidad existen instrumentos que mejoran el grado de remoción de barrillo dentinario como los ultrasonidos, los láseres, etc... ya que fomentan un mayor grado de penetración del irrigante en el interior de los conductos radiculares (Sen & Col, 1995).

Como lo demuestran Ciucchi y col. (1989) la combinación de EDTA con hipoclorito de sodio alcanza índices aceptables (sobre todo para los tercios medio y coronal de los conductos radiculares) pero no sobresalientes en cuanto a la remoción de barrillo dentinario. De hecho, estos autores aseguran que este protocolo de irrigación no tiene buena efectividad en la remoción del barrillo dentinario en el tercio apical del conducto (Takeda & Col, 2012). Este estudio confirma lo estipulado por Ciucchi y col. ya que los índices de remoción de barrillo dentinario en el tercio apical fueron menores con respecto a

los de los otros dos tercios (medio y coronal). Además, si se hace una observación general de los resultados, los porcentajes de remoción de barrillo dentinario del tercio apical son bajos en los conductos del grupo 2 lo cual sugiere que la irrigación con EDTA al 17% seguida de hipoclorito de sodio al 5.25% no tiene buenos índices de penetración en el interior del conducto. Cuando se comparan los porcentajes de remoción de barrillo dentinario en el sector apical entre el protocolo de combinación EDTA 17% / hipoclorito de sodio 5.25% y el Qmix, este último registra porcentajes mucho más elevados, lo cual sugiere un mayor grado de penetración del nuevo irrigante Qmix en el interior del conducto.

El sistema de irrigación final no sólo tiene que tener la capacidad de eliminar al máximo el barrillo dentinario sino que además tiene que hacerlo causando la menor descalcificación posible de la dentina (intertubular e intratubular). Gabergoglio y Becce en 1994, demostraron que el ácido fosfórico y el ácido cítrico tienen muy buena capacidad de remover el barrillo dentinario hasta del tercio apical pero estas sustancias provocan una descalcificación muy considerable de la dentina (Takeda & Col, 2012), lo cual debilita mucho más al diente, haciéndolo más susceptible a futuras fracturas. Además, el pH tan bajo de estas sustancias (alrededor de 1.5) puede tener efectos muy adversos en los tejidos periapicales (Takeda & Col, 2012).

Otros autores como Gabergoglio y Becce demostraron que la irrigación con EDTA al 17% no provoca una desmineralización tan elevada como la que provoca la irrigación final con ácido fosfórico o con el ácido cítrico. Sin embargo, Ando (1985) demostró que el ácido cítrico es menos citotóxico para los tejidos periapicales que el EDTA (Takeda & Col, 2012). Así como Ando, hay varios autores como Gambarini y col. (1997) o DiLenarda y col. (1997) que han demostrado que el ácido cítrico es menos citotóxico que el EDTA (a

las concentraciones normalmente usadas en endodoncia) para los tejidos periapicales (Di Lenarda & Col, 2000).

Qian y col. (2011) demostraron que si el hipoclorito de sodio se usa después de haber irrigado el conducto con EDTA al 17%, se produce una marcada erosión de las paredes de dentina del conducto (Stojicic & Col, 2012). Este estudio podría corroborar esta idea ya que las fotografías de la hemisecciones del grupo 2 muestran que los túbulos dentinarios no tienen una forma regular, la dentina intratubular no es continua lo cual es signo de una fuerte desmineralización. Las fotografías del grupo 3 muestran túbulos dentinarios de forma mucho más regular, con un perímetro más continuo, lo cual es indicativo que el grado de desmineralización de la dentina peritubular fue menor.

Según las imágenes obtenidas del microscopio electrónico de barrido y haciendo una observación subjetiva, el Qmix parece ser menos violento con la dentina peritubular ya que el contorno de los túbulos dentinarios en las muestras del grupo 3 es, por lo general, más regular que el contorno de los túbulos dentinarios del grupo 2

Una de las características más importantes que debe poseer un irrigante endodóntico es un alto poder antibacteriano ya que el irrigante tiene que penetrar en los sitios inaccesibles para la instrumentación mecánica. Debido a esta razón, la irrigación final con EDTA al 17% debe siempre ser completada con la irrigación con hipoclorito de sodio en concentraciones entre el 0.5% y el 6% (Stojicic & Col, 2012). Esto recalca que la irrigación final con EDTA e hipoclorito de sodio se hace en dos etapas, el EDTA va a actuar disolviendo la porción inorgánica del barrillo dentinario y el hipoclorito de sodio actúa disolviendo la porción orgánica del barrillo dentinario y a la vez ejerciendo un poder antibacteriano (que el EDTA por si sólo no posee). Si la irrigación final pudiera hacerse en un solo paso, empleando un irrigante capaz de actuar a la vez sobre ambas porciones del

barrillo dentinario y que tenga también propiedades antibacterianas, se acortarían los tiempos del tratamiento de conducto. El irrigante Qmix empleado en este estudio tiene un modo de empleo en un solo tiempo. La casa comercial Denstply asegura que el Qmix actúa removiendo el barrillo dentinario y ejerciendo al mismo tiempo una efectiva actividad antibacteriana. En la parte práctica del estudio la irrigación final de los conductos del grupo 2 tomó más tiempo que la irrigación final con Qmix, hubo un intervalo de diferencia de 20 minutos entre ambos grupos. Se comprueba que la irrigación final con Qmix si permitiría al odontólogo realizar tratamientos más cortos, lo cual resultaría ser más cómodo tanto para el paciente como para el médico tratante.

Para que el Qmix pueda ser catalogado como un irrigante más eficaz que la irrigación final con EDTA al 17% seguida de hipoclorito de sodio al 5.25%, tiene que presentar un poder antibacteriano similar o mejor que el hipoclorito de sodio. De nada sirve acortar los tiempos de irrigación y de tratamiento si el resultado final (desinfección del sistema de conductos radiculares) se va a ver perjudicado.

El *Enterococcus faecalis* es una bacteria gram positiva anaerobia facultativa que se asocia mucho a las fallas en los tratamientos de conductos. Sundqvist y col. (1998), Dahlèn y col. (2000), demostraron que el *Enterococcus faecalis* es la especie más abundantemente recuperada en los conductos de dientes con tratamientos de endodoncia previos. Esto indica que el *E. faecalis* tiene un rol patogénico muy importante en las fallas de los tratamientos de endodoncia a largo plazo. En 1985, Bystrom y Sundqvist demostraron que esta bacteria es muy resistente a la medicación intraconducto. Fabricius y col. (1982) demostraron además que el *E. faecalis* tiene la capacidad de sobrevivir en los conductos radiculares de forma aislada, en otras palabras, no necesita interactuar con otras bacterias para sobrevivir (Love, 2001).

Las bacterias relacionadas con las caries y las infecciones endodónticas como las de la familia de los Streptococcus (*S.gordonii*, *S.mutans*, etc.) o las de la familia de los Enterococcus, son capaces de satisfacer sus necesidades metabólicas con nutrientes de los fluidos tisulares propios del huésped. Esto explica porque estas cepas se relacionan muchas veces con las fallas en los tratamientos de endodoncia. Según Sundqvist y col. (1998) y Molander y col. (1998), los fluidos provenientes del ligamento periodontal y del hueso alveolar que rodea la raíz del diente, pueden proveer suficientes nutrientes a las bacterias para favorecer su crecimiento y la reinfección del sistema de conductos radiculares (Love, 2001).

El hipoclorito de sodio es el irrigante base para el tratamiento de endodoncia debido a su conocido poder antibacteriano sobre las diversas cepas relacionadas con las infecciones endodónticas (su comprobada eficacia ante el *E.faecalis*). Varios estudios han demostrado que el precalentamiento del hipoclorito de sodio aumenta el poder antibacteriano del irrigante. El efecto bactericida que tiene el hipoclorito de sodio se debe al hecho que cuando el hipoclorito de sodio es añadido al agua, se libera ácido hipocloroso (HOCl) que contiene clorina activa, un potente agente oxidante. Las evidencias sugieren que la clorina ejerce su acción antibacteriana por un efecto de oxidación irreversible de los grupos -SH de las enzimas bacterianas esenciales para su metabolismo (Poggio & Col, 2012).

S. Stojicic y col. demostraron en su estudio que tanto el Qmix como el hipoclorito de sodio al 1% permiten terminar con las cepas de *E.faecalis* en 5 segundos mientras que la clorhexidina al 2% y el MTAD no fueron capaces de eliminar todas las bacterias después de un tiempo de exposición de hasta 3 minutos. Estos autores también demostraron que el Qmix y el hipoclorito de sodio al 2% fueron los irrigantes más efectivos contra el *E.faecalis* y la placa mixta asociada a la cavidad oral en comparación a la clorhexidina al

2%, al MTAD o al hipoclorito de sodio al 1%. Además, en los resultados de su estudio estos autores demostraron que el Qmix fue cuatro veces más efectivo que el hipoclorito de sodio al 1% y doce veces más eficaz que el MTAD ante las bacterias constituyentes de la placa bacteriana oral. Se debe considerar que el estudio de estos investigadores se hizo ex vivo y que los resultados que obtuvieron pueden ser diferentes in vivo debido a variantes como la anatomía de los conductos, la variación de la localización de las bacterias, etc. (Stojicic & Col, 2012).

S. Stojicic y col. sugieren que el Qmix presenta valores similares en cuanto al grado de remoción de barrillo dentinario en comparación a la irrigación final con EDTA al 17% seguida por hipoclorito de sodio (Stojicic & Col, 2012). Sin embargo, en este estudio el irrigante Qmix obtuvo valores de remoción de barrillo dentinario muy superiores a los que otorgó la irrigación final de EDTA al 17% seguida por hipoclorito de sodio al 5.25%.

Qmix es un nuevo irrigante que contiene EDTA, clorhexidina y un detergente (de superficie activa). Tiene un pH ligeramente por encima del valor neutro. El Qmix es recomendado para la irrigación final del sistema de conductos una vez que estos hayan sido debidamente desinfectados con hipoclorito de sodio a lo largo del tratamiento. Qian y col. (2011), sugirieron que la justificación de buscar un nuevo irrigante final como el Qmix se debe a dos factores: (Stojicic & Col, 2012)

- Al alto grado de erosión dentinaria que provoca la irrigación final de EDTA al 17% seguida por hipoclorito de sodio al 5.25%
- A la simplificación del protocolo de irrigación final.

Además, según Giardino y col. (2006), la razón para añadir al Qmix un agente de superficie activa es para disminuir la tensión superficial del irrigante y a la vez aumentar su

humectabilidad. Abou-Rass y Patonal en 1982, demostraron que un agente de superficie activa también permite una mejor penetración del irrigante en el conducto (Stojicic & Col, 2012). Este último punto puede ser aplicado a los resultados obtenidos en este estudio ya que el Qmix alcanzó porcentajes mucho más elevados de remoción de barrillo dentinario en el tercio apical (el más difícil de alcanzar) que la irrigación con EDTA al 17% seguida de hipoclorito de sodio al 5.25%.

Otra de las ventajas que tendría el Qmix sobre la irrigación con EDTA e hipoclorito de sodio es que al contener clorhexidina, cuenta con la propiedad de sustantividad que caracteriza a este producto (Stojicic & Col, 2012).

En este estudio, el método estadístico ANOVA permitió determinar que la diferencia del grado de remoción del barrillo dentinario entre los distintos irrigantes fue significativa, el valor de la significancia fue de 0.02 (valor menor a 0.05). El método comparativo TUKEY permitió profundizar el análisis realizado por el método ANOVA ya que indica una significancia de 0.001 entre el irrigante Qmix y el grupo de control. Este método también indica que la significancia del grado de remoción entre la irrigación con EDTA 17% e hipoclorito de sodio 5.25% y el grupo de control fue de tan sólo 0.073. Estos resultados llevan a la conclusión que el Qmix obtuvo los mejores resultados de remoción de barrillo dentinario de la superficie total de las hemisecciones de los conductos radiculares.

El método ANOVA también sugiere que hay una diferencia significativa del grado de remoción de barrillo dentinario según el tercio del conducto considerado. Tanto para los tercios apicales, como para los tercios medios y coroneales los valores de las significancias fueron de 0.02, 0.017 y 0.025 respectivamente. El método comparativo TUKEY sugiere que el Qmix es el irrigante que mayor grado de remoción de barrillo dentinario otorgó en los tres tercios. Esto también sugiere que el Qmix tiene mayor grado de penetración en el

conducto radicular que la irrigación final con EDTA al 17% seguido por hipoclorito de sodio al 5.25% ya que la significancia entre el Qmix y la irrigación de EDTA con hipoclorito de sodio en los tercios apicales fue de 0.011 (valor menor a 0.05).

Antes de catalogar al Qmix como una mejor opción que la irrigación final con EDTA al 17% seguida por hipoclorito de sodio al 5.25% hay que tomar en cuenta ciertas variables que pudieron influenciar los resultados del presente estudio pero que trataron de ser controladas al máximo para minimizar los posibles rangos de error:

- Las mediciones de los diámetros de los túbulos abiertos fueron hechas siempre por el mismo operador, el investigador principal del estudio. Esto para evitar el problema de que cada persona puede tener una manera distinta de diferenciar un túbulo dentinario abierto de uno taponado por barrillo dentinario.
- En el momento de cortar los dientes en dos para obtener la mejor hemisección de cada pieza dental se pudo haber generado barrillo dentinario extra. En otras palabras, después de haber realizado la irrigación final, el disco de diamante pudo haber generado un barrillo dentinario adicional que se depositó en la entrada de los túbulos de los conductos ya irrigados. Esto podría haber aumentado la cantidad de túbulos obstruidos. Es por esta razón que el corte de los dientes fue siempre realizado por el mismo operador (investigador principal del estudio) y siguiendo siempre la misma técnica, iniciando el corte con el disco de diamante y terminándolo con cinsel para evitar generar mucho barrillo dentinario.
- Los túbulos dentinarios abiertos obtenidos en las fotografías del microscopio electrónico de barrido no siempre tenían una forma geométrica determinada, lo cual pudo haber afectado el cálculo de las áreas de túbulos abiertos.

- Resulta importante realizar más estudios que valoren la eficacia antibacteriana del Qmix con respecto al hipoclorito de sodio antes de catalogar al Qmix como un irrigante final más adecuado que la irrigación final con EDTA al 17% seguida por hipoclorito de sodio al 5.25%.

## X) CONCLUSIONES

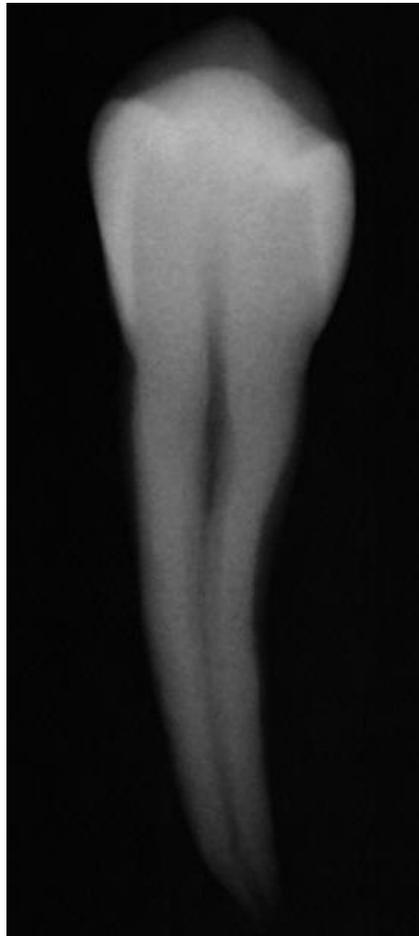
- Según los resultados del análisis estadístico Anova, si hubo una diferencia significativa de remoción de barrillo dentinario entre el Qmix y el EDTA seguido de NaOCl. El Qmix demostró mayor efectividad.
- En los tercios medio y coronal no hubo una diferencia estadísticamente significativa en el grado de remoción de barro dentinario entre los grupos EDTA/NaOCl y Qmix, según el método estadístico Tukey.
- La combinación de EDTA al 17% seguida por hipoclorito al 5.25% tuvo un grado menor de penetración en el interior de los conductos instrumentados que el Qmix, según los resultados estadísticos del método Tukey para el tercio apical.
- La irrigación final con Qmix provoca menos desmineralización de la dentina intratubular, las imágenes del grupo irrigado con Qmix demuestran túbulos dentinarios con un contorno más definido que los túbulos dentinarios de las imágenes del grupo irrigado con EDTA y NaOCl.
- Según las fotografías, la dentina intertubular también parece ser menos afectada por el Qmix que por la irrigación final con EDTA al 17% seguida de NaOCl al 5.25%.

## XI) RECOMENDACIONES

1. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el presente estudio, se recomienda a los doctores especializados en la ciencia de la Endodoncia que consideren al Qmix como una opción eficaz para realizar la irrigación final del sistema de conductos radiculares.
2. Se recomienda que se realicen más estudios para comprobar si el Qmix consta de un poder antimicrobiano igual o mayor al que posee el hipoclorito de sodio, como lo asegura la casa comercial Dentsply que produce el Qmix.
3. Se recomienda volver a realizar el presente estudio aumentando el número de muestras para valorar si hay realmente una diferencia muy significativa en cuanto al grado de remoción de barrillo dentinario otorgado por la irrigación final con EDTA al 17% y NaOCl al 5.25% o por la irrigación final con Qmix.
4. Se recomienda a los endodoncistas realizar un seguimiento de sus pacientes junto con el rehabilitador de la pieza endodonciada. Esto para comparar el éxito a largo plazo del tratamiento rehabilitador en piezas que pasaron por irrigación final con EDTA y NaOCl con el de las piezas para las que se utilizó Qmix como irrigante final.

## XII) ANEXOS

### 12.1 Fotografías de las radiografías iniciales de cada una de las piezas



Fotografía 1: Radiografía inicial de la pieza número 1



Fotografía 2: Radiografía inicial de la pieza número 2



Fotografía 3: Radiografía inicial de la pieza número 3



Fotografía 4: Radiografía inicial de la pieza número 4



Fotografía 5: Radiografía inicial de la pieza número 5



Fotografía 6: Radiografía inicial de la pieza número 6



Fotografía 7: Radiografía inicial de la pieza número 7



Fotografía 8: Radiografía inicial de la pieza número 8



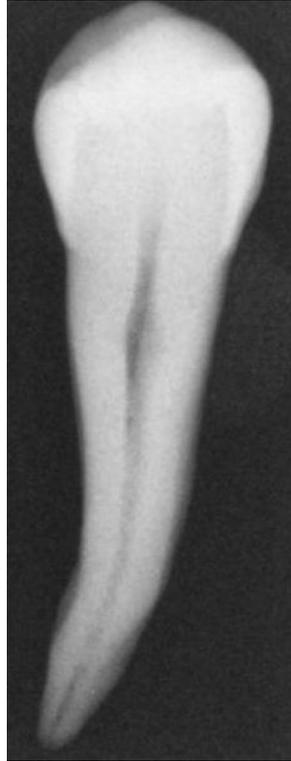
Fotografía 9: Radiografía inicial de la pieza número 9



Fotografía 10: Radiografía inicial de la pieza número 10



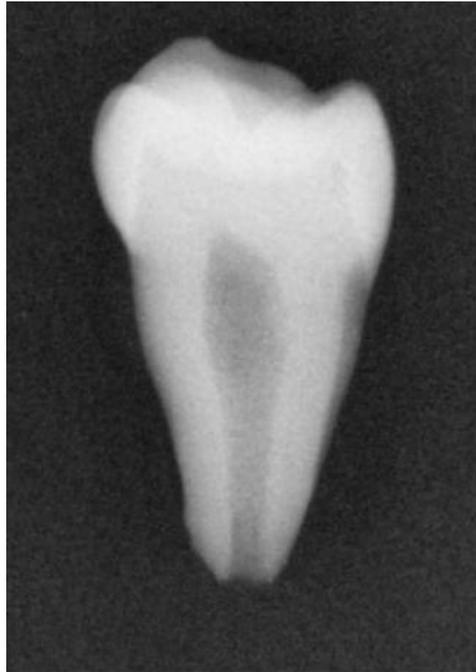
Fotografía 11: Radiografía inicial de la pieza número 11



Fotografía 12: Radiografía inicial de la pieza número 12



Fotografía 13: Radiografía inicial de la pieza número 13



Fotografía 14: Radiografía inicial de la pieza número 14



Fotografía 15: Radiografía inicial de la pieza número 15



Fotografía 16: Radiografía inicial de la pieza número 16



Fotografía 17: Radiografía inicial de la pieza número 17



Fotografía 18: Radiografía inicial de la pieza número 18

12.2 Fotografías de las radiografías de las longitudes de trabajo de todas las piezas



Fotografía 1: Radiografía de la longitud de trabajo de la pieza número 1



Fotografía 2: Radiografía de la longitud de trabajo de la pieza número 2



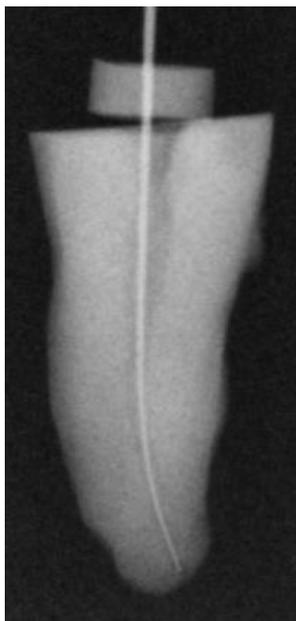
Fotografía 3: Radiografía de la longitud de trabajo de la pieza número 3



Fotografía 4: Radiografía de la longitud de trabajo de la pieza número 4



Fotografía 5: Radiografía de la longitud de trabajo de la pieza número 5



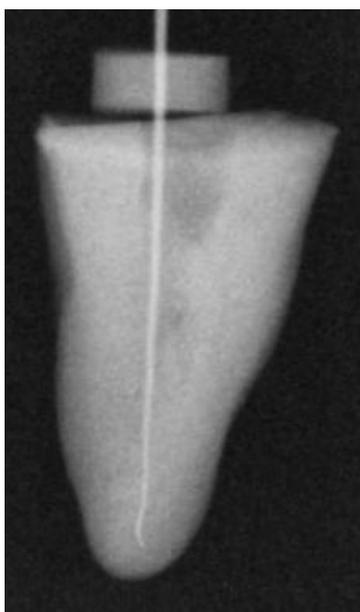
Fotografía 6: Radiografía de la longitud de trabajo de la pieza número 6



Fotografía 7: Radiografía de la longitud de trabajo de la pieza número 7



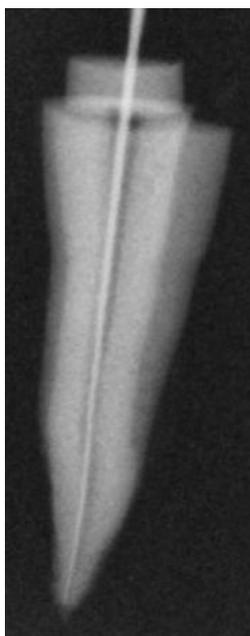
Fotografía 8: Radiografía de la longitud de trabajo de la pieza número 8



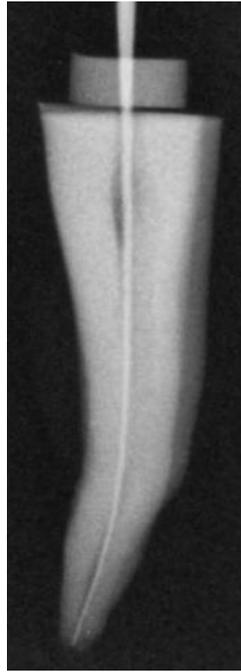
Fotografía 9: Radiografía de la longitud de trabajo de la pieza número 9



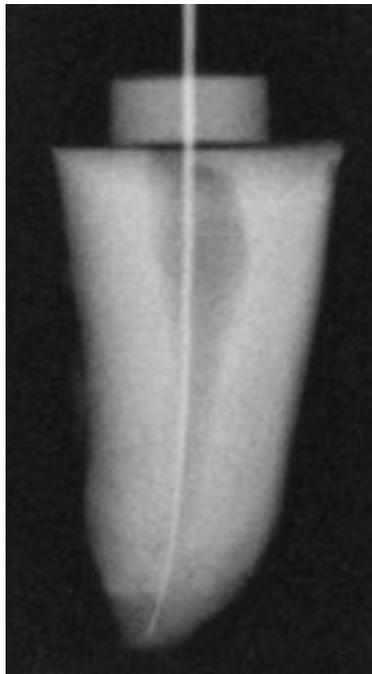
Fotografía 10: Radiografía de la longitud de trabajo de la pieza número 10



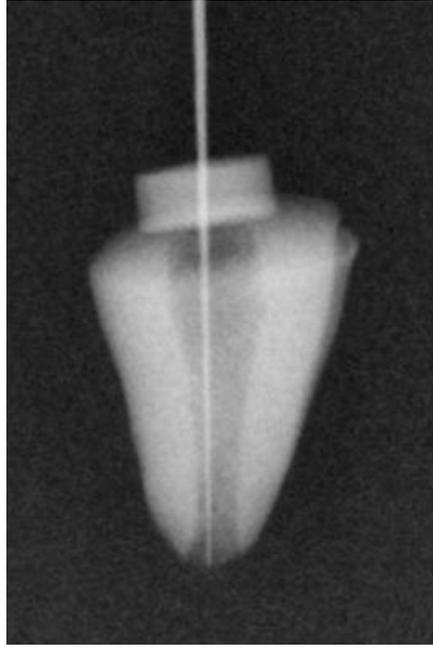
Fotografía 11: Radiografía de la longitud de trabajo de la pieza número 11



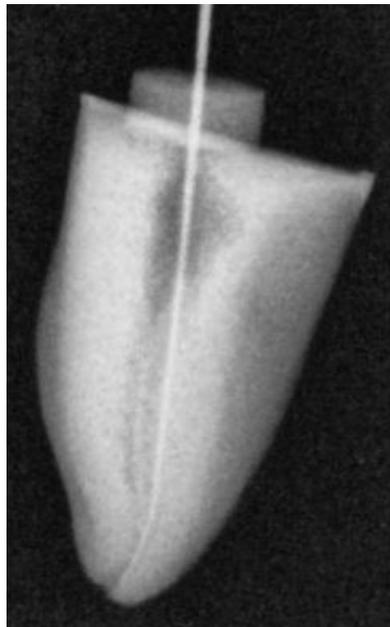
Fotografía 12: Radiografía de la longitud de trabajo de la pieza número 12



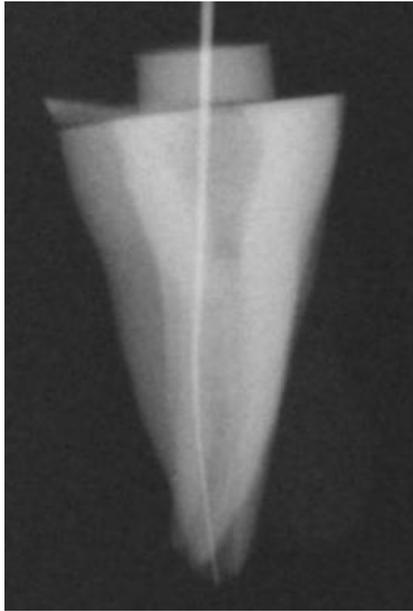
Fotografía 13: Radiografía de la longitud de trabajo de la pieza número 13



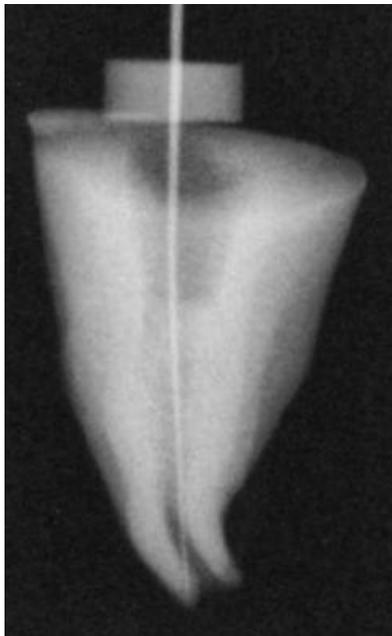
Fotografía 14: Radiografía de la longitud de trabajo de la pieza número 14



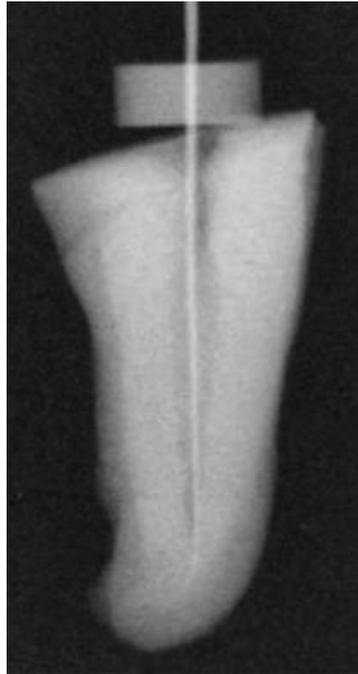
Fotografía 15: Radiografía de la longitud de trabajo de la pieza número 15



Fotografía 16: Radiografía de la longitud de trabajo de la pieza número 16



Fotografía 17: Radiografía de la longitud de trabajo de la pieza número 17

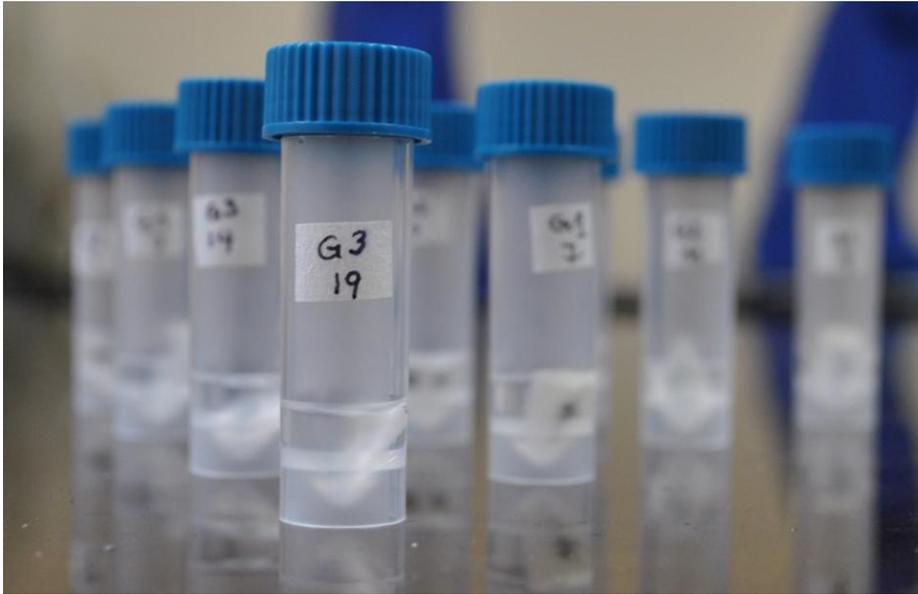


Fotografía 18: Radiografía de la longitud de trabajo de la pieza número 18

### 12.3 Fotografías de la parte experimental del estudio



Fotografía 19: Ejemplo de algunas de las hemisecciones dentales obtenidas después de las instrumentación e irrigación de los conductos radiculares de cada pieza. Nótese que cada una de las hemisecciones está en perfecto estado, sin signos de fracturas o de fisuras.



Fotografía 20: Proceso de deshidratación en concentraciones descendientes de acetona.

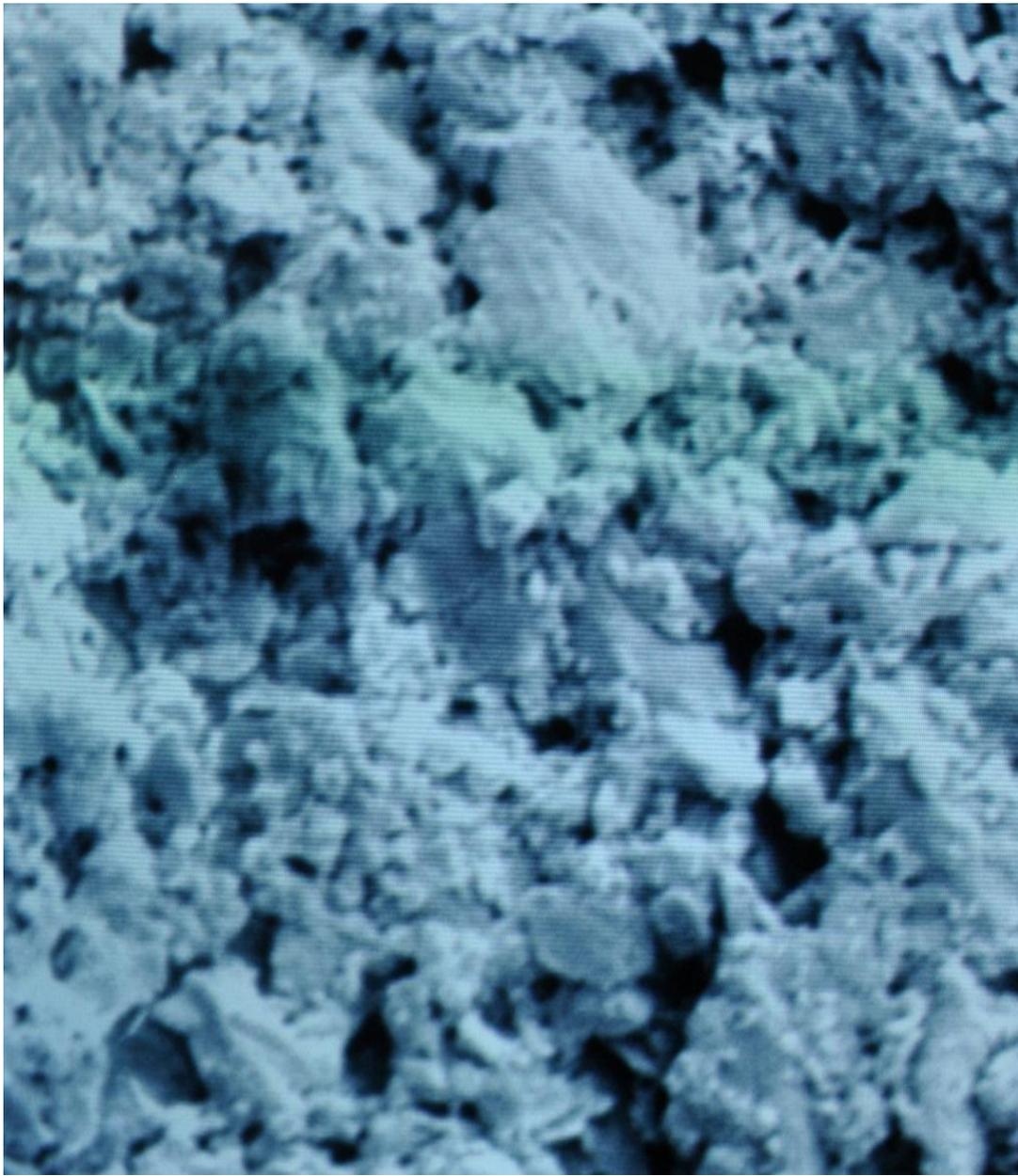


Fotografía 21: Proceso de deshidratación en concentraciones crecientes de alcohol

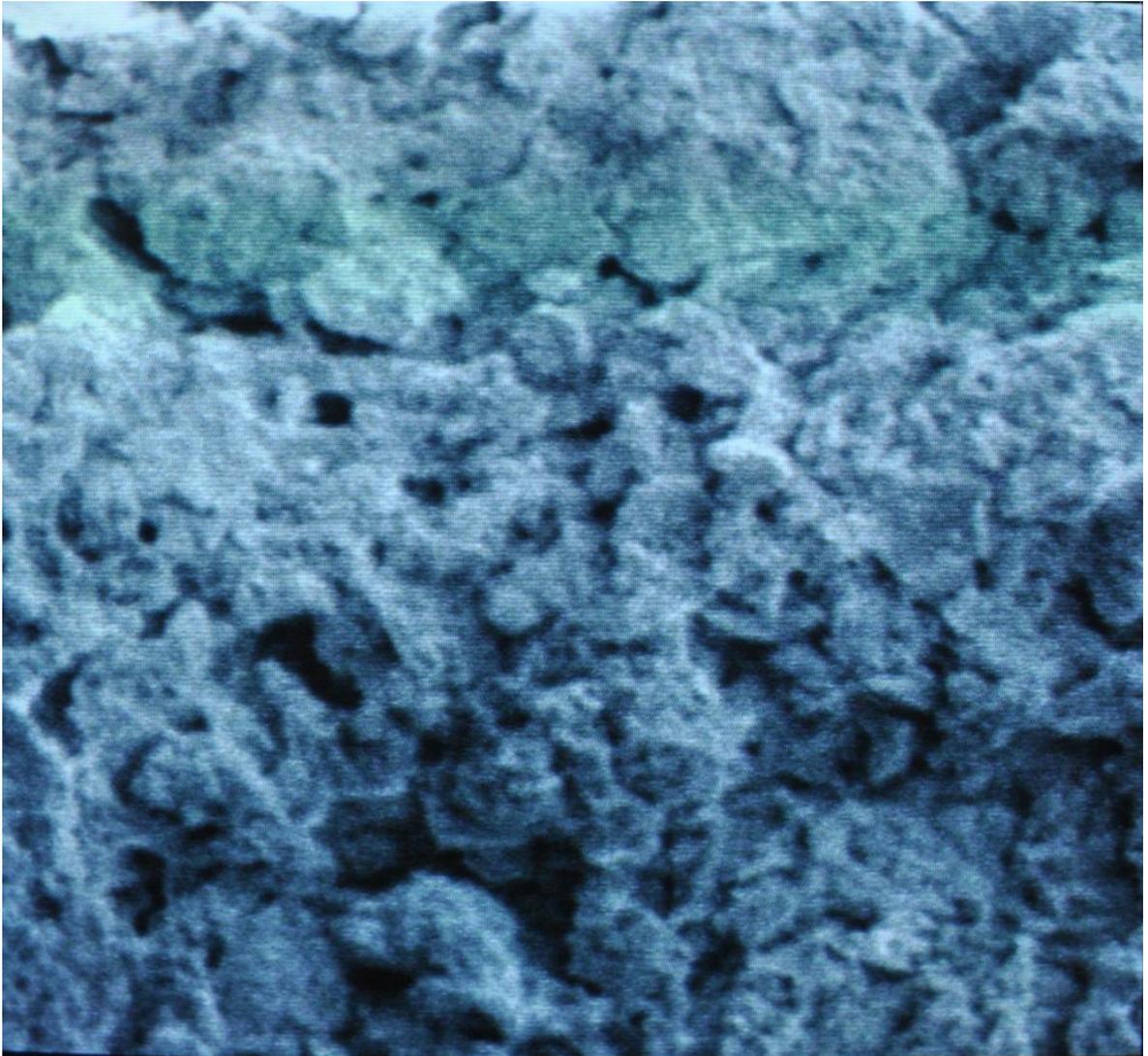


Fotografía 22: Hemisecciones dentales colocadas en la platina del microscopio electrónico de barrido para poder tomar las imágenes de los tercios apical, medio y coronal de cada hemisección.

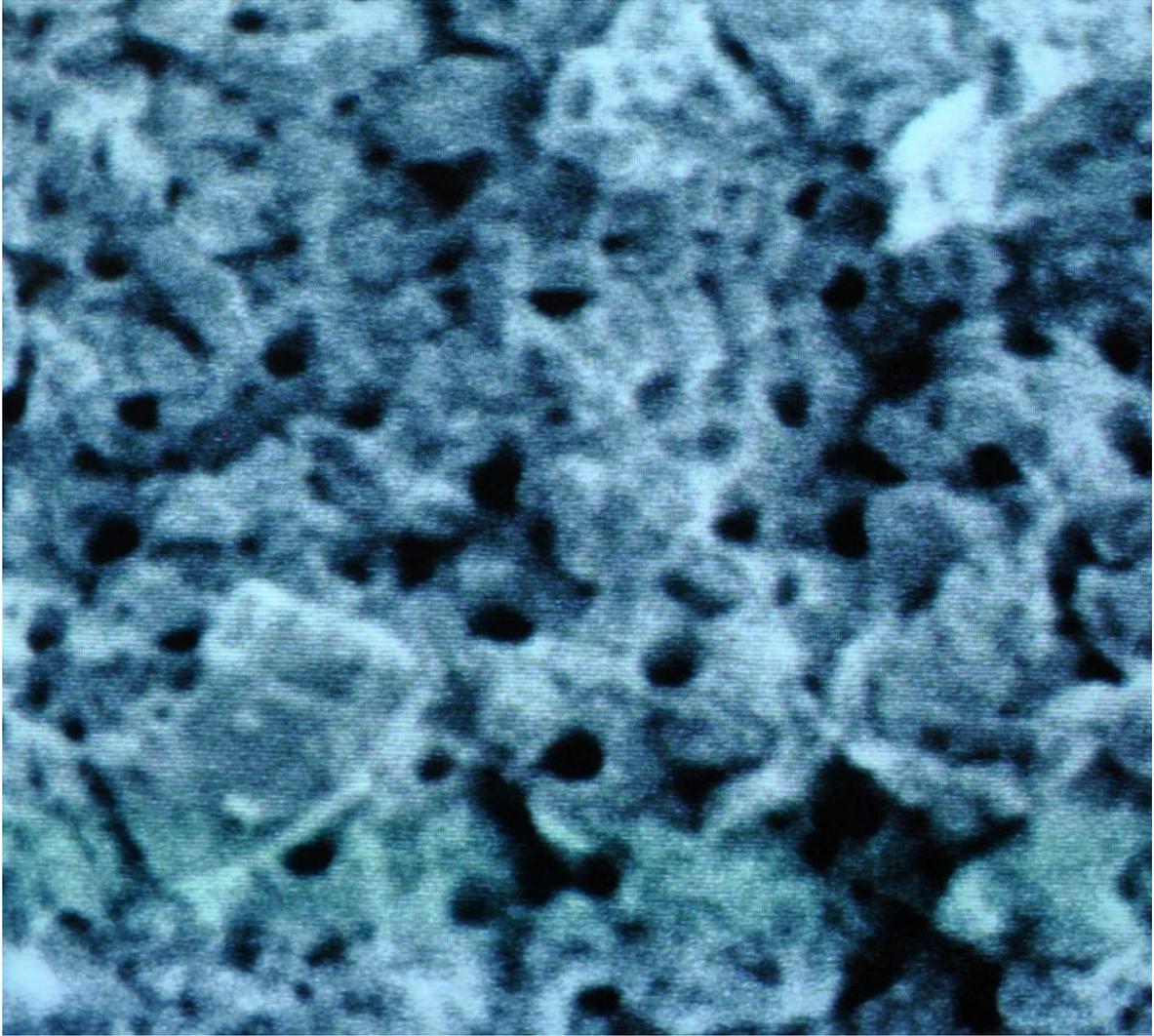
12.4 Fotografías de las imágenes obtenidas del microscopio electrónico de barrido para los tercios apical, medio y coronal de cada hemisección dental del grupo 1



Fotografía 23: Imagen en el microscopio electrónico de barrido del tercio apical de la hemisección de la pieza 2



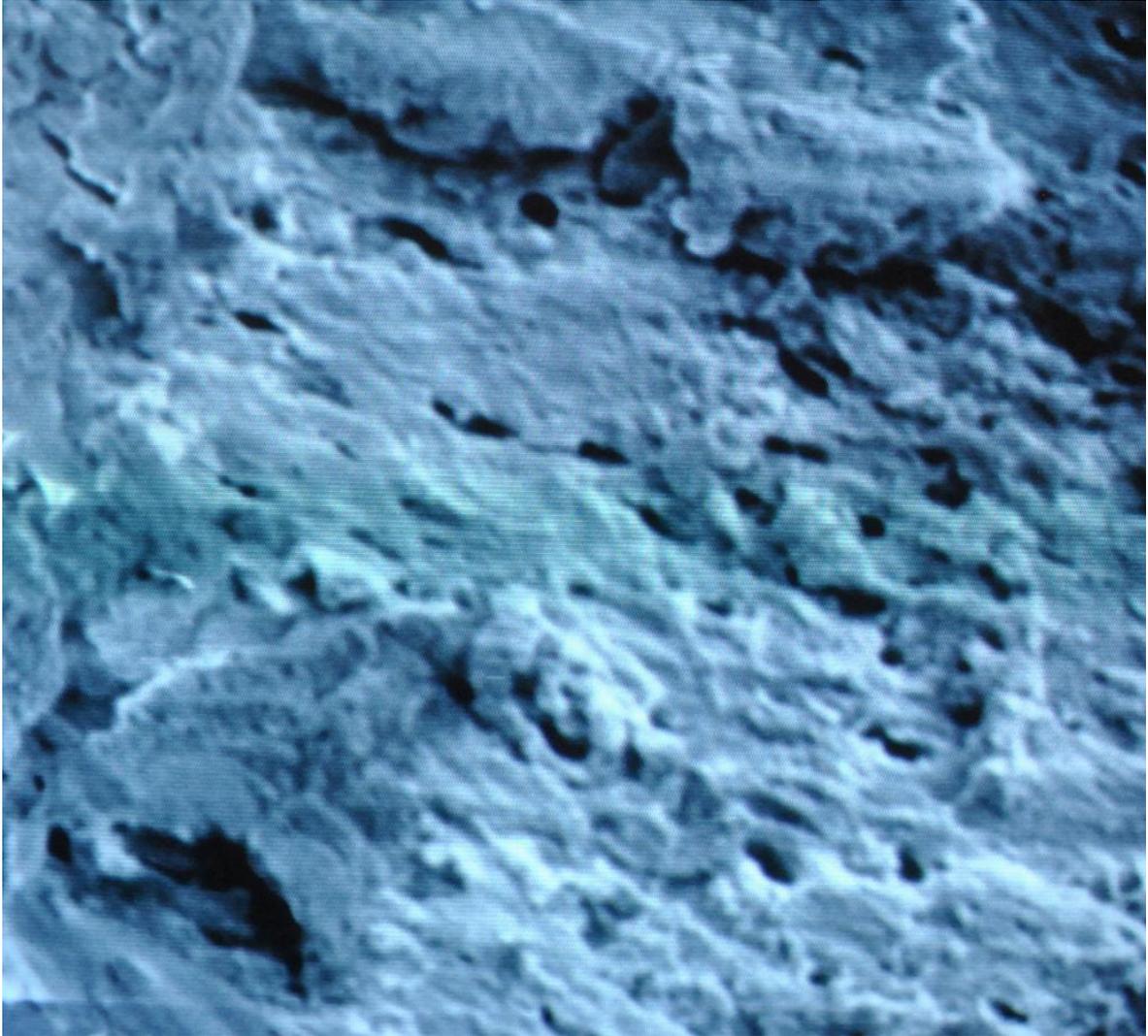
Fotografía 24: Imagen del microscopio electrónico de barrido del tercio medio de la hemisección de la pieza 2



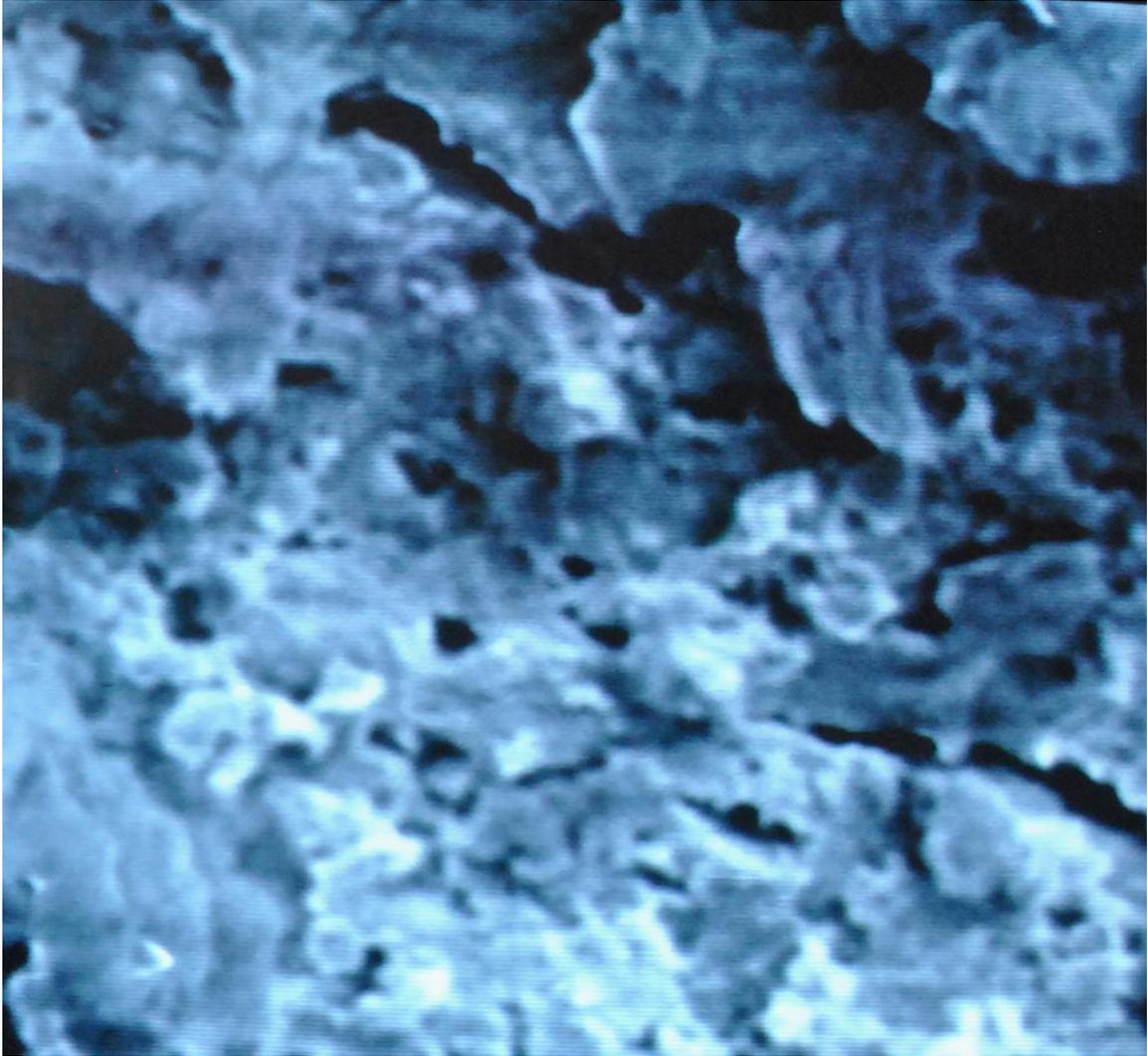
Fotografía 25: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido para el tercio coronal de la hemisección de la pieza 2



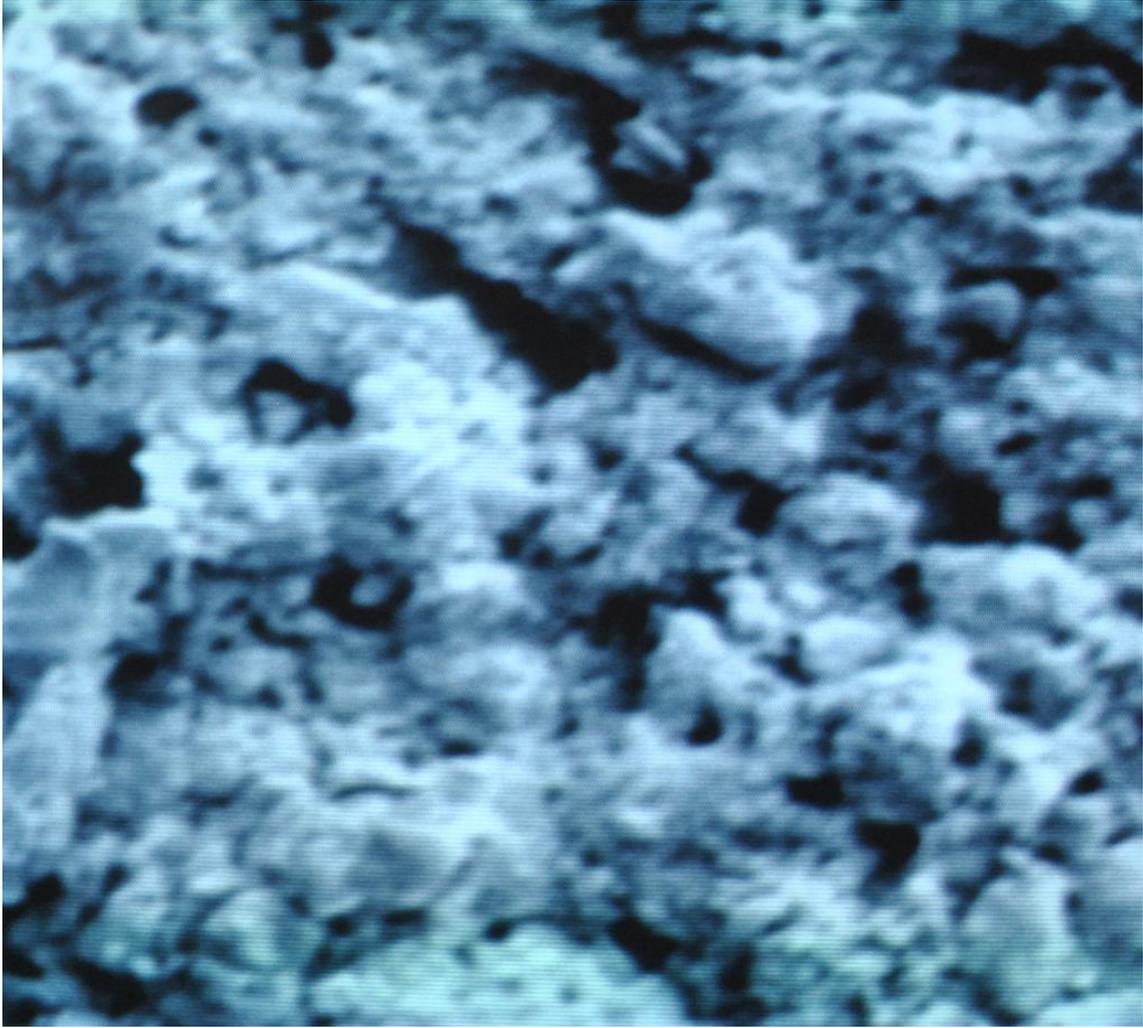
Fotografía 26: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio apical de la hemisección de la pieza 3



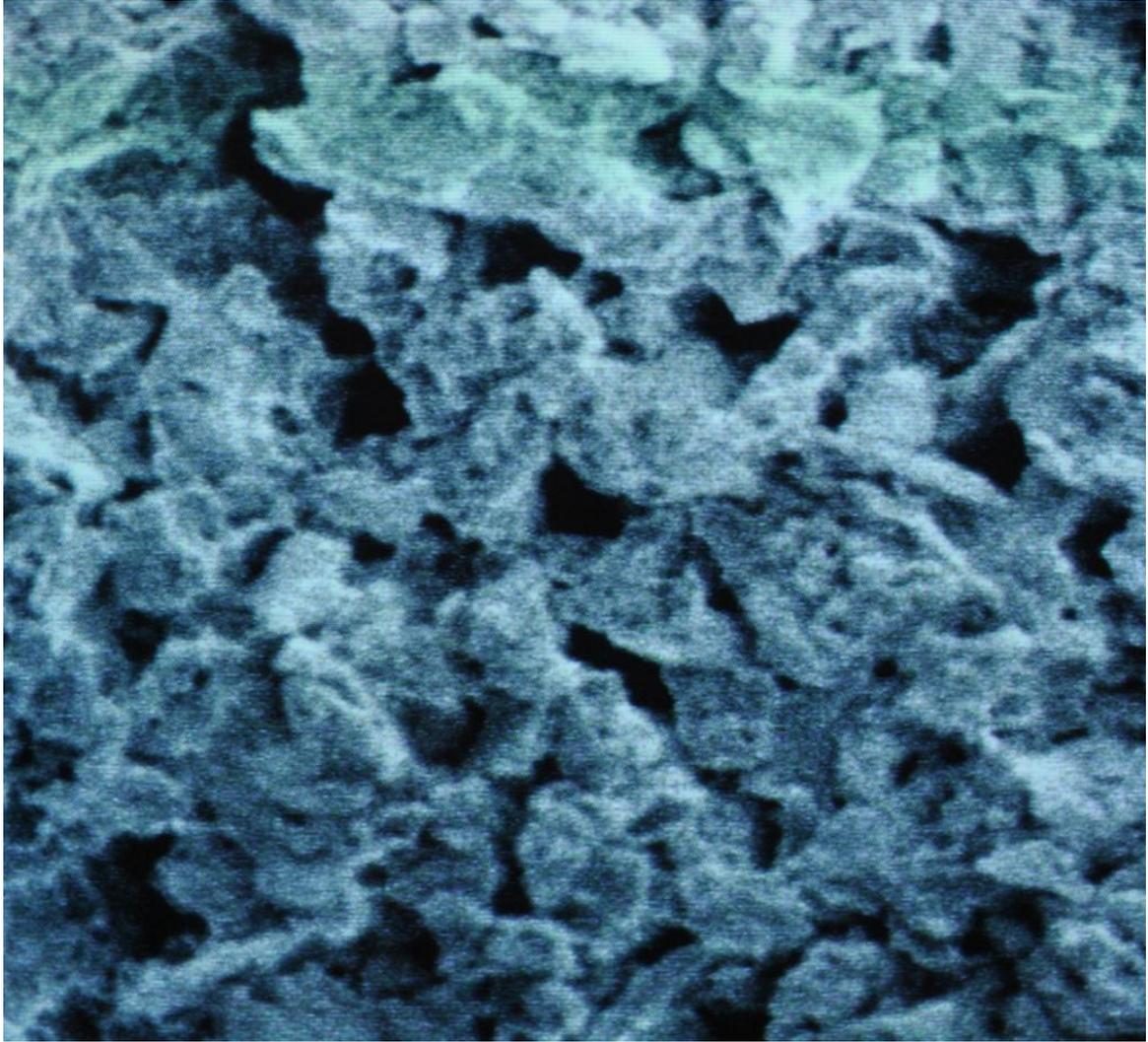
Fotografía 27: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio medio de la hemisección de la pieza 3



Fotografía 28: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio coronal de la hemisección de la pieza 3



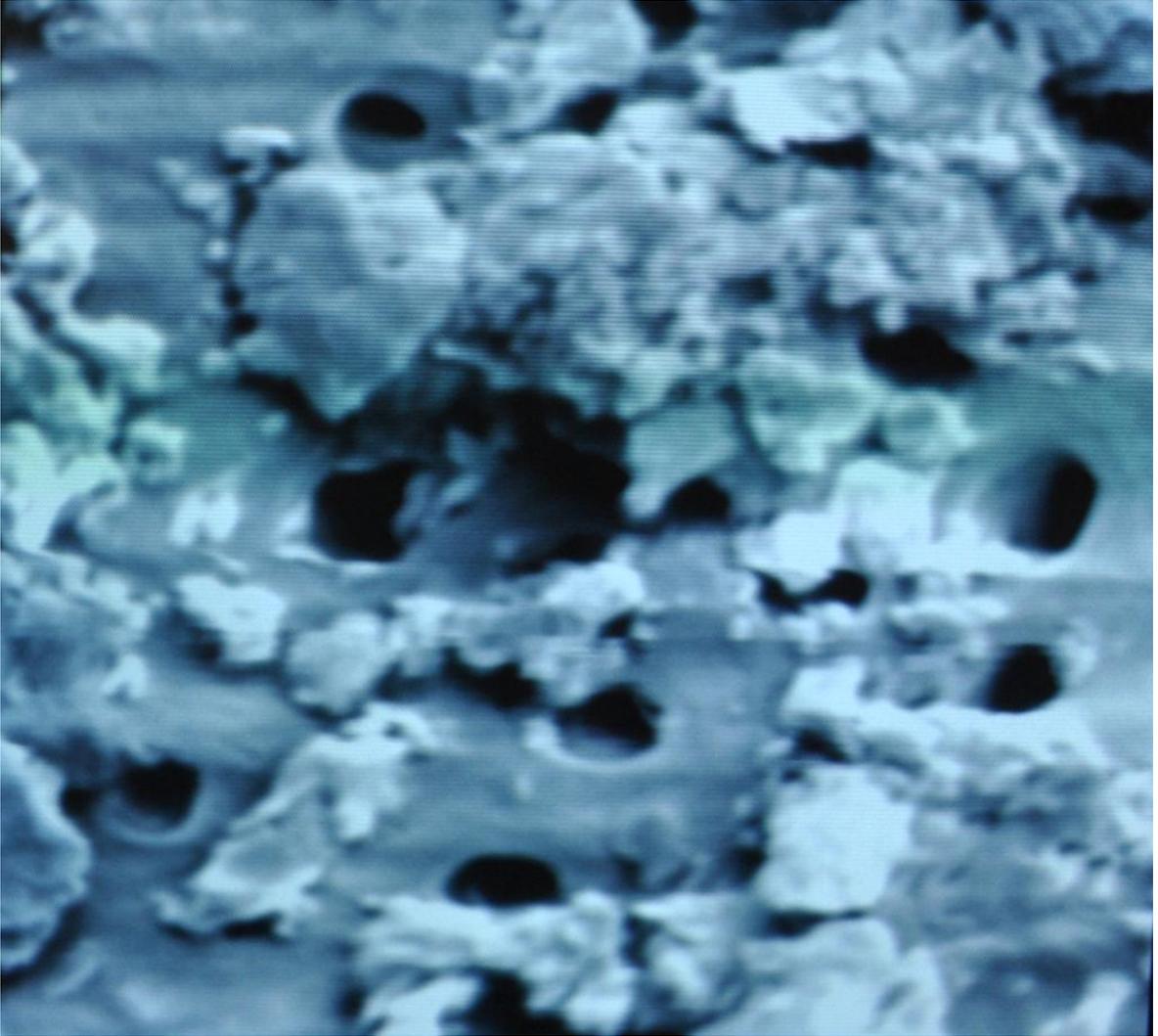
Fotografía 29: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio apical de la hemisección de la pieza 4



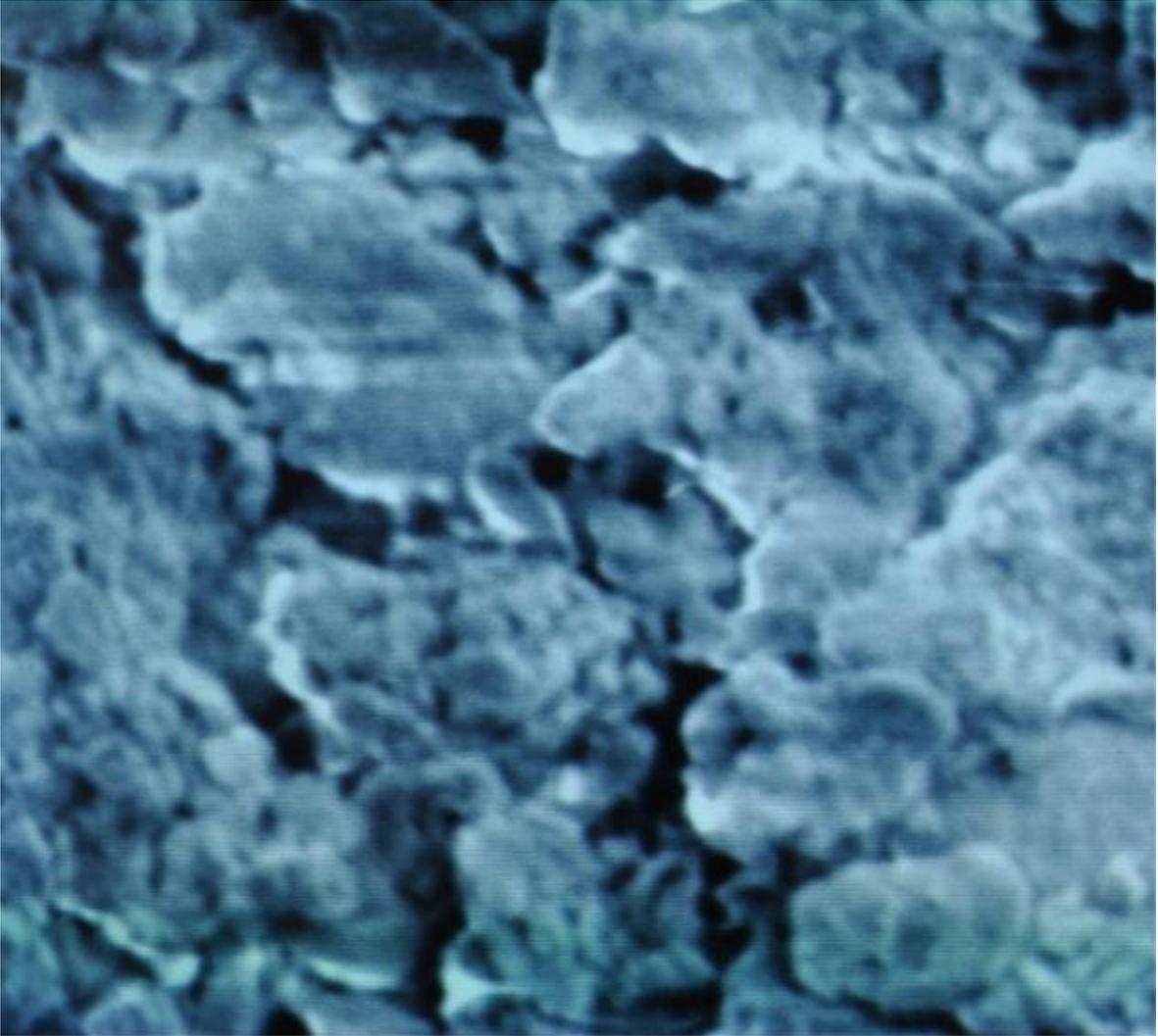
Fotografía 30: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio medio de la hemisección de la pieza 4.



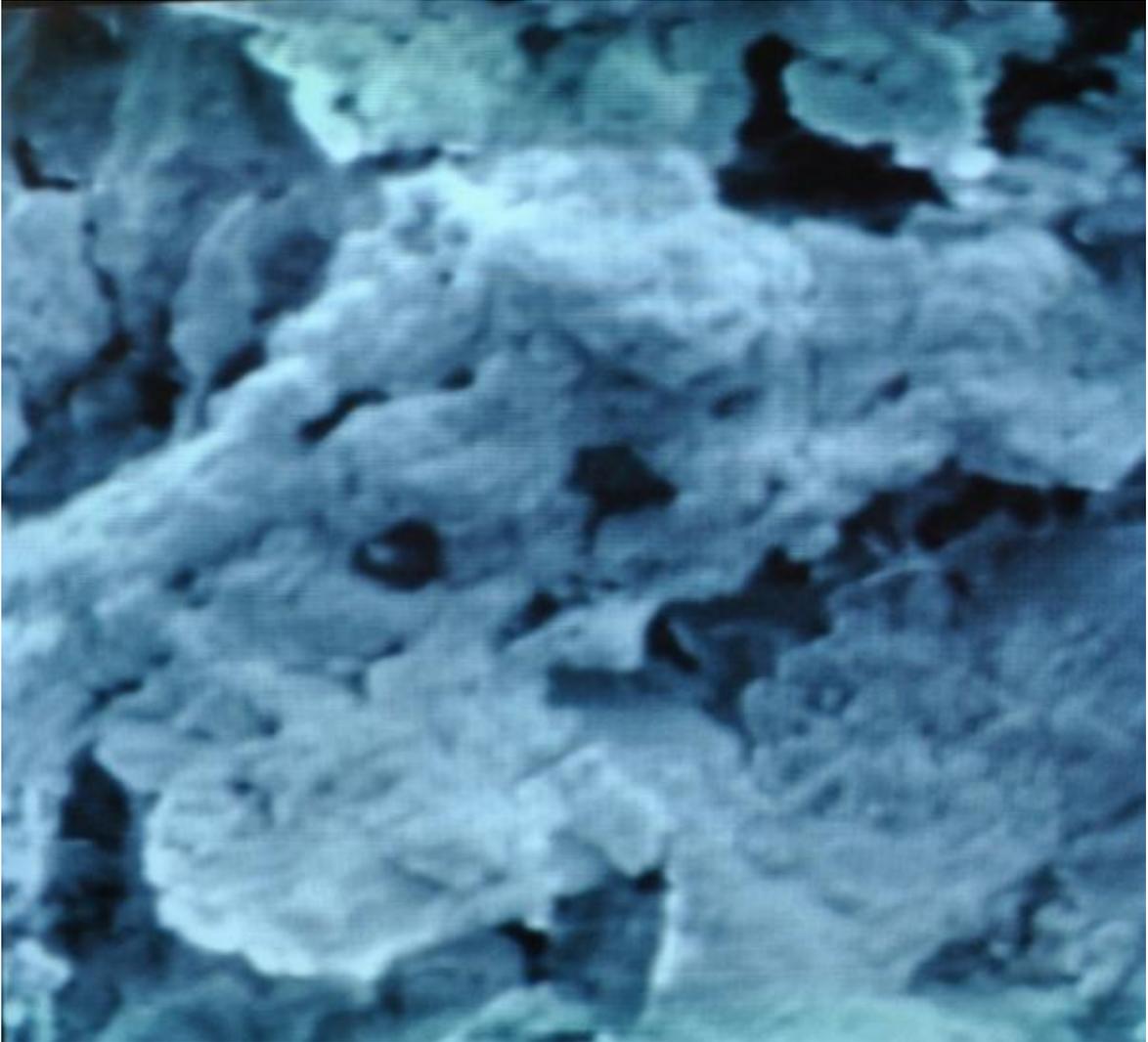
Fotografía 31: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio coronal de la hemisección de la pieza 4



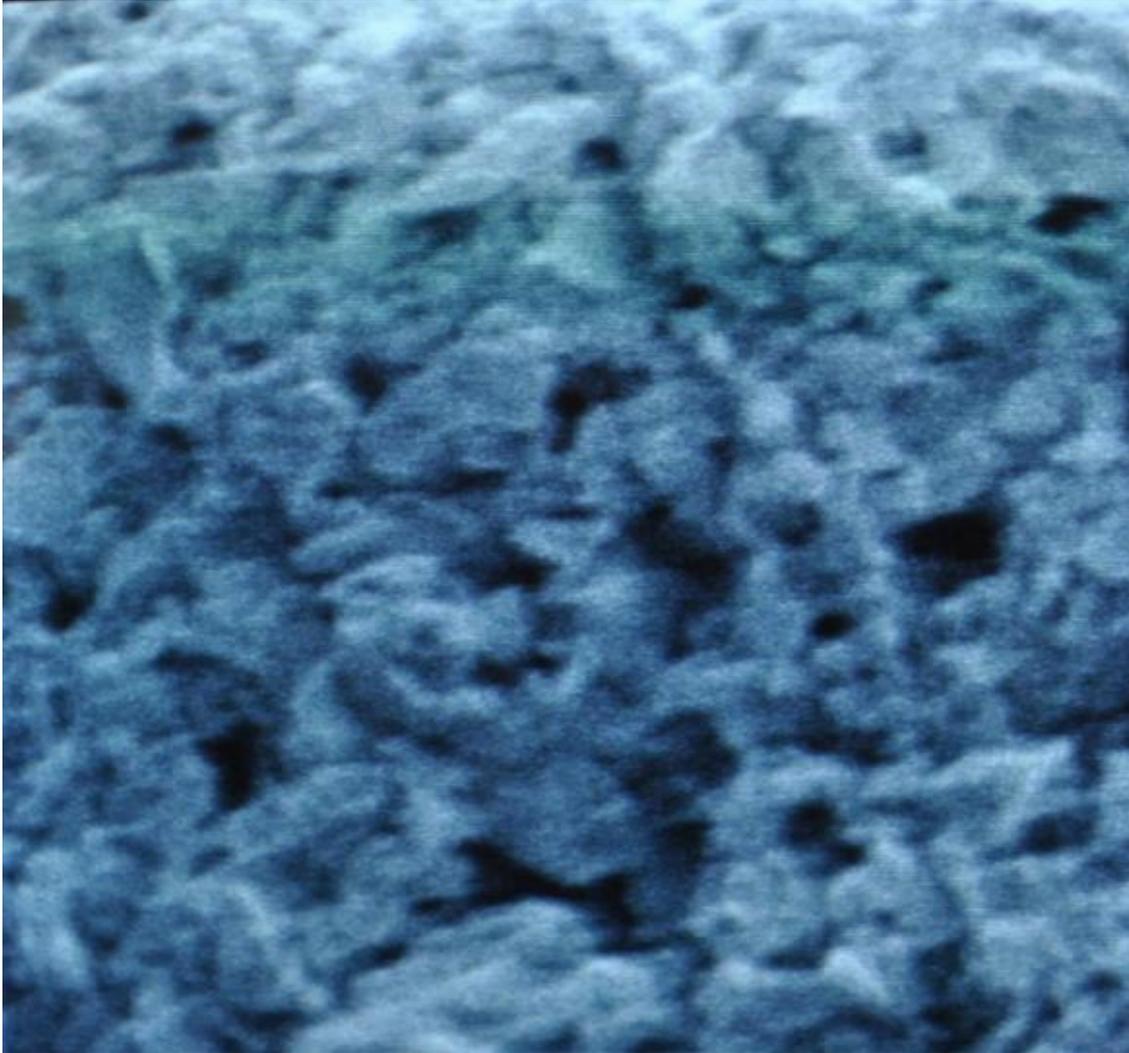
Fotografía 32: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio apical de la hemisección de la pieza 5



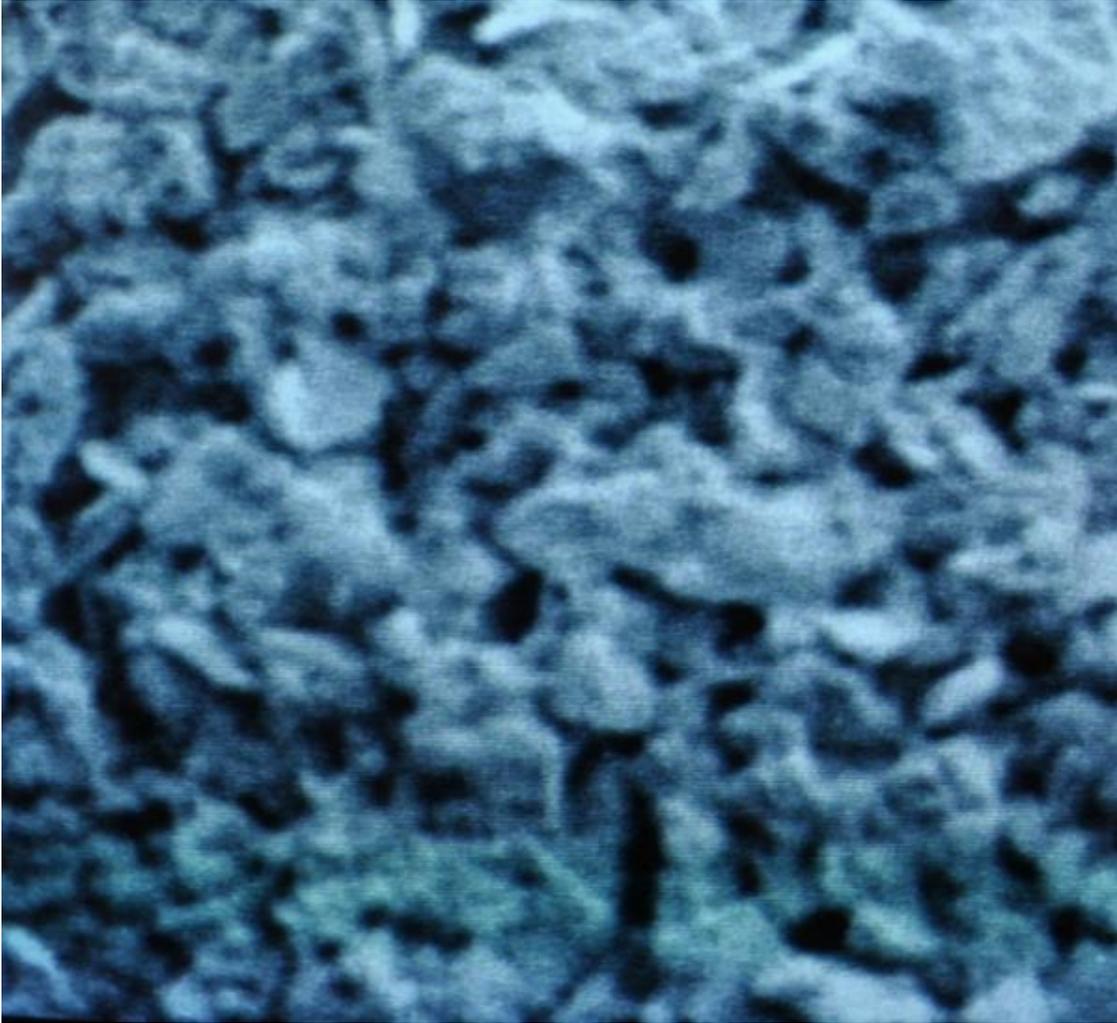
Fotografía 33: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio medio de la hemisección de la pieza 5



Fotografía 34: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio coronal de la hemisección de la pieza 5



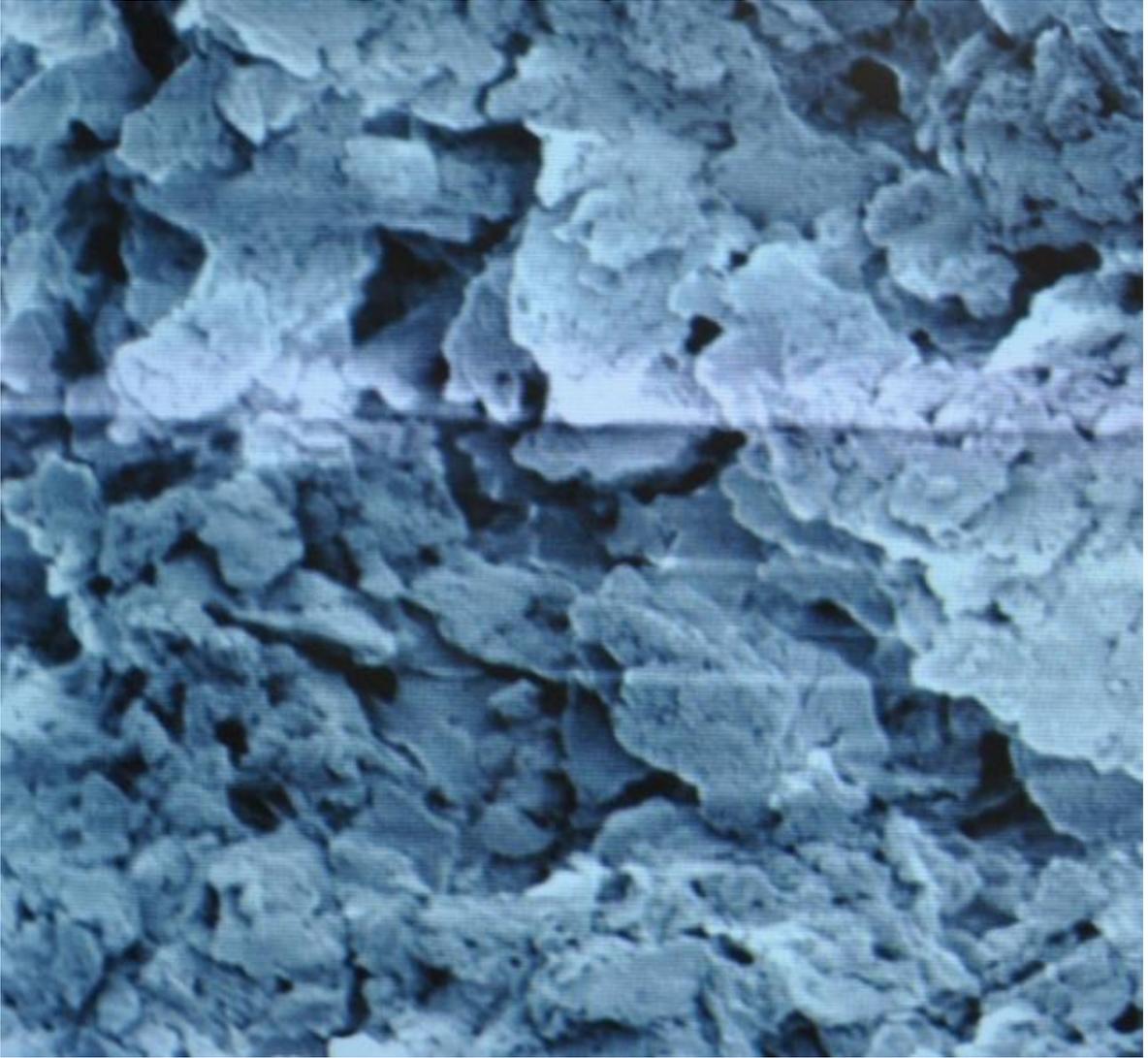
Fotografía 35: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio apical de la hemisección de la pieza 7



Fotografía 36: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio medio de la hemisección de la pieza 7



Fotografía 37: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio coronal de la hemisección de la pieza 7

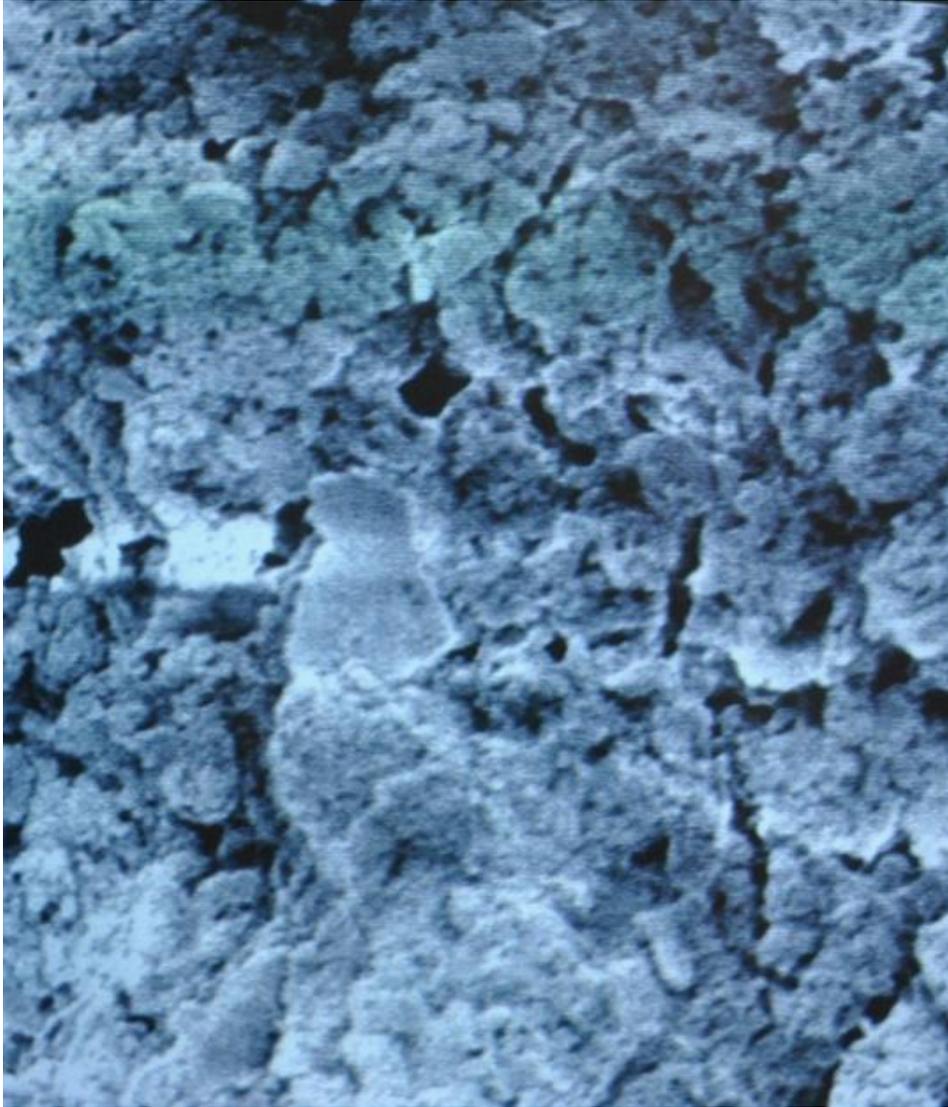


Fotografía 38: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio apical de la hemisección de la pieza 11

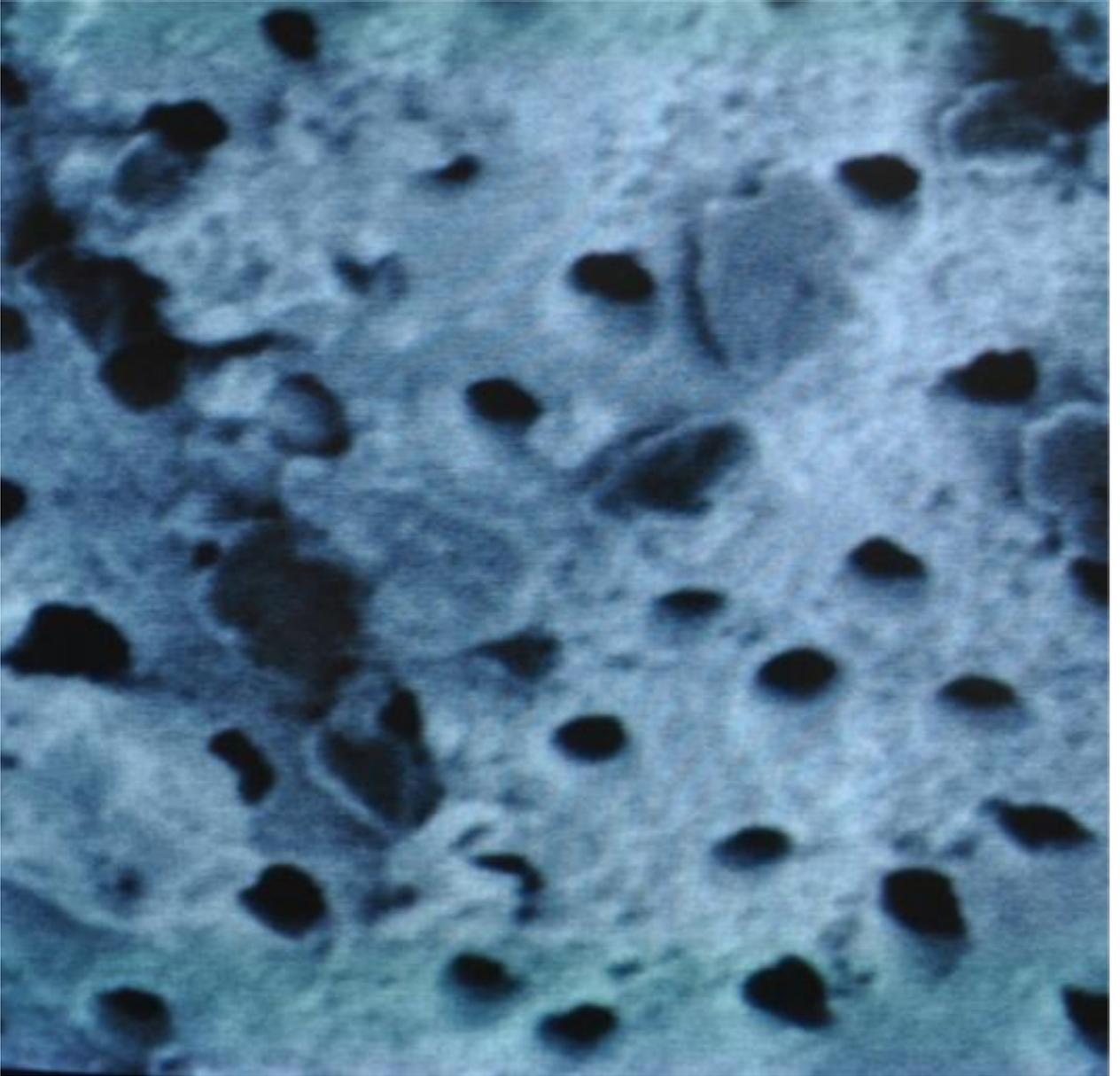


Fotografía 39: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio medio de la hemisección de la pieza 11

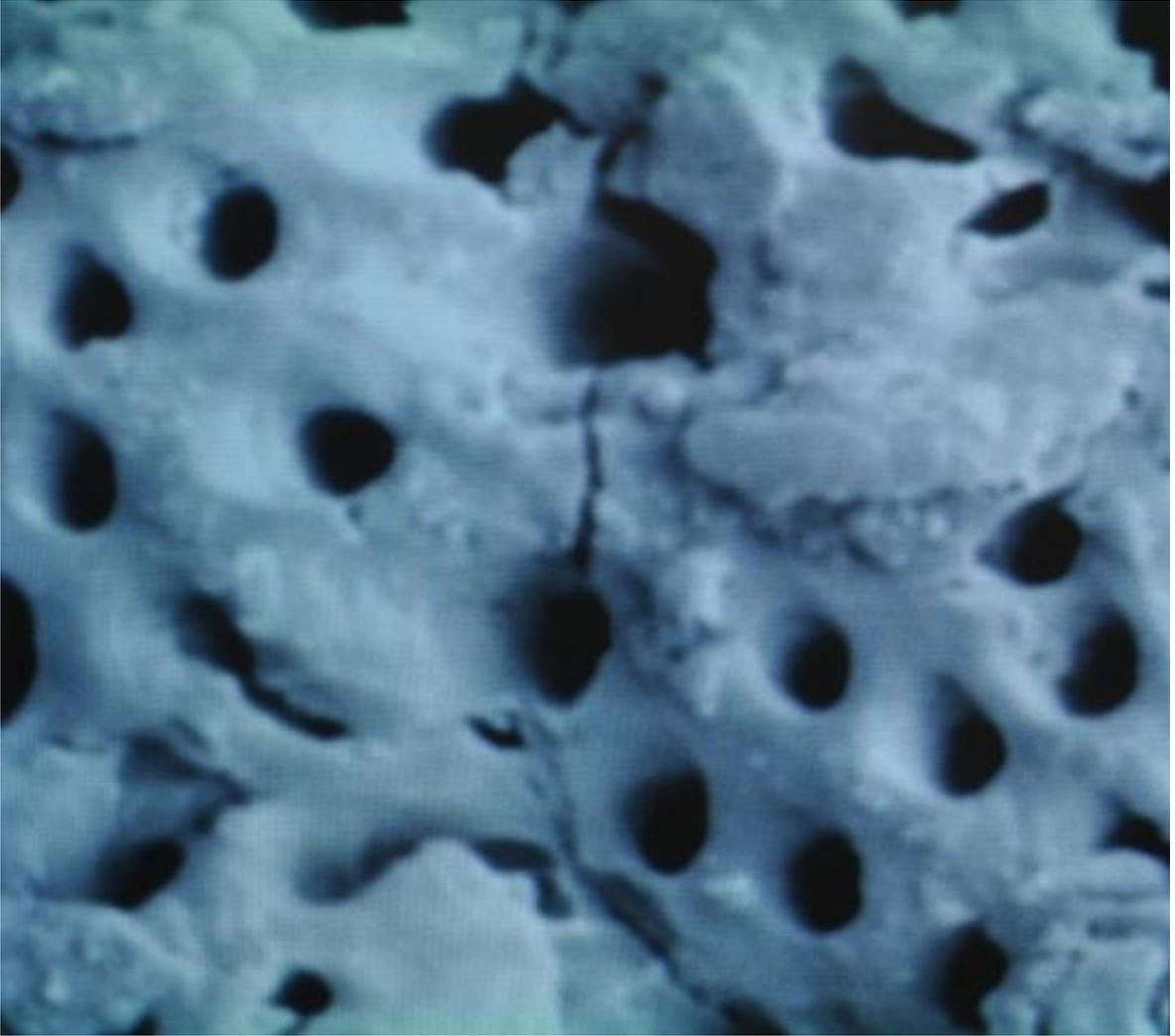
12.5 Fotografías de las imágenes obtenidas del microscopio electrónico de barrido para los tercios apical, medio y coronal de cada hemisección dental del grupo 2



Fotografía 40: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio apical de la hemisección de la pieza 8



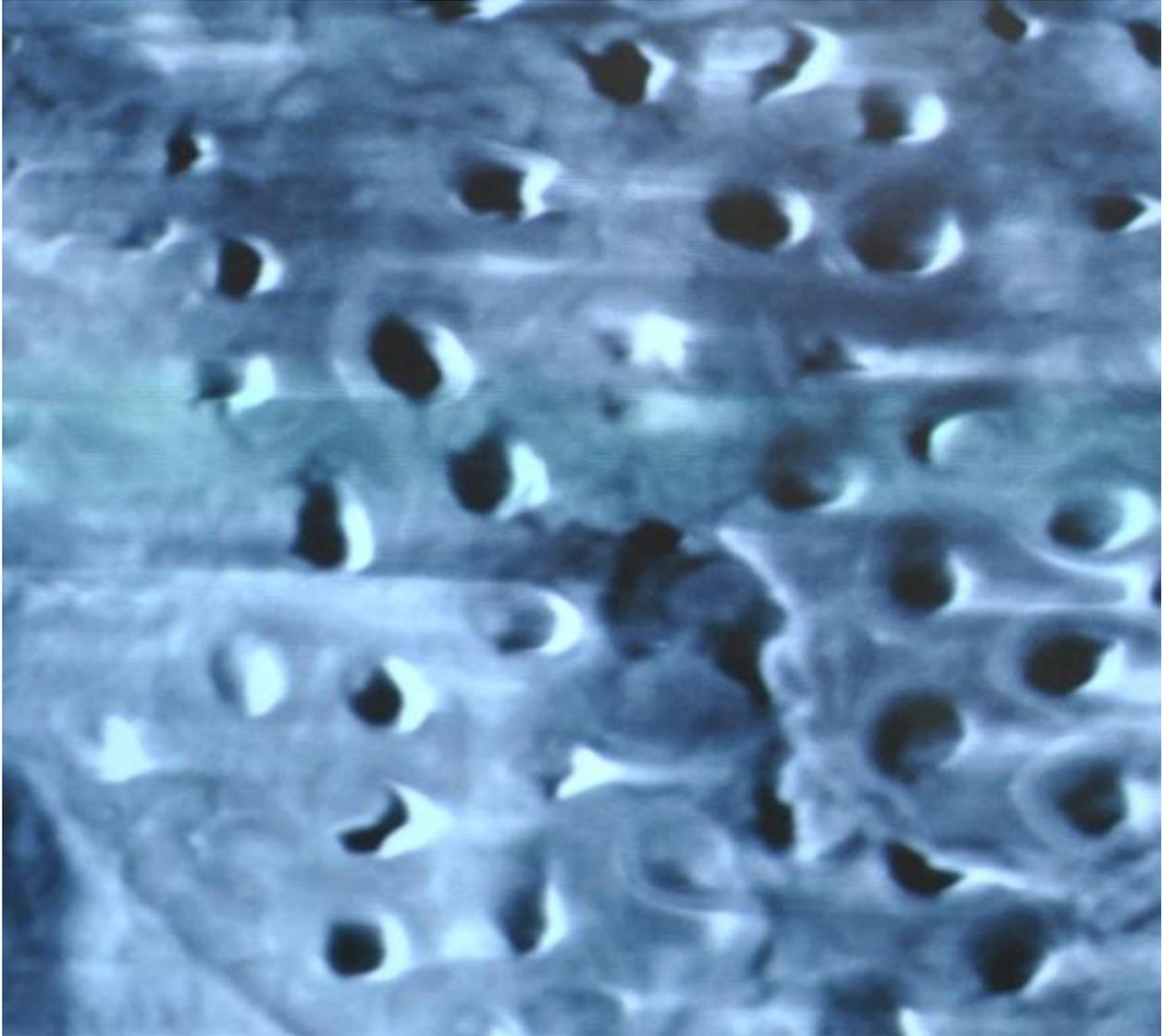
Fotografía 41: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio medio de la pieza 8



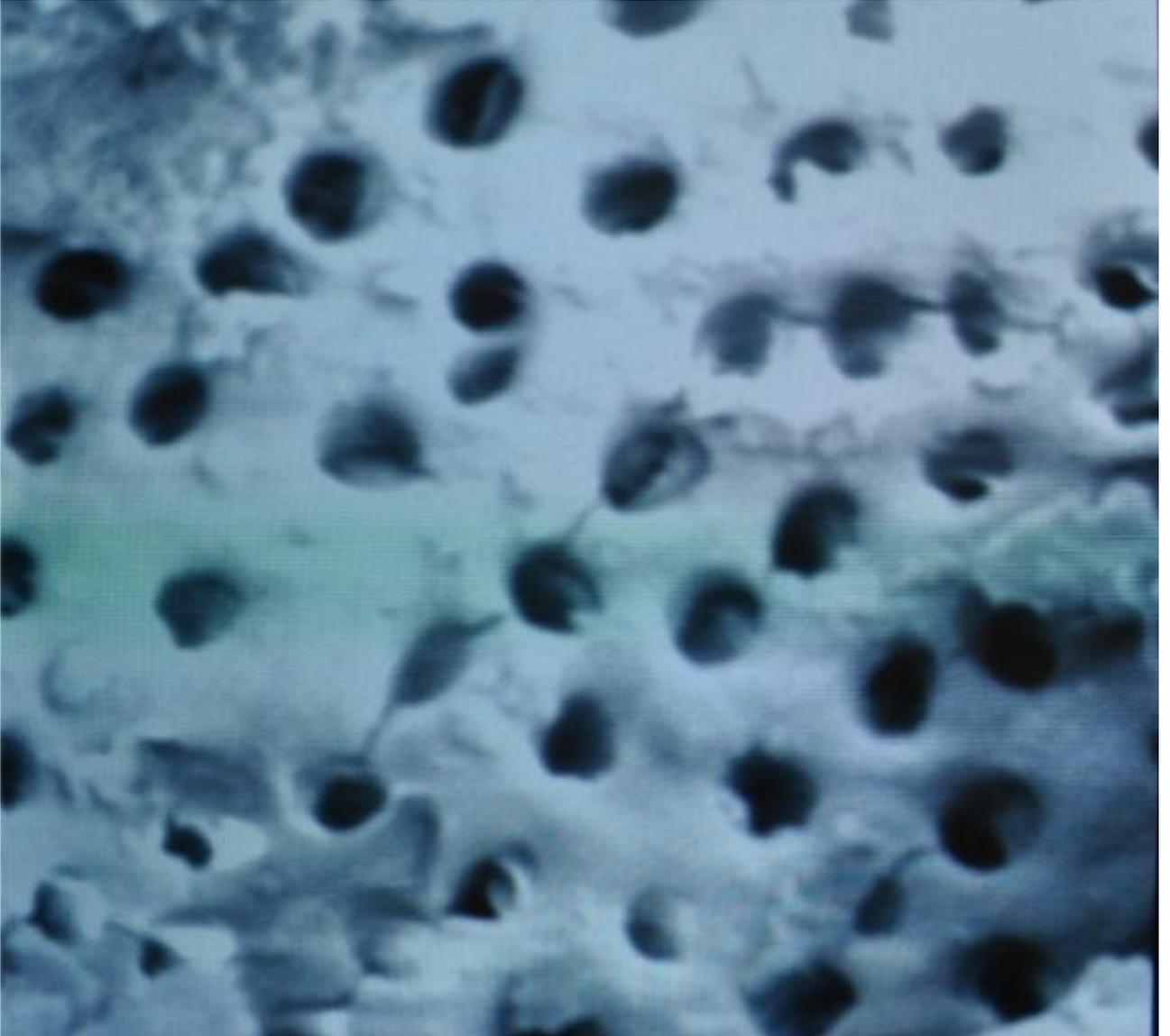
Fotografía 42: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio coronal de la pieza 8



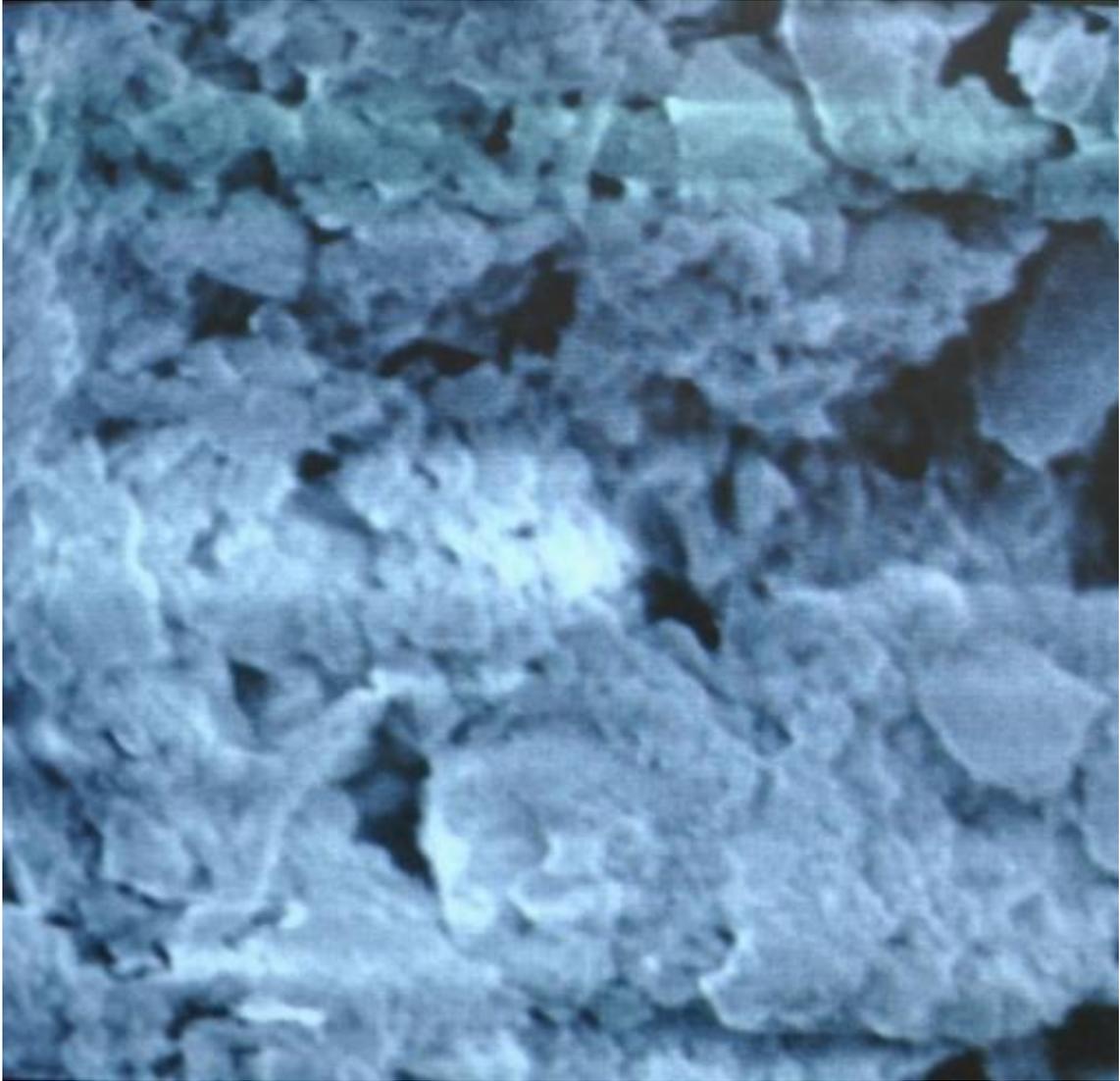
Fotografía 43: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio apical de la hemisección de la pieza 9



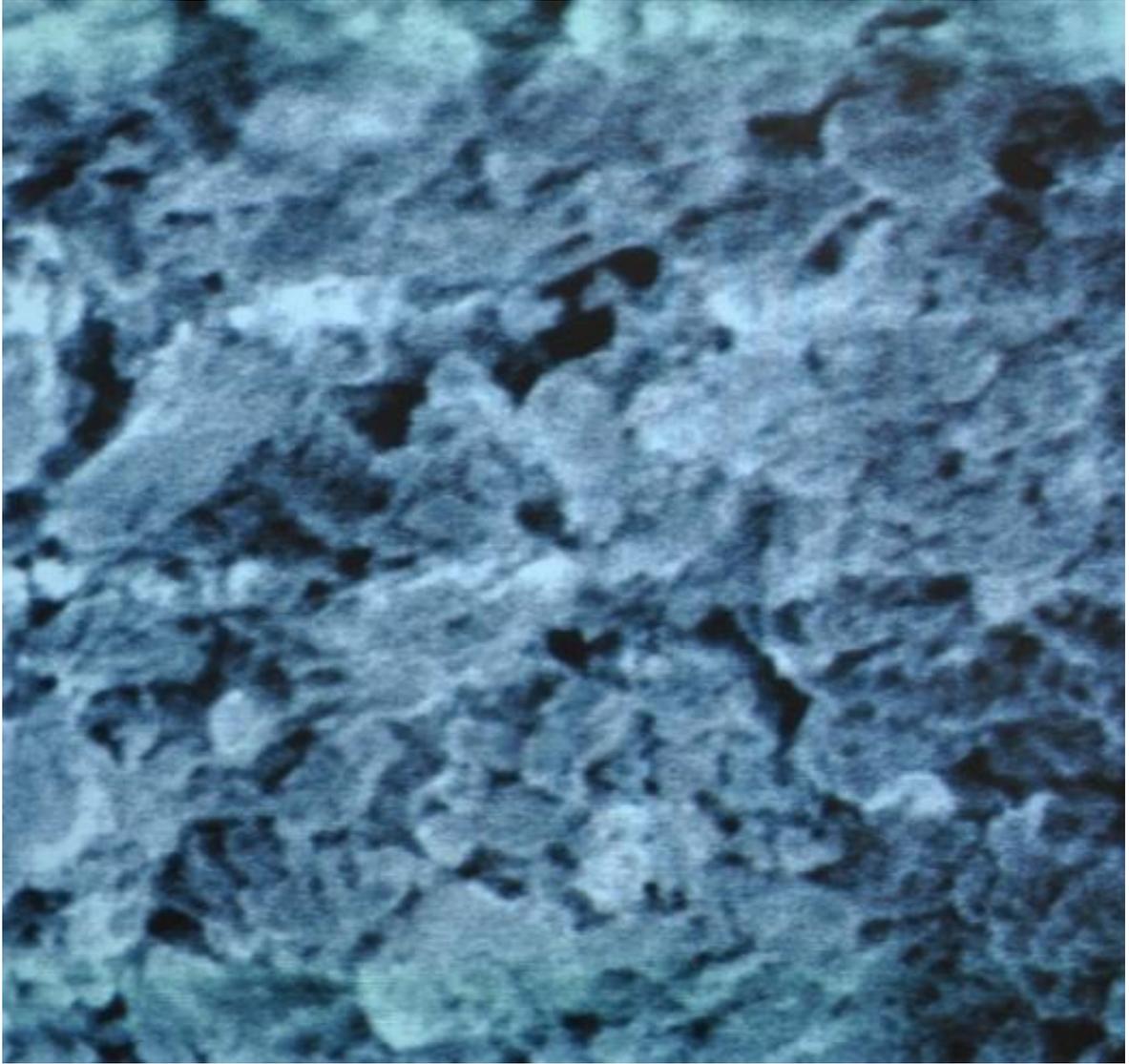
Fotografía 44: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio medio de la hemisección de la pieza 9



Fotografía 45: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio coronal de la hemisección de la pieza 9



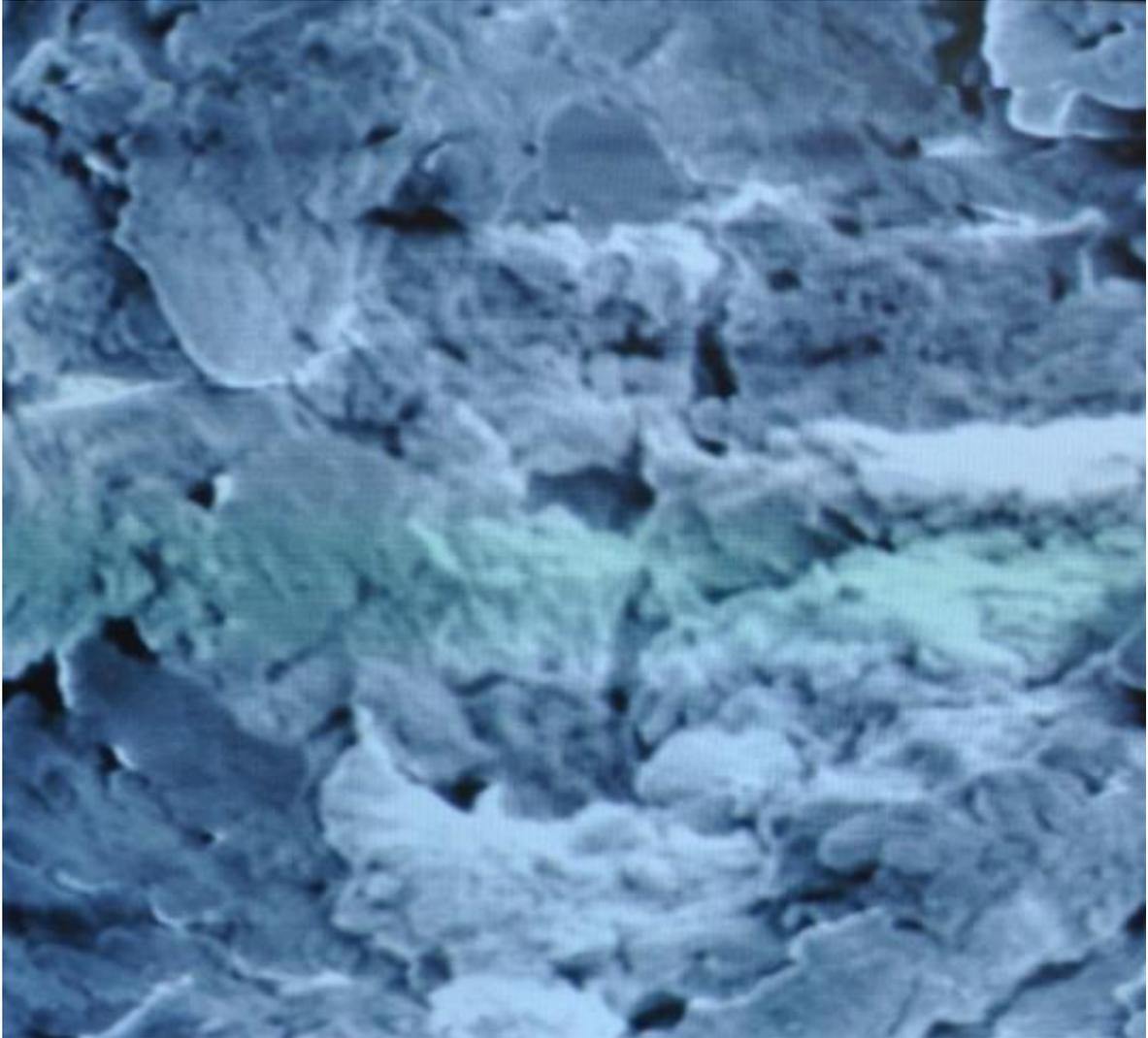
Fotografía 46: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio apical de la hemisección de la pieza 10



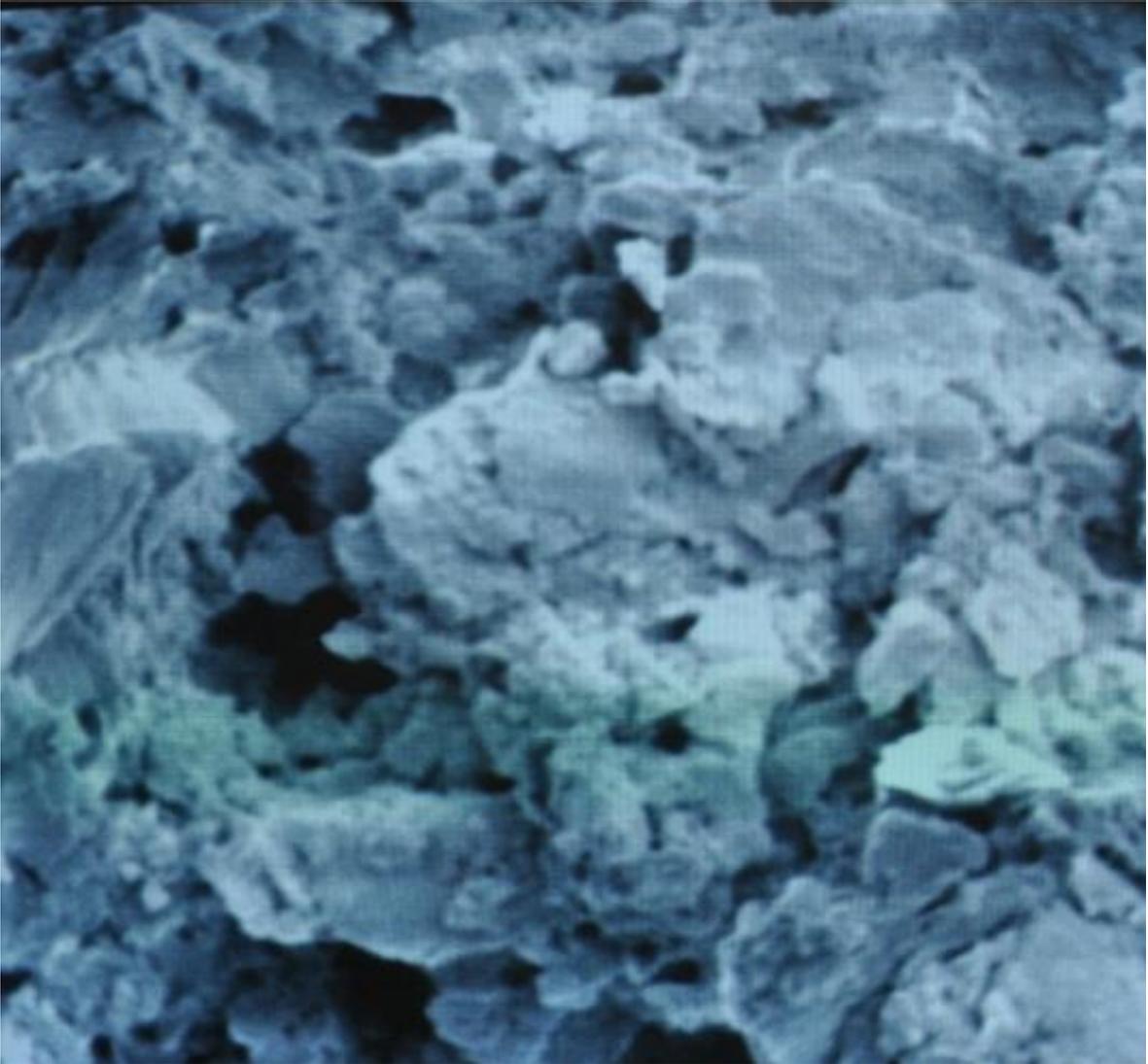
Fotografía 47: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio medio de la hemisección de la pieza 10



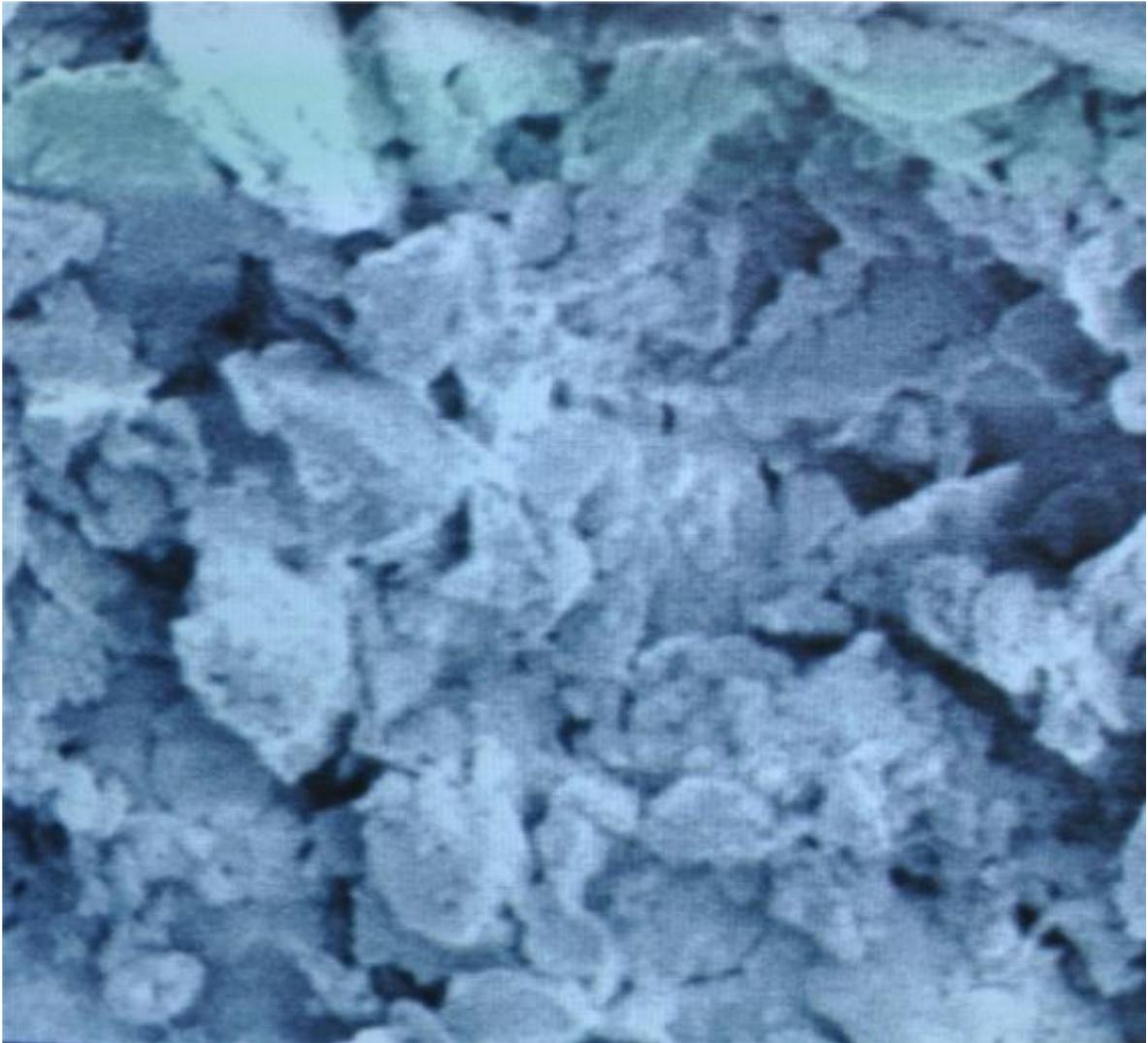
Fotografía 48: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio coronal de la hemisección de la pieza 10



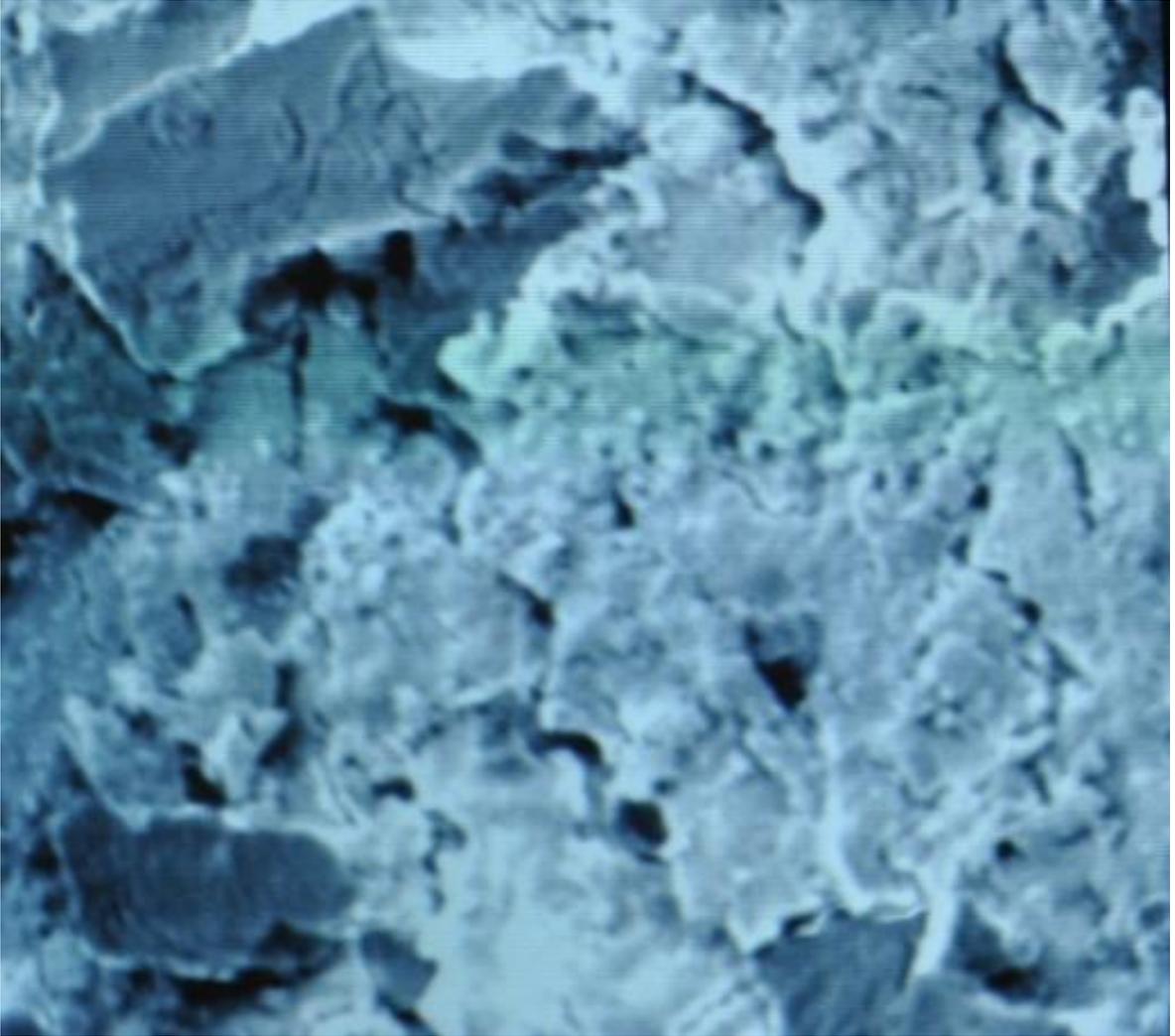
Fotografía 49: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio apical de la hemisección de la pieza 11



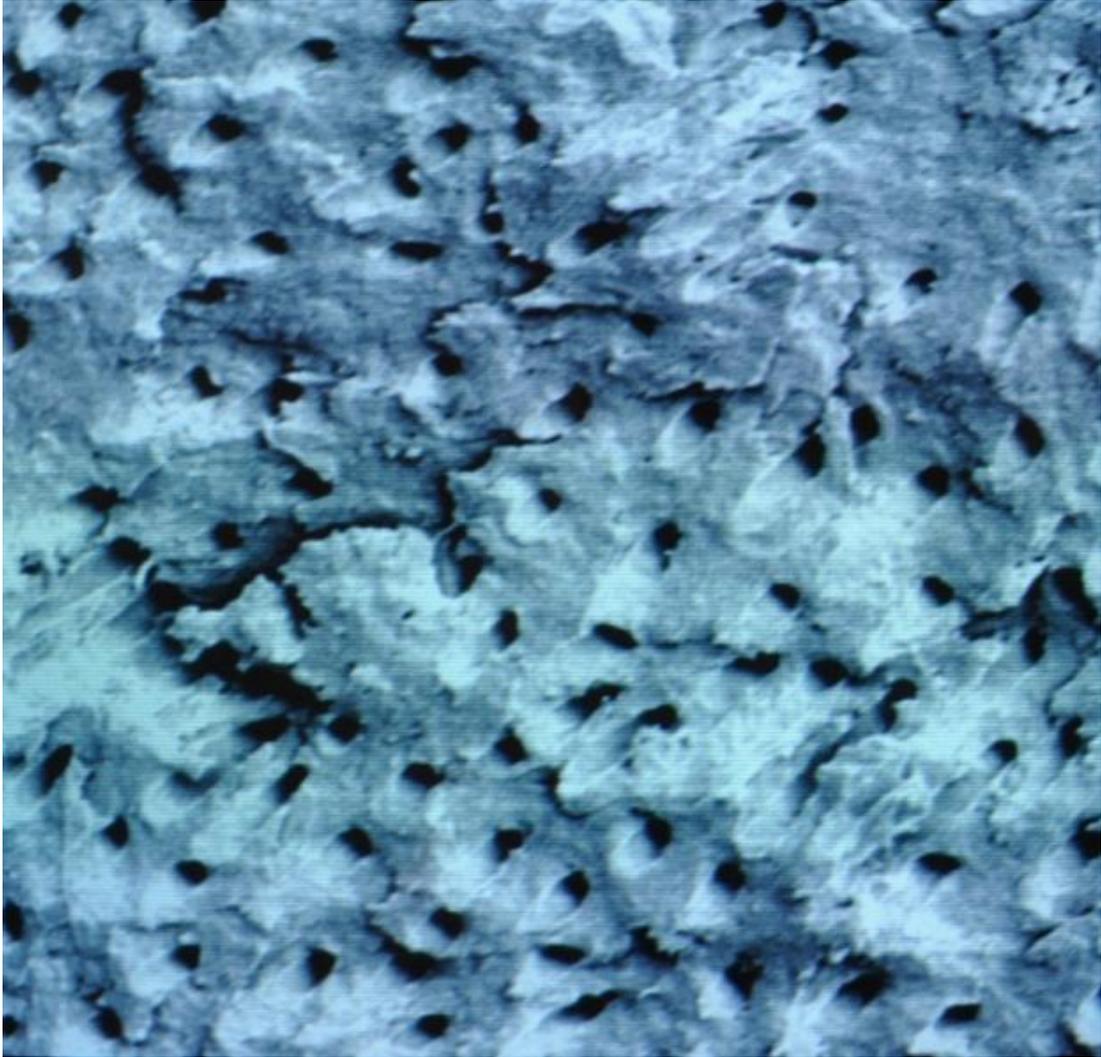
Fotografía 50: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio medio de la hemisección de la pieza 11



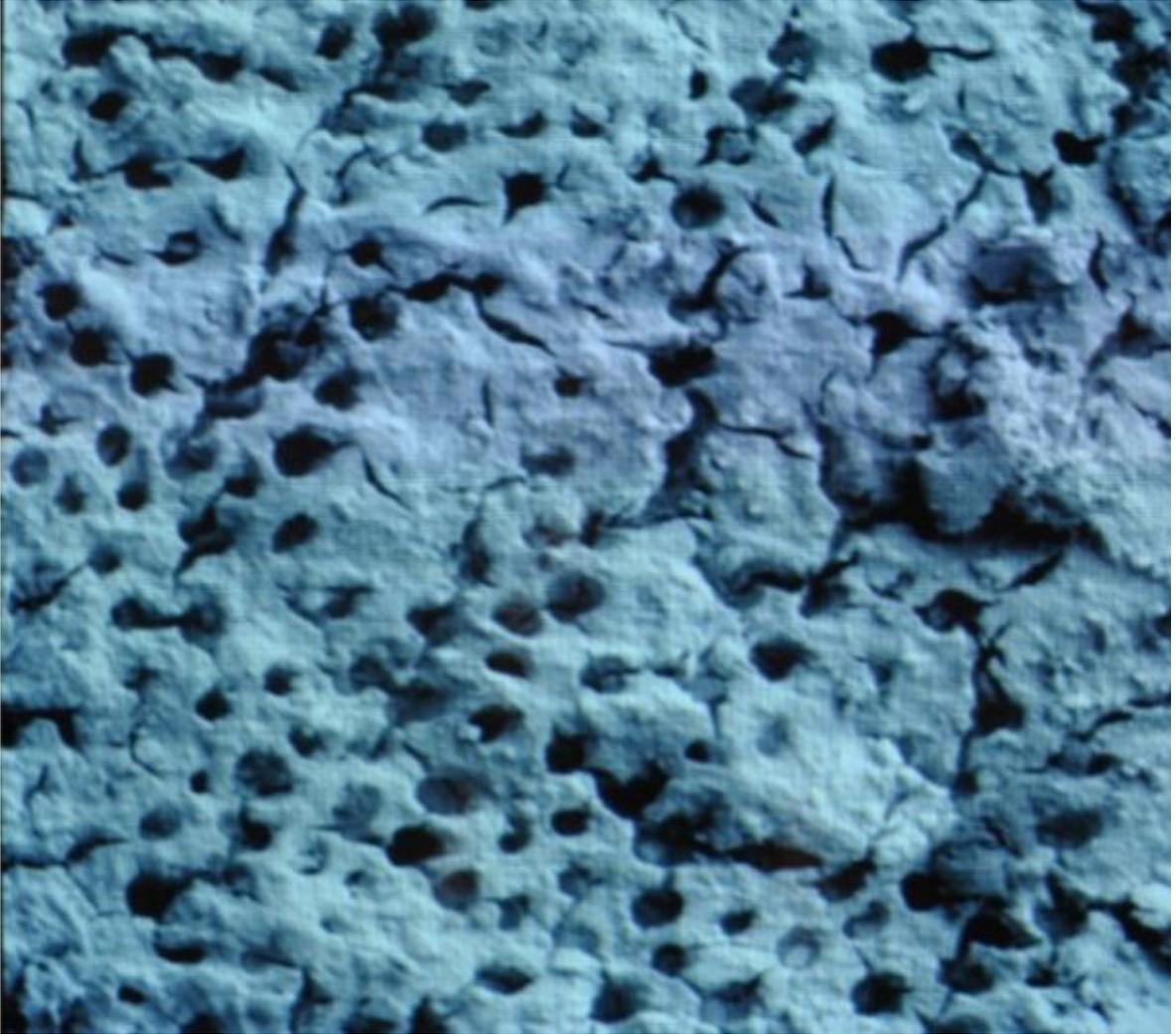
Fotografía 51: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio coronal de la hemisección de la pieza 11



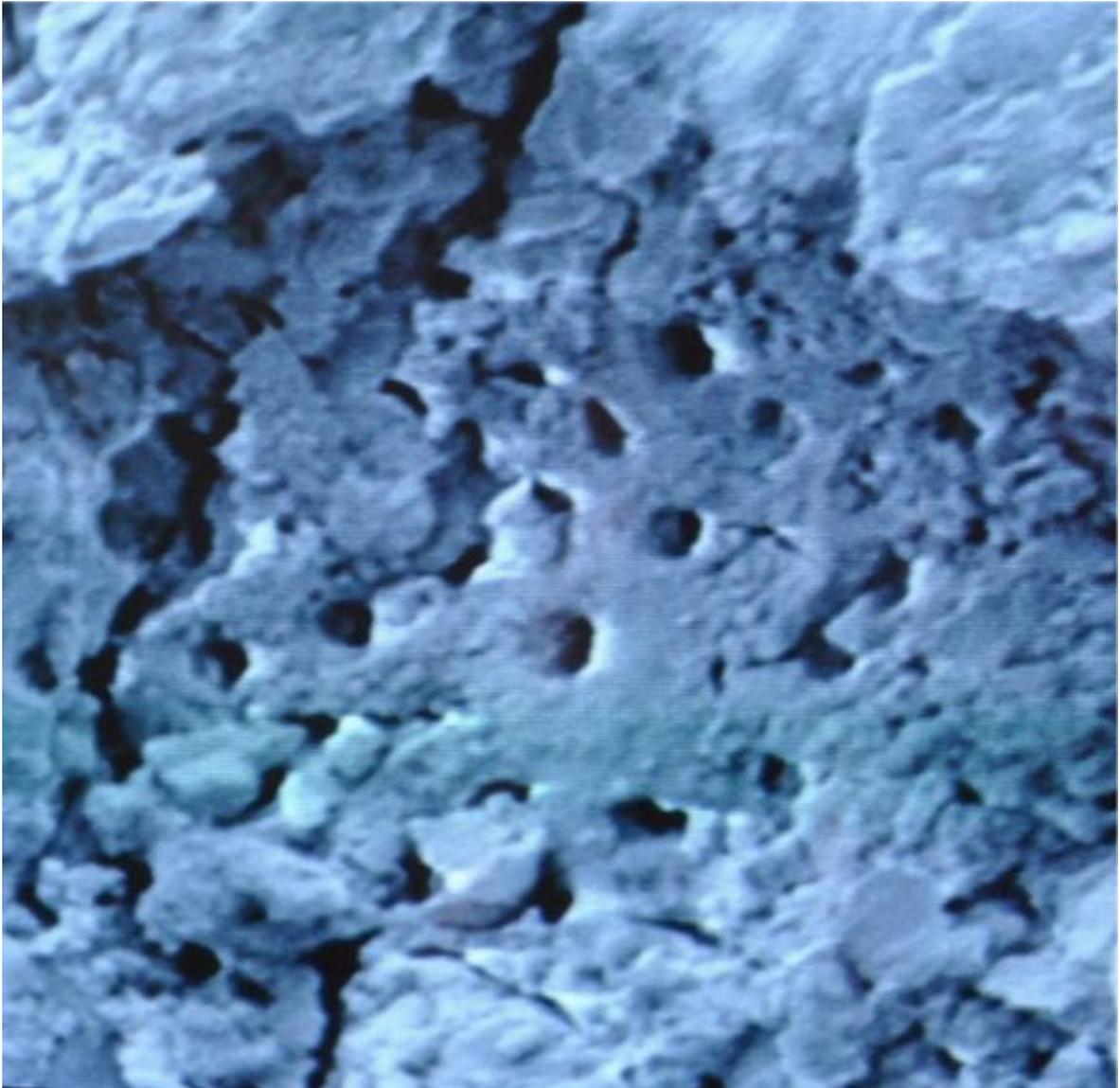
Fotografía 52: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio apical de la hemisección de la pieza 12



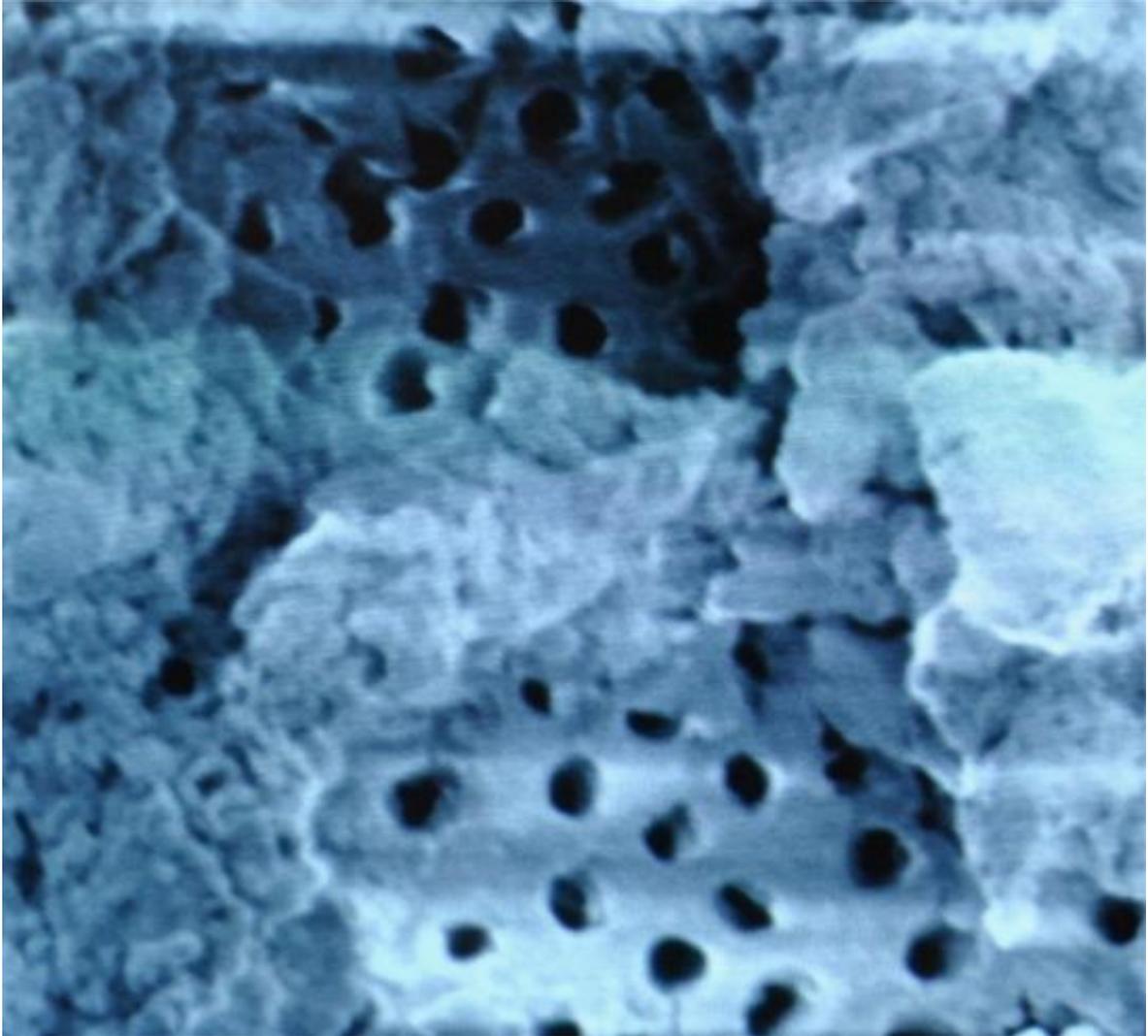
Fotografía 53: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio medio de la hemisección de la pieza 12



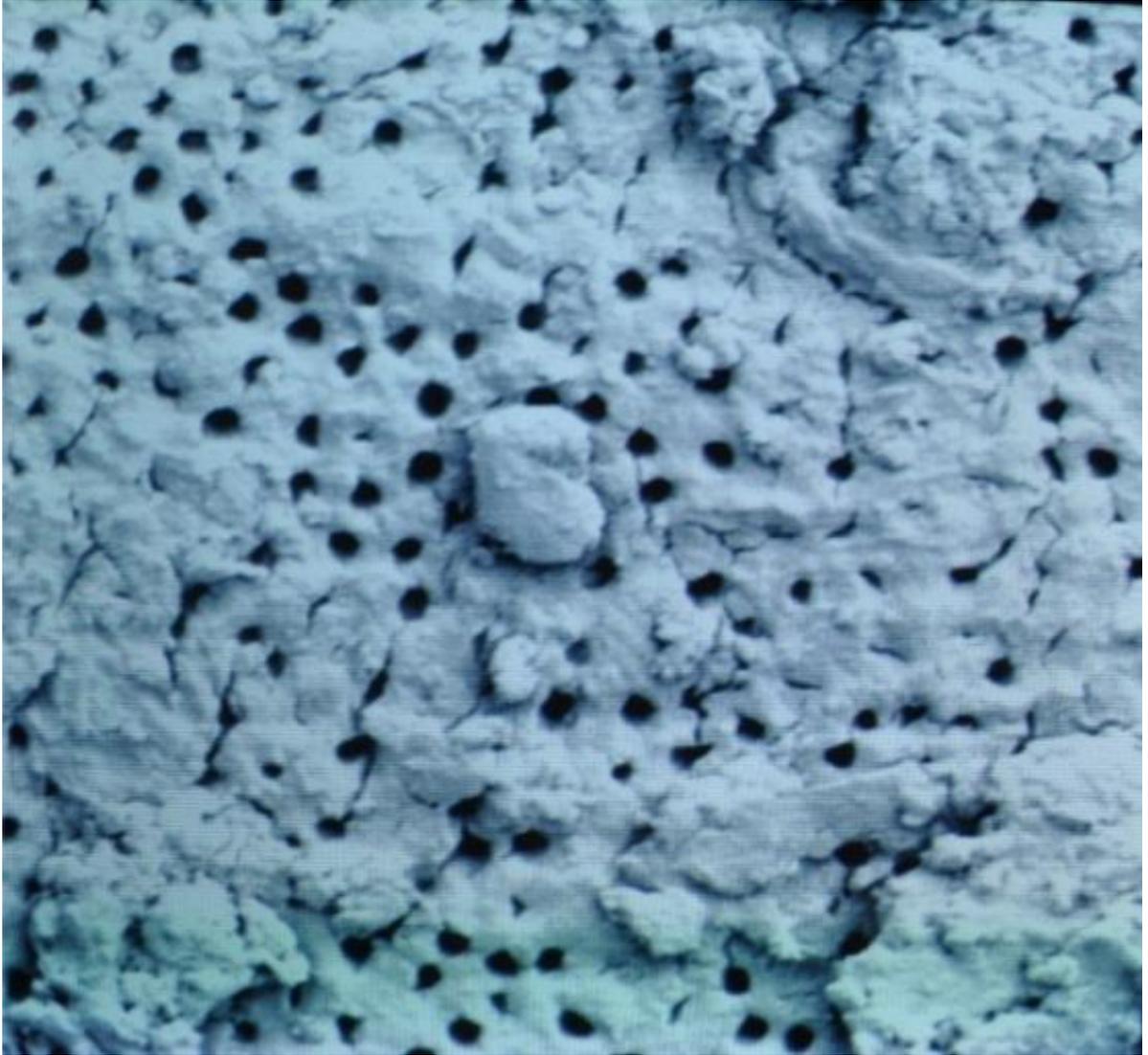
Fotografía 54: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio coronal de la hemisección de la pieza 12



Fotografía 55: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio apical de la hemisección de la pieza 18

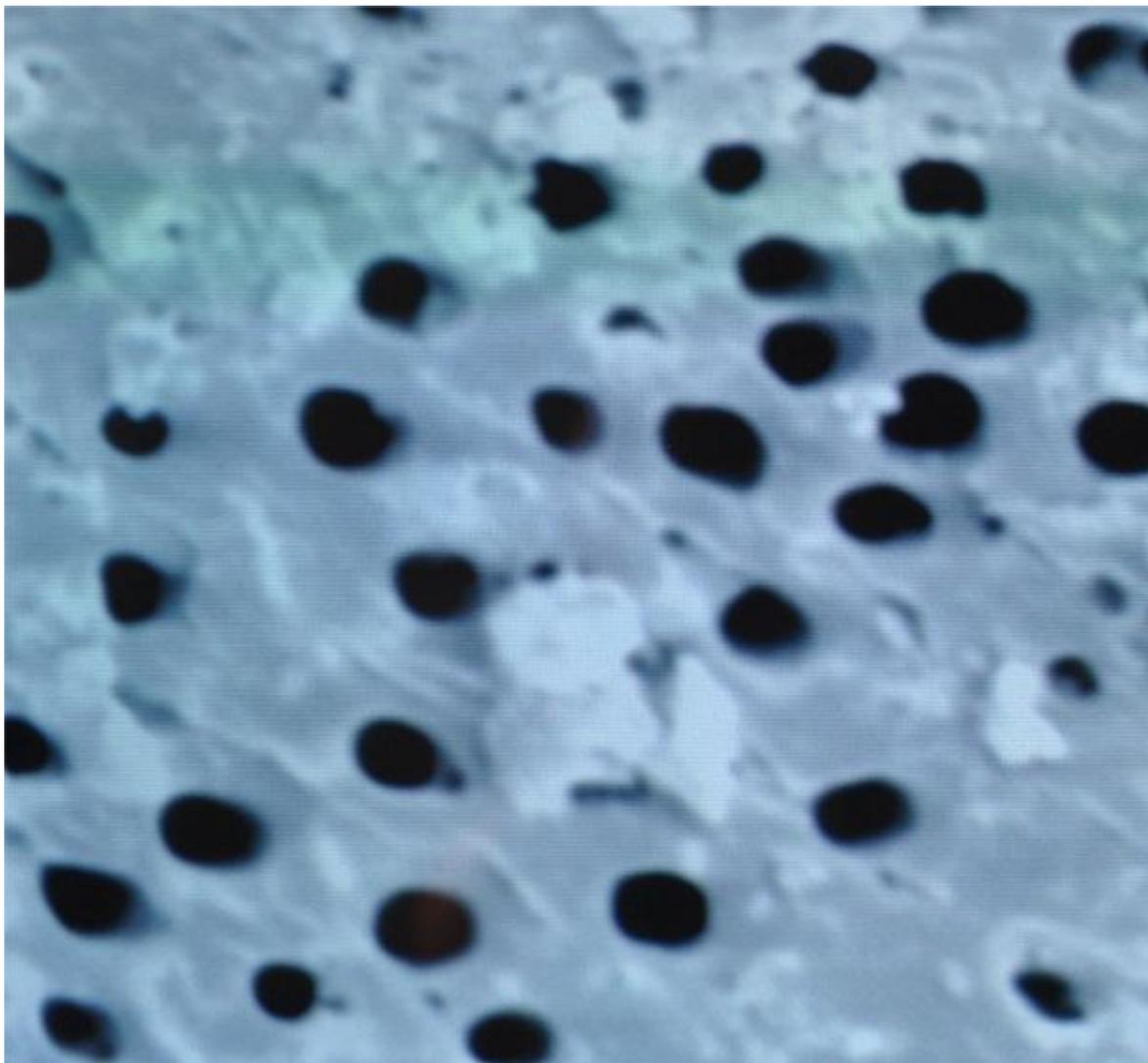


Fotografía 56: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio medio de la hemisección de la pieza 18

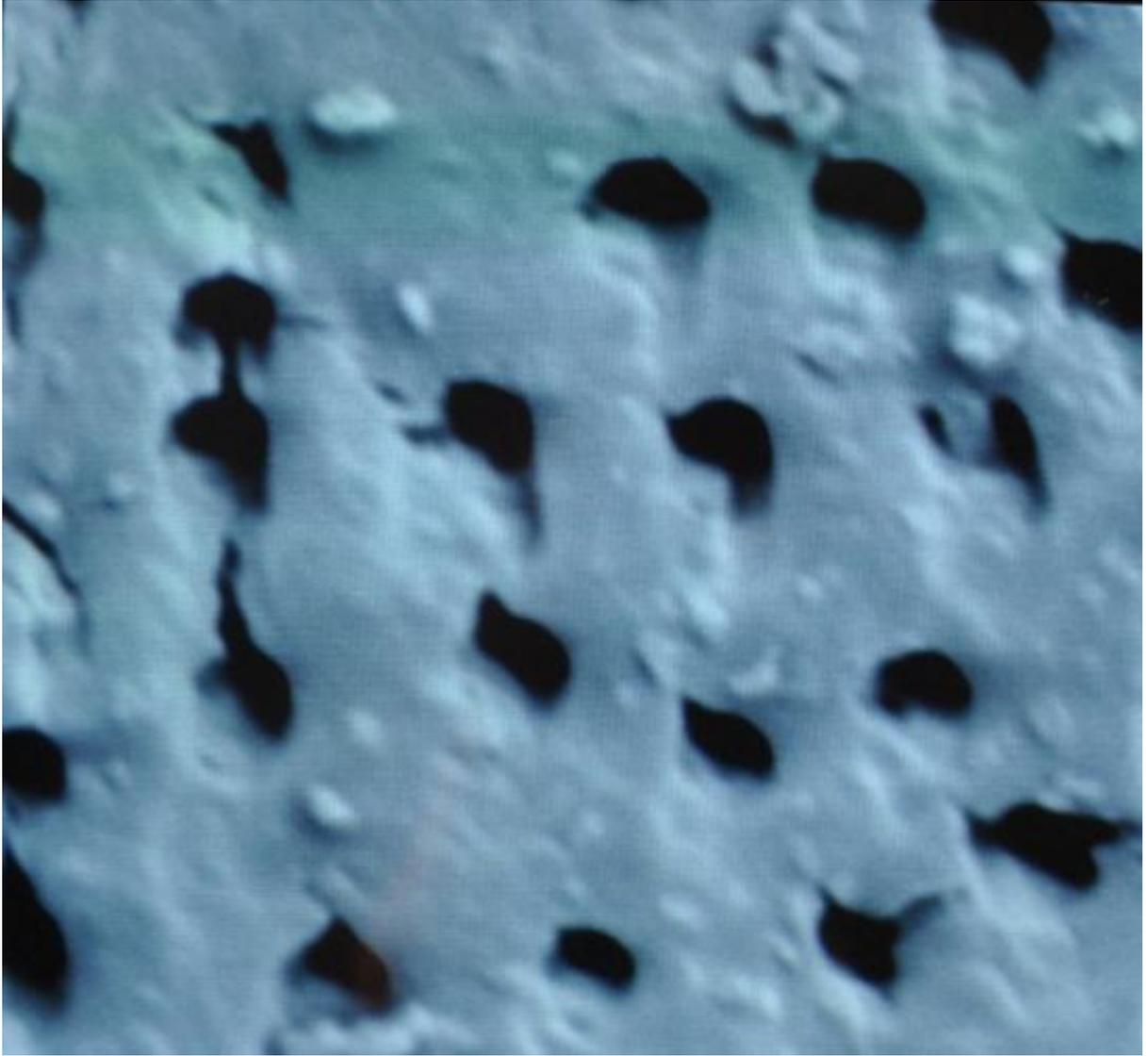


Fotografía 57: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio coronal de la hemisección de la pieza 18

12.6 Fotografías de las imágenes obtenidas del microscopio electrónico de barrido para los tercios apical, medio y coronal de cada hemisección dental del grupo 3



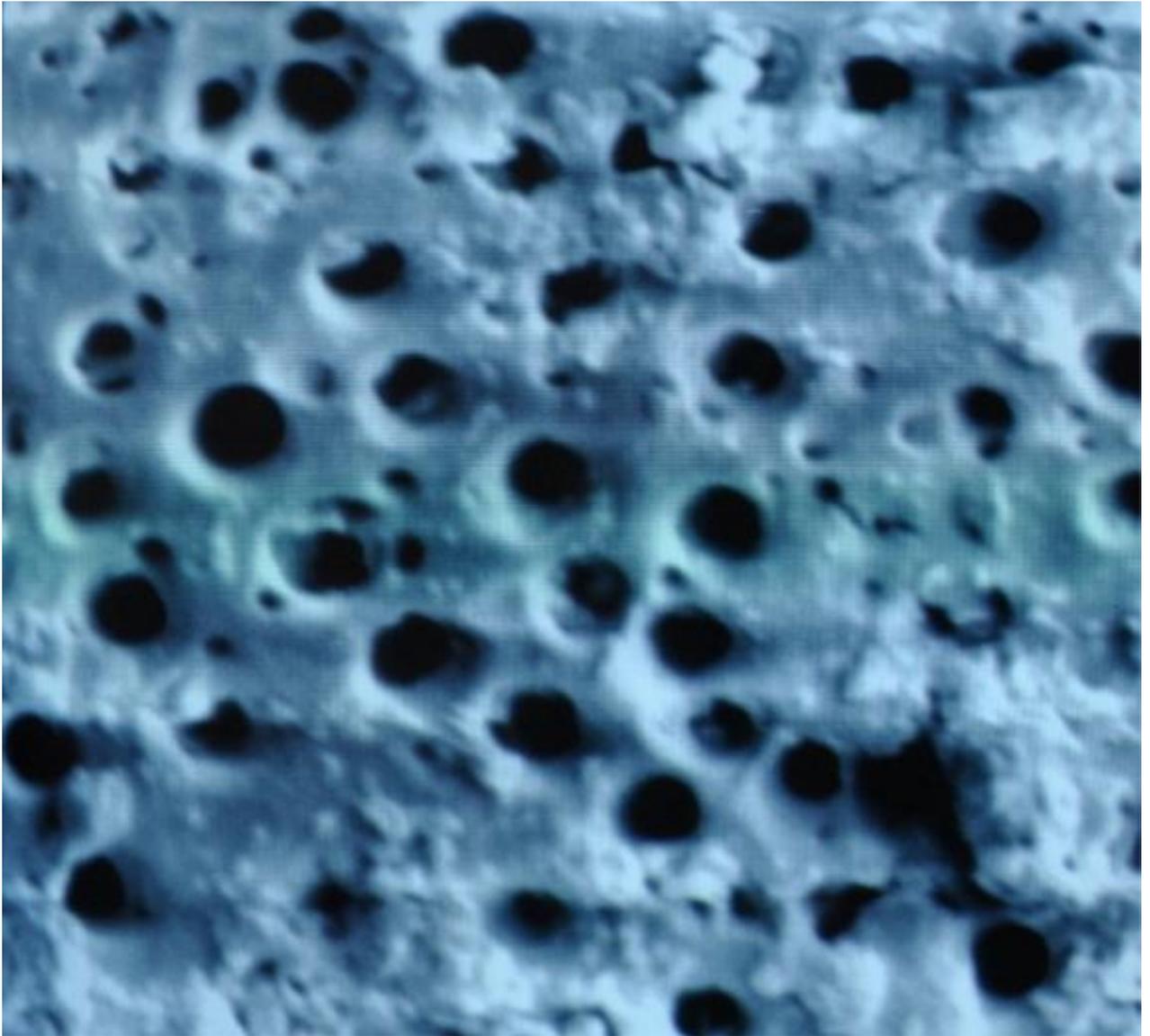
Fotografía 61: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio apical de la hemisección de la pieza 13



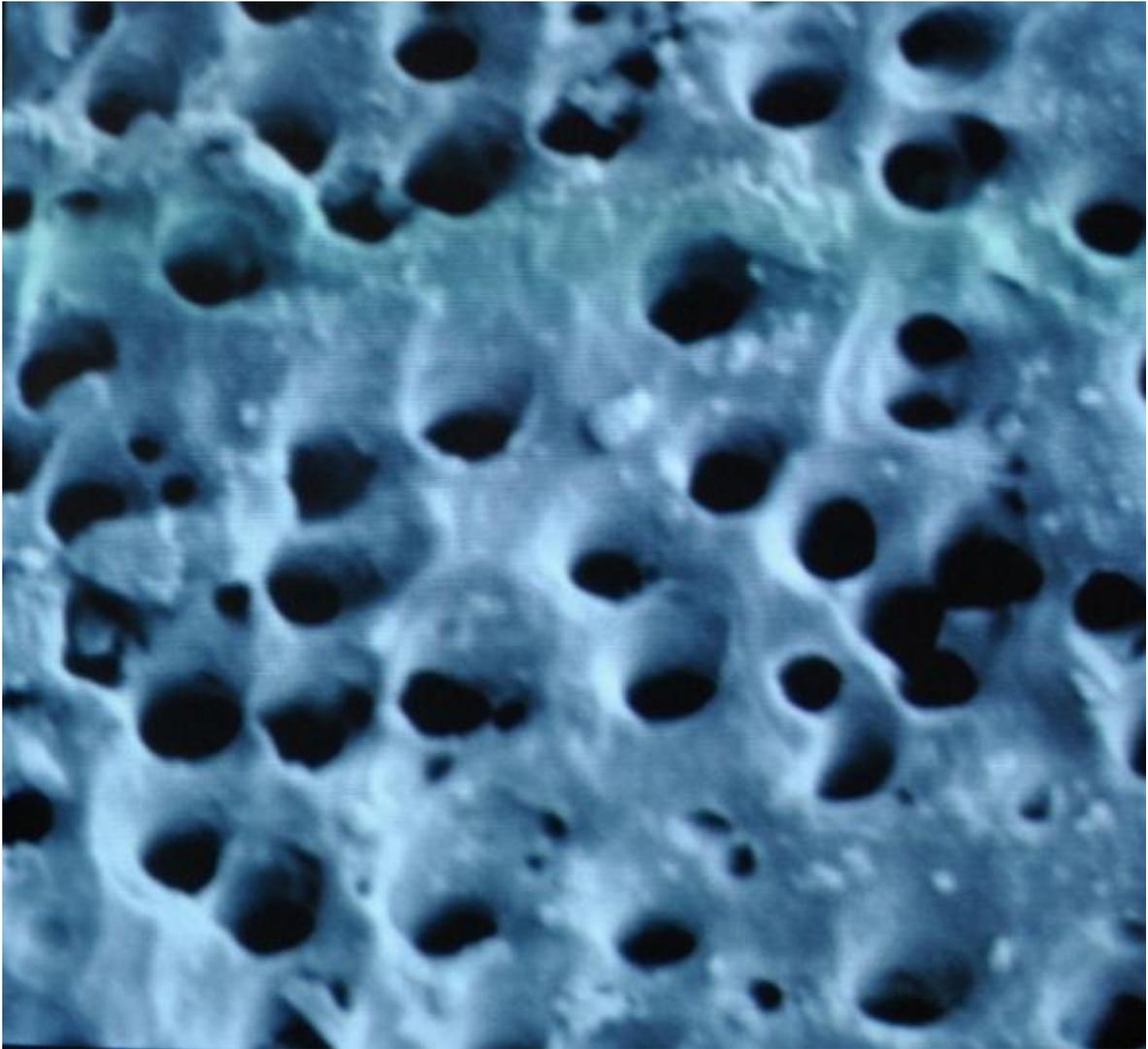
Fotografía 62: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio medio de la hemisección de la pieza 13



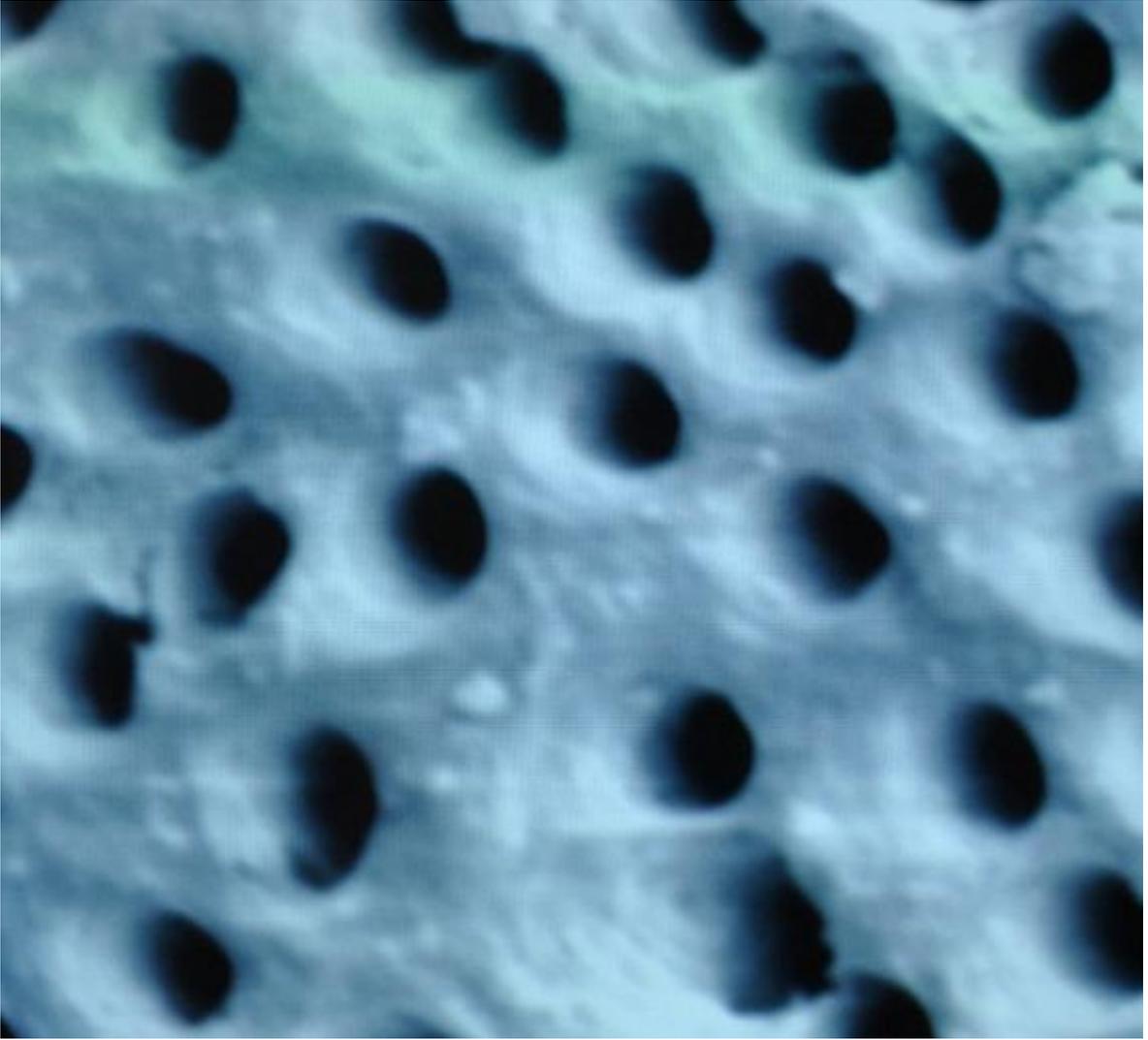
Fotografía 63: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio coronal de la hemisección de la pieza 13



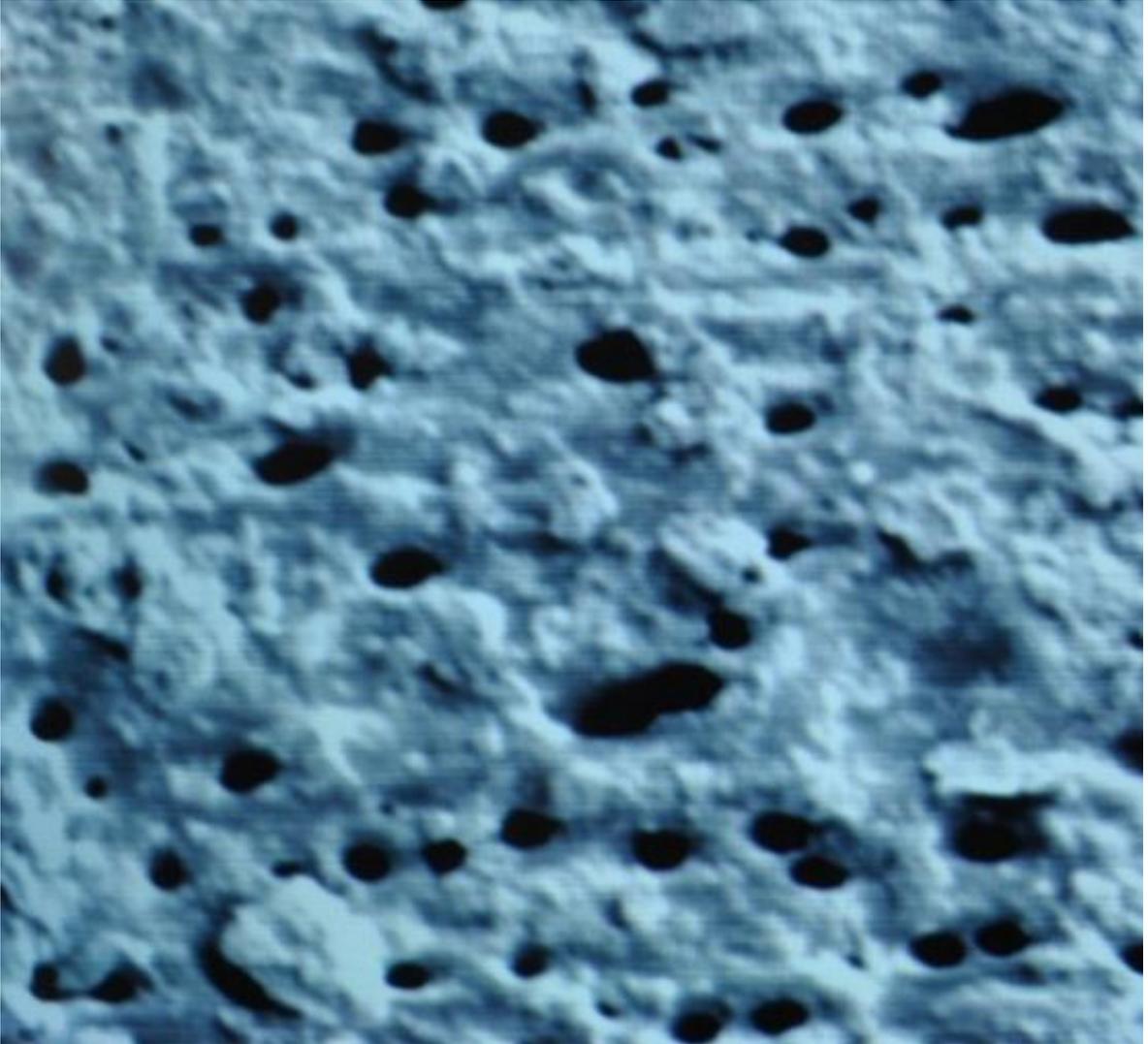
Fotografía 64: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio apical de la hemisección de la pieza 14



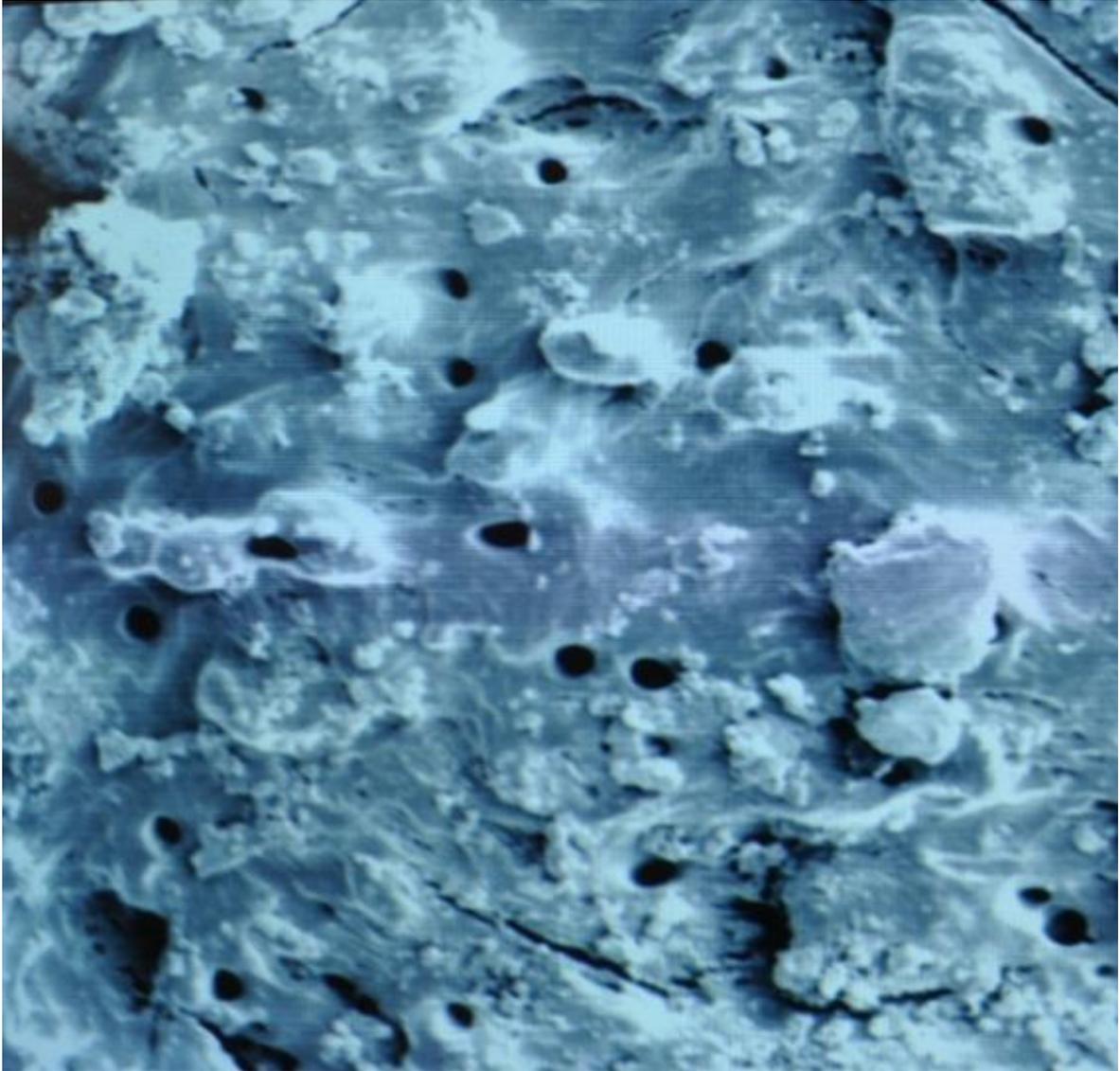
Fotografía 65: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio medio de la hemisección de la pieza 14



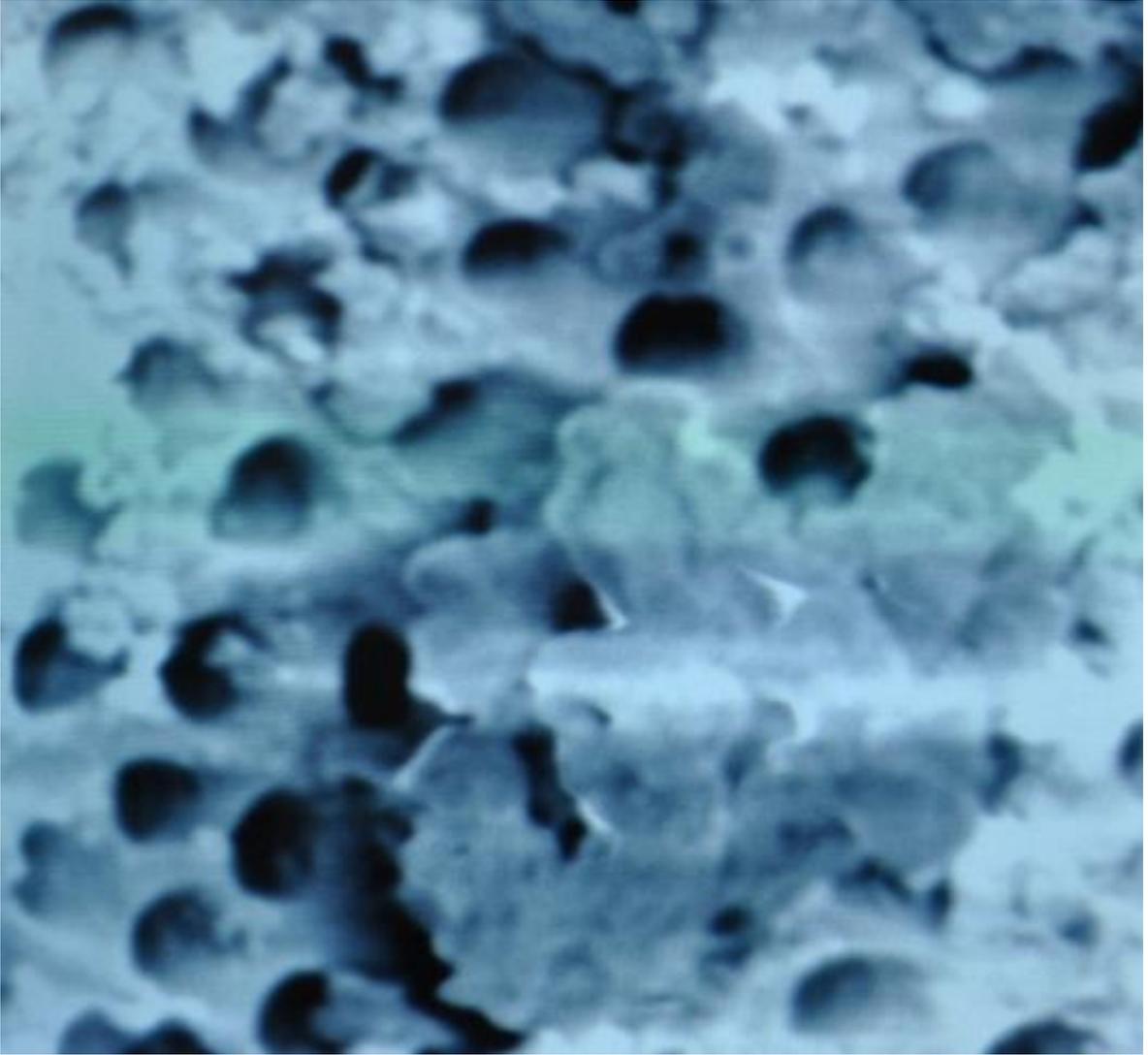
Fotografía 66: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio coronal de la hemisección de la pieza 14



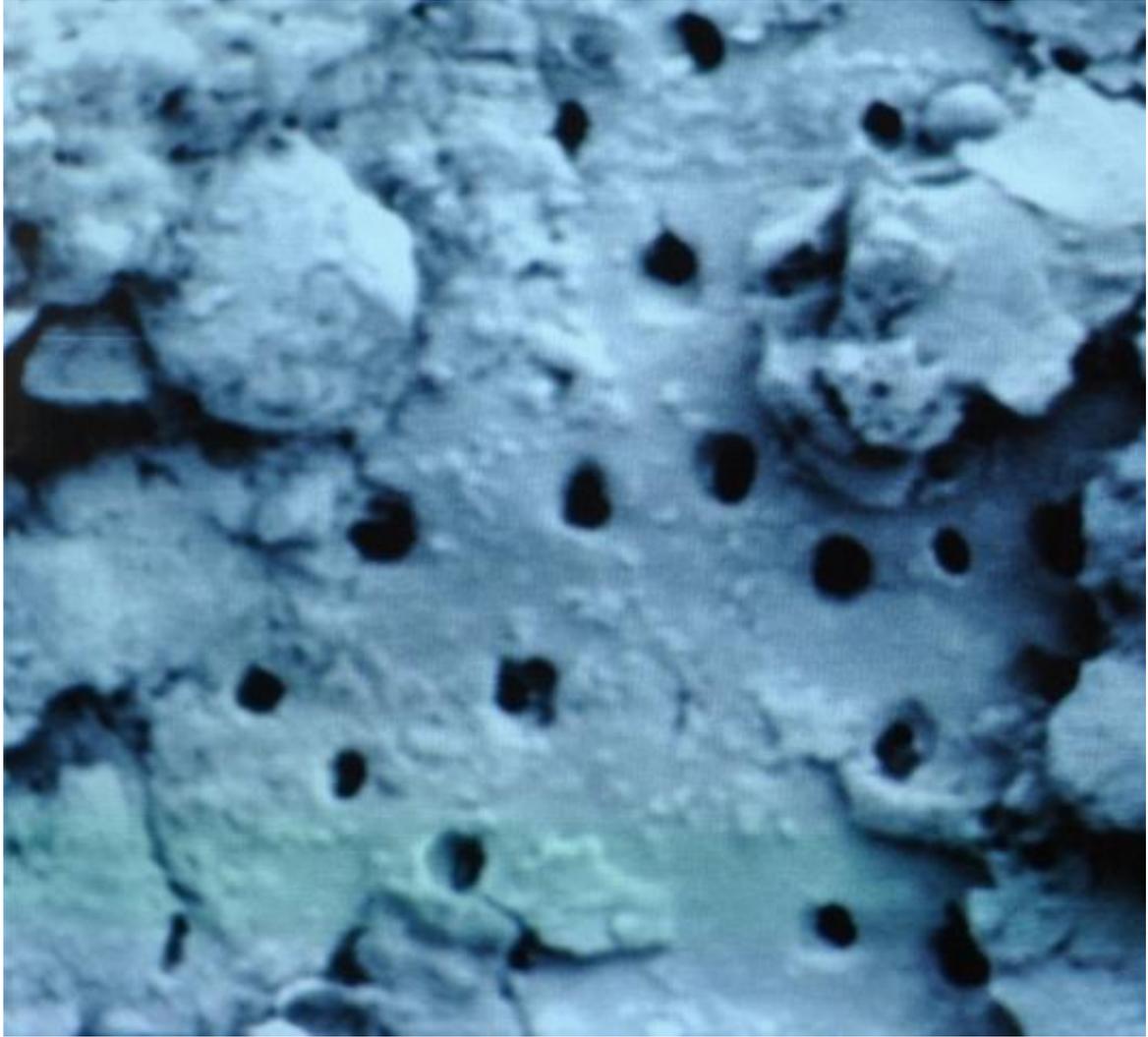
Fotografía 67: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio apical de la hemisección de la pieza 15



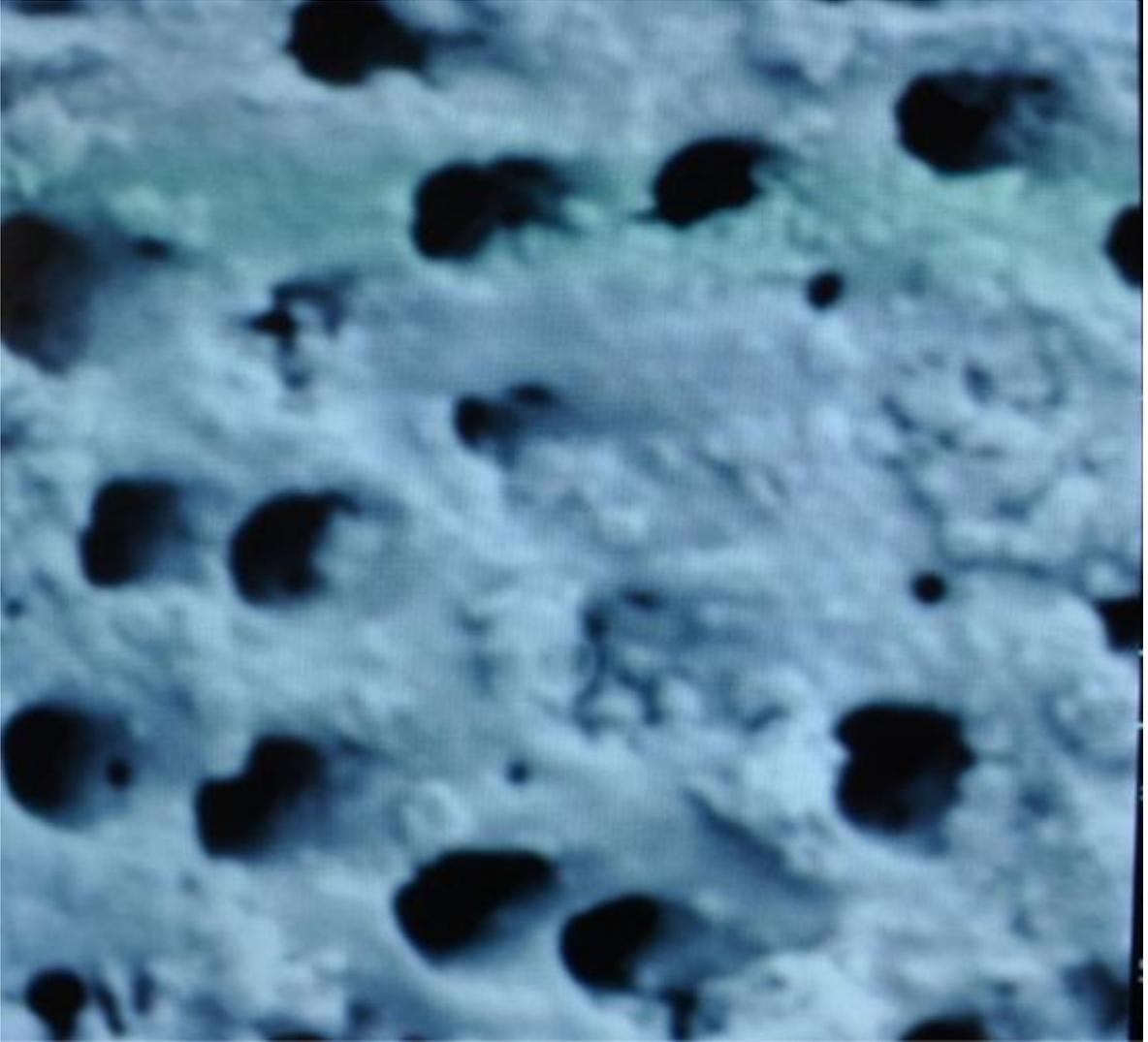
Fotografía 68: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio medio de la hemisección de la pieza 15



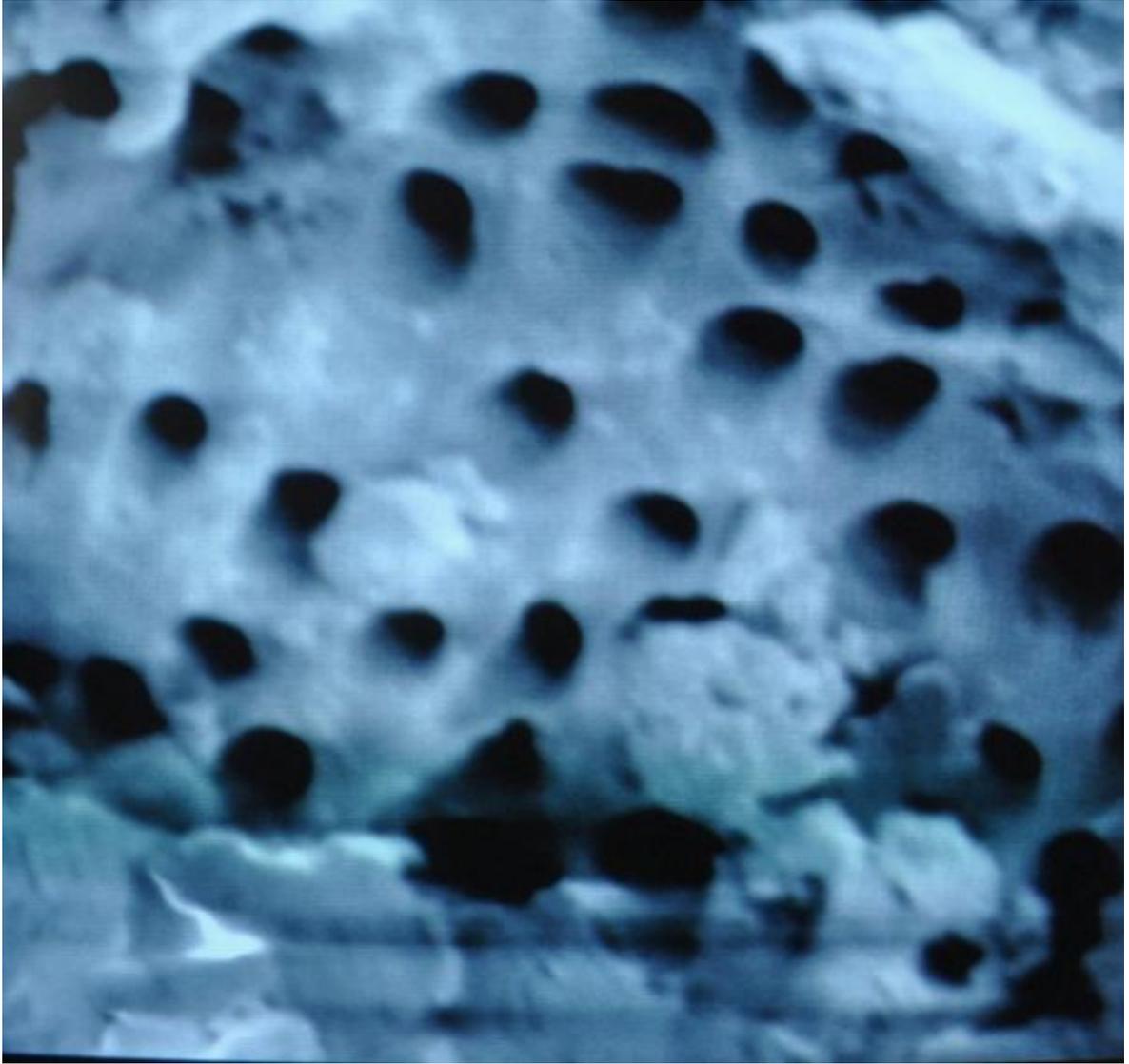
Fotografía 69: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio coronal de la hemisección de la pieza 15



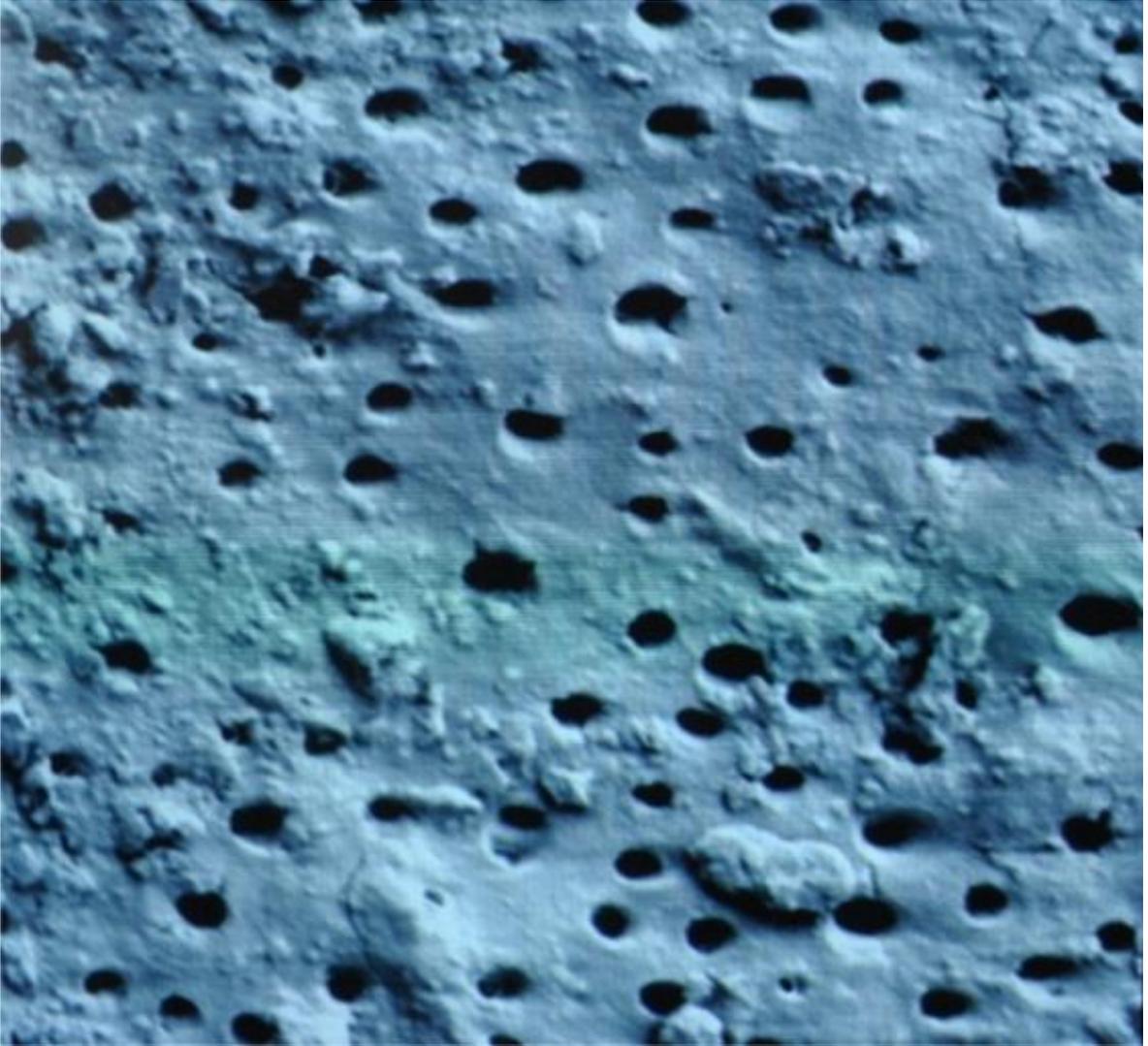
Fotografía 70: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio apical de la hemisección de la pieza 16



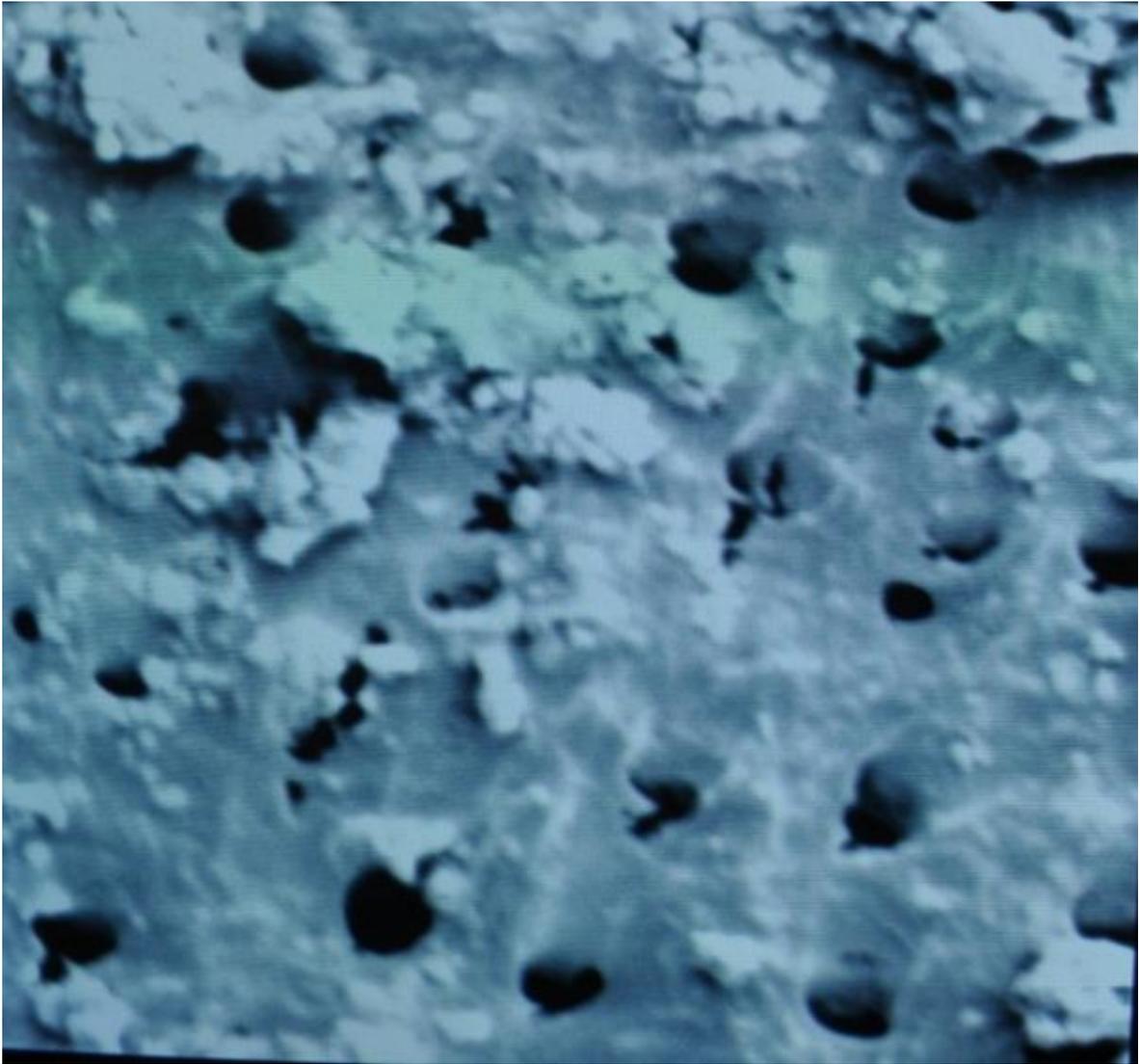
Fotografía 71: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio medio de la hemisección de la pieza 16



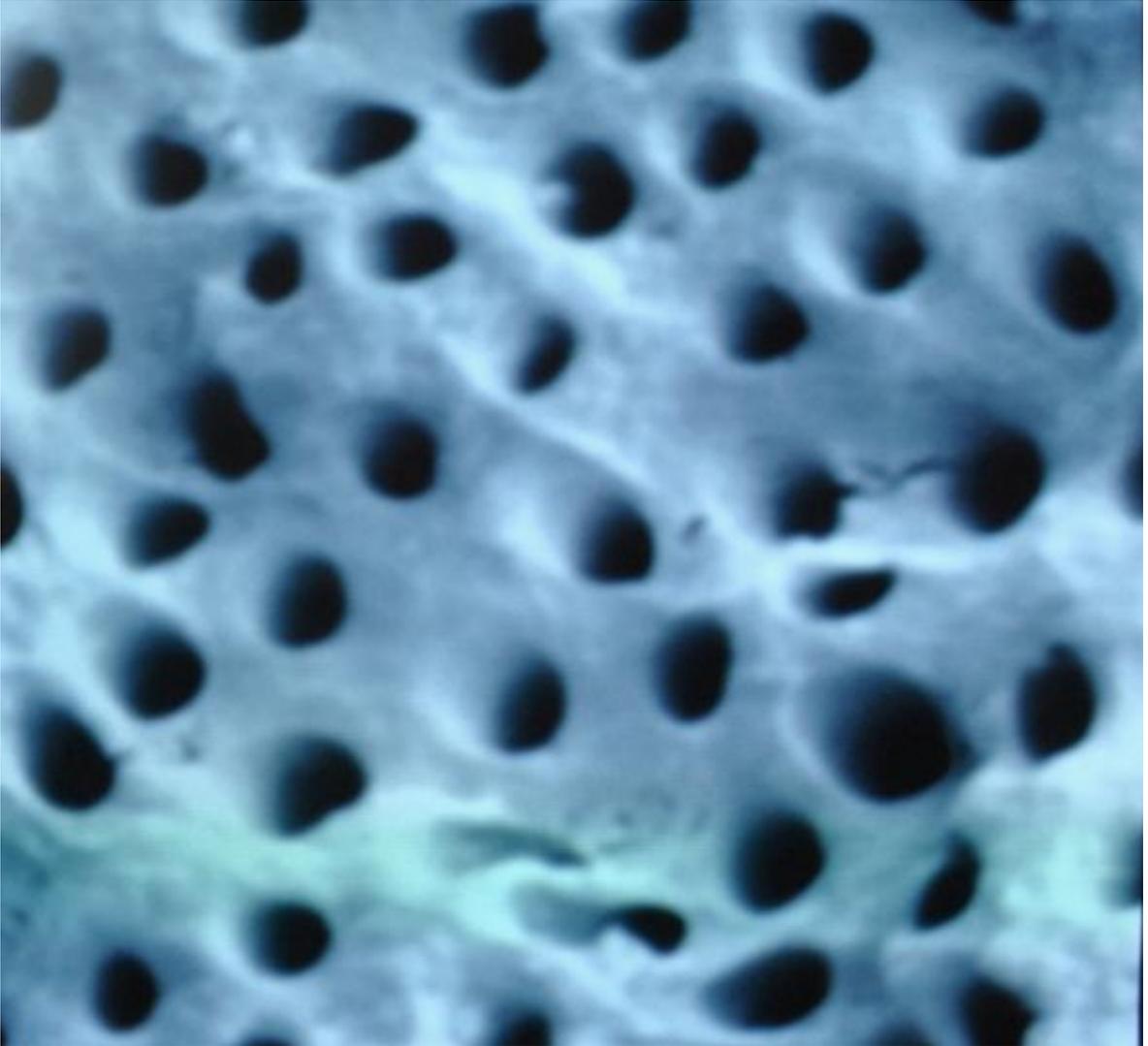
Fotografía 72: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio coronal de la hemisección de la pieza 16



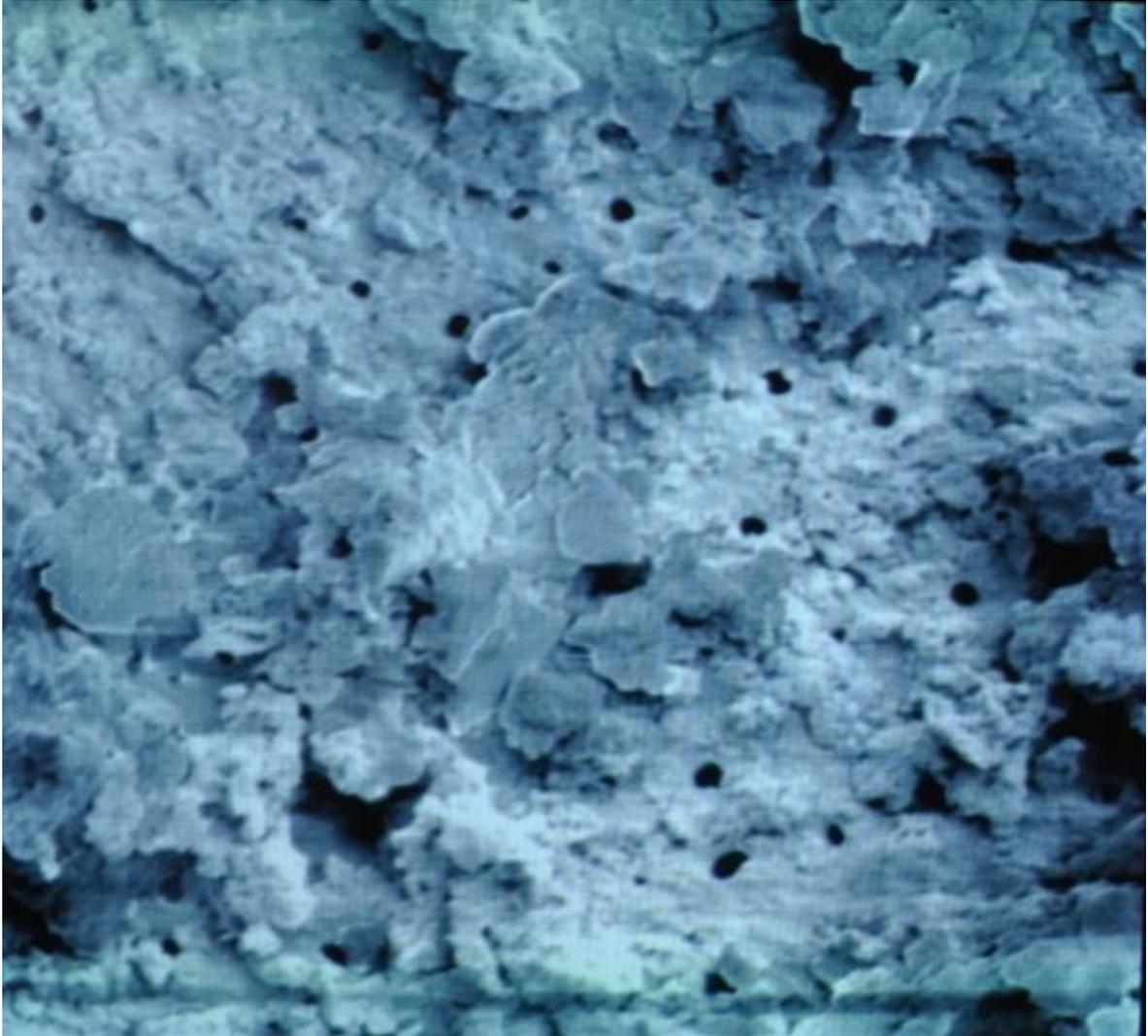
Fotografía 73: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio apical de la hemisección de la pieza 17



Fotografía 74: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio medio de la hemisección de la pieza 17



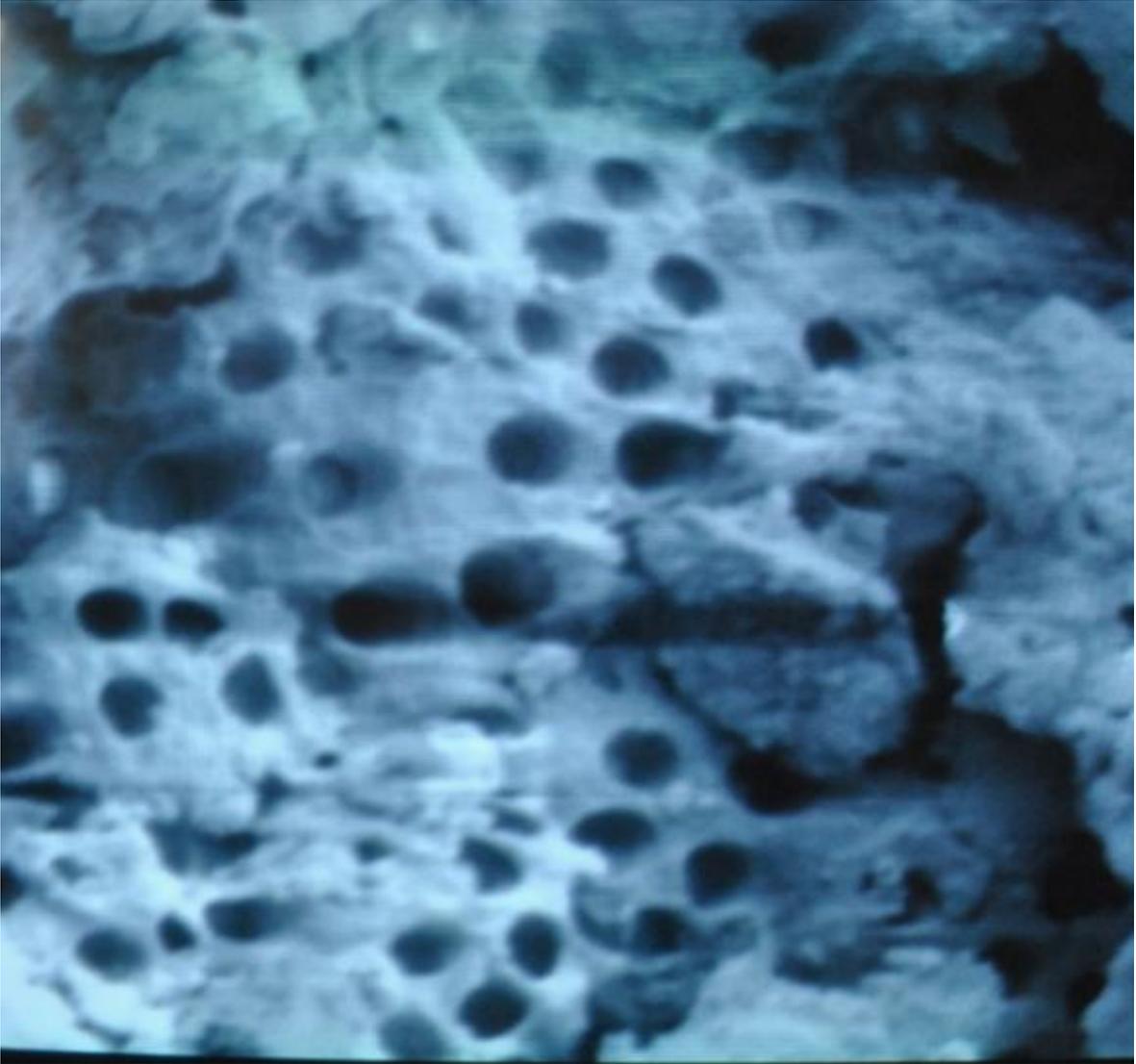
Fotografía 75: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio coronal de la hemisección de la pieza 17



Fotografía 76: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio apical de la hemisección de la pieza 19



Fotografía 77: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio medio de la hemisección de la pieza 19



Fotografía 78: Imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido del tercio coronal de la hemisección de la pieza 19

## XIII) Works Cited

- Amable, R. (2011). *Universidad de San Martín de Porres*. Retrieved Agosto 2, 2013, from Erosión y barrillo dentinario en relación al uso de dos quelantes.:  
<http://www.cop.org.pe/bib/tesis/ROCIOISABELQUISPEAMABLE.pdf>
- Avery, J., & Chiego Jr, D. F. (2007). *Principios de histología y embriología bucal con orientación clínica*. España: Elsevier.
- Ballal, N. V., & Col. (2011). Effect of maleic acid and ethylenediaminetetraacetic acid on the dissolution of human pulp tissue- an in vitro study. *International Endodontic Journal*, 44 (4), 353-356.
- Barrancos Mooney, J., & Barrancos, P. (2008). *Operatoria Dental. Integración Clínica*. Buenos Aires: Médica Panamericana.
- Behrend, G. D., & Col. (1996). An in-vitro study of barrillo dentinario removal and microbial leakage alog root-canal fillings. *International Endodontic Journal*., 29, 99-107.
- Bergenholtz, G., & Col. (2010). Textbook of Endodontology. (W. Blackwell, Ed.) *British Dental Journal*., 208 (7).
- Bystrom, A., & Sunqvist, G. (1985). The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *International Endodontic Journal*., 18 (1), 35-40.
- Dentsply. (2012). *Dentsply Tulsa dental specialities*. Retrieved Agosto 2, 2013, from Qmix 2in1 irrigating solution.:  
[http://www.tulsadentalspecialities.com/Libraries/Tab\\_Content\\_Irrigation\\_Activation/QMIX\\_2in1\\_Brochure.sflb.ashx](http://www.tulsadentalspecialities.com/Libraries/Tab_Content_Irrigation_Activation/QMIX_2in1_Brochure.sflb.ashx)
- Dentsply. (2011). *Manual of directions for use*. Johnson City, United States of America: Tulsa Dental Specialities.
- Di Lenarda, R., & Col. (2000). Effectiveness of 1 mol citric acid and 15% EDTA irrigation on barrillo dentinario removal. 33 (1), 46-52.
- Drukteinis, S., & Balciuniene, I. (2006). A scanning electron microscopic study of debris and barrillo dentinario remaining after using AET and Protaper instruments. *Acta Médica Lituanica*, 13 (4), 249-257.
- Estrela, C. (2005). *Ciencia Endodóntica*. Brasil: Artes Médicas Latinoamérica.

- Ferrari, S., & Bombana, C. (2005). Effect of endodontic procedures on enterococci, enteric bacteria and yeasts in primary endodontic infections. *International Endodontic Journal.*, 35 (8), 372-380.
- Grawehr, M., & Col. (2003). Interactions of ethylenediaminetetraacetic acid with sodium hypochlorite in aqueous solutions. *International Endodontic Journal.*, 36 (6), 411-415.
- Herrera, C., & Azuero, M. (2006). *Irrigantes de uso endodóntico*. Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.
- Hulsmann, M., & Col. (2003). Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *International Endodontic Journal.*, 36 (12), 810-830.
- Ingle, J., & Bakland, L. (2004). *Endodoncia* (Quinta Edición ed.). México D.F.: McGraw-Hill Interamericana.
- Karunakaran, J. V., & Col. (2012). The effects of various irrigating solutions on intra-radicular dentinal surface: an SEM analysis. *Journal of pharmacy and bioallied sciences*, 125-130.
- Leonardo, M. R. (2005). *Endodoncia. Tratamiento de canales radiculares. Principios técnicos y biológicos*. Brasil: Artes Médicas Latinoamérica.
- Love, R. M. (2001). Enterococcus faecalis- a mechanism for its role in endodontic failure. *International Endodontic Journal.*, 34 (5), 399-405.
- Nelson Filho, P., & Col. (2009). Efficacy of SmearClear and Ethylenediaminetetraacetic Acid for Bacterial Removal in Primary Teeth. *Journal of Dentistry for children.*, 76 (1), 74-77.
- Pitoni, C. M., & Col. (2011). Ethylenediaminetetraacetic Acid and Citric Acid Solutions for Bacterial Removal in Primary Tooth Root Canals. *Journal of dentistry for children*, 78 (3), 131-137.
- Poggio, C., & Col. (2012). In vitro antibacterial activity of different endodontic irrigants. *Dental Traumatology.*, 28 (3), 205-209.
- Radcliffe, L., & Col. (2004). Antimicrobial activity of varying concentrations of sodium hypochlorite on the endodontic microorganisms *Actinomyces israelii*, *A. naeslundii*, *Candida albicans* and *Enterococcus faecalis*. *International Endodontic Journal.*, 37 (7), 348-446.
- Rivas Muñoz, R. (n.d.). UNAM. Retrieved Agosto 02, 2013, from Notas para el estudio de Endodoncia: <http://www.iztacala.unam.mx/rrivas/limpieza2.html>

Sen, B. H., & Col. (1995). The Barrillo dentinario: a phenomenon in root canal therapy. *International Endodontic Journal.*, 28 (3), 141-148.

Soares, I. J., & Golberg, F. (2002). *Endodoncia: Técnica y fundamentos*. España: Editorial Médica Panamericana.

Stojicic, S., & Col. (2012). Antibacterial and barrillo dentinario removal ability of a novel irrigant, Qmix. *International Endodontic Journal.*, 45 (4), 363-371.

Swift Jr, E. (2004). Endodontic post. Ask the Experts. *Journal of esthetic and restorative dentistry.*, 16 (1), 6.

Takeda, F. H., & Col. (2012). A comparative study of the removal of barrillo dentinario by three endodontic irrigants and two types of laser. *International Journal of Endodontic.*, 32, 32-39.

Teixeira, C. S., & Col. (2005). The effect of application time of EDTA and NaOCl on intracanal barrillo dentinario removal: an SEM analysis. *International Endodontic Journal*, 35 (8), 285-290.

Violich, R., & Chandler, P. (2010). The barrillo dentinario in endodontics- a review. *International Endodontic Journal.*, 43 (1), 2-15.

Walton, R., & Torabinejad, M. (1986). *Endodoncia. Principios y práctica clínica*. España: Elsevier.