

# Revista Odontología

UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR

## Efecto de bebidas carbonatadas y energizantes sobre la rugosidad superficial de resinas nanohíbridas: estudio *in vitro*

Effect of Carbonated and Energy Beverages on the Surface Roughness of Nanohybrid Composite Resins: An In Vitro Study

Artículo original de investigación

Alexandra del Pilar Contreras Andrade  

Universidad Católica de Cuenca  
Cuenca, Ecuador

César Paltán Zhingre  

Universidad Politécnica Salesiana  
Cuenca, Ecuador

Ana del Carmen Armas Vega  

Universidad Católica de Cuenca  
Cuenca, Ecuador

Jorge Fajardo Seminario  

Universidad Politécnica Salesiana  
Cuenca, Ecuador

DOI: <https://doi.org/10.29166/od.v28i1.10205>

**Forma sugerida de citar en Vancouver:** Contreras-Andrade AP, Armas-Vega AC, Paltán Zhingre CA, Fajardo Seminario JI. Efecto de bebidas carbonatadas y energizantes sobre la rugosidad superficial de resinas nanohíbridas: estudio *in vitro*. Revista Odontología. 2026;28(1).

### Resumen

Las resinas compuestas nanohíbridas son ampliamente utilizadas en odontología restauradora debido a sus propiedades estéticas y mecánicas; sin embargo, su comportamiento clínico puede verse afectado por la exposición frecuente a bebidas ácidas. **Objetivo:** Evaluar el efecto de bebidas carbonatadas y energizantes sobre la rugosidad superficial de dos resinas compuestas nanohíbridas mediante un estudio experimental *in vitro*. **Materiales y métodos:** Se confeccionaron especímenes de Neofil Nanohybrid Composite y Tetric N-Ceram (tono A2), distribuidos según el medio de inmersión: Coca-Cola®, agua mineral Guitig®, bebida energizante V220® y agua destilada como grupo control. Los especímenes fueron sometidos a ciclos controlados de inmersión durante 7, 14 y 21 días bajo condiciones estandarizadas. La rugosidad superficial (Ra) fue evaluada mediante rugosímetro de contacto. Los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva y un Modelo Lineal Mixto (LMM), previa evaluación de normalidad con la prueba de Shapiro-Wilk y aplicación de transformación logarítmica natural. El nivel de significancia estadística se estableció en  $p < 0,05$ . **Resultados:** Se observaron variaciones en la rugosidad superficial según el tipo de resina, el medio de inmersión y el tiempo experimental. El Modelo Lineal Mixto mostró que los factores evaluados de forma independiente no presentaron diferencias estadísticamente significativas; sin embargo, se identificaron interacciones significativas entre la resina Tetric N-Ceram y las bebidas Coca-Cola®, Guitig® y V220®. **Conclusiones:** La rugosidad superficial de las resinas compuestas nanohíbridas estuvo influenciada principalmente por la interacción entre el material restaurador y el medio de inmersión. Los hallazgos sugieren que las alteraciones superficiales no se explican únicamente por el pH inicial de las bebidas, sino también por la respuesta específica de cada resina frente al medio de exposición evaluado.

**Palabras clave:** Resinas compuestas, rugosidad superficial, bebidas carbonatadas, bebidas energizantes.

### Abstract

Nanohybrid composite resins are widely used in restorative dentistry due to their aesthetic and mechanical properties; however, their clinical performance may be affected by frequent exposure to acidic beverages. **Objective:** To evaluate the effect of carbonated and energy drinks on the surface roughness of two nanohybrid composite resins through an *in vitro* experimental study. **Materials and methods:** Specimens of Neofil Nanohybrid Composite and Tetric N-Ceram (shade A2) were prepared and distributed according to the immersion medium: Coca-Cola®, Guitig® mineral water, V220® energy drink, and distilled water as the control group. The specimens were subjected to controlled immersion cycles for 7, 14, and 21 days under standardized conditions. Surface roughness (Ra) was assessed using a contact profilometer. Data were analyzed using descriptive statistics and a Linear Mixed Model (LMM), after assessing normality with the Shapiro-Wilk test and applying a natural logarithmic transformation. Statistical significance was set at  $p < 0.05$ . **Results:** Variations in surface roughness values were descriptively observed according to resin type, immersion medium, and experimental time. The Linear Mixed Model showed that the factors evaluated independently did not present statistically significant differences; however, significant interactions were identified between

Tetric N-Ceram and Coca-Cola®, Guitig®, and V220®. *Conclusions:* The surface roughness of nanohybrid composite resins was mainly influenced by the interaction between the restorative material and the immersion medium. These findings suggest that surface alterations are not explained exclusively by the initial pH of the beverages, but also by the specific response of each resin to the evaluated exposure medium.

**Keywords:** Composite Resins, Surface Roughness, Carbonated Beverages, Energy Drinks.

## Introducción

Las resinas compuestas constituyen uno de los materiales restauradores más utilizados en odontología debido a sus propiedades estéticas, físicas y mecánicas, ya que permiten restauraciones con apariencia y funcionalidad similar a la estructura dental natural (1,2). Estos materiales están conformados por una matriz orgánica de monómeros dimetacrilatos reforzada con partículas inorgánicas de relleno, cuya composición influye directamente en sus propiedades biomecánicas y estabilidad superficial (1).

Con el desarrollo de la tecnología de materiales dentales, surgieron las resinas compuestas nanohíbridas, caracterizadas por la incorporación de partículas micro y nanométricas destinadas a mejorar propiedades como la resistencia mecánica, la capacidad de pulido y la estabilidad superficial (1,3). Debido a estas características, actualmente representan una de las alternativas restauradoras más empleadas en la práctica clínica.

Sin embargo, su comportamiento clínico puede verse afectado por factores extrínsecos presentes en el entorno oral, entre ellos el consumo frecuente de bebidas carbonatadas y energizantes. Estas bebidas presentan bajo pH y contienen ácidos como el fosfórico y cítrico, capaces de influir sobre las propiedades superficiales de los materiales restauradores (3,7).

Diversos estudios *in vitro* han reportado que la exposición prolongada a medios ácidos puede alterar propiedades superficiales de las resinas compuestas, incluyendo cambios en la rugosidad superficial, microdureza y estabilidad del color (4-8,13). Estas alteraciones podrían favorecer la acumulación de biofilm, incrementar la susceptibilidad a pigmentaciones y comprometer la longevidad clínica de las restauraciones (7).

No obstante, la evidencia científica disponible presenta resultados variables debido a diferencias en la composición de las resinas, el tipo de bebida, el tiempo de exposición y los protocolos experimentales utilizados (6,7,8,14). Asimismo, existe limitada evidencia relacionada con bebidas de consumo frecuente en contextos locales latinoamericanos, como el agua mineral Guitig® y la bebida energizante V220®, lo que dificulta

extrapolar los resultados internacionales a la práctica clínica regional.

En este contexto, el presente estudio *in vitro* tuvo como objetivo evaluar el efecto de Coca-Cola®, agua mineral Guitig®, bebida energizante V220® y medio control no ácido sobre la rugosidad superficial de dos resinas compuestas nanohíbridas comerciales durante periodos de exposición de 7, 14 y 21 días.

## Materiales y métodos

### Diseño del estudio

Se realizó una investigación experimental *in vitro*, de enfoque cuantitativo y diseño comparativo, orientada a evaluar la influencia de diferentes bebidas carbonatadas y energizantes sobre la rugosidad superficial de resinas compuestas nanohíbridas.

La rugosidad superficial fue evaluada mediante el parámetro Ra (rugosidad promedio aritmética), expresado en micrómetros (μm), en tres tiempos experimentales: 7, 14 y 21 días de exposición. El diseño experimental consideró como factores de estudio el tipo de resina compuesta y el medio de inmersión.

La rugosidad superficial fue evaluada longitudinalmente en los mismos especímenes a los 7, 14 y 21 días, por lo que cada muestra fue medida repetidamente durante todo el periodo experimental y no se destruyeron especímenes en cada tiempo de evaluación.

Previo al análisis estadístico, se realizó un proceso de depuración y validación de la base de datos experimental. Durante esta etapa se identificaron especímenes con registros incompletos en uno o más tiempos de evaluación (7, 14 o 21 días), atribuibles principalmente a irregularidades en la planitud superficial de algunas muestras, presencia de porosidades y dificultades en la obtención de lecturas reproducibles mediante el rugosímetro de contacto.

Debido a que estas condiciones podían comprometer la precisión y confiabilidad de las mediciones de rugosidad superficial (Ra), los especímenes afectados fueron excluidos del análisis inferencial. Asimismo, durante el análisis exploratorio de los datos se identificó

un valor atípico extremo aislado, considerado no representativo del comportamiento experimental del grupo correspondiente y potencialmente relacionado con error de medición instrumental o alteraciones superficiales localizadas.

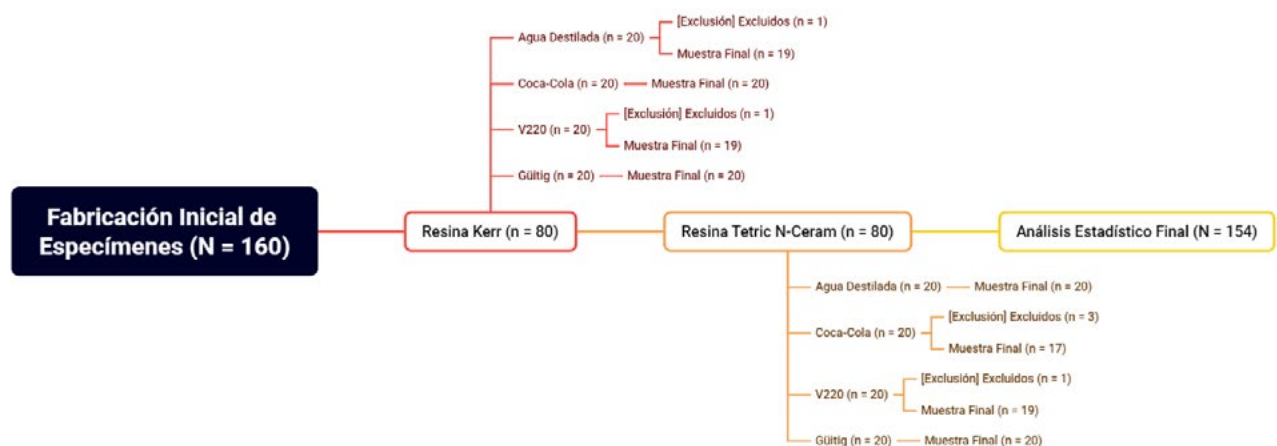
Como resultado del proceso de validación y depuración, el tamaño muestral final analizado osciló entre 17 y 20 especímenes por grupo experimental. No obstante, se mantuvo una distribución muestral adecuada para efectuar las comparaciones estadísticas entre materiales restauradores, medios de inmersión y tiempos de exposición.

#### Población y muestra

La unidad experimental estuvo constituida por bloques de resina compuesta nanohíbrida de dos marcas comerciales: Neofil Nanohybrid Composite (Kerr, Orange, CA, EE. UU.) y Tetric N-Ceram (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), ambas en tono A2. Las carac-

terísticas técnicas de los materiales utilizados se detallan en la Tabla 1.

Inicialmente se confeccionaron 160 especímenes, distribuidos aleatoriamente en ocho grupos experimentales según el tipo de resina compuesta y el medio de inmersión, obteniéndose 20 muestras iniciales por grupo. Todos los especímenes fueron evaluados longitudinalmente a los 7, 14 y 21 días para el análisis de rugosidad superficial. Durante el desarrollo experimental y el proceso de depuración de datos, seis especímenes fueron excluidos del análisis final debido a defectos superficiales y registros incompletos en las mediciones de rugosidad. Por lo tanto, la muestra final analizada estuvo conformada por 154 especímenes, con una distribución final que osciló entre 17 y 20 muestras por grupo experimental. La distribución de las exclusiones y del tamaño muestral final por grupo se presenta en la Figura 1.



**Figura 1.** Diagrama de distribución inicial, exclusión y muestra final de especímenes según resina compuesta y medio de inmersión.

El tamaño muestral fue establecido tomando como referencia estudios experimentales *in vitro* previos con diseños metodológicos similares, en los cuales se emplearon aproximadamente 20 muestras por grupo para la evaluación de propiedades superficiales de resinas compuestas expuestas a medios ácidos (4-6).

La asignación de las muestras a los grupos experimentales se realizó mediante muestreo aleatorio simple. Se establecieron criterios de exclusión orientados a garantizar la homogeneidad morfológica de los especímenes, descartándose aquellas muestras que presentaran fisuras, burbujas o defectos superficiales visibles bajo lupa de aumento de 30×.

**Tabla 1.** Composición y características de las resinas compuestas nanohíbridas evaluadas.

| Material restaurador               | Composición del relleno inorgánico                      | Carga (% peso) | Matriz orgánica                       | Fabricante                      | Tono |
|------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------|---------------------------------------|---------------------------------|------|
| <b>Neofil Nanohybrid Composite</b> | Vidrio de bario, sílice y zirconia                      | ≈ 73 %         | Bis-GMA, UDMA, resinas dimetacriladas | Kerr, EE. UU.                   | A2   |
| <b>Tetric N-Ceram</b>              | Vidrio de bario, trifluoruro de iterbio y óxidos mixtos | ≈ 54-56 %      | Bis-GMA, Bis-EMA, UDMA                | Ivoclar Vivadent, Liechtenstein | A2   |

**Nota.** La información referente a la composición química y contenido de carga fue obtenida de las fichas técnicas y documentación científica proporcionadas por los fabricantes (11,12).

#### *Preparación de los bloques de resina*

Se confeccionaron bloques de resina compuesta nanohíbrida correspondientes a los materiales Neofil Nanohybrid Composite y Tetric N-Ceram, ambos en tono A2. Para la elaboración de los especímenes se utilizó una matriz de teflón de 6 mm de diámetro y 2 mm de espesor, colocada sobre una loseta de vidrio. Estas dimensiones fueron establecidas de acuerdo con los parámetros recomendados por la norma ISO 4049 para la preparación estandarizada de materiales restauradores poliméricos (10).

Cada espécimen fue elaborado mediante la inserción de un único incremento de resina de 2 mm de espesor, cuidadosamente adaptado con un instrumento manual para evitar la formación de burbujas de aire. Posteriormente, las muestras fueron fotopolimerizadas durante 20 segundos utilizando una lámpara LED de amplio espectro VALO X (Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, EE. UU.). La guía de luz se mantuvo a una distancia aproximada de 2 mm de la superficie del material durante todo el procedimiento. Todos los especímenes fueron confeccionados por un único operador, previamente capacitado y estandarizado en el protocolo de preparación, fotopolimerización, acabado y pulido de las muestras. La estandarización del procedimiento fue supervisada por un docente con experiencia en materiales dentales, considerado como criterio de referencia para garantizar la uniformidad metodológica.

La intensidad lumínica se mantuvo dentro del rango recomendado por el fabricante (1000-1200 mW/cm<sup>2</sup>) y fue verificada periódicamente mediante un radiómetro cada cinco especímenes, con el fin de garantizar uniformidad en el proceso de polimerización.

Posteriormente, los bloques fueron identificados según el tipo de resina y sometidos a un procedimiento

estandarizado de acabado y pulido en una de sus superficies planas, mientras que las restantes permanecieron intactas.

El pulido se realizó mediante discos abrasivos OptiDisc™ (Kerr Corporation, Orange, CA, EE. UU.), siguiendo una secuencia progresiva desde grano grueso hasta extrafino. Cada disco fue aplicado durante 20 segundos por espécimen, a baja velocidad, con presión manual ligera y movimientos circulares controlados. Se utilizó irrigación intermitente para evitar el sobrecalentamiento del material. Cada disco fue empleado en un máximo de cinco especímenes antes de ser reemplazado, con el objetivo de mantener una abrasividad constante (9). Finalmente, los especímenes fueron examinados bajo una lupa de aumento de 30× para verificar la ausencia de defectos superficiales visibles.

#### *Evaluación del pH de las bebidas e inmersión de las muestras*

Los medios de inmersión seleccionados fueron Coca-Cola®, agua mineral Guitig®, bebida energizante V220® y agua destilada como grupo control. Previamente al inicio del protocolo experimental, se determinó el pH de cada bebida utilizando un pH-metro digital previamente calibrado.

Para cada bebida se realizaron tres mediciones: inmediatamente después de la apertura del envase y a los 10 minutos posteriores, empleando 10 mL de cada sustancia, con el objetivo de evaluar la estabilidad del pH durante el periodo de exposición, siguiendo metodologías descritas en estudios previos (5,6).

Posteriormente, los especímenes fueron distribuidos en grupos experimentales según el tipo de resina y el medio de inmersión correspondiente. Cada muestra fue sumergida individualmente en 25 mL de la solución

asignada, contenida en recipientes de vidrio, y mantenida a 37 °C para simular condiciones intraorales.

El protocolo experimental consistió en cinco ciclos diarios de inmersión. Durante cada ciclo, los especímenes permanecieron en contacto con la bebida durante 25 minutos y posteriormente fueron enjuagados mediante inmersión en 5 mL de agua destilada durante 1 minuto, con el fin de eliminar residuos superficiales.

Posteriormente, cada muestra fue transferida a una nueva porción fresca de 25 mL de la misma bebida para continuar con el siguiente ciclo experimental. Este protocolo de exposición cíclica ha sido previamente

utilizado en estudios *in vitro* destinados a simular exposiciones repetidas a bebidas ácidas sobre materiales restauradores resinosos (4-6).

Al finalizar los cinco ciclos diarios, los especímenes fueron almacenados en agua destilada a 37 °C durante 24 horas hasta el día siguiente. Este procedimiento se repitió durante 7, 14 y 21 días consecutivos, según el tiempo experimental establecido para cada grupo.

Los grupos control permanecieron en agua destilada bajo las mismas condiciones de temperatura y recambio de solución durante todo el periodo experimental.

**Tabla 2.** Distribución de los grupos experimentales según material restaurador y medio de inmersión.

| Grupo | Material restaurador               | Medio de inmersión | Condición experimental | n inicial |
|-------|------------------------------------|--------------------|------------------------|-----------|
| G1    | Neofil Nanohybrid Composite (Kerr) | Coca-Cola®         | Experimental           | 20        |
| G2    | Neofil Nanohybrid Composite (Kerr) | Guitig®            | Experimental           | 20        |
| G3    | Neofil Nanohybrid Composite (Kerr) | V220®              | Experimental           | 20        |
| G4    | Neofil Nanohybrid Composite (Kerr) | Agua destilada     | Control                | 20        |
| G5    | Tetric N-Ceram (Ivoclar Vivadent)  | Coca-Cola®         | Experimental           | 20        |
| G6    | Tetric N-Ceram (Ivoclar Vivadent)  | Guitig®            | Experimental           | 20        |
| G7    | Tetric N-Ceram (Ivoclar Vivadent)  | V220®              | Experimental           | 20        |
| G8    | Tetric N-Ceram (Ivoclar Vivadent)  | Agua destilada     | Control                | 20        |

**Nota.** n inicial = número de especímenes confeccionados por grupo experimental antes del proceso de depuración y validación de datos.

### *Evaluación de la rugosidad superficial*

La rugosidad superficial fue evaluada mediante un rugosímetro de contacto (Mitutoyo, Japón), registrándose los valores promedio de rugosidad superficial (Ra) para cada espécimen. Las mediciones fueron realizadas a los 7, 14 y 21 días de exposición, de acuerdo con los tiempos experimentales establecidos para cada grupo.

Los valores obtenidos fueron registrados en hojas de cálculo para su posterior procesamiento estadístico. Inicialmente se realizó un análisis descriptivo de la rugosidad superficial, expresando los resultados como media y desviación estándar según el tipo de resina, medio de inmersión y tiempo de evaluación.

La normalidad de los datos fue evaluada mediante la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene. Debido a

que los valores de rugosidad superficial no cumplieron completamente los supuestos de normalidad, se aplicó una transformación logarítmica natural con el fin de estabilizar la varianza y mejorar la distribución de los residuos del modelo.

Posteriormente, para el análisis inferencial longitudinal se utilizó un Modelo Lineal Mixto (LMM), considerando como efectos fijos el tipo de resina, el medio de inmersión, el tiempo experimental y sus interacciones. El espécimen individual fue incorporado como efecto aleatorio para controlar la dependencia de las mediciones repetidas realizadas sobre cada muestra. El procesamiento y análisis estadístico de los datos se realizó mediante el lenguaje de programación Python. El nivel de significancia estadística fue establecido en  $p < 0,05$ .

## Resultados

**Tabla 3.** Valores de pH inicial y a los 10 minutos de las bebidas evaluadas.

| Bebida     | pH inicial | pH a los 10 minutos |
|------------|------------|---------------------|
| Coca-Cola® | 3,48       | 3,49                |
| Guitig®    | 5,65       | 5,83                |
| V220®      | 2,67       | 2,77                |

Los valores de pH mostraron diferencias entre las bebidas evaluadas. La bebida energizante V220® presentó el pH más ácido tanto al inicio como a los 10 minutos de evaluación, seguida de Coca-Cola®, mientras que Guitig® registró valores más cercanos a la neutralidad. En general, las bebidas presentaron cambios mínimos de pH durante el periodo de medición.

### *Resultados de rugosidad superficial*

Los valores descriptivos de rugosidad superficial (Ra) para cada grupo experimental se presentan en la Tabla 4. Se observaron variaciones en los valores promedio de rugosidad según el tipo de resina, el medio de inmersión y el tiempo experimental.

En términos generales, la resina Neofil Nanohybrid Composite presentó valores de rugosidad superficial ligeramente superiores en comparación con Tetric N-Ceram en varios de los medios evaluados. Asimismo, algunos grupos expuestos a bebidas ácidas mostraron variaciones en los valores de rugosidad a lo largo del periodo experimental; sin embargo, estas modificaciones no siguieron un patrón uniforme entre todos los grupos analizados.

El tamaño muestral final osciló entre 17 y 20 especímenes por grupo experimental, debido a la exclusión de muestras con registros incompletos y de un valor atípico extremo identificado durante el proceso de depuración y validación de los datos.

**Tabla 4.** Valores descriptivos de la rugosidad superficial (Ra) expresados en media  $\pm$  desviación estándar según resina, bebida y tiempo de inmersión.

| Tiempo |                | Día 7             | Día 14            | Día 21            |
|--------|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Resina | Tipo           |                   |                   |                   |
| Kerr   | Agua destilada | 1.08 $\pm$ 0.718  | 0.811 $\pm$ 0.533 | 0.706 $\pm$ 0.504 |
|        | Coca-Cola®     | 0.986 $\pm$ 0.555 | 0.823 $\pm$ 0.583 | 0.813 $\pm$ 0.593 |
|        | Guitig®        | 1.348 $\pm$ 0.920 | 0.911 $\pm$ 0.647 | 0.970 $\pm$ 0.722 |
|        | V220®          | 1.155 $\pm$ 0.516 | 1.005 $\pm$ 0.526 | 0.937 $\pm$ 0.448 |
| Tetric | Agua destilada | 1.508 $\pm$ 1.062 | 1.039 $\pm$ 0.377 | 0.866 $\pm$ 0.519 |
|        | Coca-Cola®     | 0.834 $\pm$ 0.834 | 0.507 $\pm$ 0.502 | 0.585 $\pm$ 0.464 |
|        | Guitig®        | 1.194 $\pm$ 0.871 | 0.689 $\pm$ 0.709 | 0.576 $\pm$ 0.570 |
|        | V220®          | 0.590 $\pm$ 0.459 | 0.485 $\pm$ 0.453 | 0.545 $\pm$ 0.581 |

El modelo lineal mixto demostró que los factores principales evaluados de forma independiente no ejercieron un efecto estadísticamente significativo sobre la rugosidad superficial (Ra). Específicamente, ni el tipo de resina ( $p = 0,127$ ), ni las soluciones de inmersión individuales ( $p \geq 0,239$ ), ni los intervalos de tiempo ( $p \geq 0,399$ ) mostraron diferencias estadísticamente significativas en comparación con el grupo control.

No obstante, se observaron interacciones significativas entre el material restaurador y el medio erosivo. El análisis reveló que la resina Tetric mostró variaciones

significativas en los valores de rugosidad superficial al exponerse a Coca-Cola® ( $\beta = -1,020$ ;  $p = 0,022$ ), agua mineral Guitig® ( $\beta = -1,062$ ;  $p = 0,015$ ) y bebida energizante V220® ( $\beta = -1,445$ ;  $p = 0,001$ ).

Por el contrario, dado que las interacciones asociadas al factor temporal no arrojaron significancia estadística ( $p > 0,05$ ), los hallazgos sugieren que las alteraciones superficiales observadas podrían estar relacionadas con las características propias de cada material restaurador frente a los diferentes medios de inmersión evaluados.

**Tabla 5.** Resultados del Modelo Lineal Mixto (LMM) para la rugosidad superficial (Ra).

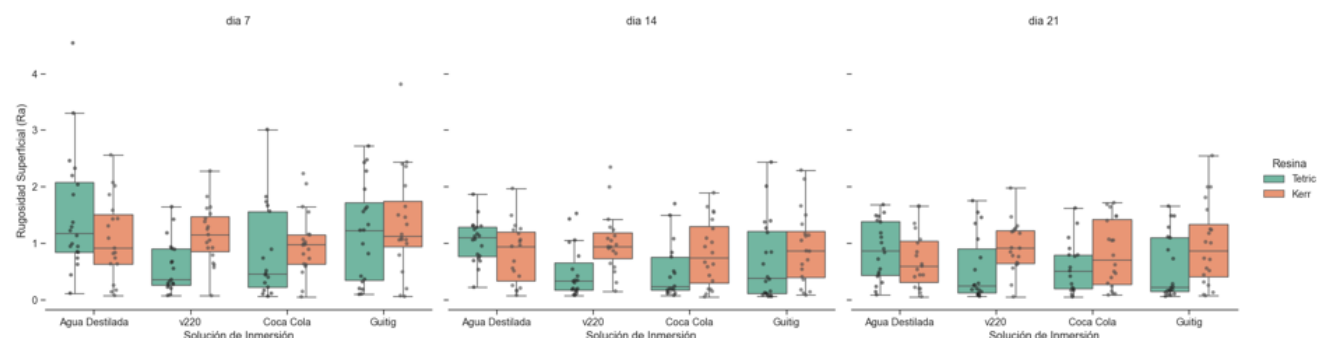
|                                             | Coef.  | Std.Err. | P> z  |
|---------------------------------------------|--------|----------|-------|
| Intercept                                   | -0.519 | 0.222    | 0.020 |
| C(Resina)[T. Tetric]:C(Tipo)[T. Coca-Cola®] | -1.020 | 0.446    | 0.022 |
| C(Resina)[T. Tetric]:C(Tipo)[T. Guitig®]    | -1.062 | 0.436    | 0.015 |
| C(Resina)[T. Tetric]:C(Tipo)[T. V220®]      | -1.445 | 0.442    | 0.001 |

Nota.  $\beta$  = coeficiente de regresión; Std.Err. = error estándar.

La Figura 2 ilustra las alteraciones superficiales observadas en las resinas Tetric N-Ceram y Neofil Nanohybrid Composite expuestas a agua destilada, V220®, Coca-Cola® y Guitig® durante los diferentes tiempos

experimentales. Los diagramas de caja permiten visualizar la mediana, los cuartiles y la dispersión de los valores de rugosidad superficial (Ra) obtenidos para cada grupo experimental.

**Figura 2.** Distribución de la rugosidad superficial (Ra) de las resinas Tetric N-Ceram y Neofil Nanohybrid Composite según medio de inmersión y tiempo experimental.



## Discusión

El presente estudio evaluó la influencia de diferentes bebidas carbonatadas y energizantes sobre la rugosidad superficial de dos resinas compuestas nanohíbridas, evidenciando que el comportamiento superficial de estos materiales estuvo condicionado principalmente por la interacción entre el tipo de resina y el medio de inmersión. Aunque los factores evaluados de forma independiente no mostraron diferencias estadísticamente significativas, el Modelo Lineal Mixto permitió identificar interacciones significativas entre la resina Tetric N-Ceram y las bebidas Coca-Cola®, Guitig® y V220®, lo que sugiere que la susceptibilidad a las variaciones de rugosidad superficial podría estar relacionada con las características propias de cada biomaterial restaurador.

Los cambios observados en la rugosidad superficial pueden explicarse por fenómenos de absorción hídrica, sorción y degradación hidrolítica de la matriz resinosa. Las resinas compuestas están constituidas por una matriz orgánica dimetacrilada y partículas de relleno inorgánico, cuya estabilidad depende de la integridad de la interfaz matriz-relleno (1,2). La exposición prolongada a medios líquidos puede favorecer la absorción de agua, la lixiviación de componentes residuales y el debilitamiento de dicha interfaz, generando reblandecimiento superficial y alteraciones micromorfológicas del material (14,16). Este mecanismo podría explicar que incluso el grupo control almacenado en agua destilada presentara variaciones en los valores de rugosidad superficial.

Los valores de pH mostraron que V220® presentó la mayor acidez inicial entre las bebidas evaluadas. Sin embargo, las variaciones observadas en la rugosidad superficial no siguieron una relación directamente proporcional con el pH. Este hallazgo sugiere que la respuesta superficial de las resinas compuestas puede variar según el tipo de material restaurador y el medio de exposición evaluado, coincidiendo con estudios previos que reportan comportamientos heterogéneos frente a bebidas ácidas (4-6,7).

En el presente estudio, la resina Tetric N-Ceram mostró interacciones estadísticamente significativas con Coca-Cola®, Guitig® y V220® dentro del Modelo Lineal Mixto. Estos hallazgos sugieren que la respuesta superficial de las resinas compuestas frente a diferentes medios de inmersión puede variar según las características propias de cada material restaurador. Estudios previos han reportado que factores relacionados con la

composición general de las resinas y las propiedades de sus partículas de relleno podrían influir en su comportamiento superficial frente a medios ácidos (1,3,6,8).

Aunque V220® presentó el pH más bajo entre las bebidas evaluadas, los resultados obtenidos indican que el efecto sobre la rugosidad superficial no depende exclusivamente de la acidez inicial del medio. Estudios previos han reportado que diferentes bebidas pueden generar respuestas variables sobre las propiedades superficiales de las resinas compuestas, dependiendo tanto del material restaurador como de las condiciones experimentales utilizadas (5,13,15).

Por otra parte, Guitig® mostró variaciones en los valores de rugosidad pese a presentar un pH relativamente más cercano a la neutralidad. Este hallazgo sugiere que el comportamiento superficial de las resinas compuestas no depende exclusivamente del pH inicial del medio de inmersión, coincidiendo con investigaciones previas que reportan respuestas variables de los materiales restauradores frente a diferentes bebidas evaluadas *in vitro* (13,15).

Los hallazgos obtenidos coinciden parcialmente con estudios previos que reportan alteraciones superficiales en resinas compuestas expuestas a bebidas ácidas; sin embargo, difieren de investigaciones donde se describen incrementos progresivos y uniformes de la rugosidad superficial con el tiempo (3,5,7). Estas discrepancias podrían atribuirse a diferencias metodológicas relacionadas con el tipo de resina evaluada, el protocolo de inmersión, la frecuencia de exposición, el sistema de pulido empleado y las condiciones experimentales utilizadas en cada estudio.

Entre las principales limitaciones del presente estudio se encuentra su diseño *in vitro*, el cual no permite reproducir completamente las condiciones dinámicas del entorno oral. Factores como la acción salival, la formación de película adquirida, las variaciones térmicas, las fuerzas masticatorias y los hábitos individuales de higiene y alimentación pueden modificar el comportamiento clínico de las resinas compuestas. Por lo tanto, los resultados obtenidos deben interpretarse dentro de un contexto experimental controlado y no como una extrapolación clínica directa.

A pesar de estas limitaciones, el modelo experimental permitió controlar de manera estandarizada las condiciones de exposición de las resinas compuestas a los diferentes medios de inmersión y evaluar su comportamiento superficial bajo condiciones reproducibles.

Desde el punto de vista clínico, algunos estudios han sugerido que valores de rugosidad superficial superiores a 0,2  $\mu\text{m}$  podrían favorecer la acumulación de biofilm bacteriano y aumentar el riesgo de pigmentación superficial. Aunque los valores observados en este estudio corresponden a condiciones experimentales *in vitro*, los hallazgos sugieren que la exposición repetida a bebidas ácidas podría influir en la estabilidad superficial de determinadas resinas compuestas y potencialmente comprometer su comportamiento clínico a largo plazo.

## Conclusiones

La rugosidad superficial de las resinas compuestas nanohíbridas estuvo influenciada por la interacción entre el tipo de material restaurador y el medio de inmersión. Aunque los factores evaluados de manera independiente no mostraron diferencias estadísticamente significativas, el Modelo Lineal Mixto evidenció interacciones significativas entre la resina Tetric N-Ceram y las bebidas Coca-Cola®, Guitig® y V220®.

Los resultados sugieren que las alteraciones superficiales no dependen exclusivamente del pH inicial de las bebidas, sino de la interacción entre cada material restaurador y el medio de exposición evaluado.

Asimismo, los hallazgos destacan la importancia de considerar los hábitos de consumo de bebidas ácidas al seleccionar materiales restauradores resinosos, debido a su posible influencia sobre la estabilidad y el desempeño superficial de las restauraciones.

## Referencias

1. Cho K, Rajan G, Farrar P, Prentice L, Prusty BG. Dental resin composites: A review on materials to product realizations. *Compos Part B Eng*. 2022;230:109495.
2. Păstrav M, Dinu C, Popescu SM, Surlin P, Dinescu SC, Spinei A, *et al*. Microhardness of dental resin composites. *J Adhes Sci Technol*. 2023;37(15):2107–2115.
3. Alkhudhairy FI, Vohra F, Naseem M, Alrahlah A, Abduljabbar T, Khan R, *et al*. Effects of acidic beverages on surface properties of dental compo-  
sites. *J Prosthet Dent*. 2022;127(3):411–417.
4. Erdemir U, Yildiz E, Eren MM, Ozel S. Surface hardness evaluation of different composite resin materials after immersion in sports and energy drinks. *Dent Mater J*. 2012;31(5):729–736.
5. Hamouda IM. Effects of various beverages on hardness, roughness, and solubility of esthetic restorative materials. *J Esthet Restor Dent*. 2011;23(5):315–322.
6. Alzraikat H, Burrow MF, Maghaireh GA, Taha NA. Surface properties of composite resins exposed to acidic media. *J Dent*. 2021;105:103561.
7. Alencar CM, Roma DS, Correr AB, Puppin-Rontani RM, Sinhoreti MAC, Correr-Sobrinho L. Effect of acidic drinks on surface roughness and microhardness of composite resins. *Braz Dent J*. 2020;31(2):202–209.
8. Tuncer D, Karaman E, Firat E. Does the temperature of beverages affect the surface roughness, hardness, and color stability of a composite resin? *Eur J Dent*. 2021;15(2):304–310.
9. Jefferies SR. Abrasive finishing and polishing in restorative dentistry. *J Esthet Restor Dent*. 2022;34(2):250–260.
10. International Organization for Standardization. ISO 4049: Dentistry—Polymer-based restorative materials. Geneva: ISO; 2019.
11. Kerr Corporation. Neofil Nanohybrid Composite: Technical data sheet [Internet]. Orange (CA): Kerr; 2023 [citado 18 mayo 2026]. Disponible en: <https://www.kerrdental.com/>
12. Ivoclar Vivadent. Tetric N-Ceram: Scientific documentation [Internet]. Schaan: Ivoclar Vivadent; 2023 [citado 18 mayo 2026]. Disponible en: <https://www.ivoclar.com/>
13. Alharbi A, Aljohani M, Alqahtani A, Alshammari M, Alzahrani A. Effect of beverages on surface roughness of resin composites: an *in vitro* study. *Materials (Basel)*. 2023;16(4):1500.
14. Alshali RZ, Salim NA, Satterthwaite JD, Silikas N. Long-term sorption and solubility of bulk-fill and conventional resin-composites in water and artificial saliva. *J Dent*. 2015;43(12):1511–1518.

15. Camilotti V, Mendonça MJ, Dobrovolski M, Detogni AC, Ambrosano GMB, De Goes MF. Impact of dietary acids on the surface roughness and morphology of composite resins. *J Oral Sci.* 2021;63(1):18-21.
16. Ferracane JL. Resin composite-state of the art. *Dent Mater.* 2011;27(1):29-38.

**Recepción:** 1 de mayo de 2026

**Revisión:** 15 de mayo de 2026

**Aceptación:** 19 de mayo de 2026

**Publicación:** 01 de julio de 2026