



**Universidad Autónoma del Estado de México**  
**Facultad de Odontología**

**Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología**  
**“Dr. Keisaburo Miyata”**

**“Rugosidad de superficies de resinas acrílicas  
autopolimerizables y termopolimerizables con tres  
diferentes procedimientos de pulido”.**

## **Tesis**

**Que para obtener el grado de:  
Maestra en Ciencias Odontológicas**

**Presenta:**

**C.D. Lizzeth Aguillón Sol**

**Tutor académico**

**Dr. en O. Rogelio José Scougall Vilchis**

**Tutoras adjuntas**

**Dra. en C.S. Edith Lara Carrillo**

**Dra. en O. Blanca Silvia González López**

**Toluca, Estado de México, noviembre 2018**



## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Papá, por tu fe, apoyo y confianza, a ti Mamá que con tus sabios consejos y motivación me has guiado siempre hacia adelante. Por ustedes soy lo que soy ahora.

Mi director de Tesis Dr. en O. Rogelio José Scougall Vilchis por su motivación, consejos, conocimiento y paciencia; por darme su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad; mi más profundo agradecimiento y admiración.

A mi esposo, por creer en mí y alentarme día a día, siempre estás conmigo hasta en los momentos más difíciles, brindándome comprensión y cariño. Gracias por tu sacrificio y esfuerzo, con tu apoyo constante y amor logré la culminación de este proyecto, tu ayuda ha sido fundamental. Muchas gracias, amor.

**C.D. Lizzeth Aguillón Sol**

## ÍNDICE

Resumen .....	1
Introducción.....	2
1. Antecedentes .....	3
1.1 Resinas acrílicas en Odontología .....	4
1.2 Resinas acrílicas autopolimerizables .....	4
1.2.1 Composición química.....	4
1.2.2 Características.....	5
1.3 Resinas acrílicas termopolimerizables.....	5
1.3.1 Composición química.....	5
1.3.2 Características.....	6
1.4 Procedimientos de acabado y pulido .....	7
1.4.1 Acabado .....	8
1.4.2 Pulido .....	8
1.5 Rugosidad superficial.....	12
1.6 Microscopio de Fuerza Atómica .....	16
2. Planteamiento del problema.....	21
3. Justificación.....	22
4. Hipótesis.....	23
5. Objetivos.....	24
6. Materiales y métodos.....	25
6.1 Diseño del estudio .....	25
6.2 Población y universo de estudio .....	25
6.3 Muestreo.....	25
6.4 Criterios de selección.....	25
6.5 Variables de estudio .....	26
6.6 Procedimiento.....	27
6.7 Consideraciones bioéticas.....	38

6.8 Análisis Estadístico.....	38
7. Resultados .....	39
8. Discusión.....	65
9. Conclusiones.....	70
10. Referencias.....	71
11. Anexos.....	78

## Resumen

**Objetivo:** Analizar la rugosidad de superficies de dos resinas acrílicas termopolimerizables y dos autopolimerizables con tres diferentes procedimientos de pulido.

**Metodología:** Estudio experimental, comparativo. Se realizaron 20 muestras de un área de  $8\text{mm}^2$  por 3mm de espesor de dos resinas acrílicas termopolimerizables: GI (Forzza); GII (Lucitone) y dos resinas autopolimerizables: GIII (NicTone); GIV (Opty-Cryl). Posteriormente para el pulido, se dividieron en cuatro grupos; A: sin pulir; B: fresa de carburo, pulidores (Jota AG), pasta pulidora Rhino (mdc Dental); C: Jota kit 1877 Dentur polish (Jota AG); D: Kenda Acrylic Blue (Kenda AG) pulido de tres pasos. Se analizaron las muestras utilizando el MFA NaioAFM (Nanosurf) obteniendo 30 valores de rugosidad por grupo de cada resina, realizando un análisis estadístico con una significancia estadística de  $p \leq 0.05$ .

**Resultados:** El pulido realizado en grupo D, sólo en resinas termopolimerizables, presentó los valores más bajos; al realizar la comparación se encontraron diferencias significativas (Kruskall Wallis:  $p=0.000$ ).

**Conclusiones:** La rugosidad final depende del procedimiento de elaboración de las resinas y de las partículas de los materiales pulidores, las resinas termopolimerizables sin realizar algún pulido se encuentra dentro del rango clínicamente aceptable  $0.2\mu\text{m}$  y al realizar el pulido al alto brillo disminuyó aún más la rugosidad.

## Introducción

En un esfuerzo por elaborar superficies altamente pulidas que disminuyan la adhesión de microorganismos a su estructura y conseguir mayor estética, se requieren instrumentos que permitan medir la calidad de la superficie, existen diferentes métodos de medición, como el rugosímetro, perfilómetro y actualmente el microscopio de Fuerza Atómica (MFA).

Estudios *In vivo* sugieren que un nivel mayor de rugosidad en la superficie de ( $R_a = 0,2\mu\text{m}$ ) resulta en un aumento simultáneo de la acumulación de placa, por eso la importancia de conocer cuál procedimiento de pulido, presenta menor rugosidad en las superficies de resinas acrílicas autopolimerizables y termopolimerizables.

Por lo descrito anteriormente, existen diferentes materiales para pulido así como procedimientos, ya sean mecánicos o químicos; el pulido mecánico se realiza generalmente con pulidores de goma, ruedas pulidoras, conos de fieltro, y una suspensión de elaborada a base piedra pómez y agua. Sin embargo la rugosidad de los materiales para prótesis no sólo se ve afectada principalmente por las características de los materiales; la técnica de pulido, y las habilidades manuales del operador son factores importantes.

Los materiales dentales deben presentar una superficie con mínima rugosidad, evitando acumulación de placa bacteriana y conseguir mayor efecto estético. La rugosidad media ( $R_a$ ), es catalogada como un parámetro estándar de rugosidad. Actualmente el Microscopio de Fuerza Atómica (MFA) es ideal para registro de datos, debido a su óptima resolución para la caracterización topográfica a escala nanométrica.

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue analizar la rugosidad de superficies de dos resinas acrílicas termopolimerizables y dos autopolimerizables con tres diferentes procedimientos de pulido.

## 1. Antecedentes

### 1.1 Resinas Acrílicas en Odontología.

El polimetilmetacrilato (PMMA) es ampliamente utilizado en Odontología.<sup>1</sup> Las resinas acrílicas son los materiales más implementados para fabricar prótesis dentales, constantemente se busca obtener un material que sea de aspecto natural y más durable.<sup>2</sup> El desarrollo de las resinas acrílicas en Odontología ha tenido grandes avances, a partir de la primera mitad del siglo XX, en donde los únicos materiales existentes tenían grandes desventajas, siendo una de las más importantes la deformación o desgaste que presentaban. Posteriormente, las resinas acrílicas de polimetilmetacrilato (PMMA) sustituyeron a los silicatos, lo anterior debido a sus mejores características como: dureza, resistencia, insolubilidad a los fluidos orales y facilidad de manipulación, estética y estabilidad química entre otras.<sup>3,4</sup>

En la actualidad, se dispone de diversas presentaciones de resinas acrílicas que varían según su proceso de polimerización, técnica de manipulación y casa comercial que las fabrica; la literatura refiere ciertas ventajas de algunas sobre otras, en cuanto a sus propiedades físicas;<sup>3</sup> las cuales pueden manifestarse después de un uso intraoral a largo plazo. Estos incluyen la decoloración, el desgaste, la adhesión superficial y la acumulación de microorganismos.<sup>1</sup> Una característica de gran relevancia clínica es la porosidad, ya que esta determina en gran parte la aspereza de la superficie de la resina acrílica; la presencia de poros superficiales puede comprometer las características físicas, estéticas e higiénicas del material.<sup>3</sup>

Las resinas acrílicas son utilizadas en Odontología para la elaboración de restauraciones provisionales, prótesis parciales removibles, así como prótesis totales.<sup>4,5,6</sup> y prótesis implanto soportadas;<sup>4</sup> también se indican ampliamente para la fabricación de aparatos de ortodoncia, para la corrección de maloclusiones o para fase de retención.<sup>6</sup>

La polimerización de una resina dental a base de PMMA es una reacción de adición que requiere la activación de un iniciador, como el peróxido de benzoílo, que puede ser descompuesto por muchos medios diferentes, entre ellos el calor (termo

polimerización por calor o polimerización en microondas), adición de un activador químico, como dimetil-p-toluidina, y temperaturas moderadas (autopolimerización).<sup>5</sup>

## **1.2 Resinas acrílicas autopolimerizables**

El polimetilmetacrilato fue introducido en la Odontología desde su desarrollo en 1937, por el Dr. Walter y actualmente se considera uno de los materiales más populares en la elaboración de prótesis,<sup>7</sup> las resinas acrílicas se han utilizado como base para dentaduras por más de 60 años.<sup>8</sup> Estas resinas son fáciles de manejar, han reducido costos y permiten resultados clínicos satisfactorios. Estas resinas acrílicas consisten en un polímero y monómero que al mezclarse químicamente son activados.<sup>6</sup>

### **1.2.1 Composición Química**

La gran mayoría de las resinas de PMMA están constituidas por un polvo y un líquido; el polvo presenta “esferas pre polimerizadas de polimetilmetacrilato” y una cantidad menor de “peróxido de benzoílo”, este peróxido es responsable de comenzar el proceso de polimerización por lo que se le ha denominado “iniciador”.<sup>2, 3</sup>

Por otra parte, el líquido, también llamado monómero, está constituido en gran porcentaje de “metilmetacrilato” (doble enlace carbono-carbono), con poca cantidad de “hidroquinona”, conocida como “inhibidor”, la cual evita el fraguado durante el almacenamiento; el “dimetacrilato de glicol” (es el “agente de entrecruzamiento”) para la unión entre polvo y líquido,<sup>2,3</sup> presenta una estructura química similar al “metilmetacrilato”, pero con dos dobles enlaces por molécula, que tiene la capacidad de incorporarse entre las “cadenas poliméricas”, sirviendo como puente entre ellas, esto da una gran resistencia a la deformación. La activación química se produce por la adición de una “amina terciaria” al monómero, llamada “dimetil-para-toluidina”; tras la preparación, dicha amina provoca la desintegración del “peróxido de benzoílo”, obteniendo radicales libres y produciendo de esta manera la polimerización.<sup>3</sup>

### **1.2.2 Características**

Su presentación en forma de polvo y líquido; permite su uso en diversas situaciones clínicas, también se le han adicionado pigmentos.<sup>3</sup> Presenta una reacción exotérmica debido a la conversión de los monómeros libres en polímeros, esto se debe que en los polimetacrilatos quedan radicales libres, los cuales son solubles en agua. Además Kedjarune, ha informado que la resina acrílica autopolimerizable tiene mayores niveles de monómero residual que la resina termocurable.<sup>8</sup>

El polimetilmetacrilato de metilo (polvo) presenta las siguientes características:

- Transparente.
- Dureza Knoop: 18-20 KHN
- Densidad: 1,19g/cm<sup>3</sup>
- Resistencia tracción: 60MPa.
- Módulo elástico: 2 400MPa.

Se ablanda a 125°C y puede moldearse como un material termoplástico y tiende a absorber agua mediante un proceso de inhibición.<sup>3</sup>

### **1.3 Resinas acrílicas termopolimerizables**

Son aquellas que necesitan de la energía térmica para su polimerización, la fuente de dicha energía puede obtenerse empleando un baño de agua o un horno de microondas. Su principal uso es la fabricación de bases protésicas.<sup>9</sup>

#### **1.3.1 Composición química**

El polvo presenta esferas prepolimerizadas de polimetilmetacrilato y peróxido de benzoílo, responsable de iniciar el proceso de polimerización.<sup>9</sup>

El líquido es en su mayoría metilmetacrilato no polimerizado, con una cantidad mínima de hidroquinona, responsable de evitar la polimerización durante su almacenamiento; el dimetacrilato de glicol funciona como agente de unión, en las resinas para base de prótesis compuestas por polimetilmetacrilato.<sup>9</sup>

### 1.3.2 Características

Para provocar la descomposición del peróxido de benzoílo, se necesita de calor, por lo que se le considera como el activador. La polimerización de las resinas termopolimerizables comienza cuando se calientan por encima de los 60°C, las moléculas de peróxido de benzoílo se descomponen para dar lugar a los radicales libres, los cuales reaccionan con una molécula de monómero que se encuentre cerca para dar inicio a la “polimerización por crecimiento de cadena”, el peróxido de benzoílo, se considera un iniciador.<sup>9</sup>

El producto de la reacción posee un electrón que permanece químicamente activo, por lo que una nueva molécula de monómero se unirá a cada cadena polimérica, este proceso se produce muy rápidamente y finaliza mediante:

- 1) Combinación, acoplamiento de dos cadenas en crecimiento.
- 2) Transferencia, un solo ion hidrógeno se traslada de una cadena a otra.<sup>9</sup>

Se han desarrollado técnicas para la polimerización de resinas para bases protésicas. En una de ellas se utiliza un baño de agua a temperatura constante de 74°C durante ocho o más horas. Una segunda técnica, consiste en un baño térmico a 74°C durante ocho horas y posteriormente se incrementa a 100°C durante una hora. En la tercera técnica se mantiene dos horas aproximadamente a 74°C y luego aumentar hasta los 100°C durante una hora.<sup>9</sup>

La polimerización por energía de microondas, se estudió por primera vez en 1968 por Nishii como alternativa de procesamiento de PMMA y ha sido más utilizada que el procesado con baño de agua convencional.<sup>10</sup>

Se utiliza una mufla no metálica, se emplea un horno de microondas convencional para proporcionar la energía térmica necesaria para la polimerización.<sup>9</sup>

Las ventajas de esta técnica son: tiempo de conformación menor, cambios de color mínimos en la resina, mezcla más homogénea, procedimiento más limpio y con tiempo eficiente<sup>8</sup> y lo más importante es un tiempo de curado más corto.<sup>9,10</sup>

#### **1.4 Procedimientos de acabado y pulido**

El acabado y pulido de los materiales dentales son pasos importantes en la fabricación de prótesis y restauraciones exitosas. Las restauraciones acabadas y pulidas proporcionan salud y función oral, así como la estética dental.<sup>4,11,12</sup> Promueve la salud oral mediante la disminución de la rugosidad en la superficie de la restauración, por lo que se dificulta el depósito de restos alimenticios y bacterias.<sup>4,11</sup> Las superficies más lisas tienen menos zonas de retención y son más fáciles de mantener en un estado higiénico.<sup>11</sup>

La función oral se favorece, ya que los alimentos se deslizan libremente sobre las superficies, se disminuye el grado de desgaste de dientes antagonistas y adyacentes, mejorando la resistencia en zonas que están sometidas a tensión,<sup>11</sup> es por eso; que un material debe poseer una superficie lisa y pulida, para evitar la acumulación de placa o minimizarla al grado que sea aceptable.<sup>4,12,13</sup>

En cuanto a la estética, cuando un material está bien pulido se reduce significativamente la capacidad de tinción, corrosión y daño superficial.<sup>11</sup> Contribuye a mejorar la apariencia, dar un lustre superficial tipo espejo y duración de la restauración o prótesis y a la salud de los tejidos bucales cercanos.<sup>12</sup>

El pulido puede realizarse mecánicamente o químicamente, la fabricación de prótesis se realiza principalmente en el laboratorio, con motores de banco, mediante técnicas convencionales;<sup>4</sup> existen diferencias entre los procesos de corte, afilado, acabado y pulido, dependiendo de la dureza, forma y tamaño de partícula abrasiva utilizada, así como de la velocidad de la pieza de mano, estos procesos llegan a cubrir o abarcar unos a otros.<sup>11</sup>

El proceso de acabado y pulido implica el uso de una serie de abrasivos reductores sobre una superficie; primero para contornear, luego alisar y por último para dar lustre a la superficie.<sup>12</sup> Los sistemas de desbastado, acabado y pulido varían considerablemente, están formados por discos de papel o plástico recubiertos con un abrasivo, mandriles con punta de goma, fresas de diamante y pastas abrasivas, como ya se mencionó la concentración, el tamaño y tipo de partículas abrasivas influyen en la eficacia del corte y en la rugosidad relativa de superficies abrasionados.<sup>11</sup>

#### **1.4.1 Acabado**

Anusavice y Antonson<sup>11</sup>, lo definen como el proceso de remoción de los defectos, arañazos o rasguños superficiales creados durante el contorneado, utilizando instrumentos de corte, afilado o ambos.

Este proceso en conjunto con el procedimiento de pulido, se requiere de un abordaje progresivo, creando arañazos más finos en la superficie con el fin de eliminar los más profundos; por lo que se realiza en varios pasos que permitan llegar a la tersura superficial deseada.<sup>11</sup>

Las fresas de carburo de tungsteno presentan entre 7 a 30 hojas o flautas cortantes; mientras mayor sea el número de hojas, más fino es el acabado final.<sup>12</sup>

El acabado proporciona una superficie relativamente lisa y sin imperfecciones, suele realizarse utilizando fresas de carburo de tungsteno de 18 a 30 hojas o con abrasivos de partículas con un tamaño de 8 a 20nm.<sup>11</sup>

#### **1.4.2 Pulido**

Consiste en desgastar una superficie con abrasivos progresivamente más finos para proporcionar lustre o brillo a una superficie de un material.<sup>11,13</sup> Las partículas abrasivas de más de 20nm proporcionan brillo a bajos aumentos,<sup>11</sup> al final de este proceso, no se deben observar arañazos o rayas en dicha superficie.<sup>11,13</sup>

A mayor tamaño de las partículas habrá más desgaste y ranuras de gran tamaño, por eso primero se emplean abrasivos de grano mayor hasta llegar progresivamente, a los

más finos. Las partículas abrasivas se clasifican con base en su tamaño en micrómetros;<sup>12,13</sup> existen abrasivos finos (000 a 010 $\mu$ m), medios (010 a 100 $\mu$ m) y gruesos (100 a 500 $\mu$ m).<sup>13</sup>

El pulido se realiza empezando por el abrasivo más fino, que hace desaparecer los arañazos del anterior proceso de afilado o desbastado y se completa cuando se consigue el nivel deseado de tersura superficial; la etapa final produce arañazos tan finos que sólo son visibles con una gran magnificación. Las puntas abrasivas de goma, discos y tiras de partículas finas y pastas de pulir de partícula fina son algunos de los instrumentos de pulido. El pulido, por modo de acción se considera multidireccional.<sup>11</sup>

Debe de usarse un material no abrasivo como aplicador al utilizar las pastas de pulir, el fieltro, el cuero, la goma y la espuma sintética son materiales de pulimentado habituales.<sup>11</sup>

No todos los autores coinciden con el procedimiento. En el 2004 Anusavice y Antonson<sup>11</sup> recomiendan:

- 1) Hacer un contorneado con fresas de carburo de tungsteno y papel de lija.
- 2) Uso de una punta de goma para eliminar los arañazos.
- 3) Aplicación de piedra pómez con una rueda de manta, una rueda de fieltro, un cepillo de cerdas o una copa de profilaxis.
- 4) Aplicación del trípoli o una mezcla de tiza y alcohol con una rueda de manta.

Milanezi et al<sup>6</sup> en su estudio comparó un método de pulido químico contra uno convencional, para analizar la rugosidad de una resina acrílica, este consistió en un pulido manual con lijas de agua de grano 400 y de grano 600 con una duración de 5 minutos en cada proceso y al final utilizó polvo para pulir con ayuda de discos de fieltro, encontró que el pulido químico aumenta la rugosidad.

Actualmente están a la venta kits de pulido que hacen más fácil este procedimiento. Kuhar y Funduk compararon un método convencional (utilizando fresa de carburo de tungsteno), contra cuatro kits de pulido (Exa Technique, Acrylic Polisher, AcryPoint y

Becht Polishing Cream) los tres primeros consisten en pulidores de silicona de diferentes formas y diferentes grados de abrasión; al final pulieron todos los grupos con un cepillo de cerdas y piedra pómez, para terminar con un pulido fino, algunos con pasta pulidora y otros con líquido pulidor; encontraron que los kits de pulido dejaron una superficie significativamente más suave de resina acrílica que los especímenes pulidos con una fresa de carburo de tungsteno.<sup>14</sup>

Radford et al,<sup>15</sup> evaluaron la adherencia de *Candida Albicans* con variación de la rugosidad de diferentes materiales: fresa de acero, fresa de carburo de tungsteno (corte de diamante fino), piedra Molloplast Bracon azul y silicón de carburo (80 granos), utilizando una pieza de mano controlando la velocidad a 15 000rpm; reportaron menor rugosidad al pulir con la fresa de carburo de Tungsteno, que con cualquier otro de los materiales utilizados.

Rivera et al,<sup>16</sup> compararon la rugosidad superficial de tres resinas acrílicas, de un lado se realizó el acabado con fresa de carburo de tungsteno, y al reverso de la muestra, se realizó el acabado y pulido convencional con emulsión polyacril y pasta de polyacril; encontraron que al realizar el acabado y pulido convencional se reduce significativamente la rugosidad.

Al-Rifaiy,<sup>17</sup> evaluó pulido mecánico y químico, en resinas autopolimerizables y termopolimerizables, concluyendo que el pulido mecánico es mejor y los valores de rugosidad media no dependen del tipo de resina evaluado.

Abuzar et al,<sup>18</sup> investigó la rugosidad superficial de resinas de poliamida mediante inyección y resinas acrílicas termopolimerizables. La mitad de cada superficie de muestra se realizó un pulido convencional (usando piedra pómez seguida de pastas de alto brillo) y la otra mitad se dejó sin pulir. La resina de poliamida cuando se pulía con la técnica de laboratorio convencional se hacía más de 7 veces más suave, mientras que la resina termopolimerizable, cuando se pulía se hacía 20 veces más suave usando la misma técnica de pulido. Sin embargo, la rugosidad superficial de la poliamida está dentro de la norma aceptada de 0.2  $\mu\text{m}$ . La poliamida produce una suavidad clínicamente aceptable después del pulido convencional.

En un estudio realizado por Guler et al<sup>19</sup> evaluaron el efecto de diferentes métodos de pulido sobre la estabilidad del color de compuestos bis-acrílicos y resinas acrílicas; para el primer grupo solo utilizó piedra pómez y una rueda de manta a 15 000rpm durante 15 segundos; el segundo grupo fue pulido con una copa de hule y una pasta de pulido de diamante durante 15 segundos con una pieza de mano eléctrica a 15 000rpm; el tercer grupo utilizó los discos de pulido Sof-Lex 15 segundos para cada serie (bajo, medio, fina, superfina) con pieza de mano eléctrica a 15 000 rpm; el cuarto grupo fue utilizado el mismo procedimiento que el primer grupo y después se pulió con una pasta de diamante y el quinto grupo se utilizó el mismo método que el tercer grupo añadiendo la misma pasta de diamante que el anterior grupo, de este estudio resultó que el uso de pasta de pulido de diamante después del pulido con piedra pómez disminuyó significativamente la tinción de resinas acrílicas y los compuestos de bis-acrílico probados.

Por lo descrito anteriormente, existen diferentes materiales para pulido así como procedimientos, ya sean mecánicos o químicos; el pulido mecánico se realiza generalmente con pulidores de goma, ruedas pulidoras, conos de fieltro, y una suspensión de elaborada a base piedra pómez y agua. Sin embargo la rugosidad de los materiales para prótesis no sólo se ve afectada principalmente por las características de los materiales, la técnica de pulido, y las habilidades manuales del operador son factores importantes.<sup>20</sup>

Gungor et al,<sup>20</sup> realizaron la comparación de procedimientos de pulido, los kits que se utilizan para la pieza de la unidad dental y las técnicas convencionales en el laboratorio dental, todas las muestras inicialmente fueron abrasionadas con una fresa de carburo de tungsteno a 10 000rpm; posteriormente se utilizaron los siguientes procedimientos de pulido:

- 1) Convencional de laboratorio, se aplicó a un cepillo de cerdas negras una suspensión de piedra pómez y agua durante 90 segundos.
- 2) Acrylic Polisher HP blue kit, el cual consiste de un pulidor azul oscuro y termina con un pulidor azul claro.

3) AcryPoint Kit consiste de un pulidor gris oscuro, un café claro y termina con uno gris claro.

Lo importante de este estudio, es que los kits utilizados para la unidad dental fueron a una velocidad de 10 000rpm durante 60 segundos y todo el procedimiento de acabado y pulido fue realizado por un operador para evitar la variabilidad del estudio. Reportaron que el pulido convencional de laboratorio fue la técnica de pulido más eficaz. Se produjo una superficie significativamente más lisa que la de los especímenes en el grupo de control con kits de pulido de silicona utilizados para la unidad dental.

La calidad del acabado y pulido superficial se tipifica midiendo la rugosidad superficial con el uso de un perfilómetro, un microscopio óptico o un microscopio electrónico de barrido (MEB).<sup>11</sup>

### **1.5 Rugosidad superficial**

La definición de rugosidad se presenta como una medición cuantitativa de la calidad del perfil de una superficie, la cual va estar determinada mediante diferentes procedimientos, uno de los cuales es la evaluación por contacto.<sup>21</sup>

El procedimiento más utilizado para cuantificar la rugosidad se basa en el registro de perfiles de alturas mediante un rugosímetro o perfilómetro; donde estadísticamente los datos determinan parámetros como la rugosidad rms ( $R_{rms}$ ) y la rugosidad promedio.<sup>22</sup>

La Rugosidad media ( $R_a$ ), es el promedio aritmético de los valores absolutos de las alturas  $Y(X)$  medidas a partir de la línea central,<sup>21</sup> ha sido catalogada como un parámetro estándar de rugosidad, gráficamente se representa la parte media entre picos y valles.<sup>21</sup>

El nivel de rugosidad de las superficies es importante, tanto en la industria, como en la vida diaria, en ocasiones es favorable tener una rugosidad mayor y en otras, este estado es indeseable, también, es un factor biológico que molecularmente influye en

la adhesión de bacterias en las superficies; los materiales dentales deben presentar una superficie con mínima rugosidad, para evitar la acumulación de placa bacteriana y conseguir un mayor efecto estético.<sup>22</sup>

Diversos autores han encontrado una correlación positiva entre la rugosidad de la superficie y la cantidad de acumulación de placa; también han determinado que existen factores para la iniciación, la formación, el desarrollo y la maduración de la placa dental, como son:<sup>23</sup>

- 1) La rugosidad superficial.
- 2) Ajuste marginal.
- 3) Contorno.

Los componentes principales involucrados en la formación de biopelículas son células bacterianas, una superficie sólida, y un medio fluido. La formación de biopelículas se produce en todas las superficies duras; por ejemplo, la superficie del diente, los materiales de restauración y hasta en componentes de implantes.<sup>23</sup>

Las proporciones elevadas de *Candida albicans* en las biopelículas formadas en las dentaduras pueden causar estomatitis.<sup>1,23,24</sup> La acumulación de *Streptococcus mutans* en materiales de restauración se asocia con caries secundaria. La adhesión microbiana en superficies de biomateriales depende de la estructura de la superficie y la composición de los biomateriales, así como de las propiedades fisicoquímicas de la superficie<sup>1, 23</sup> de la célula microbiana, su carga superficial e hidrofobicidad.<sup>23</sup>

Además, la adhesión de los microorganismos a los materiales dentales, depende de factores específicos como inespecíficos; los primeros de carácter adhesión-receptor, y los segundos de índole física, química, eléctrica;<sup>25</sup> un ejemplo son la rugosidad superficial, la película salival, e interacciones hidrofóbicas y electrostáticas.<sup>24</sup>

Para que se produzca la adhesión, una vez que el microorganismo está cerca de la superficie sólida, entran en juego fuerzas de corto alcance o adhesivas de carácter de enlace primario, iónico o covalente; produciéndose así la fijación a la superficie del material. Por otra parte, cuando el microorganismo se encuentra a una distancia de

10nm; éste puede unirse íntimamente a la superficie del material debido a sus prolongaciones, fimbrias o pilis que pueden alcanzar dicho material.<sup>25</sup>

En cuanto a la rugosidad de las superficies, las superficies ásperas tienen la capacidad de retener mayor cantidad de microorganismos, ya que al aumentar la aspereza, aumenta el área de superficie con lo cual se favorece la adhesión microbiana. De tal forma, que diversos estudios resaltan como los materiales pulidos disminuyen la adhesión bacteriana.<sup>26, 27,28</sup>

Uno de los principales microorganismos, reconocido como agente etiológico en afecciones de la mucosa oral por el uso de prótesis elaboradas a base de resina acrílica es la *Candida albicans*.<sup>28</sup> El desarrollo del biofilm de *Candida albicans* en las prótesis inicia con la adhesión del microorganismo, en donde la superficie de la resina acrílica ha mostrado tener gran influencia, ya que se ha demostrado asociación entre la aspereza de la superficie con la retención del microorganismo.<sup>29-31</sup> Sin embargo, recientemente se ha comprobado que superficies pulidas que presenten ralladuras de tamaños micrométricos, permiten el alojamiento de microorganismos de menor tamaño, los cuales se adhieren firmemente a dichas superficies.<sup>31</sup>

Además encontraron que el *S. mutans* se adhiere con más frecuencia a cementos dentales que a los materiales que presentan un alto pulido. También se ha confirmado que las fuerzas de adhesión microbiana a los composites incrementan debido al aumento de la rugosidad de su superficie.<sup>23</sup> Estudios anteriores utilizando microscopía de fuerza atómica (MFA) observaron que existen diferentes cepas bacterianas orales que se adhieren con mayor fuerza a resinas compuestas de ortodoncia que al esmalte o inclusive a los brackets.<sup>32</sup>

Morgan y Wilson,<sup>33</sup> investigaron los efectos de la rugosidad de la superficie y el tipo de acrílico para dentaduras en el desarrollo temprano de un biofilm de *Streptococcus*, donde encontraron que el número de bacterias que se adhieren a acrílico aumentó linealmente con la rugosidad superficial media; además se ha demostrado que para ambos tipos de acrílico autopolimerizable o termopolimerizable, la colonización aumenta con el aumento de rugosidad de la superficie.

Mei et al,<sup>32</sup> investigaron la influencia de la rugosidad de la superficie de dos resinas compuestas de ortodoncia en diferentes fuerzas de adhesión de dos cepas de estreptococos orales usando MFA; donde el resultado fue que las superficies compuestas más rugosas ejercen fuerzas de adhesión más fuertes, independientemente del tipo de resina compuesta o de bacteria.

Existen demasiados estudios que intentan exponer la relación entre la rugosidad superficial y la adhesión celular, así como en diferentes superficies de materiales como el vidrio, la sílice, los metales y los polímeros; con el objetivo de inhibir la adhesión inicial de las células bacterianas en las superficies. Al revisar la literatura sobre la influencia de la topografía superficial en la fijación bacteriana, es evidente que hay un estándar completo de técnicas de análisis de rugosidad. Actualmente el MFA es el método de recogida de datos aplicable para esta tarea, ya que tiene una óptima resolución para la caracterización topográfica a escala de típicas células bacterianas.<sup>34</sup>

Como se mencionó anteriormente el valor Ra (rugosidad promedio), en conjunto con Rq, (rugosidad media cuadrática) son los parámetros más citados, utilizados para la descripción de la rugosidad en documentos biológicos;<sup>34</sup> por eso es importante conocer acerca de este valor, aplicado en materiales dentales.

Estudios *In vivo* sugieren que un nivel mayor de rugosidad en la superficie de (Ra= 0,2µm) resulta en un aumento simultaneo de la acumulación de placa.<sup>1,4,14,17</sup> Sin embargo varios estudios han indicado que la rugosidad de la resina acrílica con pulido de pastas profilácticas, pulidores de goma, piedras abrasivas, todavía supera el umbral de rugosidad Ra de 0,2µm.<sup>14,17</sup>

Existen muchos equipos, accesorios y procedimientos que permiten la evaluación cualitativa de la rugosidad, en general, los equipos pueden clasificarse como de contacto y de no-contacto. Los equipos de no-contacto, generalmente son ópticos, se basan en cambios en el enfoque de luz monocromática, uno de los más comunes es el proyector llamado Comparador Óptico.<sup>22</sup>

El rugosímetro o perfilómetro es el más utilizado en la industria en general para medir la rugosidad de componentes comunes de ingeniería, además del perfilómetro, otro equipo de contacto es el Microscopio de Fuerza Atómica (MFA), el cual se considera como un perfilómetro de resolución sub-nanométrica, permite longitudes de muestreo máximas de 100µm con resolución nanométrica.<sup>22</sup>

Al realizar una comparación, la resolución de altura del MFA es mucho mayor que la de los perfilómetros; se utilizan fuerzas de carga bajas y las sondas son más nítidas, por lo que existe una resolución X-Y mucho más alta.<sup>35</sup>

## **1.6 Microscopio de Fuerza Atómica (MFA)**

La microscopía de fuerza atómica es una técnica sorprendente que permite ver y medir la estructura superficial, por ejemplo, la disposición de átomos individuales en una muestra, o estructura de moléculas individuales.<sup>35</sup>

El MFA, es un instrumento mecánico óptico que permite obtener imágenes con resolución de nanómetros, además de ser capaz de detectar fuerzas del orden de los nano newtons.<sup>36</sup> Es un tipo de microscopio de sonda de barrido que utiliza una sonda fina sobre la superficie en lugar de electrones o haz de luz.<sup>37</sup> Los sistemas de escaneo, retroalimentación y visualización son muy similares a los utilizados para el escaneo de microscopía de efecto túnel.<sup>38</sup>

Esta sonda es capaz de registrar continuamente su topografía, la cual su punta presenta forma piramidal o cónica, acoplada a una palanca microscópica (cantiléver) muy flexible; hoy en día, son microfabricados de silicio, óxido de silicio o nitruro de silicio sus dimensiones son de 100 micras, con espesores de 1 micra y se pueden fabricar con puntas integradas o, de lo contrario, se pueden pegar a mano pequeños trozos de diamante.<sup>38</sup>

El mecanismo del MFA se basa en la detección de fuerzas que actúan entre la sonda y la superficie de la muestra. La sonda se conoce como la punta del MFA o sensor, la cual está unido a un voladizo muy flexible; existen diferentes métodos para la detección

del movimiento del voladizo; actualmente se usa la detección por haz de láser, estos detectores son llamados fotodiodos. La luz láser se refleja desde el voladizo en el fotodiodo.<sup>37</sup> Un ordenador procesa la señal diferencial eléctrica del fotodiodo obtenido de cada punto de la superficie y genera una señal de realimentación para el piezoescaner y así mantener una fuerza constante en la punta.<sup>39</sup> Las fuerzas entre la punta y la muestra provocan una deflexión del cantiléver, lo cual es medido por un detector; de tal manera que a medida que la punta se desplaza sobre la superficie de la muestra, se genera una micrografía de la superficie en tiempo real.<sup>35,36,39</sup> Las fuerzas principales que contribuyen a la deflexión del cantiléver son fuerzas de repulsión electrostáticas y fuerzas de atracción de Van der Waals entre los átomos dentro de la punta y los átomos de la superficie de la muestra.<sup>39</sup>

La principal aplicación del MFA es la obtención de imágenes de alta resolución de diferentes superficies, incluyendo metales, polímeros, cerámicas, biomoléculas o células;<sup>35,39</sup> si es más grueso y rígido el material el MFA permite la obtención de una verdadera resolución atómica.<sup>39</sup> Podemos obtener imágenes muy pequeñas de sólo 5 nm de tamaño, mostrando sólo 40-50 átomos individuales, para medir la estructura cristalográfica de los materiales, o se pueden medir imágenes de 100 micrómetros o más, mostrando las formas de decenas de células vivas al mismo tiempo.<sup>35</sup>

Básicamente su función es usar una fuerza para obtener una imagen de una superficie y se puede aplicar a fuerzas magnéticas y electrostáticas, así como a la interacción interatómica entre la punta y la muestra.<sup>38</sup>

El MFA como técnica microscópica se basa en la medición de topografía de la muestra, los datos generados no son imágenes, como las producidas por microscopía óptica, sino son un mapa de mediciones de altura; con el fin de realizar estas mediciones de altura, existen diferentes modos de operación,<sup>35</sup> dependiendo de la naturaleza de las fuerzas de interacción entre átomos, según la distancia entre la punta y la superficie de la muestra, estas técnicas escanean cerca de la superficie midiendo las propiedades de la superficie de la muestra a nanoescala.<sup>40</sup>

Los modos de operación se pueden dividir en dos: a) miden la deflexión estática del voladizo y los que miden la oscilación dinámica del voladizo; el procedimiento experimental, la información que generan, los contenidos para muestras particulares, e incluso interpretación de datos difieren con cada uno de los modos de operación llevados a cabo.<sup>35</sup>

Modo de contacto: fue el primer modo desarrollado para el MFA, sigue siendo una técnica extremadamente poderosa y útil,<sup>35,37,40</sup> se produce un contacto real entre la punta y la superficie de la muestra,<sup>37,40</sup> las fuerzas que predominan son repulsivas, es posible trabajar a fuerza constante o a distancia constante. Las imágenes que se pueden obtener son: imágenes de altura (expresión de la topografía de la muestra) y las imágenes de desviación (muestran mayor sensibilidad los finos detalles de la superficie).<sup>40</sup> La mejor razón para usar el modo de contacto es su alta resolución, sin embargo la característica que impide su uso es que se aplica una gran fuerza lateral a la muestra, por lo que se sugiere que el modo de contacto no es bueno para muestras blandas.<sup>35</sup>

Modo de no-contacto: las fuerzas de interacción entre átomos son las fuerzas de Van der Waals; la punta se encuentra a una distancia próxima a la superficie de la muestra, con una amplitud típica de varios nanómetros, menos de 10 nm. La punta no está en contacto con la muestra durante la exploración, por lo que las fuerzas de interacción proporcionan información sobre la topografía.<sup>41</sup> Una desventaja es que bajo condiciones ambientales existe una capa de contaminación presente en la mayoría de las superficies y parecen tener baja resolución. Esto se debe a que la contaminación llena las nanoestructuras en la superficie. Sin embargo, las imágenes de alta resolución pueden medirse en este régimen; las imágenes no-contacto sumergidas completamente en líquido también es posible.<sup>35</sup>

Modo de contacto intermitente o *Tapping*: generalmente se basa en la modulación de amplitud y la interacción punta-muestra,<sup>35</sup> se hace vibrar externamente el cantiléver, la amplitud de esta oscilación es mayor que el del modo anterior, aproximadamente de

100nm; lo que ayuda a reducir la fricción y minimizar un posible daño a la muestra; se pueden grabar tres tipos de imágenes de altura, fase y amplitud.<sup>40</sup>

Una ventaja del MFA para medir la fuerza de la fijación bacteriana en una superficie, o la facilidad de remoción es que la imagen se observa a nivel nanométrico, con alta resolución de fuerza, por lo tanto fuerzas de medición pueden ser aplicadas directamente sobre célula-célula, la superficie celular o grupos de interacciones célula-superficie. Un método alternativo para cuantificar las interacciones microbianas de la superficie celular es recubrir la punta del AFM con un césped extendido de células.<sup>42</sup>

La Microscopía de Fuerza Atómica es empleada en áreas de la ciencia como la Física, Química y Biología; un estudio realizado por Ji et. al. encontraron una nueva forma de eliminar las células humanas para el diagnóstico patológico con MFA y concluyeron que será un instrumento muy importante en el diagnóstico diario.<sup>43</sup>

En el campo de la Odontología investigadores han empezado a utilizar el MFA aproximadamente desde 1950,<sup>44</sup> se ha empleado en el estudio de las superficies de materiales dentales, así como en la evaluación de células vivas y entornos dinámicos.<sup>37</sup> Un campo importante de aplicación es en la caracterización y fabricación de productos dentales como las resinas compuestas para restauración, tanto en morfología superficial como propiedades elásticas;<sup>44</sup> como son los nanorellenos incluidos en resinas compuestas y materiales de impresión, nanosoluciones en adhesivos, nanopartículas de hidroxiapatita utilizadas para tratar defectos óseos;<sup>45</sup> otro ejemplo es la implantología, se utiliza el MFA para probar la biocompatibilidad de los materiales, investigando la adherencia de osteoblastos in vitro.<sup>37</sup>

Se han realizado diferentes estudios utilizando el MFA, en diferentes especialidades, como lo son la endodoncia, ortodoncia, e implantología, algunos de estos abarcan: la morfología de la superficie de la dentina, materiales utilizados después de varios tratamientos clínicos, como la alteración de la superficie de módulos elastómeros y arcos ortodónticos. Mediciones en la superficie de la dentina, específicamente de los túbulos dentinarios (diámetro y profundidad) y la rugosidad superficial.<sup>45</sup>

La nanotecnología hará posible el mantenimiento de una salud oral, mediante el uso de nano materiales, biotecnología, ingeniería de tejidos y nano robótica. Se prevé que la nanotecnología la tendencia de salud oral y enfermedad, así como la atención médica de manera fundamental, modalidades específicas de diagnóstico y tratamiento, nuevos métodos para el diagnóstico y la prevención de enfermedades, selección terapéutica adaptada al perfil del paciente, entrega de medicamentos y terapia génica.<sup>46</sup>

La tecnología es por ahora la herramienta más importante para la ciencia e investigación, debemos aprovechar todo lo obtenido al aplicar los instrumentos de vanguardia que la ciencia y la tecnología nos ofrecen, ya que aportan datos relevantes, que generan conocimientos y desarrollan nuevas áreas de investigación, que en la actualidad son de gran importancia y de interés para la comunidad científica.

## **2. Planteamiento del problema**

Las enfermedades bucales, pueden ser causadas por la adhesión de microorganismos en prótesis y/o aparatología dental elaboradas a base de resina acrílica; uno de los factores importantes para reducir la adhesión de microorganismos es el acabado y pulido de la superficie. Es de gran importancia que la superficie se encuentre lo mejor pulida posible, no debe presentar ralladuras, que permitan el alojamiento de microorganismos.

Las resinas acrílicas son el material más utilizado para la elaboración de prótesis dentales, aparatos de ortodoncia y restauraciones provisionales; en la actualidad, se cuenta con una gran variedad tanto de resinas acrílicas, como de materiales de acabado y pulido para dichas prótesis, debido a que constantemente se busca obtener un material con mejores propiedades y características. Las resinas acrílicas pulidas presentan beneficios en el cuidado bucal, por eso es de suma importancia realizar un pulido óptimo para disminuir la rugosidad de la superficie y así reducir la adhesión bacteriana. Por lo tanto se genera la siguiente pregunta de investigación:

¿Qué procedimiento de pulido, presenta menor rugosidad en las superficies de resinas acrílicas autopolimerizables y termopolimerizables?

### 3. Justificación

Estudios anteriores han demostrado que entre mayor irregularidad de la superficie de las resinas acrílicas existe mayor adhesión de microorganismos, aunque las ralladuras sean de tamaños micrométricos, permiten el alojamiento de microorganismos de menor tamaño, los cuales se adhieren firmemente a dichas superficies.<sup>25</sup> Esto ocasiona diferentes problemas en la salud bucal, ya que se ha demostrado que las proporciones elevadas de *Candida albicans* en las biopelículas formadas en dentaduras pueden causar estomatitis <sup>1,3,23</sup> y la acumulación de *Streptococcus mutans* en materiales de restauración se asocia con caries secundaria. Así que es importante tener una superficie lo más lisa ya que tienen menos zonas de retención y son más fáciles de mantener en un estado higiénico.<sup>3</sup>

El presente proyecto de investigación tiene como finalidad la generación de nuevo conocimiento, a fin de aportar información útil en la problemática de las enfermedades bucales causadas por la adhesión bacteriana en prótesis y/o aparatología dental elaboradas a base de resina acrílica.

De tal manera, que se pretende contribuir con el aporte de datos relevantes que justifiquen el empleo de dichos materiales; con el propósito subsecuente de elaborar mejores prótesis de resinas acrílicas, que disminuyan las altas frecuencias de afecciones por adhesión de microorganismos a los materiales dentales.

## 4. Hipótesis

### **Hipótesis de Trabajo.**

La rugosidad de las superficies de resinas acrílicas termopolimerizables y autopolimerizables es menor realizando el procedimiento de pulido al alto brillo.

### **Hipótesis Nula.**

La rugosidad de las superficies de resinas acrílicas termopolimerizables y autopolimerizables es similar independientemente del procedimiento de pulido.

## 5. Objetivos

### Objetivo general.

Analizar la rugosidad de superficies de dos resinas acrílicas termopolimerizables y dos autopolimerizables con tres diferentes procedimientos de pulido.

### Objetivos específicos.

- Medir la rugosidad de la superficie de dos resinas acrílicas termopolimerizables.
- Calcular la rugosidad de la superficie de dos resinas acrílicas autopolimerizables.
- Determinar la rugosidad de la superficie de las cuatro resinas acrílicas con un procedimiento alternativo de pulido.
- Establecer la rugosidad de la superficie de las cuatro resinas acrílicas con el procedimiento de pulido al alto brillo con Kit Kenda.
- Evaluar la rugosidad de la superficie de las cuatro resinas acrílicas con el procedimiento de pulido al alto brillo con kit JOTA.
- Comparar los resultados obtenidos con los tres diferentes procedimientos de pulido de las resinas acrílicas.

## **6. Materiales y métodos**

### **6.1 Diseño del estudio**

Estudio transversal experimental

### **6.2 Población y universo de estudio**

Resinas acrílicas autopolimerizables y termopolimerizables.

### **6.3 Muestreo**

No probabilístico, por conveniencia.

Se seleccionaron dos resinas acrílicas de cada uno de los diferentes métodos de polimerización: termopolimerizables y autopolimerizables, con mayor frecuencia de uso, y disponibilidad en México.

Se utilizarán 20 muestras de prueba, de las resinas acrílicas termopolimerizables: Forzza NicTone (mdc Dental, Zapopan, México) y Lucitone 199 (Dentsply, New York, EUA) y de las resinas autopolimerizables: NicTone (mdc Dental, Zapopan, México) y Opty-Cryl (New Stetic S.A, Medellín, Colombia).

### **6.4 Criterios de:**

#### **Inclusión:**

- Muestras confeccionadas con los diámetros preestablecidos.
- Muestras que no presentan alteración como resultado del procedimiento.

#### **Exclusión:**

- Muestras que presenten irregularidad en la superficie.
- Muestras fracturadas.

#### **Eliminación:**

- Muestras que presenten daño durante el procedimiento de pulido.
- Muestras que presenten más de una semana de haberlas confeccionado.

- Muestras contaminadas (que presenten residuos de material).

### 6.5 Variables de estudio.

Variable dependiente: Rugosidad.

Variables Independientes: Resinas acrílicas autopolimerizables, resinas acrílicas termopolimerizables y procedimientos de pulido. En la Tabla 1, se muestra la operacionalización de cada una de las variables.

**Tabla 1. Definición operacional y conceptual de variables**

<b>Variable</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición operativa</b>	<b>Tipo de variable</b>	<b>Escala de medición</b>
<b>Rugosidad.</b>	Medición cuantitativa de la calidad del perfil de una superficie. <sup>21</sup>	Se obtendrá el promedio de 5 mediciones, realizadas por el MFA.	Cuantitativa continua.	Nanómetros.
<b>Resina Acrílica Autopolimerizable.</b>	Polímero y monómero que al mezclarse químicamente son activados. <sup>4</sup>	NicTone=0. Opti-cryl=1.	Cualitativa nominal.	Nominal 0 a 1.
<b>Resina Acrílica Termopolimerizable.</b>	Polímero y monómero que necesitan de energía térmica para su polimerización. <sup>2</sup>	Forzza=2. Lucitone=3.	Cualitativa nominal.	Nominal 2 a 3.
<b>Pulido.</b>	Proceso mediante el cual se le proporciona lustre o brillo a una superficie. <sup>2</sup>	Kit Jota=0. Kit Kenda =1. Alternativo=2.	Cualitativa nominal.	Nominal 0 a 3.

## 6.6 Procedimiento

Composición y fabricación de los especímenes, se realizaron 20 recuadros de un área de 8mm<sup>2</sup> por 3mm de espesor.

### *Resinas acrílicas autopolimerizables:*

1. Proporciones para la mezcla: Por peso son dos partes de polímero autopolimerizable y una de monómero autopolimerizable (Fig. 1).
2. Preparación de la Mezcla: Se preparo la mezcla en un recipiente adecuado (dappen o recipiente de vidrio). Se vertió el polímero sobre el monómero en las proporciones indicadas, mezclando en forma de cruz continuamente durante 30 segundos aproximadamente, para asegurar que las partículas de polímero se incorporen completamente con el monómero (Fig. 2A). Se tapa el recipiente para evitar la inclusión de aire (Fig. 2B) hasta que la mezcla se encuentre en la etapa filamentosa (al material en contacto con una espátula, se le observa formación de hilos). Finalmente se procede a colocarlo dentro del molde de plástico con ayuda de la espátula (Fig. 3).
3. Tiempo de Trabajo: La mezcla permite un tiempo de trabajo de 3 a 5 minutos, en condiciones de temperatura de 23°C ± 2. Curado: Autopolimeriza aproximadamente en 10 minutos promedio. Estos tiempos pueden variar de acuerdo con la temperatura del ambiente.
4. Después de polimerizado, se colocó dentro de cajas plásticas, para su etiquetado y almacenamiento, hasta realizar las pruebas de pulido y análisis de rugosidad correspondientes; para evitar cualquier deterioro o contaminación (Fig. 4).



Fig 1. Medición del polvo y líquido de resina autopolimizable siguiendo indicaciones del fabricante.



Fig. 2 Preparación del acrílico. (A) Mezcla del polvo y líquido, con ayuda de la espátula. (B) El recipiente es tapado, para evitar la inclusión de aire.



Fig. 3 Colocación de la resina autopolimerizable en moldes de plástico.



Fig. 4 Etiquetado y almacenamiento de los especímenes, elaborados de resina acrílica autopolimerizable.

*Resinas acrílicas termopolimerizables.*

1. Se realizaron recuadros con cera toda estación con las mismas dimensiones (8mm x 8mm x 3mm).
2. Se preparo yeso tipo III, con una proporción de 100gr. polvo y 28 ml de agua, la mezcla se vertió sobre la base de la mufla, para colocar los recuadros de cera (Fig. 5)
3. Se colocó separador en el yeso, después la contramufla y se realizó el enfrascado (verter yeso dentro de la contramufla y colocar su tapa).
4. Descencerado: después de fraguado el yeso, se ablandó la cera en agua hirviendo durante 6 minutos. Separamos la mufla y quitamos cera con agua hirviendo, utilizando agua limpia hirviendo para el aclarado final.
5. Aplicamos separador en el yeso, esperamos aproximadamente 3 minutos después de la aplicación, antes de empaquetar la resina (Fig. 6).
6. Mezcla: Se realizó con una unidad de polvo de 21 g a 10 ml de líquido. Colocamos los materiales dentro de las bolsas que el fabricante proporciona, para realizar la mezcla, durante 15 segundos para asegurar que el líquido llegue a todas las partículas de polvo. Dejamos reposar el material, hasta que alcance la consistencia de empaquetado (aproximadamente 9 minutos a una temperatura ambiente de  $23 \pm 1^\circ\text{C}$ ). (Fig.7)
7. Empaquetado: La resina termopolimerizable deberá ser empacada en una mufla caliente entre la temperatura ambiente y una temperatura de  $43^\circ\text{C}$  - $110^\circ\text{F}$ .
8. Curado: Sumergiremos el recipiente cerrado (bloqueado por compresión o por las abrazaderas) en agua a  $73 \pm 1^\circ\text{C}$  ( $163^\circ \pm 2^\circ\text{F}$ ) durante 1 hora y media. Para después dejarla media hora en agua hirviendo. Se comprobará periódicamente la temperatura del agua, la cual se tomará con un termómetro de precisión.
9. Enfriamiento: Sacaremos y dejaremos enfriar el recipiente a temperatura ambiente durante 30 minutos. Posteriormente, lo sumergiremos en agua fría ( $16\text{-}27^\circ\text{C}$  - $60\text{-}80^\circ\text{F}$ ) durante 15 minutos antes de sacarlo.
10. Se realizará la recuperación de los recuadros de resina y se colocarán dentro de cajas plásticas, para su etiquetado y almacenamiento, hasta realizar las

pruebas de pulido y análisis de rugosidad correspondientes; para evitar cualquier deterioro o contaminación (Fig. 8).



Fig. 5. Colocación de los recuadros de cera dentro de la base de la mufla.



Fig. 6 Descencerado y colocación del separador.



Fig. 7 Mezcla del polvo y líquido termopolimerizable.



Fig. 8 Etiquetado y almacenamiento de los especímenes, elaborados de resina acrílica termopolimerizable.

Las muestras de cada una de las resinas se dividieron en 4 grupos, cada grupo recibió un procedimiento de pulido diferente. (Tabla 2)

**Tabla 2. Procedimientos de pulido**

<b>Grupo</b>	<b>Procedimiento realizado</b>	<b>Velocidad /rpm</b>	<b>Fabricante</b>
A	SIN PULIR		
B	Fresa de carburo.	30,000	Jota AG, Rüthi, Suiza.
	Pulidores de resina 1. Pulidor Verde "G". 2. Pulidor Gris "M" 3. Pulidor Amarillo "F".	10,000	mdc Dental, Zapopan, México.
	Pasta pulidora Rhino impregnada al fieltro.		
C	Jota kit 1877 DENTUR POLISH: pulidores de resina antes mencionados.	10,000	Jota AG, Rüthi, Suiza
	Emulsión de alto brillo con ayuda de fieltro pulidor.		
D	Kenda Acrylic Blue. 1. Pulidor azul. 2. Pulidor azul claro. 3. Pulidor ocre.	10,000	Kenda AG, Vaduz, Liechtenstein

Para el grupo A se realizó la medición de la rugosidad de la superficie de las resinas acrílicas termopolimerizables y autopolimerizables, después de haberlos confeccionado sin haber recibido algún tipo de pulido, tomando seis mediciones del valor de rugosidad (Ra) en diferentes regiones del espécimen; utilizando el

microscopio de fuerza atómica (MFA) Naio (Nanosurf, Liestal, Suiza) el cual se empleó en modo de contacto con puntas de Nitruro de Silicio para evaluar la rugosidad de las superficies de los recuadros.

El procedimiento de pulido fue realizado por un solo operador para no crear variabilidad, con un Sistema de micromotor estándar Volvere i7 RM NSK (Nakanishi Inc, Kanuma, Japón), el cual permite fijar la velocidad, por lo que controla y monitoriza el funcionamiento. El pulido se hizo en un solo sentido, pasando cada uno de los materiales durante 15 segundos en cada una de las muestras. (Fig. 9)



Fig. 9 Procedimiento de acabado, realizado con fresón de carburo a 30,000rpm.

En el pulido (B) se realizó el acabado con fresa de carburo (Jota AG, Rüthi, Suiza) a 30,000rpm y para el pulido se utilizaron pulidores de resina (Jota AG, Rüthi, Suiza) primero un pulidor Verde “G”, después el pulidor Gris “M”, por último, pulidor Amarillo “F” a 10,000rpm como se menciona en el manual del fabricante.<sup>47</sup> (Fig.10)



Fig. 10 Materiales utilizados para el grupo de pulido B.

El grupo (C) se realizó con Jota kit 1877 DENTUR POLISH: (Jota AG, Rüthi, Suiza) pulidores de resina antes mencionados a 10,000rpm. Por último, una emulsión de alto brillo con ayuda de un fieltro pulidor a 10,000rpm.<sup>48</sup> (Fig. 11)



Fig. 11 Materiales utilizados para el grupo de pulido C.

Para el grupo (D) se utilizó un kit de pulido de tres pasos Kenda Acrylic Blue (Kenda AG, Vaduz, Liechtenstein), pulidor azul, pulidor azul claro y pulidor ocre a 10,000rpm de acuerdo a las instrucciones del fabricante.<sup>49</sup> (Fig. 12)



Fig. 12 Materiales utilizados para el grupo de pulido D.

Posterior al procedimiento de pulido, se midió la rugosidad de las resinas acrílicas termopolimerizables y autopolimerizables de cada uno de los grupos, evitando tocar la superficie pulida.

Para el análisis de rugosidad, se realizó con el MFA Naio (Nanosurf, Liestal, Suiza) en modo dinámico con puntas de Nitruro de Silicio, por medio del Software Nanosurf Naio versión: 3.8.4.1. Primero, se coloca el espécimen a analizar dentro del Microscopio (Fig.13); una vez calibrado el láser del Microscopio, por medio del Software se ajustan los valores para el análisis correspondiente. Para esta investigación se obtuvieron 30 valores de Ra, con su respectiva imagen (Fig.14) para cada resina acrílica con los cuatro procedimientos de pulido diferentes; por lo que en total se obtuvieron 120 mediciones de rugosidad por cada resina acrílica.

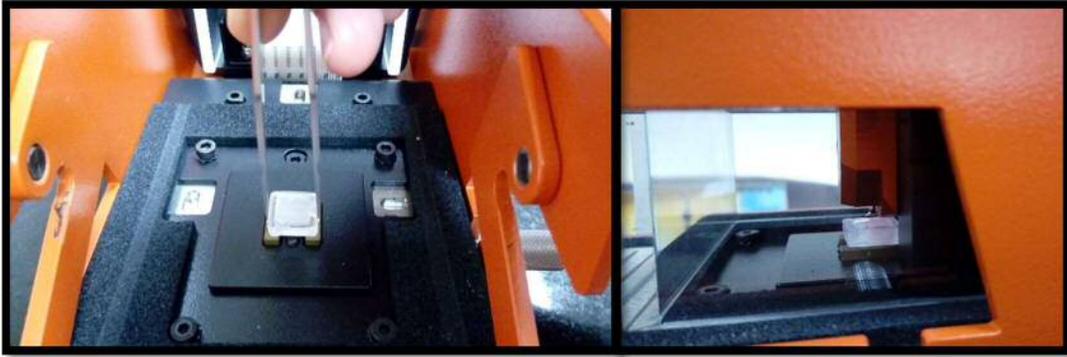


Fig. 13 Colocación de la muestra en el MFA.

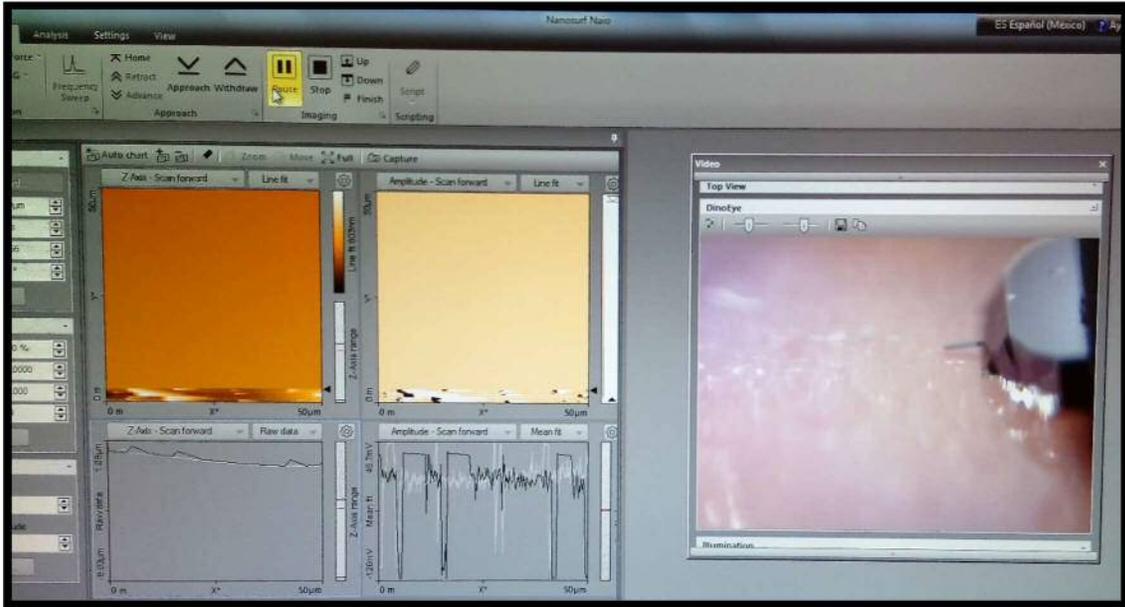


Fig. 14 Análisis de la muestra con el Software.

## **6.7 Consideraciones bioéticas**

Este trabajo es una investigación experimental, no se realizó con seres humanos, tejidos o células; por lo que este trabajo no arriesga a ningún ser vivo, ni dañó al ambiente. Cabe mencionar que de este proyecto se obtuvo generación de conocimiento el cual será publicado y compartido en el gremio odontológico y el resultado de la investigación no convertirá los recursos públicos en ganancias privadas.

## **6.8 Análisis Estadístico**

Para el análisis de la información se utilizó el paquete estadístico STATA vs 11 (StataCorp. Texas, USA). Se obtuvo la estadística descriptiva ( $media \pm de$ ) de los cuatro grupos de resinas (Opticryl, NicTone, Forzza y Lucitone) con los 4 procedimientos de pulido.

Se realizaron pruebas de normalidad Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk, al encontrar que los valores no presentan normalidad, se realizaron pruebas no paramétricas.

Para evaluar las diferencias entre los grupos de resinas y los procedimientos de pulido se usaron pruebas de Kruskal Wallis. Para conocer estas diferencias de cada una de las resinas con los diferentes procedimientos de pulido, se procedió a realizar un análisis de comparaciones múltiples (uni-variado por rangos) de Kruskal-Wallis, con un valor de  $p$  ajustado de 0.004167.

## 7. Resultados

### A. Acuse de envió para su publicación

Track your recent Co-Authored submission to JPD Recibidos x

 **eesserver@eesmail.elsevier.com** 10:41 (hace 1 hora)   

para yo ▾

 inglés ▾ > español ▾ Traducir mensaje Desactivar para: inglés x

Dear Dr. Lizzeth Aguilon,

You have been listed as a Co-Author of the following submission:

Journal: The Journal of Prosthetic Dentistry  
Title: Roughness analysis of acrylic resins polished with different procedures  
Corresponding Author: Rogelio J Scougall-Vilchis  
Co-Authors: Lizzeth Aguilon, DDS; Edith Lara, DDS, MDSc & Orthod., PhD; Blanca S Gonzalez, DDS, MDSc, PhD; Josue R Bermeo, DDS, PhD; Carlo E Medina, DDS, MSc

To be kept informed of the status of your submission, register or log in (if you already have an Elsevier profile).

Register here: <https://ees.elsevier.com/jpd/default.asp?acw=&pg=preRegistration.asp&user=coauthor&fname=Lizzeth&lname=Aguillon&email=lizaguillon.26@gmail.com>

Or log in: <https://ees.elsevier.com/jpd/default.asp?acw=&pg=login.asp&email=lizaguillon.26@gmail.com>

If you did not co-author this submission, please do not follow the above link but instead contact the Corresponding Author of this submission at [rogello\\_scougall@hotmail.com](mailto:rogello_scougall@hotmail.com).

Thank you,

The Journal of Prosthetic Dentistry

### B. Artículo completo enviado

#### ABSTRACT:

**Statement of the problem.** The finishing and polishing of the surface in prostheses and dental appliances made from acrylic resin is an important factor to reduce the adhesion of microorganisms; the average roughness is a standard parameter for measuring surface quality; currently, the Atomic Force Microscopy (AFM) is suitable equipment for this data record.

**Purpose.** The purpose of this *in vitro* study was to compare the surface roughness of two heat-polymerized acrylic resins and two autopolymerized acrylic resins with three different polishing procedures.

**Material and methods.** Two heat-polymerized acrylic resins (Forzza, Lucitone,); two autopolymerized (NicTone, Opty-Cryl) were selected for this study. Total of 20 blocks (8x8x3mm), were prepared according to the manufacturer's instructions and divided into four groups (n=5/gp). Each acrylic resin was treated as follow: A (unfinished), B (five steps), C (four steps); D (three steps). The resulted surface roughness (nm) was measured by using Atomic Force Microscopy. Thirty values of roughness were obtained per group (6 measurement of each block). The data was subjected statistical analyses ( $p \leq 0.05$ ).

### **Results.**

The highest Ra value in the polishing groups was detected in the specimens of self-curing resins group D (394.98 nm). The lowest Ra value was detected in the group D (88.18 nm) prepared from heat-polymerized specimens. Statistically significant differences were found in the Ra value with Kruskal Wallis test, so the multiple comparison test was performed.

### **Conclusions.**

Analysis of findings revealed that the use of rubbers in the heat-polymerized resins help to reduce the roughness of the surface, reaching an ideal value ( $Ra = 0.2 \mu m$ ) to avoid greater accumulation of plaque.

The use of carbide cutters is recommended with autopolymerized resins; for remove irregularities from the surface, then polish with the rubbers; that this polishing process is the best for this type of resins.

## **Clinical implications.**

Choosing an appropriate polishing procedure in dental acrylic resins could lead to improve some properties such as esthetics, it can reduce pigmentation, retention of microorganisms and biofilm formation in vivo, and better polishing procedure is important for improving hygiene and preventing bad breath.

## **INTRODUCTION**

Polymethyl methacrylate (PMMA)-based acrylic resins are widely used in dentistry<sup>1-4</sup> for provisional restorations, complete and partial dentures,<sup>2,5,6</sup> implant retained overdentures,<sup>6</sup> are also indicated for appliances retention and correction of malocclusions in orthodontics.<sup>5,7</sup>

Currently, there are various presentations of acrylic resins that vary according to their polymerization process, their manipulation and brand manufacturer; the literature refers certain advantages of some over others, in terms of their physical properties;<sup>2,5</sup> that may manifest after long-term intraoral use, can be discoloration, wear, and surface adhesion and accumulation of microorganisms.<sup>1,8,9</sup>

The polishing of restorative dental materials promotes oral health function, and dental esthetics;<sup>2,4,6</sup> in this line, it is important that the material presents a smooth and polished surface, to minimize plaque accumulation or prevent its formation.<sup>2,6</sup>

The quality of surface finishing and polishing is obtained by measuring the surface roughness with the use of a profilometer or a microscope; the AFM allows a high nanometer scale resolution,<sup>10,11</sup> for that reason is the most applicable data collection method especially useful in mapping nanoscale surface topography.<sup>12</sup>

Some studies have suggested that a higher level of roughness ( $R_a=0,2 \mu\text{m}$ ) results in a simultaneous increase in plaque accumulation.<sup>1,2,4,6,13-15</sup>

Several studies indicate that the roughness of the acrylic resin with polishing of prophylactic pastes, rubber polishers and abrasive stones, exceeds the roughness of  $0.2 \mu\text{m}$ .<sup>4</sup>

The purpose of this study was to evaluate the surface roughness of the heat-polymerized and autopolymerized acrylic resins with three different polishing procedures and to identify which of these, leaves a finish with less roughness on the surface.

The hypothesis tested was that the three different polishing procedures reduce the surface roughness below the threshold value of  $0.2 \text{ mm}$ .

## **MATERIAL AND METHODS.**

### **Preparation of acrylic resin specimens.**

Twenty specimens fabricated ( $8 \text{ mm}^2 \times 3 \text{ mm}$ ) with two different commercially available heat-polymerized resins: Forzza NicTone (mdc Dental, Zapopan, México), Lucitone 199 (Dentsply, New York, USA) and with autopolymerized resins: NicTone (mdc Dental, Zapopan, México), Opty-Cryl (New Stetic S.A, Medellín, Colombia); were prepared according to the manufacturer's instructions.

### **Grouping of specimens.**

Twenty specimens fabricated with each material were divided into four groups; each group consisting five number of specimens of each material ( $4 \times 5=20$ ). Group A: not receive any finishing and polishing, which formed the control group; B: were finished with a carbide bur 30,000 rpm (Jota AG, Rüthi, Switzerland), acrylic polisher (Jota AG) green polisher "G",

grey polisher “M” and yellow polisher “F” it is recommended to work the sequence without skipping steps, at recommended revolutions and exerting little pressure; and then with polishing past Rhino (mdc Dental) with a felt wheel mounted at 10,000 rpm. C: were polished with jota kit 1877 DENTUR POLISH (Jota AG, Rüthi) at 10,000 rpm and then was smothed with a polishing liquid in a rag wheel mounted (Jota AG, Rüthi, Suiza) following the manufacturer’s instructions regarding the recommended speed. D: were polishing with acrylic polisher Kenda acrylic blue (Kenda AG, Liechtenstein, Switzerland). Each of materials was used in one direction during 30 seconds.

The specimens fabricated were finished using of lab micromotor with control box and straight hand piece Volvere i7 RM NSK (Nakanishi Inc, Kanuma, Japan). All polishing were performed by the same operator to avoid variability.

### **Surface roughness measurements.**

Surface roughness of all specimens was measured by using AFM Naio (Nanosurf, Liestal, Switzerland) in dynamic mode with silicon nitride tips, six measurements of surface roughness were performed for each specimen, the five specimens per material of four groups were evaluated for surface roughness and were recorded in nanometers (nm). Thirty measurements (Ra) of each acrylic resin were obtained with each of the polishing procedures.

### **Analysis of data**

The distribution of variables was no-parametric. Measures of central tendency and standard deviation were reported. Comparison procedure of polishing values between groups used the Kruskal–Wallis test. The program used for statistical procedures was STATA 11.0.

## RESULTS

The highest Ra value in the polishing groups was detected in the specimens of self-curing resins group D (394.98 nm). The lowest Ra value was detected in the group D (88.18 nm) prepared from heat-polymerized specimens. Table 1 shows the mean and standard deviation of the Ra values of all experimental groups.

<b>Groups</b>	<b>Resins</b>			
	<b>Opticryl (Mean±SD)</b>	<b>NicTone (Mean±SD)</b>	<b>Forzza (Mean±SD)</b>	<b>Lucitone (Mean±SD)</b>
<b>A</b>	1026.48±714.60	743.51±445.40	170.87±279.66	98.43±87.25
<b>B</b>	158.07±103.10	180.36±132.20	146.60±84.25	108.45±76.51
<b>C</b>	167.51±127.19	160.53±123.28	126.77±92.71	157.37±81.40
<b>D</b>	394.98±210.27	289.61±174.20	88.18±50.91	88.66±59.53

SD, standard deviation.

Statistically significant differences were found in the Ra value with Kruskal Wallis test, so the multiple comparison test was performed. In the latter, for the Opticryl resin, the polishing procedures that were different to the control group (A) were, B and C. For Nicitone resin, all polishing procedures were different from the control group, as well as when comparing procedure C and D. For the Lucitone resin, the polishing procedure C was the only group that presented significant differences with all polishing procedures (Table 2).

<b>Table 2. Analysis of Opticryl, Nictone and Lucitone with the four polishing procedures.</b>				
<b>Opticryl</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>A</b>	-	-	-	-
<b>B</b>	0.000000*	-	-	-
<b>C</b>	0.000000*	0.479281	-	-
<b>D</b>	0.015101	0.000022*	0.000027*	-
<b>Nictone</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>A</b>	-	-	-	-
<b>B</b>	0.000000*	-	-	-
<b>C</b>	0.000000*	0.301675	-	-
<b>D</b>	0.000472*	0.015749	0.003789*	-
<b>Lucitone</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>A</b>	-	-	-	-
<b>B</b>	0.147642	-	-	-
<b>C</b>	0.000056*	0.002424*	-	-
<b>D</b>	0.489637	0.141730	0.000050*	-
*Adjusted <i>p</i> -value for significance is 0.004167. One-way analysis of variance by ranks (kruskal-Wallis Test), A (unfinished), B (five steps), C (four steps); D (three steps).				

Representative AFM images (50µm x 50µm) of the all experimental groups before polishing are presented in Figure 1. The representative images of the polished B specimens are presented in Figure 2; the polished C specimens are presented in Figure 3; and polished D specimens are presented in Figure 4. The change in surface roughness before and after polishing in all specimens can be clearly observed.

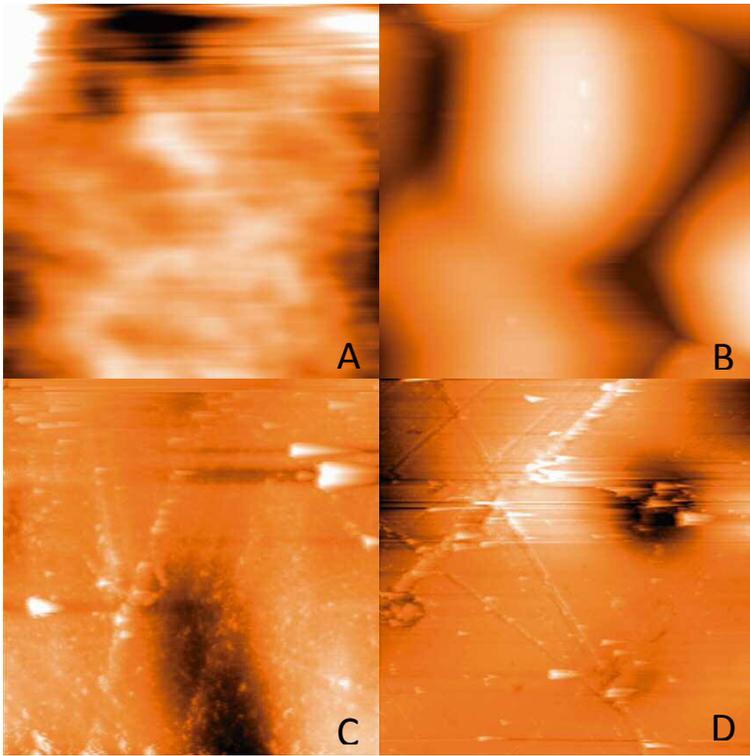


Figure 1. AFM images of the group A (before polishing) A:Opticryl, B:NicTone.C:Lucitone. D:Forzza.

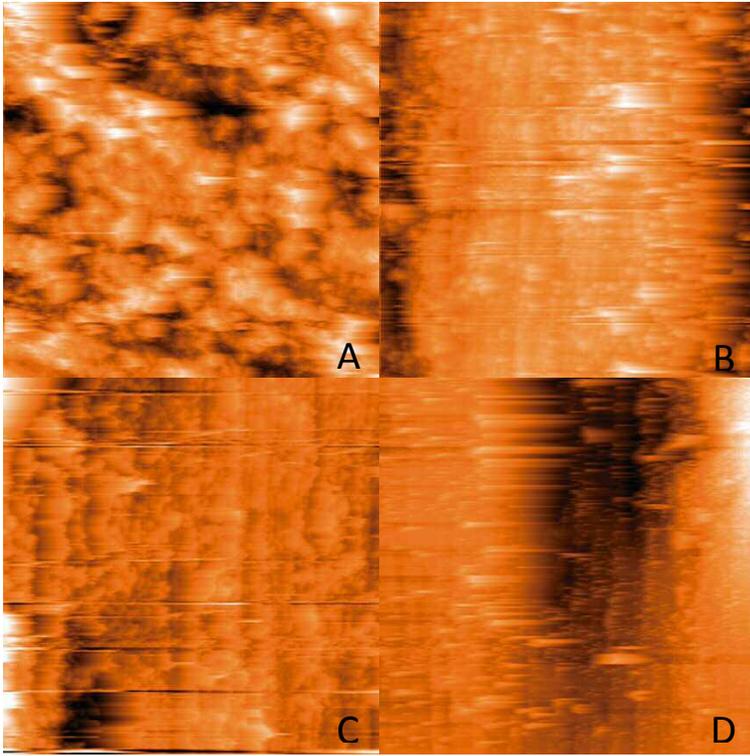


Figure 2. AFM images of the group B. A:Opticryl, B:NicTone.C:Lucitone. D:Forzza.

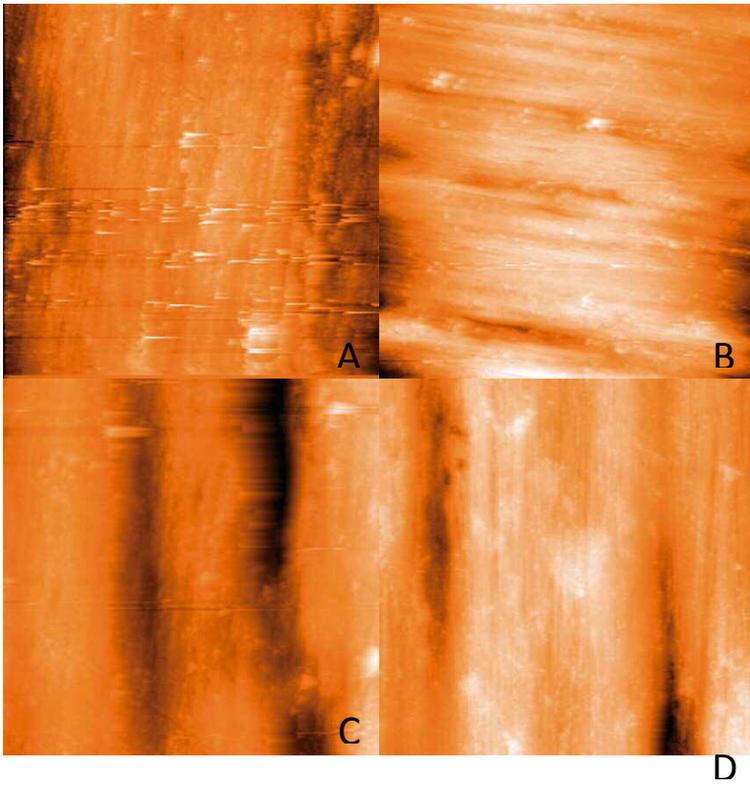


Figure 3. AFM images of the polished group C. A:Opticryl. B:NicTone. C:Lucitone. D:Forzza.

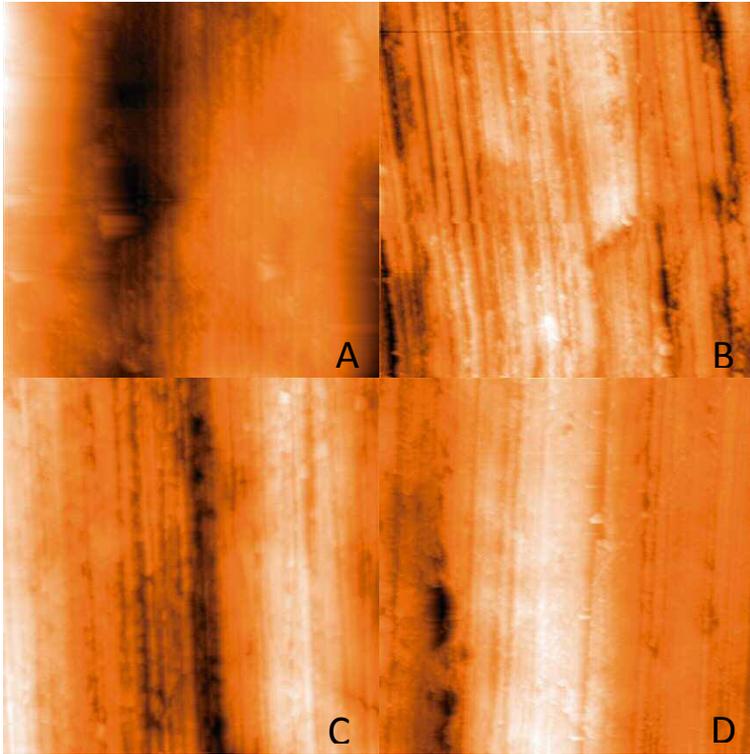


Figure 4. AFM images of the polished group D. A:Opticryl. B:NicTone. C:Lucitone. D:Forzza

## DISCUSSION

The present study evaluated and compare the surface roughness of two heat-polymerized acrylic resins and two autopolymerized acrylic resins with three different polishing procedures. The data demonstrate that the polishing techniques presented significant statistical differences. A significant difference was found in the surface roughness with NicTone resin to realize comparison between the group A (unfinished) with all the rest of the groups B ( $p=.000000$ ) C ( $p=.000000$ ) D ( $p=.000472$ ) with adjusted p-value for significance ( $P<.004167$ ).

Rough or unpolished surfaces in the mouth are potential retentive areas for oral microorganisms and accumulate more plaque than smooth surfaces<sup>2,4-6</sup>. In the present study, Ra values exceeded  $0.2\mu\text{m}$  in autopolymerized acrylic resins, in the group A (unfinished). Therefore, denture base and repair materials should be carefully polished to a surface roughness below the threshold level in order to reduce plaque accumulation.

The two heat-polymerized resins used in this study have values below  $0.2\mu\text{m}$  regardless of the polishing procedure evaluated; these results agree with those made by Rao et al.,<sup>2</sup> compare different polishing techniques, using three different heat-polymerized acrylic resins, which were divided into six groups, the relevance of this study is that the groups that used polishing materials (pastes, pumice stone) results within the ideal value.

As for the autopolymerized resins, in this study they significantly decreased their roughness after polishing them, regardless of the polishing procedure, which coincides with that reported by Cortés-Sandoval et al.,<sup>9</sup> in their study they evaluated the roughness before and after polishing, where the autopolymerized resins showed a surface roughness of  $587\text{nm}$ , showing a

considerable decrease after polishing; they mention that the basal roughness of the autopolymerized acrylic was about six times the roughness of the heat-polymerized acrylic.

In the present study no significant differences were found when comparing the polishing procedures applying only rubbers; which agrees with that found by Gungor et al.,<sup>4</sup> in their study, which consisted in comparing the kits used for the piece of the dental unit and the conventional techniques in the dental laboratory, initially all specimen were abraded with a tungsten carbide bur and later polishing was done with dental unit kits; found that conventional laboratory polishing was the most efficient polishing technique, producing a significantly smoother surface, without finding significant differences between silicone polishing kits.

## **CONCLUSION**

The data obtained from the current study and with the limitations presented in this study it can be concluded that the use of rubbers in the heat-polymerized resins help to reduce the roughness of the surface, reaching an ideal value ( $Ra = 0.2 \mu m$ ) to avoid greater accumulation of microorganisms.

Differences were found in the polishing procedures, when evaluating the autopolymerized resins; however, the use of carbide cutters is recommended, to smooth and remove irregularities from the surface, then polish with the rubbers; being the best polishing process for this type of resins.

It is also of great importance to announce that the roughness of the heat-polymerized resins is within the range of  $Ra = 0.2 \mu m$ .

Autopolymerized resins have greater roughness after polymerization, so it is recommended to perform the corresponding finishing and polishing, since the values obtained exceeded 0.2  $\mu\text{m}$ .

## REFERENCES

1. Bourlidi S, Qureshi J, Soo S, Petridis H. Effect of different initial finishes and Parylene coating thickness on the surface properties of coated PMMA. *J Prosthet Dent*. 2016;115:363-70.
2. Rao DC, Kalavathy N, Mohammad HS, Hariprasad A, Kumar CR. Evaluation of the surface roughness of three heat-cured acrylic denture base resins with different conventional lathe polishing techniques: A comparative study. *J Indian Prosthodont Soc*. 2015;15:374-80.
3. Singh RD, Gautam R, Siddhartha R, Singh BP, Chand P, Sharma VP, et. al. High Performance Liquid Chromatographic Determination of Residual Monomer Released from Heat-Cured Acrylic Resin. An In Vivo Study. *J Prosthodont*. 2013;22:358-61.
4. Gungor H, Gundogdu M, Duymus ZY. Investigation of the effect of different polishing techniques on the surface roughness of denture base and repair materials. *J Prosthet Dent*. 2014;112:1271-77.
5. Bayraktar G, Guvener B, Bural C, Uresin Y. Influence of polymerization method, curing process, and length of time of storage in water on the residual methyl methacrylate content in dental acrylic resins. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2006;76:340-45.
6. Milanezi-Alves PV, Lima Filho RMA, Telles E, Bolognese A. Surface Roughness of Acrylic Resins after Different Curing and Polishing Techniques. *Angle Orthod*. 2007;77:528-31

7. Al Groosh D, Pratten J, Hunt N. The effects of polishing the fitting surface of acrylic base retainers on Methicillin resistance staphylococcus aureus; a laboratory study. *Iraqi Dent J.* 2016; 38(3):137-141.
8. De Castro D, Valente M, Da Silva C, Watanabe E, Siqueira R, Schiavon M, Dos Reis A. Evaluation of antibiofilm and mechanical properties of new nanocomposites based on acrylic resins and silver vanadate nanoparticles. *Arch Oral Biol.* 2016; 67:46-53. Jandt KD. Atomic force microscopy of biomaterials surfaces and interfaces. *Surf Sci.* 2001;491:303-32.
9. Cortés-Sandoval G, Martínez-Castañón G, Patiño-Marín N, Martínez-Rodríguez P, Loyola-Rodríguez J. Surface roughness and hardness evaluation of some base metal alloys and denture base acrylics used for oral rehabilitation. *Mater Lett.* 2015;144:100-105.
10. Chang K, Chiang Y, Yang C, Liou J. Atomic force microscopy in biology and biomedicine. *Ci Ji Yi Xue Za Zhi.* 2012;24(4):162-169.
11. Dorobantu LS, Goss GG, Burrell RE. Atomic force microscopy: a nanoscopic view of microbial cell surfaces. *Micron*
12. Crawford R, Webb H, Truong VK, Hasan J, Ivanova E. Surface topographical factors influencing bacterial attachment. *Adv Colloid Interface Sci.* 2012;179:142-49.
13. Chatzivasileiou K, Emmanouil I, Kotsiomiti E, Pissiotis A. Polishing of denture base acrylic resin with chairside polishing kits: an SEM and surface roughness study. *Int J Prosthodont.* 2013; 26(1):79-81.
14. Koroğlu A, Sahin O, Dede D, Yilmaz B. Effect of different surface treatment methods on the surface roughness and color stability of interim prosthodontic materials. *J Prosthet Dent.* 2016;115(4):447-455.

15. Onwubu S, Vahed A, Singh S, Kanny K. Reducing the surface roughness of dental acrylic resins by using an eggshell abrasive material. *J Prosthet Dent.* 2017;117(2):310-314.
16. Maryam G, Horieh M, Maryam F. Effect of Surface Roughness and Materials Composition on Biofilm Formation. *J Biomater Nanobiotechnol.*[on line] 2012 [cited June 2016]; 3:[541-46]. Available: <http://dx.doi.org/10.4236/jbnb.2012.324056>.

### C. Resultados adicionales

Al evaluar la rugosidad con el MFA se obtienen imágenes de  $50\mu\text{m}^2$ . El software utilizado para realizar el análisis de rugosidad, arroja un total de 10 mediciones del área evaluada:

Lineales: valor medio ( $R_m$ ), promedio de rugosidad ( $R_a$ ), cuadrado medio de la raíz ( $R_q$ ), Altura del Pico ( $R_p$ ), Altura del Valle-Pico ( $R_y$ ).

Área: valor medio del área ( $S_m$ ), promedio de rugosidad del área ( $S_a$ ), cuadrado medio de la raíz del área ( $S_p$ ), Altura del pico del área ( $S_q$ ), Altura Valle-pico del área ( $S_y$ ).

Se muestran imágenes representativas de las resinas con los diferentes procedimientos de pulido (Figura 15-30).

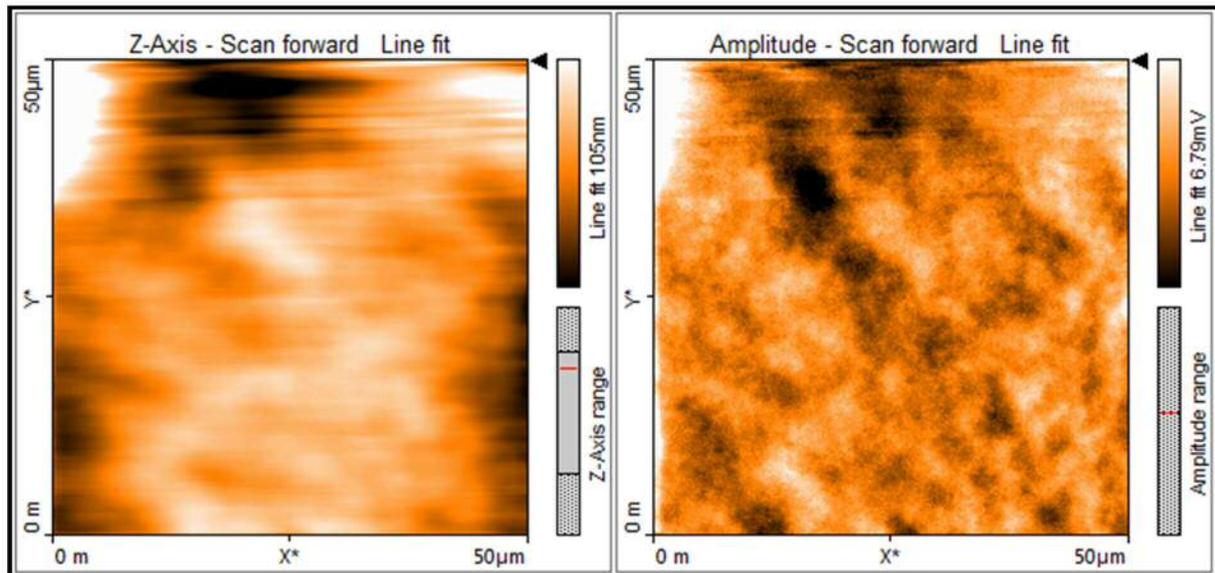


Fig. 15 Grupo A (sin pulir) Resina Opticryl.

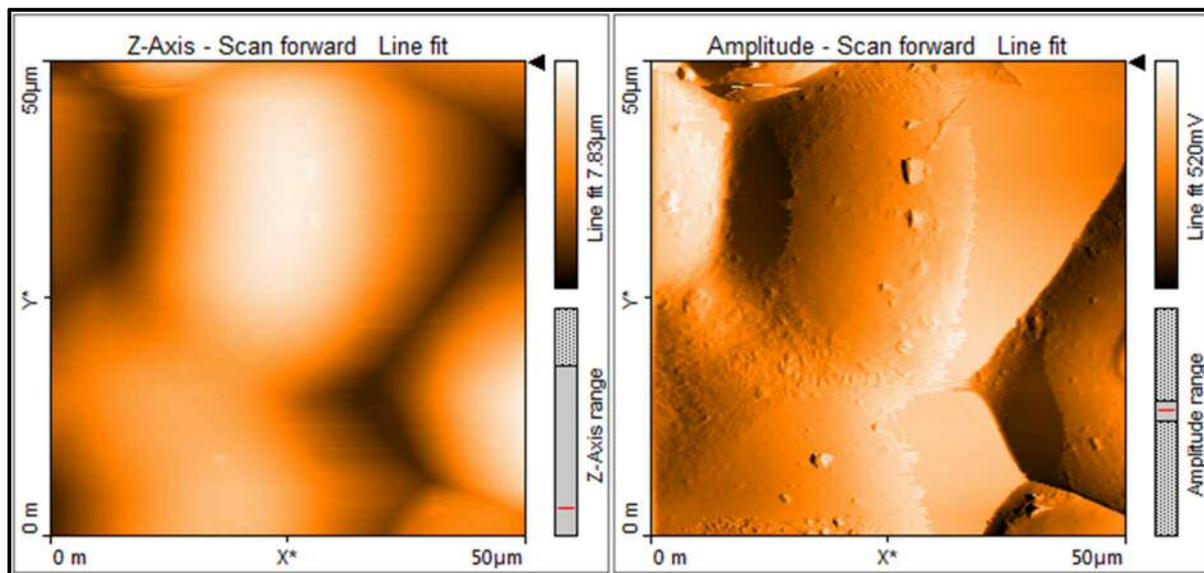


Fig. 16 Grupo A (sin pulir) resina NicTone.

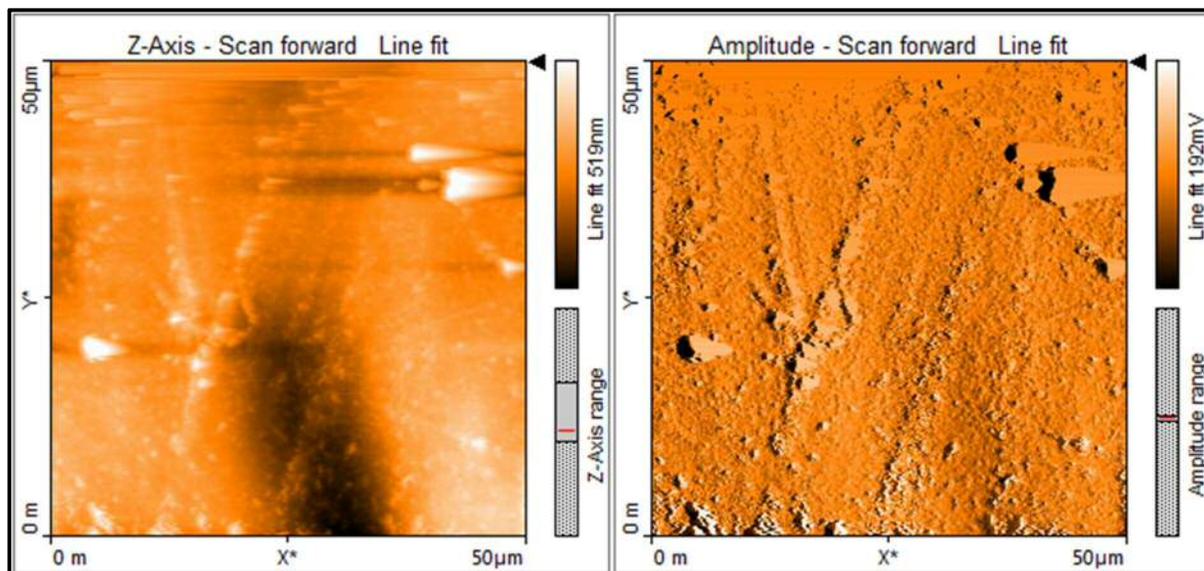


Fig. 17 Grupo A (sin pulir) resina Lucitone 99.

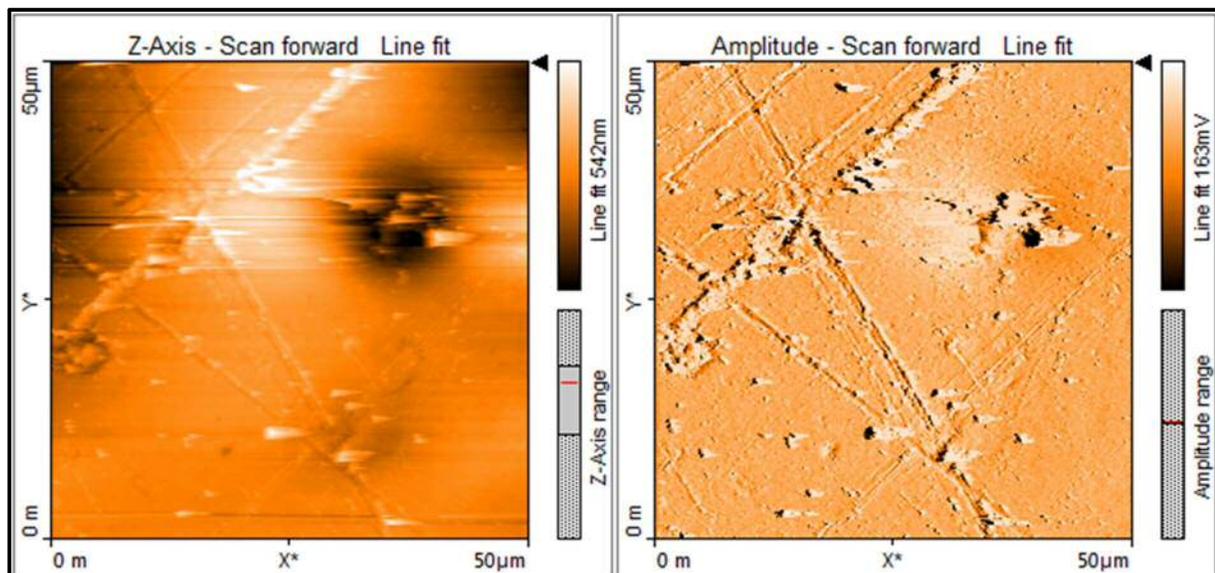


Fig. 18 Grupo A (sin pulir) resina Forzza.

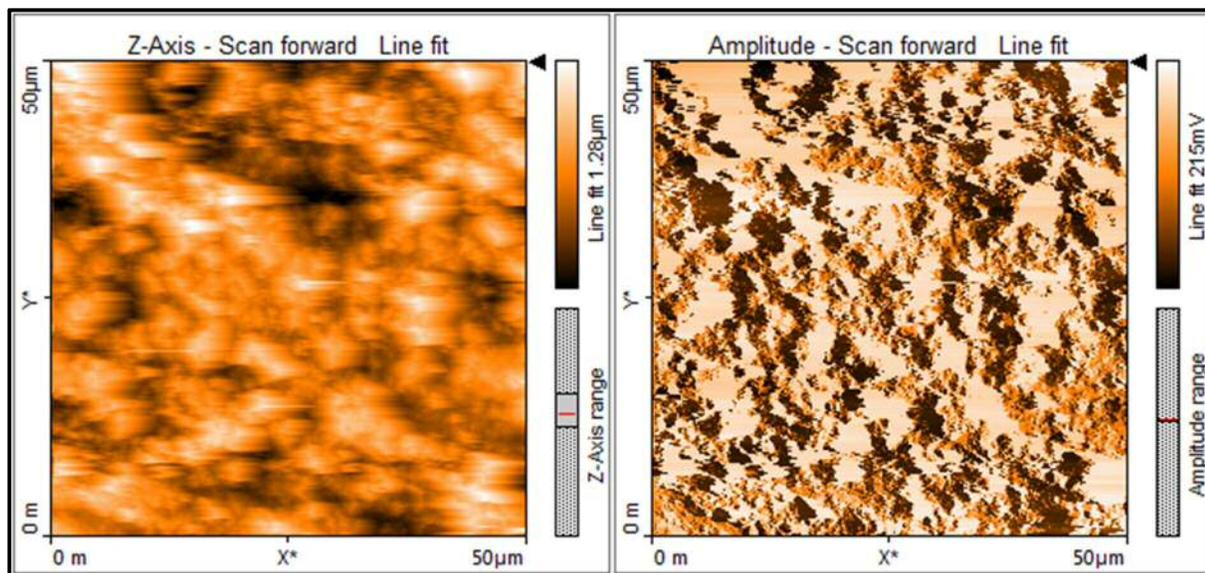


Fig. 19 Grupo B resina Opticryl.

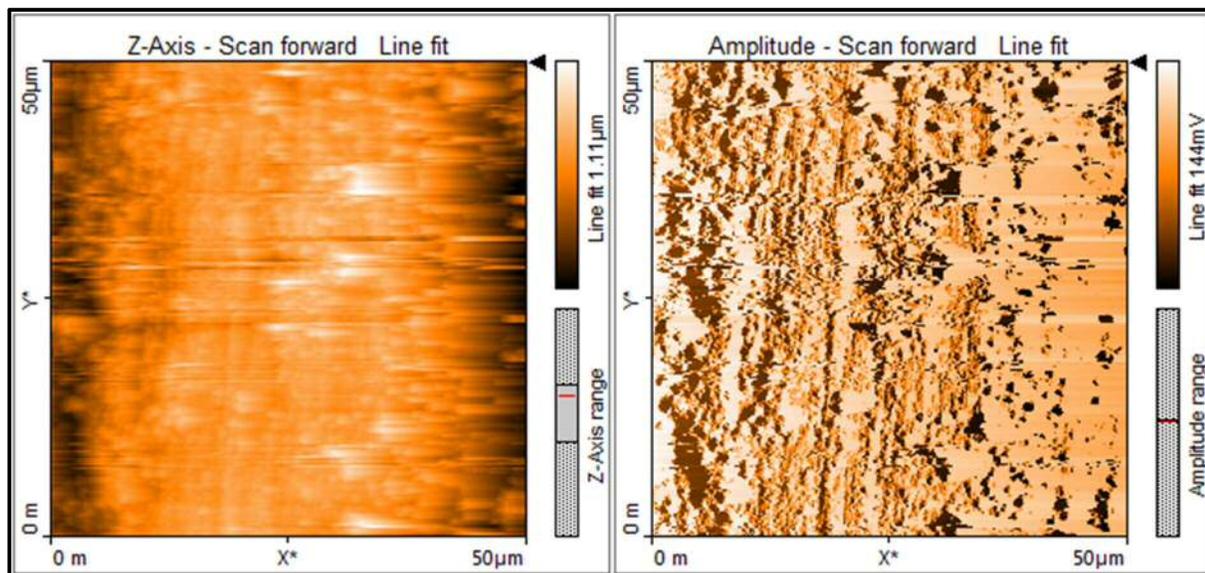


Fig. 20 Grupo B resina NicTone

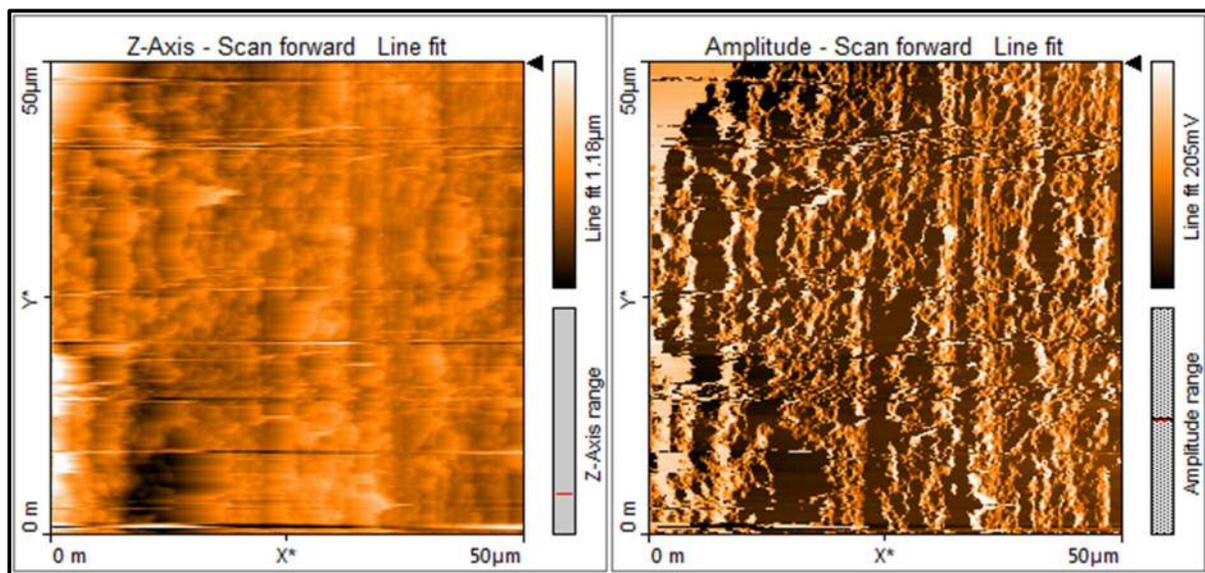


Fig. 21 Grupo B resina Lucitone.

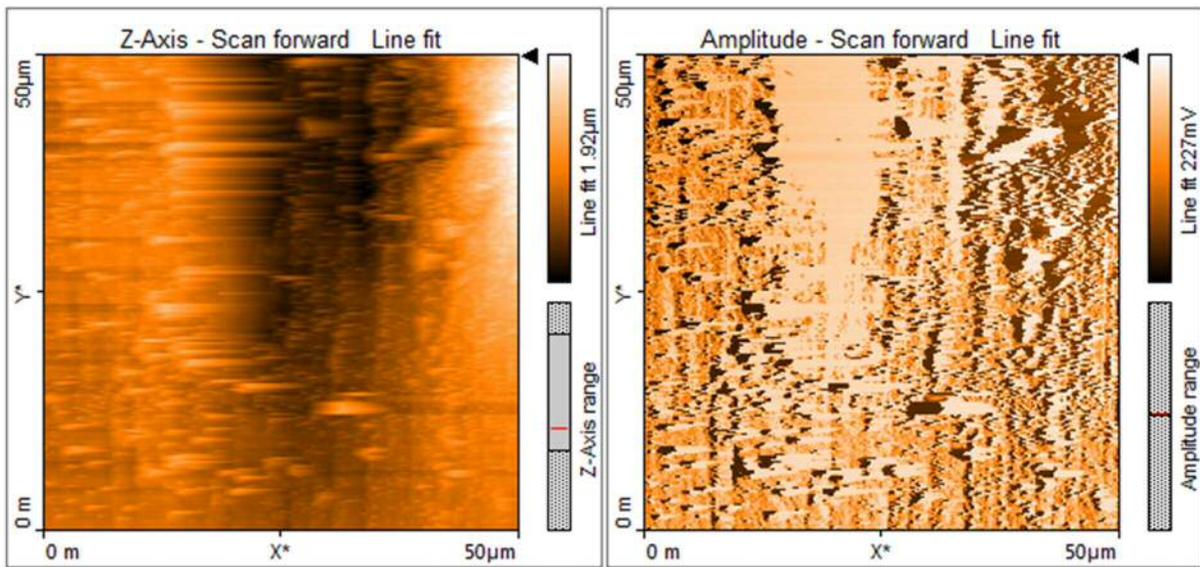


Fig. 22 Grupo B resina Forzza

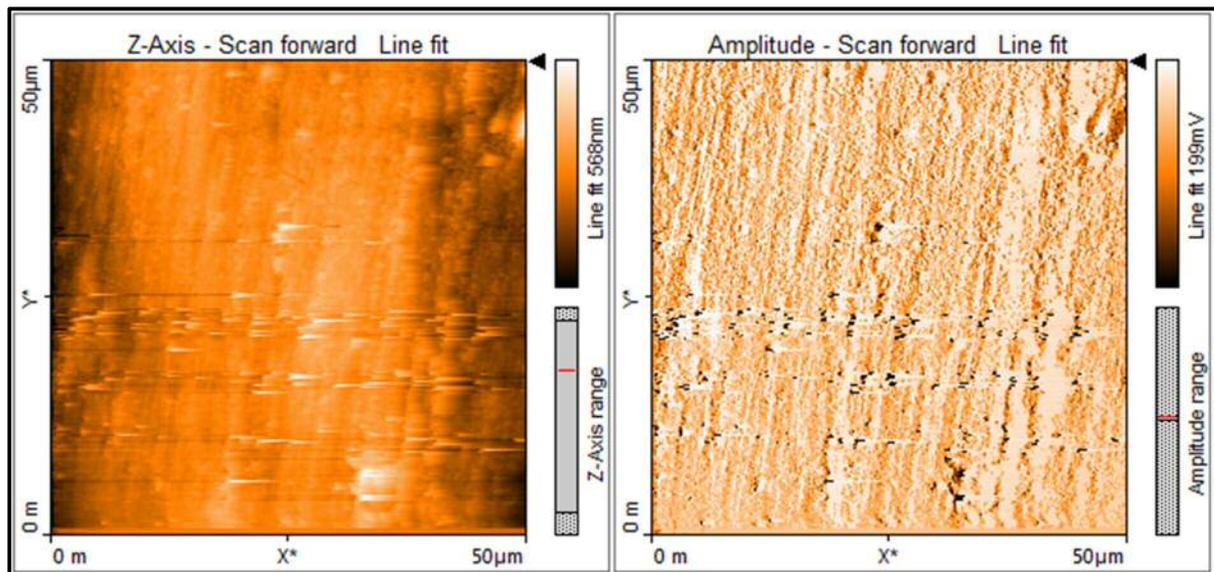


Fig. 23 Grupo C resina Opticryl.

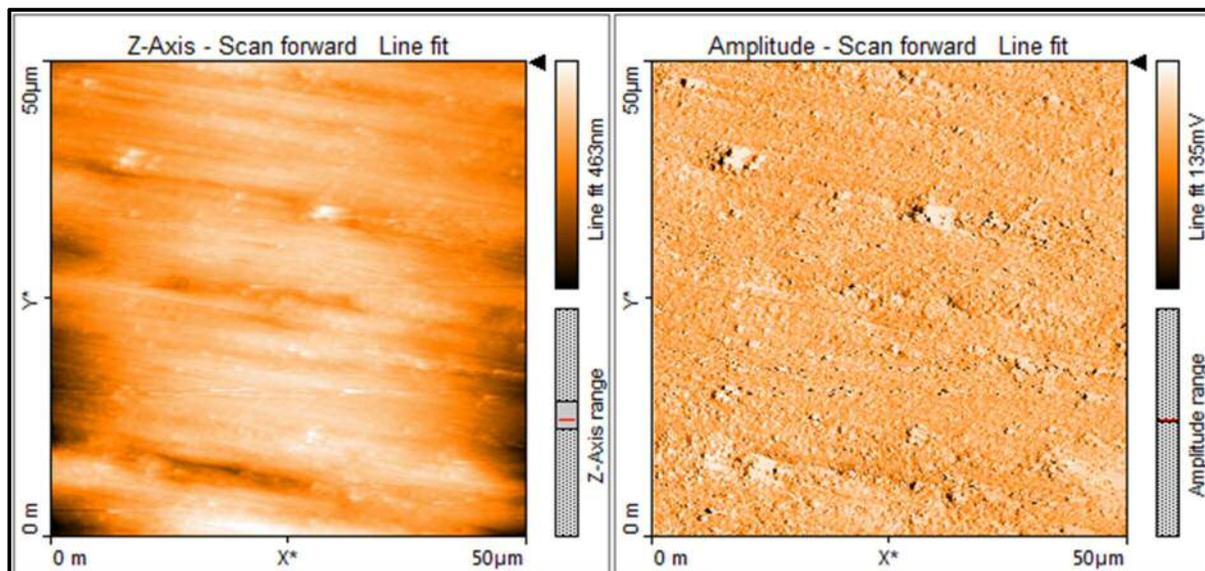


Fig. 24 Grupo C resina NicTone

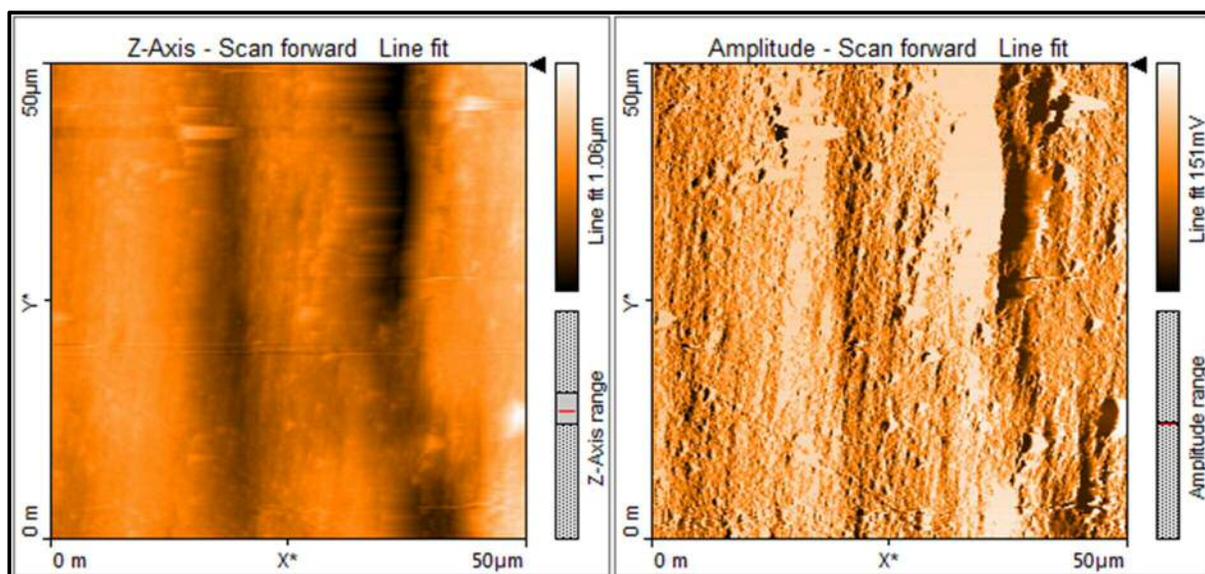


Fig. 25 Grupo C resina Lucitone.

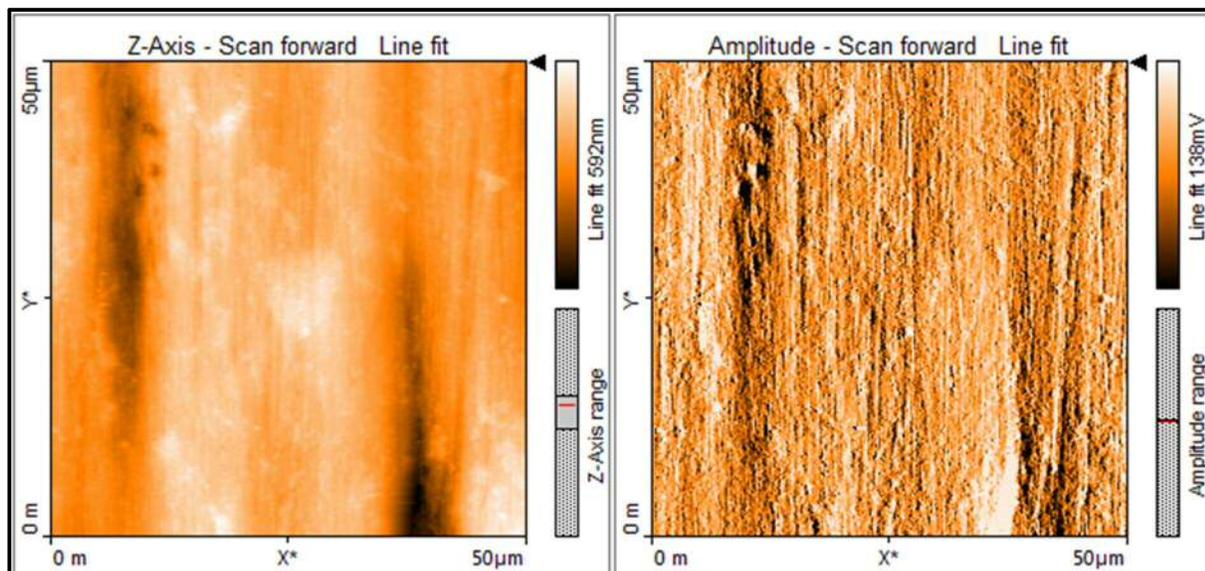


Fig. 26 Grupo C resina Forzza

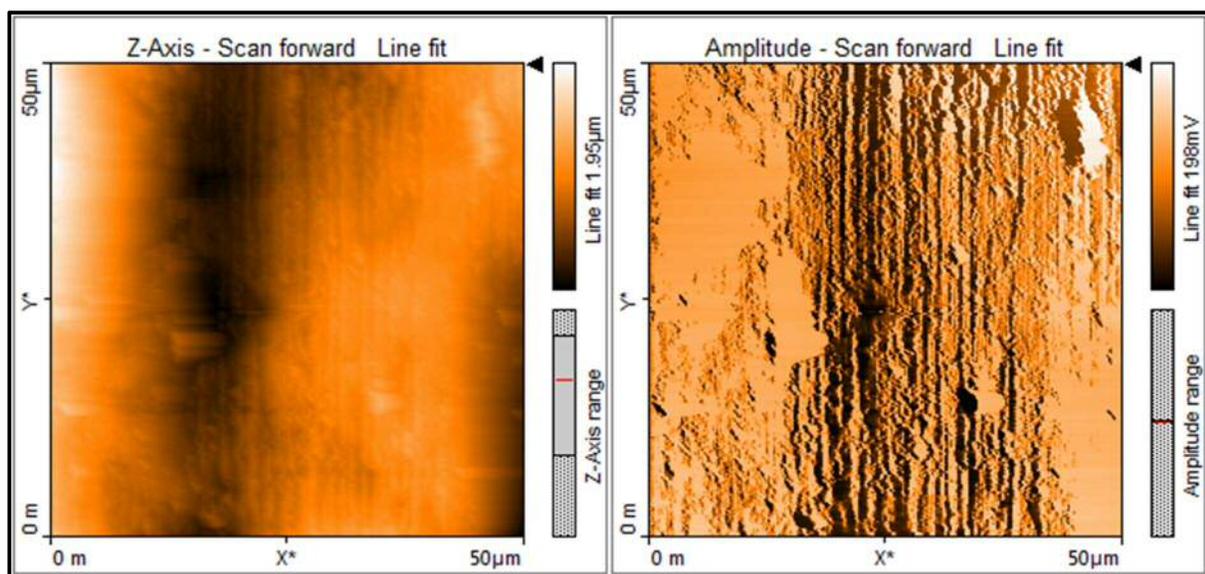


Fig. 27 Grupo D resina Opticryl.

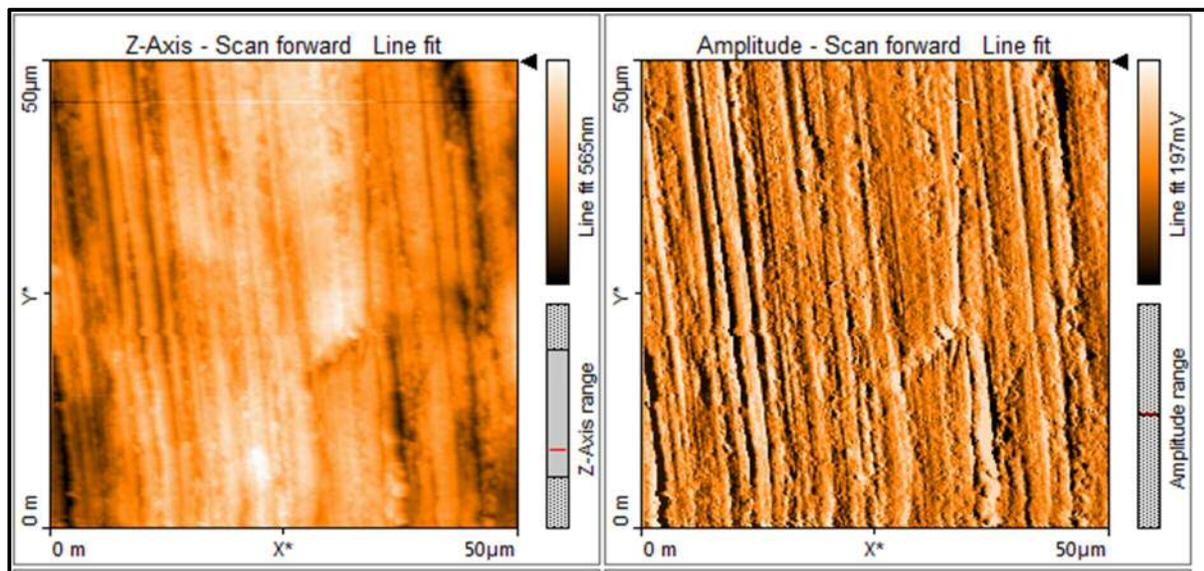


Fig. 28 Grupo D resina NicTone

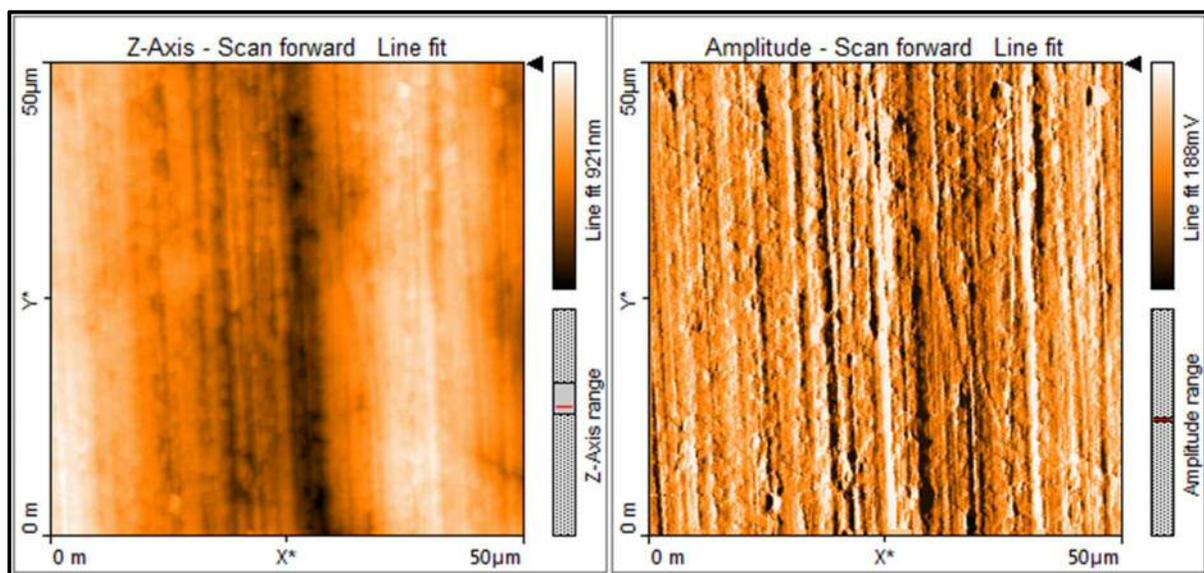


Fig. 29 Grupo D resina Lucitone.

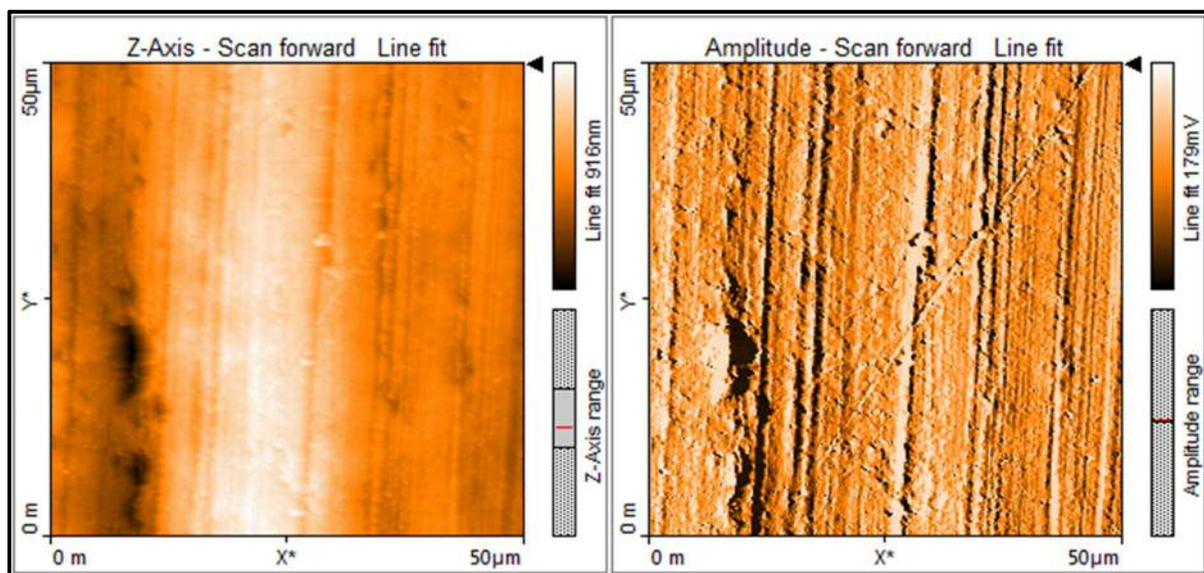


Fig. 30 Grupo D resina Forzza

### Estadística descriptiva

Las medias y las desviaciones estándar se muestran en la Tabla 3; estos datos representan los valores de rugosidad (Ra) de los cuatro procedimientos realizados a cada una de las resinas evaluadas.

**Tabla 3. Rugosidad del pulido de acuerdo a la resina evaluada.**

Procedi- miento	Resinas (nm)			
	Opticryl (media±de)	NicTone (media±de)	Forzza (media±de)	Lucitone (media±de)
<b>A (control)</b>	1026.48±714.60	743.51±445.40	170.87±279.66	98.43±87.25
<b>B</b>	158.07±103.10	180.36±132.20	146.60±84.25	108.45±76.51
<b>C</b>	167.51±127.19	160.53±123.28	126.77±92.71	157.37±81.40
<b>D</b>	394.98±210.27	289.61±174.20	88.18±50.91	88.66±59.53
<b>de: desviación estándar</b>				

Para la resina autopolimerizable Opticryl, el mejor procedimiento de pulido fue el grupo B con 158.07nm, seguido del pulido C con 167.51nm y por último el grupo D con 394.98nm.

La resina autopolimerizable NicTone obtuvo el menor valor de rugosidad con el pulido C donde se obtuvo 160.53nm, después el grupo B con 180.36nm y el grupo D con 289.61nm.

En cuanto a la resina Forzza termopolimerizable, el grupo D fue el que obtuvo menor valor de rugosidad con 88.18nm, seguido del grupo C con 126.77nm y por último el grupo B con 146.60nm.

La resina termopolimerizable Lucitone obtuvo 88.66nm en el grupo D siendo este grupo el de menor valor, seguido del grupo B con 108.45nm, al final con 157.37nm del grupo C.

El grupo A presentó valores de rugosidad altos en cuanto a las resinas autopolimerizables y la resina termopolimerizable Forzza, esto se debe a que no se realizó ningún tratamiento a la superficie de la resina; sin embargo para la resina termopolimerizable Lucitone el grupo C presentó los valores más altos de todos los procedimientos estudiados.

En resumen, de los resultados obtenidos en este estudio, se obtuvo que el grupo D, presentó un promedio de rugosidad bajo, sólo en las resinas termopolimerizables (Forzza: 88.18nm y Lucitone: 88.66nm). Sin embargo en las resinas autopolimerizables, entre los grupos experimentales, fue el grupo que presentó mayor rugosidad respecto a los otros dos procedimientos de pulido (B y C); cabe mencionar que, estos valores, no superaron los valores del grupo A (sin pulir).

### **Estadística inferencial**

En la prueba de Kruskal-Wallis se observaron diferencias significativas del pulido en las resinas Opticryl, NicTone y Lucitone por lo que se procedió a realizar la prueba de comparaciones múltiples en cada una.

Para la resina Opticryl, los tipos de pulido que resultaron diferentes al grupo control (A) fueron el grupo B y el grupo C. Los datos arrojan que hay una diferencia estadísticamente significativa al pulir las resinas acrílicas usando un fresón de carburo. Sin embargo, no existe diferencia significativa entre usar el fresón y el kit de hules de

la misma marca (JOTA). Otro punto relevante para concluir este hecho es que al comparar al grupo D, se encontró diferencia significativa con esos mismos grupos de pulido (B y C). (Tabla 4).

**Tabla 4. Análisis de comparación múltiple de la resina Opticryl con cada uno de los procedimientos realizados.**

Opticryl	A	B	C	D
<b>A</b>	-	-	-	-
<b>B</b>	0.000000*	-	-	-
<b>C</b>	0.000000*	0.479281	-	-
<b>D</b>	0.015101	0.000022*	0.000027*	-

Para la resina Nictone, todos los procedimientos de pulido presentaron diferencias significativas con el grupo control. También se observó una diferencia significativa al hacer la comparación entre los dos procedimientos, donde se sólo se ocuparon hules para el pulido (C y D) con la única diferencia que en el grupo C se utilizó una emulsión abrillantadora y en el D un hule para conseguir alto brillo. Por lo que es importante mencionar, que entre estos dos grupos, el grupo C obtuvo el promedio de rugosidad más bajo. (Tabla 5).

**Tabla 5. Análisis de comparación múltiple de la resina Nictone con cada uno de los procedimientos realizados.**

Nictone	A	B	C	D
<b>A</b>	-	-	-	-
<b>B</b>	0.000000*	-	-	-
<b>C</b>	0.000000*	0.301675	-	-
<b>D</b>	0.000472*	0.015749	0.003789*	-

Para la resina Lucitone, el procedimiento de pulido C fue el único que presentó diferencias significativas con todos los procedimientos de pulido incluyendo el grupo control. (Tabla 6).

**Tabla 6. Análisis de comparación múltiple de la resina acrílica termopolimerizable Lucitone con cada uno de los procedimientos realizados.**

<b>Lucitone</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>A</b>	-	-	-	-
<b>B</b>	0.147642	-	-	-
<b>C</b>	0.000056*	0.002424*	-	-
<b>D</b>	0.489637	0.141730	0.000050*	-

En cuanto a las diferencias estadísticas de las resinas realizando la comparación múltiple de los grupos, es de relevancia mencionar que la resina autopolimerizable NicTone mostró diferencias estadísticamente significativas comparando el grupo A (sin pulir) con todos los grupos restantes.

Y para la resina Lucitone termopolimerizable el pulido C mostró diferencias significativas al compararlo con los demás grupos, así como también fue el que presentó mayores niveles de rugosidad para las resinas termopolimerizables.

## 8. Discusión

La cavidad bucal es una de las zonas del cuerpo humano más pobladas de microorganismos,<sup>50</sup> especialmente los responsables de caries, enfermedad periodontal y estomatitis.<sup>14</sup> La retención de microorganismos en la superficie de prótesis dentales puede ocurrir porque las resinas acrílicas tienen porosidad, rugosidad o capacidad de absorción de fluidos;<sup>14,51</sup> al presentar una superficie suave, se mantiene la salud de los tejidos orales y reduce la acumulación de microorganismos y placa bacteriana.<sup>52</sup>

Las superficies rugosas son más vulnerables a la acumulación de bacterias y la formación de placa; como lo hemos mencionado anteriormente un valor de rugosidad de 0.2 $\mu$ m es considerado como el umbral por debajo del cual se espera una mayor reducción en la acumulación de placa.<sup>53</sup> Por eso es de suma importancia generar una superficie lo más pulida posible.

Hay dos categorías principales de métodos para pulido; pulido mecánico y químico convencional.<sup>54,55</sup> Debido a problemas de biocompatibilidad, el método químico se encuentra en desuso y hay mayor dependencia de las técnicas mecánicas para pulir.<sup>54</sup>

En el pulido mecánico se usan abrasivos para desgastar el material y reducir la rugosidad de la superficie, los materiales utilizados incluyen ruedas y conos de fieltro, pastas profilácticas y a base de óxido de aluminio, piedra pómez pulverizada, pulidores de goma y de silicona.<sup>55</sup>

Existen diferentes métodos para el análisis de rugosidad de superficies, pueden ser de contacto mecánico, perfilómetro óptico y microscopios de barrido. El MFA es el más utilizado para esta tarea ya que podemos obtener imágenes topográficas de la superficie en resolución nanométrica; visualizar células microbianas, examinar morfología de las biopelículas bacterianas, además de crear una imagen tridimensional real, así como la obtención de datos para generar una evaluación cuantitativa de los materiales.<sup>52,56,57</sup>

Esta investigación fue realizada con Microscopía de Fuerza Atómica y tuvo como propósito medir la rugosidad de superficies de dos resinas acrílicas termopolimerizables y dos autopolimerizables (revisar materiales y métodos), comparar los resultados obtenidos de los cuatro diferentes grupos de pulido, y conocer si existen diferencias significativas entre ellos y así establecer cuál de los procedimientos presenta valores de rugosidad menores para prevenir la agregación microbiana.

Con base al análisis de los resultados obtenidos en esta investigación la hipótesis nula fue rechazada, demostrando que los procedimientos de pulido presentan diferencias significativas en la superficie de las dos resinas autopolimerizables.

En el grupo D, se utilizó el kit Kenda Acrylic Blue fabricado por Kenda AG (Vaduz, Liechtenstein) es un sistema de pulido de tres pasos, conformado por hules de material sintético, el hule azul (grano muy grueso), el hule azul claro (grano mediano) y el hule ocre ( grano extrafino) este último le da el pulido de alto brillo; comprobando así, que utilizando sólo hules en las resinas termopolimerizables se obtiene un valor de rugosidad por debajo de  $0.2\mu\text{m}$ , el cual es considerado el límite para evitar mayor acumulación de placa.

Los resultados obtenidos confirman que el uso de hules para las resinas termopolimerizables son adecuados para disminuir la rugosidad superficial hasta  $0.08\mu\text{m}$ . Sin embargo, cabe mencionar que para el pulido de resinas autopolimerizables no es recomendable ya que se presentaron valores altos de rugosidad.

Para las resinas autopolimerizables el mejor procedimiento fue el grupo B, el cual está conformado por un fresón de carburo de la marca JOTA AG (Rüthi, Suiza) CX251G dentado cruzado grueso, tres pulidores de la misma marca (pulidor verde, para el suavizado; pulidor gris, pre-pulido y pulidor amarillo, pulido final al acrílico) y pasta abrillantadora blanca Rhino de la marca mdcDental (Zapopan, México), la diferencia de este grupo es la aplicación del fresón de carburo, el fabricante menciona que el uso de este instrumento ayuda alisar la superficie, con un corte preciso y eficaz sobre grandes superficies,<sup>47</sup> esto supone que el carburo con el cual está fabricado el fresón,

desgaste la superficie de la resina para ayudar alisar y quitar irregularidades, teniendo como fin prepararla para el siguiente paso y así los hules cumplan la función de suavizar y pulir, no de desgastar.

Con base a lo descrito anteriormente, podemos deducir que el uso de hules sin previo alisado de la superficie con fresón de carburo no favorece al pulido de las resinas acrílicas autopolimerizables, por lo tanto suponemos que los grupos C y D, los cuales solo fueron utilizados hules en el procedimiento, presentan valores altos de rugosidad. Es relevante mencionar que, estos valores no superaron los valores del grupo A (sin pulir); reafirmando la importancia del pulido después de confeccionar prótesis y/o aparatos con resinas acrílicas, sobre todo para su aplicación clínica, ya que después de ajustarlos en boca, se altera la superficie y por lo consiguiente la rugosidad aumenta.

La resina NicTone presentó diferencias estadísticamente significativas al realizar la comparación del grupo A (sin pulir) con todos los grupos; esto indica que es de suma importancia conocer y realizar el pulido adecuado de las resinas autopolimerizables, para alcanzar el valor de rugosidad ideal.

Como se mencionó anteriormente la resina termopolimerizable Forzza no presenta diferencias estadísticamente significativas, por lo que se recomienda ampliamente el uso de esta resina, debido a la baja alteración de la rugosidad con los diferentes procedimientos de pulido.

Por otro lado, si comparamos nuestros resultados con otros estudios realizados, encontramos algunas similitudes. Por ejemplo, las dos resinas termopolimerizables utilizadas en este estudio presentan valores por debajo de  $0.2\mu\text{m}$  sin importar el procedimiento de pulido evaluado; estos resultados concuerdan con los realizados por Rao et al<sup>4</sup> donde comparo diferentes técnicas de pulido, utilizando tres diferentes resinas acrílicas termopolimerizables, las cuales se dividieron en 6 grupos, la relevancia de este estudio es que los grupos que utilizaron materiales para pulido (pastas, piedra pómez) arrojaron resultados dentro del valor ideal.

En cuanto a las resinas autopolimerizables, en este estudio disminuyeron significativamente su rugosidad después de pulirlas, sin importar el procedimiento de pulido, lo cual coincide con lo reportado por Cortés et al,<sup>52</sup> en su estudio evaluaron la rugosidad antes y después del pulido, donde las resinas autopolimerizables presentaron una rugosidad superficial de 587nm, mostrando una disminución considerable después del pulido; menciona que la rugosidad basal del acrílico autopolimerizable, fue aproximadamente seis veces la rugosidad del acrílico termopolimerizable.

En el presente estudio no se encontraron diferencias significativas al comparar los procedimientos de pulido aplicando únicamente hules; lo cual concuerda con lo encontrado por Gungor et al,<sup>20</sup> en su estudio, que consistió en comparar, los kits que se utilizan para la pieza de la unidad dental y las técnicas convencional en el laboratorio dental, inicialmente todas las muestras fueron abrasionadas con una fresa de carburo de tungsteno y posteriormente el pulido se realizó con kits para unidad dental; encontraron que el pulido convencional de laboratorio fue la técnica de pulido más eficaz, produciendo una superficie significativamente más lisa, sin encontrar diferencias significativas entre los kits de pulido de silicona.

Kagermeier et al,<sup>58</sup> realizaron un recuento de células totales, evaluaron resinas con procesado térmico y de microondas, obtuvieron los valores más altos en muestras pulidas que en muestras sin pulir.

Berger et al,<sup>59</sup> evaluaron resinas moldeadas por inyección y procesadas térmicamente, encontrando que son menos rugosas en comparación con la resina acrílica autopolimerizable antes de realizar cualquier pulido.

En la actualidad existen otras alternativas de materiales en los cuales se han realizado análisis de rugosidad, un ejemplo es el elaborado por Köroglu et al,<sup>60</sup> en el cual se evaluaron dos materiales para coronas provisionales a base de PMMA y 2 resinas compuestas bis-acrílicas, el cual no fue estadísticamente significativo, pero el uso de agentes de sellado de superficie dio como resultado valores de Ra más bajos para todos los grupos de resina, en comparación con el método de pulido convencional.

Onwubu et al,<sup>61</sup> propone un material para el pulido final a base de polvos de cáscara de huevo de diferentes tamaños de partículas fino ( $0.3\mu\text{m}$ ) y medio ( $15\mu\text{m}$ ), los comparó con piedra pómez, sobre muestras elaboradas a base de PMMA, la rugosidad superficial promedio (Ra) se midió con un perfilómetro y encontraron que las muestras pulidas con piedra pómez tenían los valores más altos de Ra, mientras que las muestras pulidas con el polvo fino de cáscara de huevo presentaban valores Ra más bajos.

## 9. Conclusiones

Después del análisis de datos y con las limitaciones que se presentaron en el presente estudio se puede concluir, que el uso de hules en las resinas termopolimerizables ayudan a disminuir la rugosidad de la superficie, alcanzando un valor ideal  $Ra=0.08\mu m$  para evitar mayor acumulación de placa.

Se encontraron diferencias en los procedimientos de pulido, al evaluar las resinas autopolimerizables; sin embargo, se recomienda el uso previo de fresones de carburo, para alisar y quitar irregularidades de la superficie, posteriormente pulir con los hules; siendo el mejor procedimiento de pulido para este tipo de resinas.

Por otra parte, las resinas termopolimerizables no muestran diferencias significativas entre ellas, posiblemente se debe a que se realizó el prensado y cocción correspondiente, por lo que existe menos porosidad, mejora el efecto cohesivo de las partículas de la resina y presenta menor irregularidad de la superficie.

También es de gran importancia dar a conocer que la rugosidad de las resinas termopolimerizables en el grupo control, se encuentran dentro del rango ( $\leq Ra=0.2\mu m$ ) clínicamente aceptable. Forzza ( $Ra=0.17\mu m$ ) y Lucitone ( $Ra=0.09\mu m$ )

Las resinas autopolimerizables presentan mayor rugosidad posterior al polimerizado, por lo que se recomienda realizar el terminado y pulido correspondiente, ya que los valores obtenidos superaron las  $0.2\mu m$ .

Es importante mencionar que todas las prótesis y/o aparatos confeccionados con resinas acrílicas deben ser pulidos y sobre todo en la práctica clínica, aún después de ajustarlas en boca, ya que como se mencionó anteriormente se altera la superficie y por lo consiguiente la rugosidad aumenta.

## 10. Referencias

1. Bourlidi S, Qureshi J, Soo S, Petridis H. Effect of different initial finishes and Parylene coating thickness on the surface properties of coated PMMA. *J Prosthet Dent.* 2016;115:363-70.
2. Singh RD, Gautam R, Siddhartha R, Singh BP, Chand P, Sharma VP, *et. al.* High Performance Liquid Chromatographic Determination of Residual Monomer Released from Heat-Cured Acrylic Resin. An In Vivo Study. *J Prosthodont.* 2013;22:358-61.
3. Rawls R. Polímeros dentales. En: Anusavice K. Phillips Ciencia de los materiales dentales. España: Elsevier; 2004. p. 143-169.
4. Rao DC, Kalavathy N, Mohammad HS, Hariprasad A, Kumar CR. Evaluation of the surface roughness of three heat-cured acrylic denture base resins with different conventional lathe polishing techniques: A comparative study. *J Indian Prosthodont Soc.* 2015;15:374-80.
5. Bayraktar G, Guvener B, Bural C, Uresin Y. Influence of polymerization method, curing process, and length of time of storage in water on the residual methyl methacrylate content in dental acrylic resins. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2006;76:340–45.
6. Milanezi-Alves PV, Lima Filho RMA, Telles E, Bolognese A. Surface Roughness of Acrylic Resins after Different Curing and Polishing Techniques. *Angle Orthod.* 2007;77:528-31.
7. Atla J, Manne P, Gopinadh A, Sampath A, Muvv SB, Kishore K, *et al.* The effect of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> addition on the thermal diffusivity of heat activated acrylic resin. *J Clin Diagn Res.* 2013;7:1797-98.
8. Kedjarune U, Charoenworluk N, Koontongkaew S. Release of methylmethacrylate from heat-cured and autopolymerized resins: Cytotoxicity testing related to residual monomer. *Aust Dent J.* 1999;44:25-30.

9. Phoenix R. Resinas para la base de prótesis removibles. En: Anusavice K. Phillips Ciencia de los materiales dentales. España: Elsevier; 2004. p. 143-169.
10. Madan G, Madan S, Madan G. Comparison of polymethyl methacrylate curing by conventional hot-water bath and microwave energy. Int J Dent Clinics. 2014;6:10-13.
11. Anusavice K, Antonson S. Materiales para acabado y pulido. En: Anusavice KJ. Phillips Ciencia de los materiales dentales. España: Elsevier; 2004. p. 143-169.
12. Hatrick CD, Eakle Ws, Bird WF. Materiales dentales: aplicaciones clínicas. 2a ed. México: Editorial El Manual Moderno; 2012.
13. Cova JL. Biomateriales dentales. 2a ed. México: Actualidades Médico Odontológicas Latinoamérica, C.A; 2010
14. Kuhar M, Funduk N. Effects of polishing techniques on the surface roughness of acrylic denture base resins. J Prosthet Dent. 2005;93:76-85.
15. Radford DR, Sweet SP, Challacombe SJ, Walter JD. Adherence of *Candida albicans* to denture-base materials with different surface finishes. J Dent. 1998;26:577-583.
16. Rivera-Guajardo RV, Méndez-Maya R, Escalante-Balderas SA, Cornejo-Peña MA, Nishimura-Imai AT, Oliver-Parra R. Rugosidad superficial de tres resinas acrílicas para una base de dentadura. Rev ADM. 2014;1(3):142-146.
17. Al-Rifaiy MQ. The effect of mechanical and chemical polishing techniques on the surface roughness of denture base acrylic resins. Saudi Dent J. 2010;22(1):13-17.
18. Abuzar MA, Bellur S, Duong N, Kim BB, Lu P, Palfreyman N, Surendran D, Tran VT. Evaluating surface roughness of a polyamide denture base material in comparison with poly (methyl methacrylate). J Oral Sci. 2010;52(4):577-581.
19. Guler AU, Kurt S, Kulunk T. Effects of various finishing procedures on the staining of provisional restorative materials. J Prosthet Dent. 2005;93:453-58.

20. Gungor H, Gundogdu M, Duymus ZY. Investigation of the effect of different polishing techniques on the surface roughness of denture base and repair materials. *J Prosthet Dent.* 2014;112:1271-77.
21. Ayuso-Montero R, Martinez-Gomis J, Lujan-Climent M, Salsench J, Peraire M. Influence of matrix type on surface roughness of three resins for provisional crowns and fixed partial dentures. *J Prosthodont.* 2009;18:141-44. doi: 10.1111/j.1532-849X.2008.00392.x. Epub 2008 Nov 18.
22. Hinojosa-Rivera M, Reyes-Melo M. La rugosidad de las superficies: Topometría. *Ingenierías.* 2001;4:27-33.
23. Maryam G, Horieh M, Maryam F. Effect of Surface Roughness and Materials Composition on Biofilm Formation. *J Biomater Nanobiotechnol.*[Revista en línea] 2012 [Citado 4 Junio 2016]; 3:[541-546]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4236/jbnb.2012.324056>.
24. Andrade C, Machado AL, Vergani CE, Pavarina AC, Giampaolo ET, Da Cruz NC. Adherence in vitro of *Candida albicans* to plasma treated acrylic resin. Effect of plasma parameters, surface roughness and salivary pellicle. *Arch Oral Biol.* 2010;55(10):763-770.
25. Ábalos C. Adhesión bacteriana a biomateriales. *Av Odontoestomatol.* 2005;21:347-53.
26. Kawai K, Murano M. Adherence of plaque components to different restorative materials. *Oper Dent.* 2001;26:396-00.
27. Quirynen M, Marechal M, Busscher H. The influence of surface free energy and surface roughness on early plaque formation. *J Clin Periodontal.* 1990;17:138-44.
28. Bilhan H, Sulun T, Erkose G, Kurt H, Erturan Z, Kutay O. The role of *Candida albicans* hyphae and *Lactobacillus* in denture related stomatitis. *Clin Oral Investig.* 2009;13:363-68.

29. Verran J, Maryan CJ. Retention of *Candida albicans* on acrylic resin and silicone of different surface topography. J Prosthet Dent. 1997;77:535-39.
30. Taylor RL, Verran J, Lees GC, Ward AJP. The influence of substratum topography on bacterial adhesion to polymethyl methacrylate. J Mater Sci Mater Med. 1998;9:17-22.
31. Verran J, Jackson S, Coulthwaitte L, Scallan A, Loewy Z, Whitehead K. The effect of dentifrice abrasion on denture topography and the subsequent retention of microorganisms on abraded surfaces. J Prosthet Dent. 2014;112:1513-22.
32. Mei L, Busscher HJ, Van der Mei HC, Ren Y. Influence of surface roughness on streptococcal adhesion forces to composite resins. Dent Mater. 2011;27(8):770-778.
33. Morgan TD, Wilson M. The effects of surface roughness and type of denture acrylic on biofilm formation by *Streptococcus oralis* in a constant depth film fermentor. J Appl Microbiol. 2001;91:47-53.
34. Crawford R, Webb H, Truong VK, Hasan J, Ivanova E. Surface topographical factors influencing bacterial attachment. Adv Colloid Interface Sci. 2012;179:142-49.
35. Eaton P, West P. Atomic Force Microscopy. United States: Oxford university Press; 2010.
36. Binnig G, Quate CF. Atomic Force Microscope. Phys Rev Letters. 1986;56:930-33.
37. Vahabi S, Salman BN, Javanmard A. Atomic force microscopy application in biological research: a review study. Iran J Med Sci. 2013;38(2):76-83.
38. Rugar D, Hansma P. Atomic force microscopy. Phys Today. 1990;43(10):23-30.
39. Jandt KD. Atomic force microscopy of biomaterials surfaces and interfaces. Surf Sci. 2001;491:303-32.
40. Dorobantu LS, Goss GG, Burrell RE. Atomic force microscopy: a nanoscopic view of microbial cell surfaces. Micron. 2012;43:1312-22.

41. Liu S, Wang Y. Application of AFM in microbiology: a review. *Scanning*. 2010;32:61-73. Grafstrom S, Ackermann J, Hagen T, Neumann R, Probst O. Analysis of lateral force effects on the topography in scanning force microscopy. *J Vac Sci Technol B*. 1994;12:1559-64.
42. Whitehead KA, Rogers D, Colligon J, Wright C, Verran J. Use of the atomic force microscope to determine the effect of substratum surface topography on the ease of bacterial removal. *Colloids Surf B: Biointerfaces*. 2006;51(1):44-53.
43. Ji XL, Ma YM, Yin T, Shen Ms, Xu X, Guan W. Application of atomic force microscopy in blood research. *World J Gastroenterol*. 2005;11:1709-11.
44. Salemo M, Diaspro A. Dentistry on the bridge to nanoscience and nanotechnology. *Front Mater*. [Revista en línea] 2015 [Citado 8 septiembre 2017]; 2(19):[1-10] Disponible en: doi: 10.3389/fmats.2015.00019.
45. Silikas N, Lennie AR, England K, Watts DC. AFM as a tool in dental research. *Microsc Anal (Am Ed)*. 2001;19-22.
46. Kumar SR, Vijayalakshmi R. Nanotechnology in dentistry. *Indian J Dent Res*. 2006;17(2):62-65.
47. Catálogo de Laboratorio [homepage on the Internet]. Rütli: Jota AG Rotary instruments; c2017 [actualizado 2017 marzo; consultado 2017 mayo 19]. Disponible en: [http://www.jota.ch/fileadmin/downloads/pdf/Laboratory\\_Catalogue\\_LQ.pdf](http://www.jota.ch/fileadmin/downloads/pdf/Laboratory_Catalogue_LQ.pdf)
48. Jota on the spot, jota kit 1877 DENTUR POLISH [homepage on the Internet]. Rütli:Jota AG Rotary instruments; c2013 [actualizado febrero 2013; citado 2017 agosto 10] Disponible en: [http://www.jota.ch/fileadmin/images/Spanische\\_Adaption/Kit\\_1877\\_Dentur\\_Polish\\_S\\_P\\_neu.pdf](http://www.jota.ch/fileadmin/images/Spanische_Adaption/Kit_1877_Dentur_Polish_S_P_neu.pdf)
49. Catálogo de productos [homepage on the Internet]. Liechtenstein:Kenda AG; c2016 [actualizado agosto 2016; citado 2017 septiembre 8]. Disponible en: [http://www.kenda-dental.com/Portals/0/Downloads/Kataloge/Kenda\\_Cat%C3%A1logo\\_spa.pdf](http://www.kenda-dental.com/Portals/0/Downloads/Kataloge/Kenda_Cat%C3%A1logo_spa.pdf)

50. Al Groosh D, Pratten J, Hunt N. The effects of polishing the fitting surface of acrylic base retainers on Methicillin resistance staphylococcus aureus; a laboratory study. *Iraqi Dent J.* 2016; 38(3):137-141.
51. De Castro D, Valente M, Da Silva C, Watanabe E, Siqueira R, Schiavon M, Dos Reis A. Evaluation of antibiofilm and mechanical properties of new nanocomposites based on acrylic resins and silver vanadate nanoparticles. *Arch Oral Biol.* 2016; 67:46-53.
52. Cortés-Sandoval G, Martínez-Castañón G, Patiño-Marín N, Martínez-Rodríguez P, Loyola-Rodríguez J. Surface roughness and hardness evaluation of some base metal alloys and denture base acrylics used for oral rehabilitation. *Mater Lett.* 2015;144:100-105.
53. Chatzivasileiou K, Emmanouil I, Kotsiomiti E, Pissiotis A. Polishing of denture base acrylic resin with chairside polishing kits: an SEM and surface roughness study. *Int J Prosthodont.* 2013; 26(1):79-81.
54. Zafar M, Ahmed N. Nanoindentation and surface roughness profilometry of poly methyl methacrylate denture base materials. *Technol Health Care.* 2014;22(4):573-581.
55. Al-Kheraif A. The effect of mechanical and chemical polishing techniques on the surface roughness of heat-polymerized and visible light-polymerized acrylic denture base resins. *Saudi Dent J.* 2014;26(2):56-62.
56. Dufrene Y. Application of atomic force microscopy to microbial surfaces: from reconstituted cell surface layers to living cells. *Micron.* 2001; 32(2):153-165.
57. Chang K, Chiang Y, Yang C, Liou J. Atomic force microscopy in biology and biomedicine. *Ci Ji Yi Xue Za Zhi.* 2012;24(4):162-169.
58. Kagermeier-Callaway AS, Willershausen B, Frank T, Stender E. In vitro colonisation of acrylic resin denture base materials by *Streptococcus oralis* and *Actinomyces viscosus*. *Intl Dent J.* 2000;50:79-85.

59. Berger JC, Driscoll CF, Romberg E, Luo Q, Thompson G. Surface roughness of denture base acrylic resins after processing and after polishing. *J Prosthodont* 2006;15:180-186.

60. Köroğlu A, Sahin O, Dede D, Yilmaz B. Effect of different surface treatment methods on the surface roughness and color stability of interim prosthodontic materials. *J Prosthet Dent*. 2016;115(4):447-455.

61. Onwubu S, Vahed A, Singh S, Kanny K. Reducing the surface roughness of dental acrylic resins by using an eggshell abrasive material. *J Prosthet Dent*. 2017;117(2):310-314.

## 11. Anexos

### PARTICIPACIÓN EN CONGRESOS



**LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ZACATECAS**  
**“FRANCISCO GARCÍA SALINAS”**  
A TRAVÉS DE LA UNIDAD ACADÉMICA DE ODONTOLOGÍA  
Y LA SOCIEDAD NACIONAL DE INVESTIGADORES EN ODONTOLOGÍA

Otorgan el presente

## RECONOCIMIENTO

A Lizzeth Aguillón Sol, Rogelio José Scougall Vilchis, Edith Lara Carrillo, Blanca Silvia González López, Roberto Josué Bermeo Escalona

Como AUTORES de la ponencia

**ANÁLISIS DE RUGOSIDAD EN RESINAS ACRÍLICAS TERMOPOLIMERIZABLES Y AUTOPOLIMERIZABLES  
MEDIANTE MICROSCOPIA DE FUERZA ATÓMICA**

Presentada durante los trabajos del  
**XXV Encuentro Nacional y XVI Iberoamericano de Investigación en Odontología,**  
y las **IV Jornadas de Investigación en Odontología de la UAO/UAZ,**  
celebrados del 8 al 10 de noviembre de 2017  
en la ciudad de Zacatecas, Zac.

  
Dr. José Luis Elías Salazar  
Director de la UAO/UAZ

  
Dr. Jorge Alanís Tavira  
Presidente de la SNIO



La Universidad Autónoma del Estado de México a través de la  
Facultad de Odontología,  
el Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología y el Cuerpo Académico Salud • Enfermedad Bucal

otorga la presente

# Constancia

A: Lizzeth Aguillón Sol, Rogelio J. Scougall Vilchis, Edith Lara Carrillo, Blanca S. González  
López y Josué R. Bermeo Escalona

Por su presentación del trabajo en modalidad MAESTRIA titulado:  
"Análisis de Rugosidad en Resinas Acrílicas Termopolimerizables y Autopolimerizables, con  
Tres Diferentes Procedimientos de Pulido, mediante Microscopia de Fuerza"



CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS  
AVANZADOS EN ODONTOLÓGIA

**IX** Coloquio  
Nacional  
Salud • Enfermedad Bucal

Toluca, Estado de México a 8 de febrero de 2018.

PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO  
"2018, año del 190 Aniversario de la Universidad Autónoma del Estado de México"

  
Dra. en C.S. Edith Lara Carrillo  
Directora  
Facultad de Odontología

  
Dr. en O. Rogelio J. Scougall Vilchis  
Coordinador  
C.I.E.A.O.

**CIEAO**  
Centro de Investigación y Estudios Avanzados  
en Odontología "Dr. Scaiburo Miyata"



Cuerpo Académico  
**CASEB**  
Salud • Enfermedad Bucal

PREMIOS OBTENIDOS



LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ZACATECAS  
"Francisco García Salinas"  
A TRAVÉS DE LA UNIDAD ACADÉMICA DE ODONTOLOGÍA  
Y LA SOCIEDAD NACIONAL DE INVESTIGADORES EN ODONTOLOGÍA

Otorgan el presente

**RECONOCIMIENTO**

A **Lizzeth Aguillón Sol**; Rogelio José Scougall Vilchis; Edith Lara Carrillo; Blanca Silvia González López y Roberto Josué Bermeo Escalona

Por haber obtenido el **PRIMER LUGAR** en la categoría de **MAESTRÍA** investigación **BÁSICA**, modalidad **ORAL** con el trabajo titulado

**ANÁLISIS DE RUGOSIDAD EN RESINAS ACRÍLICAS TERMOPOLIMERIZABLES Y AUTOPOLIMERIZABLES MEDIANTE MICROSCOPIA DE FUERZA ATÓMICA**

en el **XXV Encuentro Nacional y XVI Iberoamericano de Investigación en Odontología** y las **IV Jornadas de Investigación en Odontología de la UAO/UAZ**, celebrados del 8 al 10 de noviembre del 2017, en la Ciudad de Zacatecas, Zacatecas

Dr. José Luis Elías Salazar  
Director de la UAO/UAZ

Dr. Jorge Alanís Tavira  
Presidente de la SNIO