



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

**“Análisis multivariante del efecto de bebidas pigmentantes sobre el color,
translucidez y brillo de dos materiales de restauración provisional”**

Tesis para optar el título de Segunda Especialidad Profesional en Estadística en
Investigación

Autor

Marco Antonio Sánchez Tito

Asesor

Mg. Daniel Jose Blanco Victorio

Co-Asesor

Mg. Jose Antonio Chauca Carhuajulca

Lima - Perú

2024

Jurado calificador

Presidente: Dra. Luz Aurora Carbajal Arroyo

Vocal: Dr. Manuel Enrique Gasco Tantachuco

Secretario: Mg. Nestor Carlos Flores Rodriguez

DEDICATORIA

A la memoria de mis padres, Margarita y Florencio por su esfuerzo, perseverancia y el no doblegarse ante las dificultades, les estaré eternamente agradecido.

Para Sigmund y Zoé.

AGRADECIMIENTOS

A los Mg. Daniel Blanco Vitorio y Jose Chauca Carhuajulca, por su constante apoyo durante el desarrollo de la especialidad.

A los siete seres maravillosos que acompañan mis días: Copérnico, Maximiliano, Calliope, Fausto, Calisto, Vincent y Sky.

ANÁLISIS MULTIVARIANTE DEL EFECTO DE BEBIDAS PIGMENTANTES SOBRE EL COLOR, TRANSLUCIDEZ Y BRILLO DE DOS MATERIALES DE RESTAURACIÓN PROVISIONAL

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	www.ncbi.nlm.nih.gov Fuente de Internet	9%
2	www.medicinaoral.com Fuente de Internet	3%
3	www.amstatisticalconsulting.com Fuente de Internet	1%
4	Fernández-Oliveras, Alicia, Manuel F. M. Costa, Ana Yebra, Manuel Rubiño, and María M. Pérez. "Gloss measurements and rugometric inspection in dental biomaterials", 8th Iberoamerican Optics Meeting and 11th Latin American Meeting on Optics Lasers and Applications, 2013. Publicación	1%
5	Makbule T. Tuncdemir, Nilgun Gulbahce. "Addition of antibacterial agent effect on color stability of composites after immersion of	<1%

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	
ABSTRACT	
I. CAPÍTULO I: ASPECTOS CONCEPTUALES	1
1.1.Marco teórico	1
1.2.Planteamiento del problema	21
1.3.Justificación	24
1.4.Objetivos	25
1.5.Hipótesis	26
II. CAPÍTULO II: ASPECTOS METODOLÓGICO	28
2.1.Tipo de estudio	28
2.2.Definición de población y muestra	28
2.3.Unidad de análisis	28
2.4.Muestra	28
2.5.Definición de variables	31
2.6.Proceso de obtención de datos	32
2.7.Procesamiento y análisis estadístico de la información	36
2.8.Aspectos de ética en investigación	37
III. CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
3.1.Resultados	38
3.2.Discusión	59
3.3.Conclusiones	64

3.4.Recomendaciones	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
ANEXOS	73

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1. Características de los modelos de análisis de la varianza
- Tabla 2. MANOVA de dos factores
- Tabla 3. Estadística descriptiva basados en las mediciones de los parámetros de diferencias de color, translucidez y brillo según tipo de material de restauración y bebida pigmentante
- Tabla 4. Aplicación de la prueba MANOVA de dos factores
- Tabla 5. Evaluación de la ausencia de multicolinealidad
- Tabla 6. Prueba de normalidad univariada a partir de los residuales
- Tabla 7. Prueba de Doornik-Hansen para normalidad bivariada a partir de los residuales
- Tabla 8. Prueba de normalidad multivariada
- Tabla 9. Homogeneidad de matrices de varianzas y covarianzas
- Tabla 10. Evaluación de presencia de outliers multivariados
- Tabla 11. Múltiples comparaciones por pares entre los grupos
- Tabla 12. Comparaciones por pares para las variables de cambio de color, translucidez y brillo a partir de los marginales

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1. Boxplot de ΔE según material de restauración y bebida pigmentante.
- Gráfico 2. Boxplot de ΔT según material de restauración y bebida pigmentante
- Gráfico 3. Boxplot de ΔB según material de restauración y bebida pigmentante.
- Gráfico 4. Relación lineal entre ΔE y ΔT
- Gráfico 5. Relación lineal entre ΔE y ΔB
- Gráfico 6. Relación lineal entre ΔT y ΔB
- Gráfico 7. Gráfico de dispersión para los pares de residuales
- Gráfico 8. Histograma y QQplot para cada vector de residuales
- Gráfico 9. QQplot para las distancias observadas de Mahalanobis (MD)
- Gráfico 10. Matriz HE plot en escala de significancia del efecto para sobre ΔE , ΔT y ΔB de acuerdo a los factores Material y Bebida y su interacción
- Gráfico 11. Matriz HE plot en escala de tamaño del efecto sobre ΔE , ΔT y ΔB de acuerdo a los factores Material y Bebida y su interacción
- Gráfico 12. Predicciones ajustadas a partir de los marginales para Bebida*Material

Gráfico 13. Contraste de predicciones ajustadas a partir de los marginales
para Bebida*Material

RESUMEN

Objetivo: Evaluar el efecto de las bebidas pigmentantes sobre la estabilidad de color, translucidez y brillo de dos materiales de restauración provisional.

Material y métodos: Se confeccionaron sesenta discos (8 mm x 2 mm) con Duralay y Protemp 4. Los discos de cada material fueron aleatoriamente asignados de acuerdo a las bebidas: té, café, vino, Coca-cola y chicha morada (n=12). Los discos fueron pulidos y el registro inicial del color y la translucidez se realizó con un espectrofotómetro, el brillo se midió con un brillómetro. Los discos fueron inmersos por 5 días en cada una de las bebidas a 37 °C y el color, translucidez y brillo fueron medidos nuevamente. Las diferencias entre los registros inicial y final fueron calculados para obtener los valores de ΔE , ΔTP , ΔGU . Para el análisis, se empleó el modelo MANOVA de dos factores, con un nivel de significancia del 5%.

Resultados: Se observó una interacción significativa entre el tipo de material y las bebidas pigmentantes sobre los cambios observados en los valores de ΔE , ΔTP , ΔGU . Los valores de ΔE para Duralay y Protemp 4 fueron afectados por el café ($7,48 \pm 1,53$) y vino ($11,02 \pm 1,07$), respectivamente. El mayor cambio en ΔTP para Duralay fue generado por el té ($-1,79 \pm 0,62$), y café ($-5,65 \pm 0,66$) para Protemp 4. El brillo fue afectado principalmente por el café para ambos materiales (Duralay = $-6,44 \pm 1,17$, Protemp 4 = $-8,28 \pm 1,09$).

Conclusión: El tipo de material y bebidas pigmentantes actúan en conjunto para influir en los cambios en color, translucidez y brillo. La resina Duralay fue más estable que la resina bis-acrítica Protemp 4 a los cambios de color, translucidez y brillo.

Palabras clave: Color, translucidez, brillo, soluciones pigmentantes, restauraciones provisionales.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the effect of staining beverages on the color stability, translucency and gloss of two provisional restorative materials.

Material and Methods: Sixty discs (8 mm x 2 mm) were manufactured for Duralay and Protemp 4. The discs were randomly divided according to the beverages: tea, coffee, wine, Coca-Cola and “*Chicha morada*” (n=12). The discs were polished and initial recordings of color and translucency were made with a spectrophotometer, and the gloss was measured with a glossmeter. The discs were immersed for 5 days in each of the beverages at 37 °C, and the color, translucency and gloss were recorded again. The differences between the initial and final records were calculated to obtain the values of ΔE , ΔTP , ΔGU . For the analysis, the two-way MANOVA model was chosen, and the significance level was set at 5%.

Results: A significant interaction was observed between the type of material and the staining beverages on the changes observed in the values of ΔE , ΔTP , ΔGU ($p < 0.05$). ΔE values for Duralay and Protemp 4 were affected by coffee (7.48 ± 1.53) and wine (11.02 ± 1.07), respectively. The greatest change in ΔTP for Duralay were generated by tea (-1.79 ± 0.62), and coffee (-5.65 ± 0.66) for Protemp 4. Gloss was affected mainly by coffee for both materials (Duralay = -6.44 ± 1.17 , Protemp 4 = -8.28 ± 1.09).

Conclusion: The type of material and the pigment drinks act together to influence changes in color, translucency and gloss. The methacrylate-based resin was more stable than the bis-acrylic resin to changes in color, translucency and gloss.

Key words: Color, translucency, gloss, staining solutions, interim restorations.

CAPÍTULO I

ASPECTOS CONCEPTUALES

1.1. Marco teórico

1.1.1. Antecedentes

Kotnarin et al. (2018), evaluaron la estabilidad de color de cuatro materiales provisionales después de la inmersión en café, curry y agua. Los resultados mostraron que Unifast Trad, Protemp 4, Luxatemp e Integrity no mostraron diferencias en los cambios de color cuando fueron sumergidos en agua a los 7 días, sin embargo, en el día 30, el cambio de color de Unifast Trad ($\Delta E_{30}=1.5\pm 0.18$) fue significativamente mayor que Luxatemp ($\Delta E_{30}=0.80\pm 0.52$) ($p<0.05$), mientras que a los 90 días, Unifast Trad ($\Delta E_{90}=3.58\pm 0.29$) fue significativamente mayor que los otros materiales ($p<0.05$). Cuando las muestras fueron sumergidas en café, todos los materiales no mostraron diferencias significativas en el cambio de color a los 7 y 90 días ($p>0.05$); excepto Integrity, que mostró un mayor cambio de color ($\Delta E_7=11.93\pm 4.69$), ($\Delta E_{90}=21.80\pm 3.88$) ($p<0.05$). A los 30 días, Integrity ($\Delta E_{30}=15.81\pm 4.17$) mostró un cambio de color significativo cuando se comparó con Luxatemp ($\Delta E_{30}=11.53\pm 2.91$) y Unifast Trad ($\Delta E_{30}=10.39\pm 1.10$) ($p<0.05$). En el caso del curry, los materiales no mostraron diferencias significativas a los 7 y 30 días, excepto Unifast Trad ($\Delta E_7=6.14\pm 0.98$), ($\Delta E_{30}=9.32\pm 3.17$) que presentaron un menor cambio de color ($p<0.05$). A los 90 días, Unifast Trad ($\Delta E_{90}=24.41\pm 3.37$) mostró una disminución de color significativa que los otros materiales. Como

conclusión, los autores señalan que el tipo de material, la solución pigmentante y el tiempo de inmersión afectan la estabilidad de color ⁽¹⁾.

Mazaro et al. (2015), evaluaron la estabilidad de color de las resinas acrílicas (Dencor y Protemp) y bis-acrílicas (Structur 2 SC y Luxatemp AM Plus), luego de la inmersión en saliva artificial+gaseosa y saliva artificial+café en 2, 5, 7 y 15 días de almacenamiento. Los resultados mostraron que las resinas acrílicas mostraron mayor estabilidad de color que las resinas bis-acrílicas ($p < 0,001$). En el caso de las resinas bis-acrílicas, no se observaron diferencias significativas entre Structur y Luxatemp ($p = 0,767$). En cuanto a las soluciones pigmentantes, el café mostró mayor alteración de color ($p < 0,001$) presentando una correlación positiva con el incremento en el tiempo de inmersión ($p < 0,001$)⁽²⁾.

Costa et al. (2018), evaluaron la estabilidad de color de resinas acrílicas (Duralay, Dencrilay) y bis-acrílicas (Structur 2, Protemp 4) luego de la inmersión en agua, gaseosa, vino y café por 7 días. Los resultados mostraron que para Duralay ($\Delta E = 3,92 \pm 2,43$) y Dencrilay ($\Delta E = 5,17 \pm 4,38$) el mayor cambio de color se observó en la inmersión en café frente a las demás soluciones ($p < 0.001$), mientras que las resinas Protemp 4 el mayor cambio de color se observó en el vino ($\Delta E = 10,60 \pm 1,66$), para Sestructur 2 el mayor cambio de color se observó en el café ($\Delta E = 11,07 \pm 1,82$), aunque los valores no fueron significativamente diferentes entre sí ($p > 0.05$). En general, las

resinas acrílicas mostraron menor cambio de color que las resinas bis-acrílicas⁽³⁾.

Kohli et al. (2017), determinaron el cambio de color de materiales de restauración provisional a base de resina acrílica (DPI y Temp Dent Classic) y bis-acrílica (Protemp II y Protemp 4) expuestas a saliva artificial+café, saliva artificial+té, saliva artificial+jugo de naranja y saliva artificial+arándano. La medición del color se realizó luego de una semana y un mes de inmersión en las sustancias pigmentantes. Los resultados mostraron que el material que presentó mayor cambio de color fue Protemp II a la semana ($\Delta E=5,708\pm 0,007$) y luego de un mes ($\Delta E=6,977\pm 0,008$) cuando fue inmerso en saliva artificial+café, al compararlos con los otros grupos ($p<0.05$). En todos los casos el grado de discoloración se incrementó con el tiempo de inmersión en las sustancias pigmentantes⁽⁴⁾.

Akay et al. (2018), evaluaron la estabilidad de color de un material de restauración provisional de resina bis-acrílica (Protemp 4) almacenado en diferentes enjuagues bucales y extracto de té durante 14 días. Los resultados mostraron que la estabilidad de color varía dependiendo de la solución. Listerine ($\Delta E=8,57\pm 2,62$) mostró mayor cambio de color que Sensodyne ($\Delta E=5,61\pm 3,86$) o Colgate ($\Delta E=6,70\pm 2,09$), aunque estos cambios no fueron estadísticamente significativos ($p>0.05$), mientras que el menor cambio de color se observó para la solución de extracto de té

($\Delta E=2,39\pm 0,081$), siendo diferente al cambio de color producido por los otros agentes pigmentantes ($p<0.05$)⁽⁵⁾.

1.1.2. Bases teóricas

El color en odontología

Se sabe que uno de los factores más importantes en la interacción social es la sonrisa, en especial la atención que se le da a los dientes, considerando su forma, posición y tonalidad. Se ha demostrado que existe una relación positiva entre las características de la estética dental y la aceptación, donde la apariencia estética genera un impacto positivo en la valoración social con otras personas.

Una de estas características está relacionada con el color o tonalidad de los dientes. Al respecto, se debe entender que los fenómenos visibles son producto de las propiedades físicas de la luz. Esta característica corresponde a una porción del espectro de radiación electromagnética situada entre los 380 y 780 nm⁽⁶⁾.

En particular, el color de los dientes es producto de la dispersión y la absorción de la luz sobre las estructuras dentarias, donde la dentina juega un rol importante en la generación del color, además de las propiedades de translucidez y opalescencia del esmalte. Otro factor que afecta el color de los dientes, son las tinciones intrínsecas y extrínsecas.

El color en sí, está determinado por un sistema propuesto por Albert Henry Munsell, que le otorga una notación decimal a cada color⁽⁷⁾. A su vez, cada color tiene tres parámetros en su composición (luminosidad, saturación y matiz).

- Luminosidad (Valor – *Value*): Expresa la cantidad de luz que se refleja desde un objeto. Corresponde a las tonalidades de gris comprendidas entre un valor máximo (blanco) y mínimo (negro).
- Saturación (Intensidad – *Chroma*): Se trata de la cantidad de tinte que contiene el color, hace referencia a las diversas diluciones de color base.
- Matiz (Tono – *Hue*): Es la cualidad de distinguir una familia de colores de otra. Está directamente relacionada con la longitud de onda reflejada.

El espacio de color

El espacio de color puede ser descrito como una metodología que emplea una forma de anotación para expresar el color de un objeto. *La Commission Internationale de l'Éclairage* (CIE) ha definido distintos espacios de color, los que incluyen: CIE XYZ, CIE L*C*h° y CIE L*a*b*. Estos espacios de color permiten comunicar y expresar de manera objetiva el color^(8,9).

El espacio CIE L*a*b es ampliamente usado para correlacionar los valores numéricos del color con la percepción visual humana. Permite analizar los

atributos de color e identificar inconsistencias, expresándolas en términos numéricos. La *American Dental Association* (ADA), ha recomendado el uso del espacio CIE L*a*b, mediante el empleo de la colorimetría y la espectrofotometría ⁽¹⁰⁾.

El espacio CIE L*a*b*, expresa la luminosidad y las coordenadas cromáticas, y se basa en la teoría del color oponente, que establece que dos colores no pueden ser rojo y verde o amarillo y azul al mismo tiempo⁽⁸⁾. En consecuencia:

L* = Luminosidad

a* = coordenadas rojo/verde (+a indica rojo, -a indica verde)

b* = coordenadas amarillo/azul (+b indica amarillo, -b indica azul)

Las coordenadas cartesianas L*, a* y b* pueden ser transformadas en coordenadas cilíndricas L*, C* y h°. La coordenada de luminosidad (L*) es la misma que en el espacio CIE L*a*b*; la coordenada del matiz (C*) es perpendicular al eje de luminosidad y el ángulo del matiz (h°) expresado en grados (0° al eje +a*, 90° al eje +b*, 180° al eje -a*, 270° para -b*.

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$$

$$h = \arctan (b^*/a^*)$$

Parámetro Delta E (ΔE)

El parámetro ΔE proviene de la palabra alemana “*Empfindung*” (percepción) y expresa el cambio de color aparente. En consecuencia corresponde a la diferencia perceptible entre el color más claro y el más oscuro del espacio cromático. El parámetro ΔE expresa la diferencia total del color⁽¹¹⁾; sin embargo, se puede calcular deltas para L^* , a^* y b^* , los que pueden ser positivos o negativos dependiendo de las condiciones. El parámetro ΔE se puede calcular a partir de la siguiente fórmula:

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

Las diferencias de color para el espacio CIE $L^*C^*h^\circ$ se pueden expresar por la fórmula:

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta C^*)^2 + (\Delta h^*)^2]^{1/2}$$

Según Luo et al.⁽¹²⁾, CIELAB es un espacio de color pobre, al menos cuando se busca identificar pequeños cambios de color. La nueva fórmula propuesta CIE2000 contiene tres funciones de peso: Luminosidad (nueva fórmula), saturación (adoptado del CIE94) y matiz (nueva fórmula). De acuerdo a recientes reportes, el espacio de color CIE2000 es un mejor indicador para la percepción humana y un sistema de aceptabilidad de diferencias entre dos colores.

La diferencia de color para CIE2000 (ΔE_{00}) se calcula con la siguiente fórmula:

$$\Delta E_{00} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right) \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)}$$

Donde $\Delta L'$, $\Delta C'$ y $\Delta H'$ son las diferencias en luminosidad, saturación y matiz, respectivamente, entre dos especímenes y S_L , S_C y S_H son las funciones de peso para los componentes de luminosidad, saturación y matiz. K_L , K_C y K_H son los factores paramétricos para ser ajustados de acuerdo a los diferentes parámetros. Usualmente los factores K_L , K_C y K_H se ajustan al valor 1⁽¹³⁾.

El parámetro ΔE es importante al momento de referirnos a los cambios de color que son perceptibles al ojo humano, debido a que en el rango de los colores dentales, los valores ΔE pueden ser mínimos. Se sugiere que los valores mínimos que el ojo humano puede distinguir en condiciones clínicas normales se encuentre entre los rangos de valores de 3,3 a 3,7. Otros reportes estiman que un valor ΔE menor a 2,3 no es perceptible al ojo humano, en condiciones de iluminación clínica, lo que puede dificultar los procedimientos estéticos y rehabilitadores en odontología.

Medición del color en odontología

El parámetro ΔE puede ser calculado mediante diversos métodos, específicamente a través de la colorimetría y la espectrofotometría y valoración de imagen digital^(9,14). La colorimetría fue diseñada para medir

superficies planas, por lo que las concavidades y convexidades propias de la anatomía dental, pueden dificultar la medición del color en dientes *in vivo*. Además, existe una baja correlación inter-instrumento que puede generar dos mediciones distintas con el empleo de distintos colorímetros.

Los espectrofotómetros se consideran los instrumentos más precisos para la medición del color. Los espectrofotómetros miden la cantidad de energía de la luz reflejada de un objeto en intervalos de 1-25 nm a lo largo del espectro visible⁽¹⁵⁾. Estos instrumentos contienen un detector y un convertidor que convierte la luz obtenida en una señal que puede ser analizada. Están equipados con un prisma de dispersión óptica para generar una curva espectral⁽¹¹⁾. En general los espectrofotómetros de uso odontológico pueden codificar la información, haciendo más simple la correlación con las guías de colores dentales, permitiendo una comunicación más efectiva entre la clínica y el laboratorio⁽¹⁶⁾. Por otro lado, se sabe que los espectrofotómetros en condiciones de luz controlada y estandarizada son capaces de reproducir de manera precisa el color, tanto el análisis del color dental o de los materiales de restauración empleados en la clínica diaria. Esto representa una importante ventaja en el empleo de los espectrofotómetros en la investigación *in vivo* como *in vitro* de los materiales dentales^(15,17).

Medición del brillo

El brillo puede ser definido como una distribución de luz geométrica desigual reflejada por la superficie de un objeto, con un aumento fijo en la dirección especular⁽¹⁸⁾.

La medición del brillo tiene por objetivo cuantificar la cantidad de luz reflejada en la dirección especular de la superficie de la muestra que está siendo medida. El ángulo especular es igual pero opuesto al ángulo de incidencia. La luz especular es responsable del punto culminante visible en materiales brillantes. Por lo tanto, las mediciones de brillo cuantifican qué tan brillante es un material.

El brillo especular es uno de los atributos más importantes en los materiales dentales⁽¹⁹⁾. El brillo es una impresión compleja resultado de la evaluación de la superficie⁽²⁰⁾. A medida que la luz se refleja de manera más directa, más importante será la impresión del brillo.

Dispositivos denominados brillómetros han sido estandarizados y permiten la medición de la reflexión dirigida de forma reproducible y convertirla en valores de brillo. La toma del brillo se puede realizar en varios ángulos de incidencia y reflexión para el haz de luz medido⁽²¹⁾. En términos generales el brillómetro mide la intensidad de un haz de luz reflejado después de golpear la superficie y compara el valor medido con un valor de referencia⁽²²⁾.

De acuerdo con lo recomendado por la ADA⁽²³⁾, las restauraciones dentales con un brillo deseado deben exhibir entre 40-60 GU (Gloss units), aunque no existen reportes de recomendación para materiales de restauración provisional.

Medición de la translucidez

En odontología la medición de la translucidez se emplea principalmente para describir los composites, cerámicas, elastómeros, postes de fibra, brackets ortodónticos, dientes naturales y la combinación de materiales de uso restaurador⁽²⁴⁾.

El parámetro de translucidez (TP) es una medida directa de la translucidez que se define como la diferencia de color encontrada para un material a una espesura específica, donde la diferencia de color es entre el material con un contacto óptico con un fondo blanco y negro. TP se basa en la colorimetría CIE, por lo que la iluminación, el observador, y la fórmula de diferencia de color usada deben ser consideradas^(25,26).

Restauraciones provisionales protésicas en odontología

De acuerdo al “Glosario de términos de prostodoncia”, una restauración provisional es una restauración transicional que provee protección, estabilización y función antes de la fabricación de las prótesis definitivas⁽¹¹⁾. Adicionalmente, las restauraciones provisionales permiten evaluar la estética, la función y la efectividad terapéutica del plan de tratamiento rehabilitador⁽²⁷⁾.

Las restauraciones provisionales deben cumplir con las expectativas del paciente, especialmente en los aspectos de forma y color, que permitan

asemejar de la mejor manera a los dientes naturales. De manera tradicional las restauraciones provisionales son realizadas en la misma cita en que se realizó la preparación dentaria, esto con el objetivo de proteger al remanente dentario, promoviendo protección a la pulpa, prevención de la hipersensibilidad, prevención de la supraerupción o inclinación de los dientes contiguos, especialmente cuando los periodos de transición entre la preparación y la restauración definitiva es prolongada, devolver la función oclusal, debe soportar las fuerzas de la masticación, ser fáciles de higienizarlos, ser estéticos y permitir el pulido para evitar el acúmulo de placa dentaria o la pigmentación, además de devolver márgenes correctos que protejan los tejidos gingivales y periodontales^(28,29). En consecuencia los materiales empleados para la fabricación de las restauraciones provisionales deben reunir propiedades físicas y mecánicas capaces de responder de manera positiva a estos requerimientos.

Materiales para las restauraciones provisionales

De manera simplificada los materiales para la fabricación de las restauraciones provisionales pueden ser clasificados en acrílicos y resinas compuestas. Estos materiales difieren con los métodos de polimerización, composición del relleno y tipo de monómero que influyen en las propiedades físicas que incluyen la fuerza, rigidez, reparabilidad, reacción exotérmica, contracción de polimerización, integridad marginal y estabilidad de color⁽²⁸⁾.

Los acrílicos para la fabricación de restauraciones provisionales fueron introducidos desde 1930⁽³⁰⁾. Sus principales ventajas son el bajo costo, una estética aceptable y versatilidad; sin embargo, presentan algunas desventajas como la generación de calor durante el curado, una significativa contracción de la matriz, potencial de cambio de color a lo largo del tiempo, mayor porosidad de la matriz que puede dificultar su pulido y en consecuencia la higiene. Principalmente, existen tres tipos de acrílicos: Polimetil metacrilatos, poli-R' metacrilatos y epimines^(27,31,32).

El polimetil metacrilato (PMMA), es un material de bajo costo, presenta una buena resistencia al desgaste por lo que está indicado en situaciones clínicas donde las restauraciones provisionales permanecerán por un largo periodo de tiempo. Adicionalmente, presenta una buena estética debido a la alta propiedad de pulido y a su estabilidad de color. Por otro lado, este tipo de acrílico presenta un alto grado de reacción exotérmica durante su proceso de curado, alto grado de contracción (cerca del 8%), un tiempo de trabajo corto, son difíciles de pulir y es un material radioluciente. Algunas de las marcas comerciales son: Jet (Lag), Alike (GC, America), Temporary Bridge Resin (Dentsply/Caulk) y Duralay (Reliance)^(29,31).

El poli-R' metacrilato (R' = etil, vinil, isobutil) polietil metacrilato (PEMA), polivinil etil metacrilato (PVEMA) es un material acrílico de bajo costo, genera una reacción exotérmica durante la reacción de curado, menor grado de contracción y un mayor tiempo de trabajo que el polimetil metacrilato. Sus desventajas se relacionan con sus propiedades estéticas que son menores que las del polimetil metacrilato, por lo que no son indicadas para la región

anterior, menor resistencia al desgaste, pobre estabilidad de color, difíciles de reparar y la matriz de acrílico se deteriora frente a la presencia del eugenol. Comercialmente puede encontrarse como Snap (Parkell), Splintline (Lang) y Trim II (Bosworth)⁽³¹⁾.

Los epimines presentan una menor contracción, menor producción de calor en su reacción de curado, por lo que previenen el daño pulpar, sin embargo presentan menor resistencia al desgaste y no se pueden reparar. Comercialmente se presenta como un acrílico en dos pastas como Scutan (ESPE)⁽³¹⁾.

Las resinas compuestas son una combinación de dos o más materiales. En el caso de los materiales de restauración provisional a base de resinas compuestas, las resinas bis-acríticas son el material más empleado. Se trata de un material hidrofóbico similar a bis-GMA⁽²⁸⁾. Las resinas bis-acríticas presentan ventajas frente a los acrílicos tradicionales debido a un menor grado de contracción, menor liberación de calor durante su reacción de curado, excelentes propiedades estéticas y propiedades mecánicas que permiten su pulido y presentan una resistencia relativa a las cargas de la masticación^(27,30,33). Las resinas bis-acríticas están disponibles como autopolimerizables, polimerización dual y polimerización por luz visible. Dentro de las autopolimerizables en el mercado se encuentran bajo el nombre de Luxatemp, Protemp II, Protemp Garant, Protemp IV, Provitec, Smar Temp, Ultra Trim, entre otras. En el caso de las de polimerización dual se encuentran bajo las marcas de Iso temp, Luxatemp solar, Luxa-flow y Provipont DC^(29,31). Las resinas bis-acríticas a base de composite de uretano

dimetacrilato se encuentran bajo la marca comercial de Triad Bis-Acryl, esta última presenta desventajas como ser difícil de ser reparadas. Las resinas bis-acrílicas tienen la mayor fuerza flexural que las resinas. Además, presentan mejoras en la microdureza en relación a los materiales a base de PMMA⁽³¹⁾.

Estabilidad de color de los materiales de restauración provisional

Los materiales de restauración provisional deben poseer propiedades estéticas importantes, ya que se sabe que la aceptabilidad de los tratamientos rehabilitadores por parte de los pacientes están directamente relacionados con las características estéticas desde la colocación de las restauraciones provisionales. En tal sentido, la selección del color del material de restauración provisional debe coincidir con los dientes naturales adyacentes y no deben permitir el cambio de color durante el tiempo de temporalización, especialmente en situaciones donde las restauraciones provisionales deban permanecer por periodos prolongados de tiempo.

La estabilidad de color de los materiales de restauración provisional están relacionados con las propiedades de sorción de los fluidos orales, hábitos de alimentación como el consumo de bebidas con capacidad pigmentante⁽³⁴⁾. Por otro lado, una polimerización incompleta también está asociada a los cambios de color, lo que permite la liberación de monómeros de la matriz, haciéndola menos resistente a los productos pigmentantes⁽²⁸⁾.

Los materiales a base de PMMA son más estables que los de PEMA y PVEMA, en parte debido a sus propiedades físicas. Sin embargo, la estabilidad de color no puede predecirse basada en la clasificación química de los materiales⁽²⁸⁾. Las resinas bis-acrílicas autopolimerizables han demostrado presentar una estabilidad de color similar a los acrílicos autopolimerizables a base de PMMA⁽²⁰⁾. Factores externos como la capacidad de pulido del material puede influir en la protección o el ser propensos a las tinciones. En tal sentido algunos reportes indican que una superficie porosa no pulida presenta una mayor potencialidad a la descoloración que los materiales con un pulido adecuado de su superficie^(1,4,34,35).

Análisis multivariante de la varianza (MANOVA) de dos factores

El análisis multivariante de la varianza de dos factores es considerado como una extensión del ANOVA de dos factores para situaciones donde existan dos o más variables dependientes. Una comparación con respecto a los modelos de ANOVA de un factor, de dos factores y el MANOVA de un factor se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Características de los modelos de análisis de la varianza.

Número de variables independientes no métricas (factores)	Número de variables dependientes (de respuesta) métricas	
	Una Y (Univariada)	Dos o más Y_1, Y_2, Y_3, \dots (Multivariado)
Una X_1 Con a niveles del factor (tratamientos)	<p>Análisis de varianza de un factor</p> <p>(One Way Anova) $Y \sim X_1$ $a > 2$ niveles del factor X_1</p> <p>Prueba t $Y \sim X_1$ $a = 2$ niveles del factor X_1</p>	<p>Análisis de varianza multivariado</p> <p>One Way Manova $Y_1 + Y_2 + \dots + Y_k \sim X_1$ $a > 2$ niveles del factor X_1</p> <p>T² de Hotelling $Y_1 + Y_2 + \dots + Y_k \sim X_1$ $a = 2$ niveles del factor X_1</p>
Dos o más X_1, X_2, \dots, X_n	<p>Two Way Anova $Y \sim X_1 + X_2$</p> <p>Anova (general) $Y \sim X_1 + X_2 + \dots + X_n$</p>	<p>Two Way Manova $Y_1 + Y_2 + \dots + Y_k \sim X_1 + X_2$</p> <p>Manova (general) $Y_1 + Y_2 + \dots + Y_k \sim X_1 + X_2 + \dots + X_n$</p>

El objetivo de este análisis es comprender si existe una interacción entre las dos variables independientes sobre las combinaciones de las variables dependientes⁽³⁶⁾. Se contrasta si los valores no métricos de las variables independientes pueden determinar la igualdad de vectores de medias de una serie de grupos determinados por ellos en las variables dependientes⁽³⁷⁾. Así, MANOVA mide la significación estadística de las diferencias entre los vectores de medias de los grupos determinados en las variables dependientes por los valores de las variables independientes.

Esta técnica permite realizar un análisis global de los efectos de un número de variables independientes sobre un conjunto de variables dependientes correlacionadas en varios grados. MANOVA debe ser preferido sobre la

evaluación de los datos con una serie de pruebas ANOVA univariadas, ya que esto provee seguridad contra el incremento en el margen de error inherente a múltiples pruebas univariadas⁽³⁸⁾. Además, este procedimiento puede revelar y tomar en cuenta las relaciones existentes dentro de los datos^(39,40).

El modelo MANOVA de dos factores se puede expresar de la siguiente manera:

$$Y_{ijr} = \underbrace{\mu}_{\text{Nivel general}} + \underbrace{\tau_i}_{\text{Efecto fijo Factor A al nivel } i} + \underbrace{\beta_j}_{\text{Efecto fijo Factor B al nivel } j} + \underbrace{\gamma_{ij}}_{\text{Interacción entre factores A \& B a los niveles } i \& j} + \underbrace{\epsilon_{ijr}}_{\text{Residual}}$$

Donde:

$$i = 1, 2, \dots, a ; j = 1, 2, \dots, b ; r = 1, 2, \dots, n$$

Y_{ijr} es un vector de observaciones.

μ es un vector de medias globales.

τ_i es el efecto del factor 1.

β_j es el efecto del factor 2.

γ_{ij} es el efecto de la interacción de factores.

ϵ_{ijr} es el vector de errores residuales.

Supuestos de la prueba MANOVA de dos factores^(41,42,43):

1. Se requiere dos o más variables dependientes de tipo continuo.
2. Se requiere dos variables independientes, donde cada variable consista de dos o más grupos categóricos independientes. Los grupos de la variable independiente son usualmente llamados “niveles”. Cada variable independiente se denominará como un “factor”. Adicionalmente, las variables independientes puede ser denominadas como “factores fijos” o “efectos fijos”, esto cuando los grupos de cada variable independiente representan todas las categorías de la variable.
3. Se requiere tener observaciones independientes, es decir que no exista relación entre las observaciones en cada grupo de la variable independiente o entre los mismos grupos.
4. Debe existir una relación lineal entre las variables dependientes para cada grupo de la variable independiente. En MANOVA de dos factores, debe existir una relación lineal entre cada par de variables dependientes para cada grupo de la variable independiente.
5. No debe existir multicolinealidad. Se desea que las variables dependientes tengan una correlación moderada con cada una. Si las correlaciones son bajas, sería mejor realizar una prueba ANOVA de dos factores por separado para cada variable dependiente. Por otro lado, si las correlaciones son muy altas (>0.9), podría existir multicolinealidad⁽⁴⁴⁾.

6. No deben existir “*outliers*” univariados o multivariados. Se debe evaluar la no existencia de *outliers* univariados en cada combinación de grupos de la variable independiente. La presencia de *outliers* multivariados también debe ser analizada, se tratan de casos que tienen una inusual combinación de puntuaciones sobre las variables dependientes^(44,45). Esto se puede calcular por la medida de la distancia de Mahalanobis.
7. Debe existir normalidad multivariante. MANOVA de dos factores necesita que los datos (o residuales) tengan una distribución multivariante normal. Si existe normalidad multivariante, existirá una data normalmente distribuida (residuales) para cada una de las combinaciones de grupo de las variables independientes para todas las variables dependientes^(46,47). Puede emplearse los estadísticos de Shapiro-wilk para normalidad univariante y Skewness de Mardia y kurtosis para normalidad multivariada.
8. Debe existir homogeneidad de las matriz de varianza-covarianza. Este supuesto indica que existan varianzas y covarianzas similares⁽⁴⁸⁾. Este supuesto puede ser probado usando la prueba M de Box de equidad de covarianzas.

La prueba MANOVA de dos factores tiene dos objetivos principales: a) determinar si existe un efecto de interacción estadísticamente significativo

entre las dos variables independientes sobre la combinación de las variables dependientes; y b) si esto es cierto, verificar donde se encuentran estas diferencias⁽⁴⁹⁾. Las entradas para un modelo MANOVA de dos factores se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. MANOVA de dos factores.

Fuente de variación	Grados de libertad (d.f.)	Suma de cuadrados y matriz de productos cruzados (SSCP)
Factor (A)	$a - 1$	$SS_A = \sum_{i=1}^a bn(\bar{X}_i - \bar{X})(\bar{X}_i - \bar{X})'$
Factor (B)	$b - 1$	$SS_B = \sum_{j=1}^b kn(\bar{X}_j - \bar{X})(\bar{X}_j - \bar{X})'$
Interacción (AB)	$(a - 1)(b - 1)$	$SS_{AB} = \sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^b n(\bar{X}_{ij} - \bar{X}_j + \bar{X})(\bar{X}_{ij} - \bar{X}_i - \bar{X}_j + \bar{X})'$
Residual (Error)	$ab(n - 1)$	$E = SS_{Error} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n (\bar{X}_{ijk} - \bar{X}_{ij})(\bar{X}_{ijk} - \bar{X}_{ij})'$
Total	$abn - 1$	$E = SS_{Error} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n (\bar{X}_{ijk} - \bar{X})(\bar{X}_{ijk} - \bar{X})'$

En MANOVA de dos factores, el investigador está interesado en probar tres hipótesis, dos hipótesis son para los efectos de cada factor y la tercera hipótesis es para la interacción entre los dos factores sobre varias variables respuesta o dependientes medidas en la misma unidad de estudio. La prueba lambda de Wilk puede ser empleada para examinar las tres hipótesis, la de interacción y las de los efectos principales, aunque puede incluirse el análisis de otras pruebas como la traza de Pillai, traza de Lawley-Hotelling y la raíz mayor de Roy.

1.2. Planteamiento del problema

Las restauraciones provisionales (RP) juegan un rol importante en el éxito del tratamiento rehabilitador en odontología. Estas restauraciones son esenciales para proveer protección al órgano dentario antes de la fabricación de las restauraciones definitivas, restituyendo la estética y funciones biológicas y mecánicas como la restitución de la oclusión, resistencia al desgaste, precisión en la adaptación de los márgenes y estabilidad de color durante periodos de tiempo variados hasta lograr las restauraciones definitivas^(29,50-53). Adicionalmente, las RP promueven la salud periodontal, un factor esencial de ser cumplido antes de completar el tratamiento restaurador⁽³²⁾. Las RP pueden ser fabricadas en la misma cita de la preparación dentaria, por lo que el procedimiento debe ser eficiente, considerando tiempo y costos de fabricación^(54,55).

Las RP deben reunir características estéticas en forma, color, brillo y resistencia que las aproximen a las restauraciones definitivas y en consecuencia a los dientes naturales. El no cumplimiento de estas características puede llevar al paciente a la pérdida de confianza en las habilidades profesionales del clínico⁽²⁹⁾.

Existen diversos materiales que son empleados para la fabricación de las RP, entre ellos las resinas autopolimerizables, fotopolimerizables y termopolimerizables^(29,32).

El polimetil metacrilato (PMMA), ha sido usado ampliamente para la fabricación de restauraciones provisionales, presenta una alta resistencia, logrando alcanzar niveles de estética aceptables y permitiendo restituir la función de manera temporal. Sin embargo, posee una liberación exotérmica durante su polimerización que se acompaña por contracción y deficiencia en el sellado marginal^(32,28). El polietil

metacrilato (PEMA) presenta resistencia moderada, liberación exotérmica controlada y una mejor adaptación marginal, sin embargo presenta una estabilidad de color moderada, lo que puede generar necesidad de recambios en tratamientos restauradores prolongados. Las resinas bis-acrílicas son más costosas que PMMA y PEMA, presentan una baja reacción exotérmica, bajo nivel de contracción y una mejor adaptación marginal, mejora en la microdureza de superficie, mientras que presentan una estabilidad de color bastante aceptable en largos periodos de tiempos^(29,56).

Las propiedades estéticas de las RP, no pueden ser predecidas solamente basados en la composición química del material, factores como el acabado de superficie puede contribuir a las propiedades de resistir a la pigmentación, considerando que una superficie porosa exhibe mayor posibilidad de pigmentación que un material correctamente pulido.

La pigmentación de las RP puede producirse por el consumo de diversos alimentos y bebidas, y al desgaste mecánico producto de la masticación.^(57,58)

En el mercado, existen diversos productos con la capacidad de generar pigmentaciones o cambio de color en las restauraciones provisionales, entre ellos las bebidas industrializadas como el café, bebidas gasificadas, jugos procesados, té, vino o jugos de frutas^(2,3,5,59,60).

A pesar de existir reportes sobre el cambio de color de diferentes materiales de restauración provisional empleando diversas sustancias pigmentantes, la literatura continúa siendo limitada en el estudio de la estabilidad de color, translucidez y brillo. Consecuentemente, el presente protocolo de investigación se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es el efecto de las bebidas pigmentantes

industrializadas sobre el color, translucidez y brillo de dos materiales de restauración provisional?

1.3. Justificación

El presente protocolo de investigación es parcialmente original, ya que existen experiencias previas, aunque estas fueron realizadas con enfoques diferentes, considerando materiales diversos y aspectos metodológicos particulares. En este sentido, no se ha identificado antecedentes que aborden la problemática desde la perspectiva que se plantea en el presente protocolo, especialmente considerando diversas bebidas industrializadas con potencial pigmentante incluyendo una bebida de alto consumo en el Perú como la chicha morada, que es una bebida tradicional preparada a base de maíz morado.

La relevancia científica de este protocolo radica en el interés de conocer el efecto de las bebidas pigmentantes sobre diversas características de los materiales de restauración provisional. A su vez, el problema planteado es un tópico de interés en el área del estudio de los materiales dentales contemporáneos y de frecuente uso clínico por los odontólogos.

Los estudios previos valoran el efecto de diversas bebidas pigmentantes sobre cada una de las variables relacionadas con las propiedades estéticas de los materiales de restauración. En esta investigación, para el análisis de los datos se plantea un modelo de análisis multivariado entre las variables, con el objetivo de verificar no solamente el efecto de las bebidas pigmentas sobre las propiedades estéticas, sino también, poder evaluar la interacción entre ellas.

Finalmente, el problema planteado es de interés y motivación personal al enmarcarse dentro de la línea de investigación que el investigador sigue a través de proyectos y artículos publicados, además de colaborar con el interés de realizar un aporte teórico-práctico al área de la odontología.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de las bebidas pigmentantes sobre la estabilidad de color, translucidez y brillo de dos materiales de restauración provisional.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de cinco bebidas pigmentantes de alto consumo sobre el color de dos materiales de restauración provisional protésica.
- Determinar el efecto de cinco bebidas pigmentantes de alto consumo sobre la translucidez de dos materiales de restauración provisional protésica.
- Determinar el efecto de cinco bebidas pigmentantes de alto consumo sobre el brillo de dos materiales de restauración provisional protésica.
- Comparar el efecto de cinco bebidas pigmentantes de alto consumo sobre el color, translucidez y brillo de dos materiales de restauración provisional protésica.

- Proponer al Análisis Multivariante de la Varianza como modelo estadístico para la evaluación del efecto de las bebidas pigmentantes de alto consumo sobre las propiedades estéticas de dos materiales de restauración provisional protésica.

1.5. Hipótesis

Hipótesis estadísticas

Ho₁: No existe un efecto significativo del tipo de material de restauración provisional sobre el color, translucidez y brillo.

H1₁: Existe un efecto significativo en al menos uno de los materiales de restauración provisional sobre el color, translucidez y brillo.

$$Ho_1: \tau_{Duralay} = \tau_{Protemp} = 0$$

$$H1_1: \text{al menos un } \tau_i \neq 0$$

Ho₂: No existe un efecto significativo de las bebidas pigmentantes sobre el color, translucidez y brillo.

H1₂: Existe un efecto significativo en al menos una de las bebidas pigmentantes sobre el color, translucidez y brillo.

$$Ho_1: \beta_{Té} = \beta_{Café} = \beta_{Vino} = \beta_{Coca-cola} = \beta_{Chicha} = 0$$

$$H1_2: \text{al menos un } \beta_j \neq 0$$

Ho₃: No existe un efecto significativo de la interacción del tipo de material y las bebidas pigmentantes sobre el color, translucidez y brillo.

H1₃: Existe un efecto significativo en al menos una interacción entre el tipo de material y las bebidas pigmentantes sobre el color, translucidez y brillo.

$$Ho_3: \gamma_{ij} = 0$$

$$H1_3 = \text{al menos un } \gamma_{ij} \neq 0$$

Para todos los i,j (Interacción entre el factor 1 y 2), donde γ_{ij} son los efectos de interacción.

La primera hipótesis aborda el efecto principal para los materiales de restauración. La segunda hipótesis refleja el efecto principal de las bebidas pigmentantes y la tercera hipótesis aborda el tema de interacción entre los materiales de restauración y las bebidas pigmentantes.

CAPÍTULO II

ASPECTOS METODOLÓGICOS

2.1. Tipo de estudio

El estudio es una investigación de Enfoque Cuantitativo, Nivel Explicativo, de tipo Analítico, experimental, Longitudinal y Prospectivo.

2.2. Definición de la población y muestra

Al tratarse de un estudio in vitro, la muestra estará constituida por los cuerpos de prueba (discos) que serán fabricados para la presente investigación.

Criterios de selección

Se incluirán aquellos discos confeccionados que presenten una superficie lisa con bordes definidos y sin burbujas o defectos de superficie a la observación directa.

2.3. Unidad de análisis del estudio

Un disco fabricado con los materiales de restauración provisional de 8 mm de diámetro y 2 mm de altura. Los materiales de restauración provisional serán: un acrílico químicamente activado (Duralay, Reliance) y una resina bis-acrítica químicamente activada (Protemp 4, 3M ESPE).

2.4. Muestra

Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra se calculó con el *Real Statistics resource Pack software* (Release 7.6) empleando el cálculo de tamaño de muestra para la prueba MANOVA de dos factores usando la función `MANOVA2int_SIZE`⁽⁶¹⁾. Se consideró un tamaño mediano del efecto η^2 parcial de 0.06 para la interacción entre los dos factores, un poder de 0.9; un valor de 2 para el número de grupos del primer factor y de 6 para el segundo factor y un valor de 3 para el número de variables dependientes. El tamaño de muestra mínimo calculado fue de 128, con un poder de 0.90. Como el valor no es divisible entre la cantidad de interacciones entre los grupos ($2 \times 6 = 12$), el número final mínimo de muestra fue 144, el siguiente número más alto mayor que 128 que es divisible por 12 y que permite obtener un número par de muestras por grupo. Finalmente se incluyen 144 muestras divididas en 12 grupos ($n = 12$) (Anexo 1). La asignación de las muestras en los grupos se realizó de manera aleatoria empleando el programa *Research Randomizer Form 4.0* (Social Psychology Network, Middletown, CT, USA).

La fórmula para el cálculo de la muestra empleada por el *Real Statistics resource Pack software* es una adaptación de la fórmula presentada por Montgomery⁽⁶²⁾:

$$n = \frac{(Z^2 * (k1 - 1) * (k2 - 1) * (p + 1))}{(\eta_p^2 * K2)}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

Z = valor Z correspondiente al poder de 0.9 y un nivel de significancia de 0.05 ($Z = 1.52$)

K1 = número de grupos del factor A (2)

$$\eta_p^2 = 0.06$$

N = número total de grupos (K1 * K2) (2*6 = 12)

El cálculo del Z se realizó con una aproximación para diseños experimentales con múltiples grupos, basado en la distribución chi-cuadrado de acuerdo a la recomendación de Cohen⁽⁶³⁾. Donde el valor de x^2 es el estadístico de chi-cuadrado para el poder estadístico deseado (0.9) y N es el número total de grupos:

$$Z = \sqrt{(x^2)/(N - 1)}$$

$$Z = \sqrt{(25.4144)/(12 - 1)}$$

$$Z = \sqrt{(25.4144)/(11)}$$

$$Z = \sqrt{2.3104}$$

$$Z = 1.52$$

Por lo tanto, el cálculo del tamaño de la muestra necesario para un análisis de varianza multivariado que involucra dos factores, con un $\eta_p^2 = 0.06$, un poder de 0.9 y un nivel de significancia de 0.05 es:

$$n = \frac{(Z^2 * (k1 - 1) * (k2 - 1) * (p + 1))}{(\eta_p^2 * k2)}$$

$$n = \frac{(1.52^2 * (2 - 1) * (6 - 1) * (3 + 1))}{(0.06 * 6)}$$

$$n = \frac{(2.3104 * (1) * (5) * (4))}{(0.36)}$$

$$n = \frac{(46.208)}{(0.36)}$$

$$n = 128.29$$

2.5. Definición de variables. Operacionalización de variables.

Identificación de variables

Variable 1: Material de restauración provisional (independiente/agrupación)

Variable 2: Bebidas pigmentantes (independiente/agrupación)

Variable 3: Estabilidad de color (dependiente)

Variable 4: Translucidez (dependiente)

Variable 5: Brillo (dependiente)

Variable independiente	Indicador	Valor	Tipo de variable	Escala de medición
Material de restauración provisional	Tipo de material	<ul style="list-style-type: none"> • Acrílico químicamente activado • Resina bis-acrítica químicamente activada 	Categórica	Nominal
Bebida pigmentante	Tipo de bebida pigmentante	<ul style="list-style-type: none"> • Té • Café • Vino 	Categórica	Nominal

		<ul style="list-style-type: none"> •Cocacola •Chicha morada •Agua destilada 		
Variables dependientes	Indicador	Valor	Tipo de variable	Escala de medición
Estabilidad de color†	Medición con Espectrofotómetro digital	Parámetro Delta E (ΔE) ΔL^* Δa^* Δb^*	Continua	Razón
Translucidez†	Medición de la translucidez con espectrofotómetro digital	Parámetro TP (ΔT)	Continua	Razón
Brillo†	Medición con glosímetro	Parámetro GU (ΔB)	Continua	Razón

† Las variables: estabilidad de color, translucidez y brillo son variables numéricas continuas. El valor de estas variables corresponden a los valores numéricos entregados por los parámetros ΔE , ΔT y ΔB , por lo tanto se consideran como adimensionales.

2.6. Proceso de obtención de datos

Preparación de los discos de prueba

Los discos fueron preparados en un molde metálico de 8 mm de diámetro y 2 mm de altura⁽⁵⁸⁾. Cada material fue preparado según las instrucciones de los fabricantes.

Los materiales fueron incertados en un solo incremento en los moldes. Se colocó

una lámina de acetato y una lámina portaobjetos sobre el molde para promover la remoción de los excesos del material y asegurar una superficie plana y paralela para facilitar la lectura de las muestras⁽¹⁾.

Técnica de pulido

En el caso de las muestras de resina bis-acrítica, los discos fueron frotados con una gaza embebida en alcohol para remover la capa de inhibición por 20 segundos, previamente al proceso de pulido⁽³⁵⁾.

Para estandarizar la superficie de todas las muestras, se realizó un acabado de la superficie con discos de lija siliconada (3M ESPE) con la secuencia de P240, P320 y P360 por 20 segundos, bajo refrigeración⁽³⁵⁾.

Pulido con puntas abrasivas: las muestras fueron pulidas con puntas abrasivas (Exa-Technique-Edenta, labordental Ltda, Sao Paulo, SP, Brazil). Las puntas abrasivas fueron usadas desde los granos más gruesos a los más finos en la siguiente secuencia: verde, gris y amarillo. Cada punta fue aplicada a la superficie de la muestra por 20 segundos con una rotación de 15,000 rpm (verde y gris) y 7,000 rpm (amarillo), según las instrucciones del fabricante.

Pulido con cepillo de pelo de cabra y pasta de pulido: el cepillo (Becht, Labordental Ltda, Sao Paulo, SP, Brazil) con la pasta de pulido de grano extra fino (2-4 micrones, Diamond Excel, Dentscare, LTDA, Joinville-SC, Brazil) fue aplicado con una rotación constante de 18,000 rpm por 1 min.

Después del pulido las muestras fueron lavadas con agua destilada por 30 segundos y fueron colocadas en un baño ultrasónico por 10 minutos⁽³⁵⁾. Las muestras fueron almacenadas sumergidas en agua destilada en una incubadora a 37 °C por 24 horas, antes de medir el color inicial y de ser sometidas a los agentes pigmentantes⁽⁶⁰⁾.

Toma del color inicial

La toma de color inicial (T1) se realizó usando los criterios de las coordenadas CIE $L^*a^*b^*$ empleando un espectrofotómetro VITA Easyshade® (VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Alemania) para cada muestra antes de la exposición de los agentes pigmentantes. La toma del color se realizó sobre un fondo gris claro para evitar el contraste y poder padronizar el proceso. La punta del espectrofotómetro se ubicó de manera perpendicular en el centro del disco⁽⁶⁰⁾. Las medidas individuales fueron repetidas tres veces para cada muestra y se calcularon los valores de L^* , a^* y b^* .

Preparación de las bebidas pigmentantes

Café: para la preparación de la solución de café (Nescafé), se pesó 2,8 g de café en una balanza, el café se agregó a un vaso beaker con 500 mL de agua destilada hirviendo⁽⁵⁹⁾.

Té: para la preparación de la solución de té, se empleó 4 bolsas de té sumergidas en 500 mL de agua destilada hirviendo. La solución se filtró con papel filtro Nro 1 y 4⁽⁵⁹⁾.

Para la cola (Coca-Cola Company, Lima, Perú), y chicha morada (Gloria) se emplearon marcas disponibles en el mercado. Para el grupo control se empleó agua destilada. Todas las soluciones se dejaron enfriar a temperatura ambiente antes de su uso.

Inmersión de los discos en las soluciones pigmentantes

En un contenedor individualizado para cada muestra se agregó 10 mL de cada solución⁽⁴⁾. Para simular el efecto de un año de consumo de las bebidas sobre las variables estudiadas se estimó la cantidad de tiempo de exposición de los discos a

las bebidas considerando que el consumo promedio de una taza de café o té de 250 ml es de aproximadamente 20 min, y un mínimo de consumo de dos tazas al día. Se estimó un tiempo de inmersión de 120 horas o 5 días. Las bebidas fueron renovadas cada 24 horas y se mantuvieron a 37 °C en una incubadora. Luego del tiempo las muestras fueron lavados con agua corriente y se secaron con papel absorbente.

Medición de la diferencia de color

El color se registró luego del tiempo de inmersión de las muestras en las bebidas pigmentantes (T2), siguiendo los procedimientos previamente comentados para T1. Las diferencias observadas en el color (ΔE) de las muestras fueron calculadas empleando la fórmula:

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

Medición de la translucidez

La translucidez se midió usando el parámetro CIE $L^* a^* b^*$ contra un fondo blanco y negro con espectrofotómetro VITA Easyshade® (VITA Zahnfabriik, Bad Sackingen, Alemania) para cada muestra antes y después de la exposición de los agentes pigmentantes. La punta del espectrofotómetro se posicionó de manera perpendicular en el centro del disco⁽⁶⁰⁾. Las medidas individuales fueron repetidas tres veces para cada muestra. El parámetro de la translucidez (TP) se calculó usando la siguiente fórmula:

$$TP = [(L^*b - L^*w)^2 + (a^*b - a^*w)^2 + (b^*b - b^*w)^2]^{1/2}$$

Donde L^*w , a^*w y b^*w pertenece al fondo blanco y L^*b , a^*b y b^*b pertenece al fondo negro. Las diferencias entre las dos lecturas entrega el parámetro de translucidez (PT) ⁽⁶⁴⁾.

$$\Delta T = PT_2 - PT$$

Medición del brillo

La medición del brillo se realizó empleando un brillómetro BEVS1506 (BEVS Industrial Co., Ltd. Guangzhou, Guangdong, China), con un área de medición de 2mm x 2mm y una geometría de incidencia de luz de 60°. Los valores obtenidos se expresan en unidades de brillo (GU). Se empleó un posicionador plástico para bloquear y eliminar la interferencia de luz ambiental y permitir la reproducibilidad en las mediciones. Se realizaron tres mediciones para cada muestra, que fue promediada. Las mediciones se realizaron antes y después de someter las muestras a las bebidas pigmentantes ^(65,66).

$$\Delta B = PB_2 - PB_1$$

2.7. Procesamiento y análisis estadístico de la información

Los datos fueron analizados con los Software Stata® 17 (StataCorp LP, College Station, TX, USA), Rstudio (Rstudio Team, PBC, Boston, MA, USA) y *Real Statistics resource Pack software* (Release 7.6). Para el análisis descriptivo de los datos de las variables continuas se emplearon medidas de tendencia central (media, mediana) y dispersión (desviación estándar, rango intercuartílico, valor máximo y valor mínimo). Al existir dos variables independientes de agrupación y tres

variables dependientes continuas, se eligió el análisis multivariante de la varianza (MANOVA) de dos factores para contrastar si los valores no métricos de las variables independientes determinan la igualdad de vectores de medias de una serie de grupos determinados por ellos en las variables dependientes. Para ello se verificaron los supuestos exigidos para la aplicación del modelo MANOVA de dos factores. La evaluación de la normalidad multivariante se realizó con las pruebas de simetría y curtosis de Mardia, prueba de Henze-Zirkle y prueba de Doornik-Hansen. La igualdad de las matrices de varianza-covarianza se valoró con la prueba M de Box. Para evaluar la linealidad entre los pares de variables dependientes se emplearon gráficos de dispersión. La ausencia de multicolinealidad se evaluó con la prueba de correlación de Pearson entre los pares de variables dependientes. La evaluación de la ausencia de *outliers* multivariados se evaluó a través de las distancias de Mahalanobis. El nivel de significancia para todas las pruebas se estableció al 5%, excepto en el caso de las pruebas M de Box y para la valoración de las distancias de Mahalanobis donde el nivel de significancia se estableció al 1%.

2.8. Aspectos de ética en investigación

La investigación fue aprobada por la Dirección Universitaria de Asuntos Regulatorios de la Investigación con registro CAR-DUARI-124-23.

CAPÍTULO III
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

Estadística descriptiva

Tabla 3. Estadística descriptiva basados en las mediciones de los parámetros de diferencias de color, translucidez y brillo según tipo de material de restauración y bebida pigmentante.

Material	Bebida	ΔE			ΔT			ΔB		
		$\bar{x} \pm DE$	Me(RIQ)	Mín/Máx	$\bar{x} \pm DE$	Me(RIQ)	Mín/Máx	$\bar{x} \pm DE$	Me(RIQ)	Mín/Máx
Duralay	Té	7.30±1.48	7.86(2.08)	4.48/9.31	-1.79±0.62	-1.76(0.98)	-2.99/-0.95	-4.58±1.31	-4.66(1.45)	-7.1/-2.27
	Café	7.48±1.53	7.55(2.52)	5.38/9.59	-1.19±0.57	-1.15(1.03)	-2.05/-0.38	-6.44±1.17	-6.11(1.53)	-8.7/-5.2
	Vino	5.66±1.45	5.36(2.49)	3.32/7.8	-1.71±0.64	-1.56(1)	-2.82/-0.54	-6.03±1.29	-6.3(2.09)	-7.63/-3.93
	Coca-cola	3.88±1.48	3.52(2.16)	2.06/6.53	-1.28±0.61	-1.58(1.19)	-1.92/-0.48	-3.47±1.31	-3.4(2.76)	-5.1/-1.93
	Chicha morada	4.25±1.51	3.52(2.63)	2.33/6.96	-1.39±0.59	-1.15(1.07)	-2.47/-0.81	-3.51±1.33	-3.33(2.44)	-5.45/-1.6
	Control (agua destilada)	0.27±0.10	0.28(0.17)	0.18/2.13	-0.10±0.03	-0.11(0.05)	-0.14/-0.06	-0.24±0.17	-0.23(0.15)	-0.6/0.1
Protemp	Té	8.17±1.48	8.47(1.79)	4.74/9.75	-2.77±0.65	-2.88(0.71)	-3.65/-1.45	-7.04±1.19	-7.1(1.61)	-8.93/-5.1
	Café	11.02±1.07	11.18(1.96)	9.45/12.58	-5.65±0.66	-5.84(0.87)	-6.51/-4.44	-8.28±1.09	-8.11(2)	-9.93/-7.03
	Vino	9.28±0.77	9.51(1.05)	7.56/10.34	-4.82±0.63	-4.85(1.06)	-5.65/-3.78	-6.37±1.28	-6.58(2.13)	-8.33/-4.46
	Coca-cola	4.37±1.51	4.39(2.95)	2.26/6.7	-1.76±0.32	-1.8(0.43)	-6.70/-2.26	-2.53±1.27	-2.2(1.65)	-4.96/-1.06
	Chicha morada	3.23±1.51	3.56(2.63)	1.25/5.53	-1.35±0.62	-1.34(1.08)	-5.53/-1.25	-2.81±1.27	-2.83(2.42)	-4.53/-1.00

Control (agua destilada)	0.49±0.19	0.41(0.23)	0.29/0.90	-0.17±0.04	-0.18(0.05)	-0.23/-0.11	-0.09±0.22	-0.09(0.04)	-0.12/-0.05
--------------------------	-----------	------------	-----------	------------	-------------	-------------	------------	-------------	-------------

\bar{x} = Media; DE= Desviación estándar; Me= Mediana; RIQ= Rango intercuartílico; Mín= Mínimo; Máx= Máximo

La Tabla 3 muestra la estadística descriptiva incluyendo medidas de tendencia central como la media, la mediana y medidas de dispersión como la desviación estándar, rango intercuartílico y valores mínimos y máximos para los parámetros ΔE , ΔT y ΔB de acuerdo al tipo de material y bebida pigmentante.

Para el análisis inferencial no se incluyeron los datos correspondientes al grupo control negativo (agua destilada) debido a que sirvió como valor basal del experimento. Además, debido a la baja variabilidad en los datos reportados en este grupo, su inclusión en el análisis incrementaría la dispersión, lo que llevaría a una aplicación no apropiada del modelo MANOVA de dos factores.

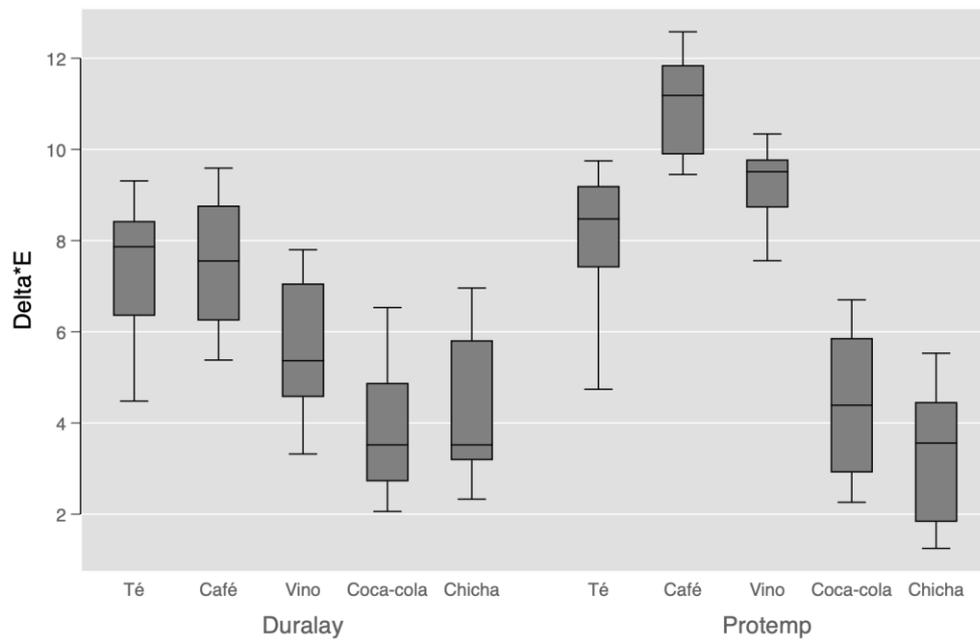


Gráfico 1. Boxplot de ΔE según material de restauración y bebida pigmentante.

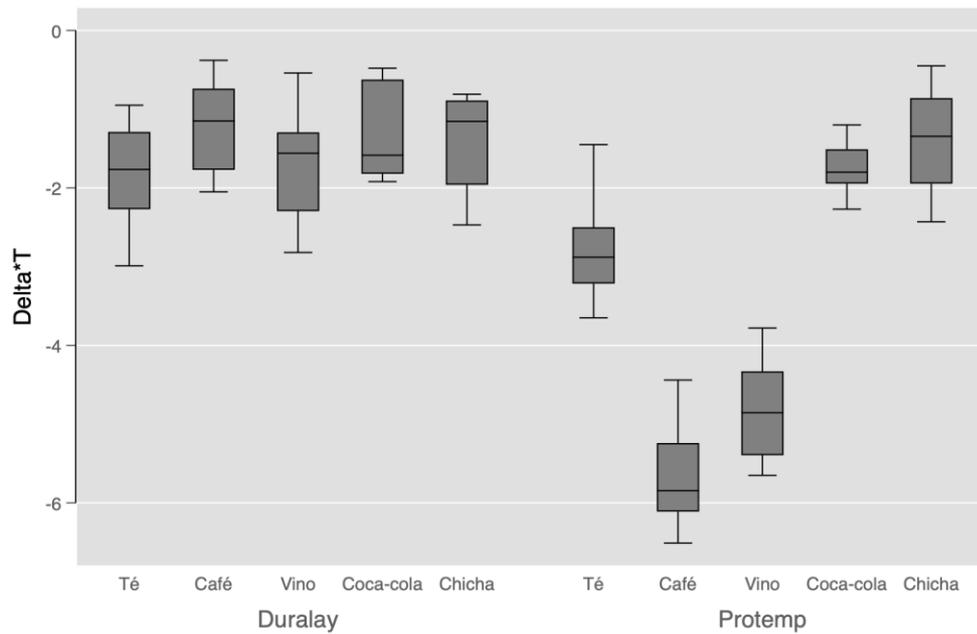


Gráfico 2. Boxplot de ΔT según material de restauración y bebida pigmentante.

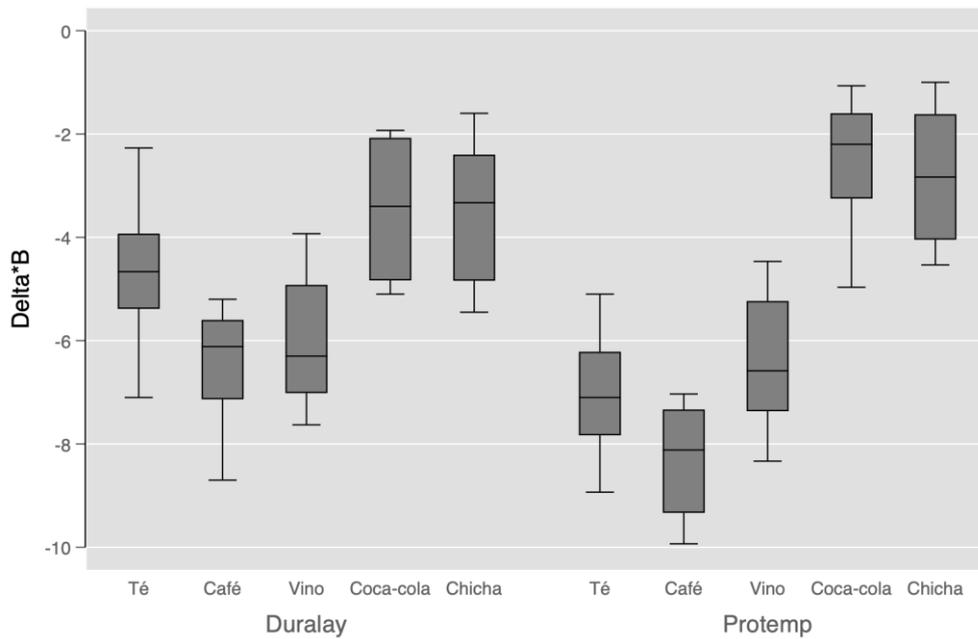


Gráfico 3. Boxplot de ΔB según material de restauración y bebida pigmentante.

En los gráficos 1 al 3 se presentan boxplots en los que se comparan las dos categorías de la variable Material respecto a las categorías de la variable Bebida. En el gráfico 1 se muestra la distribución por los valores de ΔE , se puede observar que las muestras que fueron sometidas al té, café y vino en el grupo del material Protemp presentaron mayor cambio de color que las correspondientes al grupo de material Duralay. En el gráfico 2 se muestra la distribución por los valores de ΔT , donde las muestras sometidas al café y vino en el grupo Protemp presentaron una disminución de la translucidez con respecto a las muestras sometidas a las otras bebidas del mismo grupo y aquellas que corresponden al grupo de material Duralay. El gráfico 3 muestra la distribución de los valores de ΔB , se puede observar que las muestras sometidas al té, café y vino en el grupo de material Protemp mostraron una disminución en los valores del brillo (pérdida de brillo) al ser comparados con todos los otros grupos.

Modelo MANOVA

Tabla 4. Aplicación de la prueba MANOVA de dos factores

Número de obs = 120

W = Lamba de Wilks L = Traza de Lawley-Hotelling

P = Traza de Pillai R = Raíz mayor de Roy

Fuente	Estadístico	gl	F (df1, df2)	= F	η_p^{2*}	Prob>F	
Modelo	W	0.0341	9	27.0 316.1	25.51		0.0000 a
	P	1.7243		27.0 330.0	16.52		0.0000 a
	L	9.5301		27.0 320.0	37.65		0.0000 a
	R	7.5653		9.0 110.0	92.47		0.0000 u
Residual		110					
Material	W	0.2856	1	3.0 108.0	90.03	0.701	0.0000 e
	P	0.7144		3.0 108.0	90.03	0.701	0.0000 e
	L	2.5009		3.0 108.0	90.03	0.701	0.0000 e
	R	2.5009		3.0 108.0	90.03	0.701	0.0000 e
Bebida	W	0.1493	4	12.0 286.0	25.07	0.593	0.0000 a
	P	1.0462		12.0 330.0	14.73	0.464	0.0000 a
	L	4.4060		12.0 320.0	39.16	0.340	0.0000 a
	R	4.0962		4.0 110.0	112.65	0.593	0.0000 u
Material#Bebida	W	0.2266	4	12.0 286.0	17.94	0.458	0.0000 a
	P	0.9595		12.0 330.0	12.93	0.381	0.0000 a
	L	2.6232		12.0 320.0	23.32	0.310	0.0000 a
	R	2.2980		4.0 110.0	63.20	0.458	0.0000 u
Residual		110					
Total		119					

e = exacto, a = apropiado, u = upper bond on F

* Calculado en Rstudio

Los resultados del MANOVA mostraron que existe una interacción significativa entre el tipo de Material y la bebida pigmentante, debido a que el p valor es muy pequeño para todas las pruebas multivariantes (mostrado en la columna Prob>F). Este hallazgo indica que los factores actúan en conjunto para influir sobre los parámetros de cambio de color, translucidez y brillo. Además, los dos tipos de materiales y los tipos de bebidas pigmentantes tienen un efecto significativo en al menos una de las respuestas.

Supuestos del MANOVA

1. Linealidad (Relación lineal entre pares de VD)

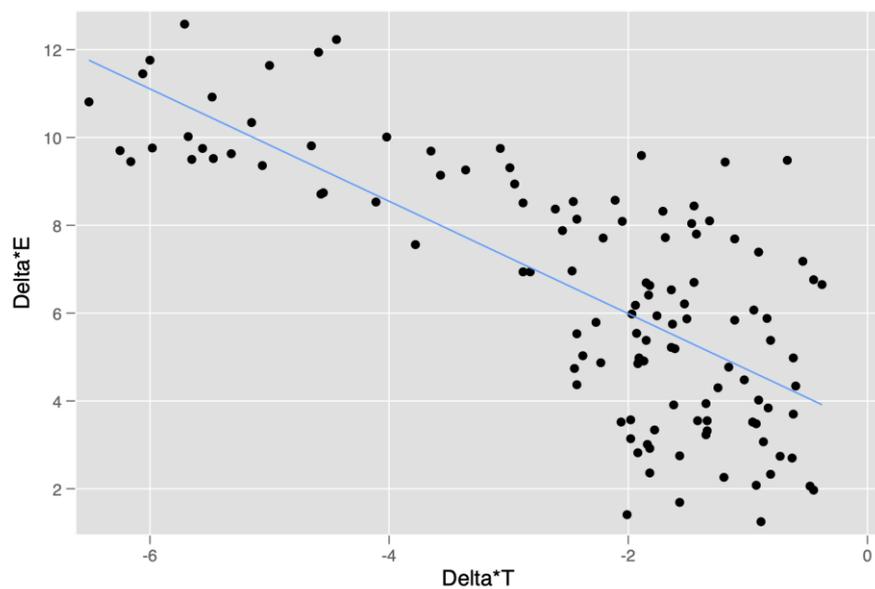


Gráfico 4. Relación lineal entre ΔE y ΔT

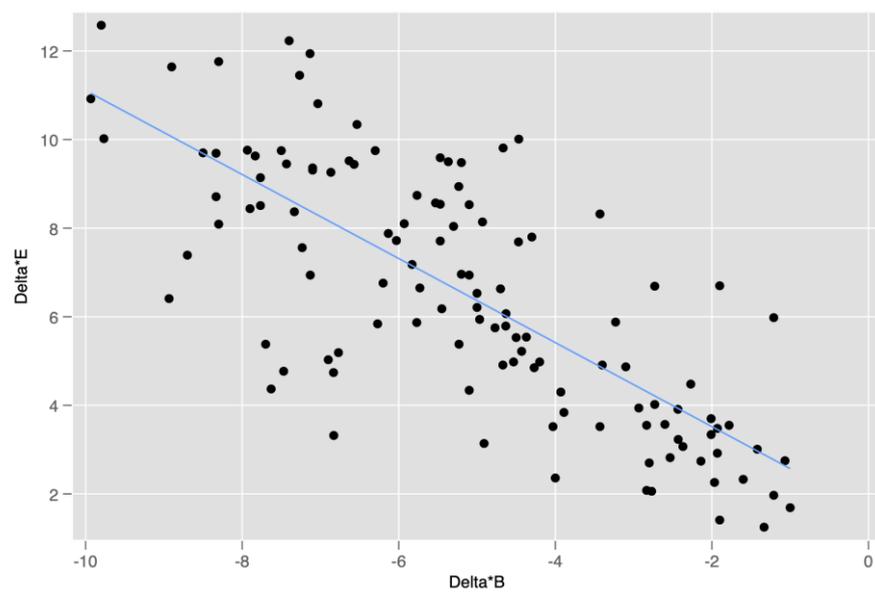


Gráfico 5. Relación lineal entre ΔE y ΔB

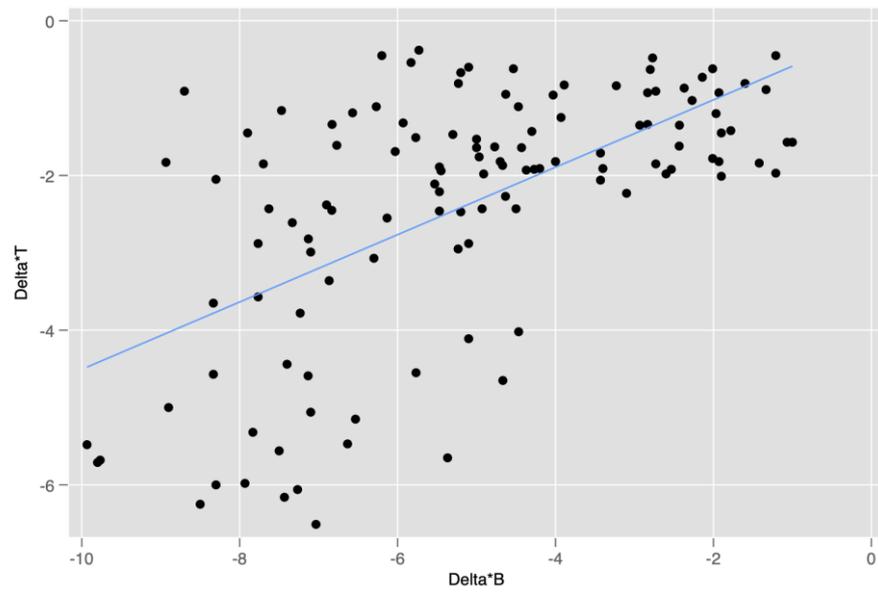


Gráfico 6. Relación lineal entre ΔT y ΔB

La secuencia de gráficos 4, 5 y 6, demuestran la relación lineal entre las combinaciones de las variables dependientes. En el caso de $\Delta E * \Delta T$ y $\Delta E * \Delta B$ se observó un relación lineal negativa, mientras que para la combinación de $\Delta T * \Delta B$ se observó la presencia de una relación lineal positiva.

2. Ausencia de multicolinealidad

Tabla 5. Evaluación de la ausencia de multicolinealidad

	ΔE	ΔT	ΔB
ΔE	1.0000		
ΔT	-0.7364 0.0000	1.0000	
ΔB	-0.7571 0.0000	0.6041 0.0000	1.0000

El supuesto indica que no debe existir multicolinealidad (correlaciones muy altas; es decir, > 0.9 , o muy bajas) ⁽⁴⁴⁾ entre las variables dependientes. En este caso ninguna de las combinaciones demostró poseer coeficientes de correlación (r) mayores a 0.8. Por lo que se concluye que se cumple con el supuesto.

3. Distribución normal multivariada del conjunto de VD

Tabla 6. Prueba de normalidad univariada a partir de los residuales

Variable	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	-----Joint-----	
			Adj Chi2(2)	Prob>chi2
res1	0.3290	0.2740	2.19	0.3338
res2	0.8428	0.0069	6.82	0.0330
res3	0.8071	0.0017	8.74	0.0127

Tabla 7. Prueba de Doornik-Hansen para normalidad bivariada a partir de los residuales

Par de variables		Chi2	df	Prob>chi2
res1	res2	2.79	4	0.5941
	res3	8.27	4	0.0822
res2	res3	5.50	4	0.2401

Tabla 8. Prueba de normalidad multivariada

Test de normalidad					
Mardia Skewness	=	.2696972	chi2(10) =	5.598	Prob>chi2 = 0.8478
Mardia Kurtosis	=	13.58937	chi2(1) =	1.990	Prob>chi2 = 0.1584
Henze-Zirkler	=	.9340635	chi2(1) =	1.721	Prob>chi2 = 0.1896
Doornik-Hansen			chi2(6) =	6.115	Prob>chi2 = 0.4104

Aunque los procedimientos MANOVA son bastante robustos a las desviaciones de la normalidad multivariante, es importante verificar si hay violaciones graves de este supuesto a través de distintas pruebas y gráficos a partir de los vectores de residuales luego de ajustar el modelo.⁽⁴¹⁾ Las pruebas de normalidad univariada, bivariada y multivariada indican que los datos están normalmente distribuidos. Solo en el caso de la normalidad univariada del res2 y res3 fue cuestionable con valores p de 0.0330 y 0.0127 respectivamente. Sin embargo, esto no influye en los resultados observados para la normalidad multivariada, donde a través de la prueba de asimetría ($p = 0.8478$) y kurtosis de Mardia ($p = 0.1584$), se comprueba que los datos presentan normalidad multivariada ^(46,47). Adicionalmente las pruebas de Henze-Zirkler y Doornik-Hansen apoyan esta conclusión.

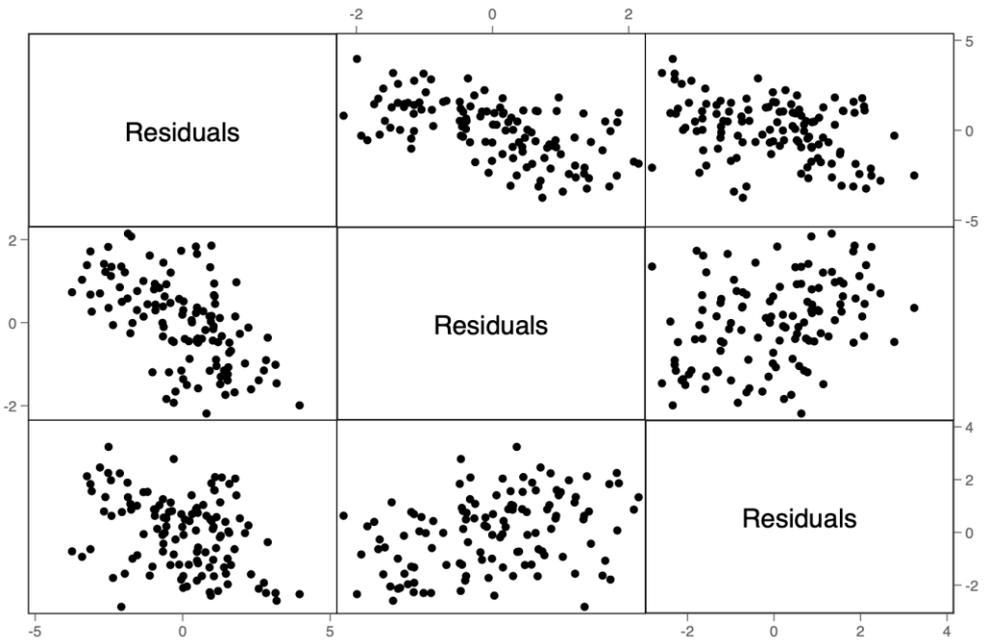


Gráfico 7. Gráfico de dispersión para los pares de residuales.

El gráfico 7 muestra los gráficos de dispersión para los pares de los vectores residuales (gráfico de dispersión bivariado), esperando observar una forma elíptica en la dispersión. Este gráfico sustenta también el supuesto de linealidad para las variables dependientes.

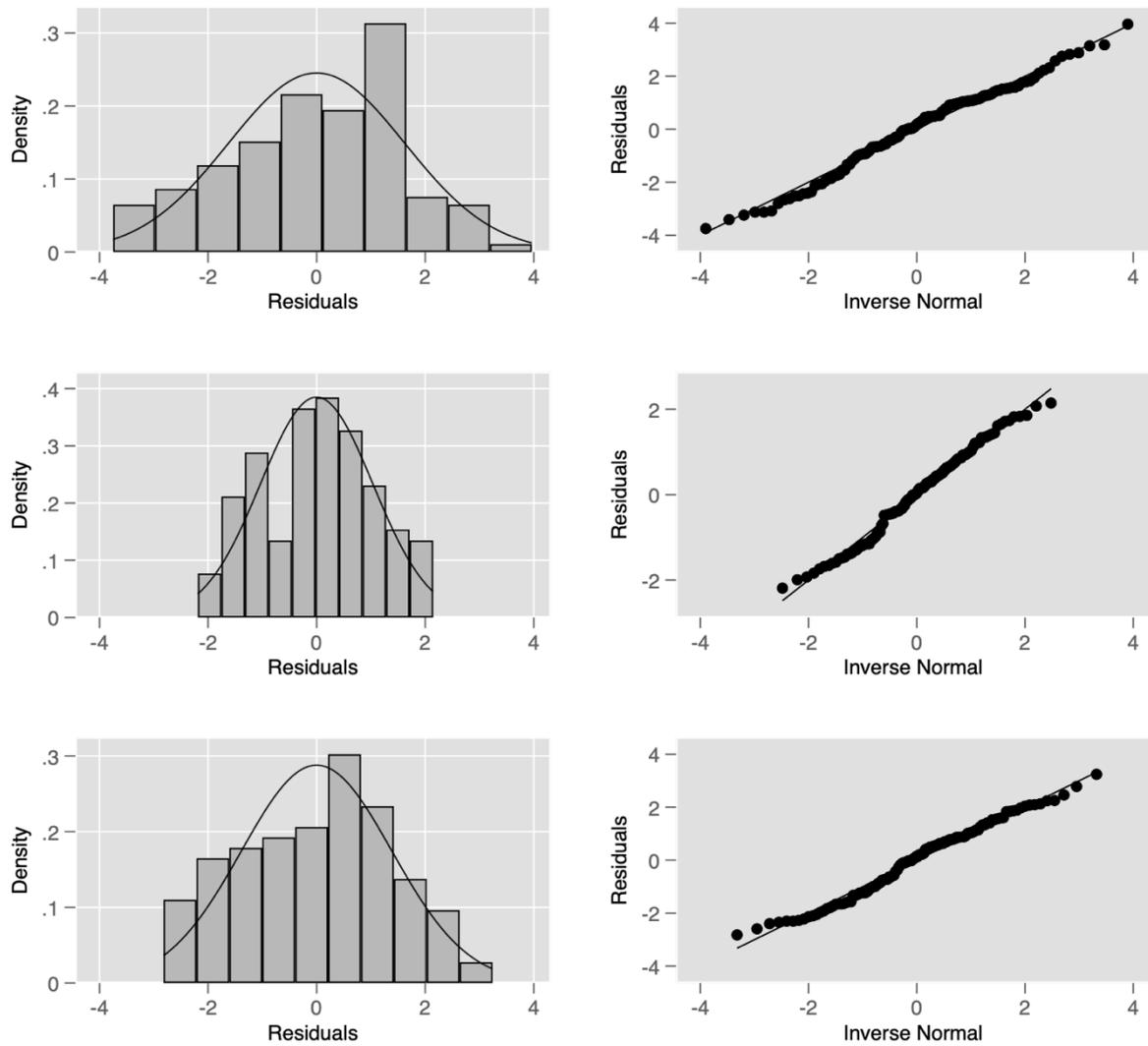


Gráfico 8. Histograma y QQplot para cada vector de residuales.

El gráfico de barras que está representado en el histograma no demuestra de forma concreta la distribución normal. Adicionalmente se grafica un QQplot, que es un diagrama de dispersión que permite comparar distribución de probabilidades. Si ambos conjuntos de cuantiles provienen de la misma distribución se debe esperar observar que los puntos forman una línea aproximadamente recta, siendo este un indicador de que los residuos están distribuidos de forma normal.

4. Igualdad de matrices de varianzas y covarianzas para todos los grupos

Tabla 9. Homogeneidad de matrices de varianzas y covarianzas

Modified LR Chi2 =	80.04146	
Box F(54,15760.7) =	1.32	Prob > F = 0.0597
Box Chi2(54) =	71.37	Prob > chi2 = 0.0568

Para comprobar si los datos de todos los grupos tienen una matriz de varianza-covarianza común se aplicó la prueba M de Box. En este supuesto, se prueba la siguiente Ho:

$$H_0 : \Sigma_1 = \Sigma_2 = \Sigma_3 = 0$$

El contraste se realiza a partir de los residuales de las variables dependientes. La prueba M de Box es altamente sensible y la significancia para esta prueba se determina con un valor $\alpha = 0.001^{(48)}$ Como el valor p encontrado fue = 0.0568, siendo este un valor no significativo ($p > 0.001$), no se rechaza la Ho y se concluye

que no hay suficiente evidencia de que las matrices de varianzas-covarianzas sean diferentes entre los grupos.

5. Ausencia de *outliers*

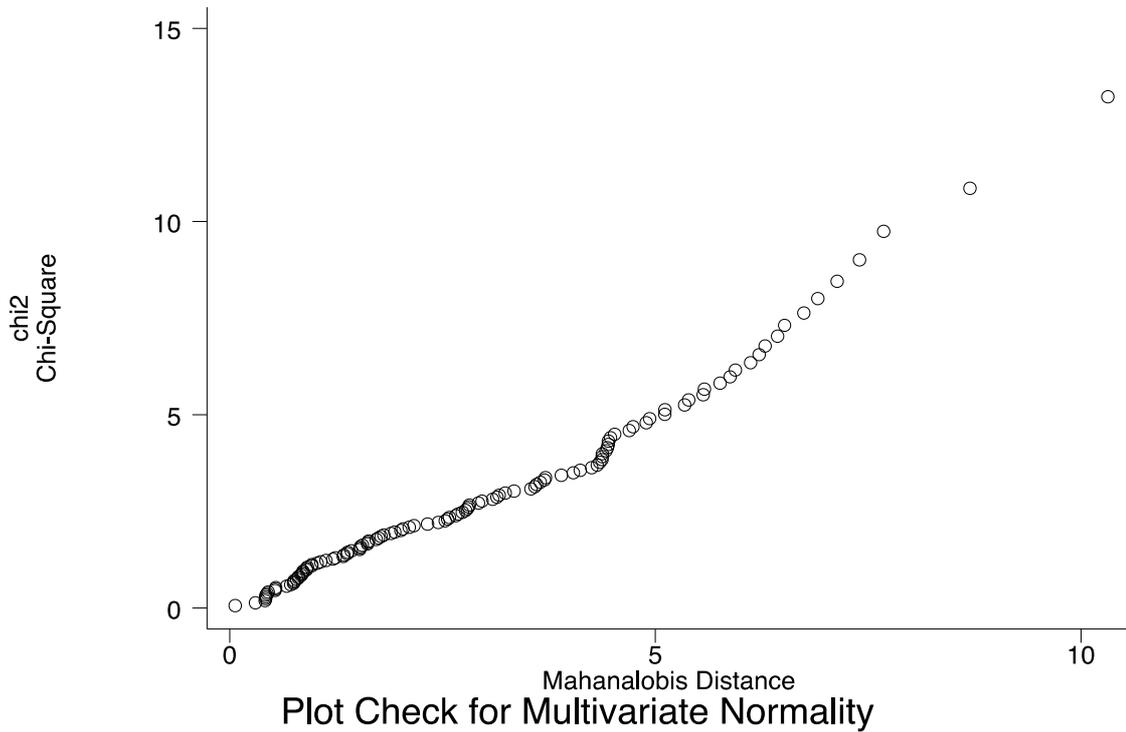


Gráfico 9. QQplot para las distancias observadas de Mahalanobis (MD)

Para examinar la presencia de *outliers* multivariados en los datos, podemos usar un QQplot para observar la distancia de Mahalanobis (MD). Se grafica las distancias de Mahalanobis ordenadas de manera creciente versus los cuantiles estimados de una distribución chi2 con 3 grados de libertad, esperando ver una línea recta.

Tabla 10. Evaluación de presencia de outliers multivariados

MD2	Chi2										
.064152	.0634111	.8515882	.8844998	1.535498	1.586301	2.656712	2.388209	3.89598	3.435935	5.113587	5.130312
.3014625	.1337566	.8607709	.9190294	1.557526	1.623086	2.682008	2.433115	4.036723	3.499451	5.344451	5.253223
.4150616	.190131	.8612998	.9535063	1.61988	1.660133	2.732453	2.478624	4.11781	3.564442	5.39145	5.382571
.4206685	.2403118	.9001914	.9879541	1.622812	1.697454	2.770311	2.524758	4.251719	3.630988	5.561791	5.519112
.423829	.2867548	.9018429	1.022395	1.631755	1.735064	2.791619	2.571545	4.317648	3.699178	5.576378	5.66374
.4260939	.3306437	.9126461	1.056848	1.721476	1.772976	2.80548	2.619009	4.347651	3.769108	5.759815	5.81753
.4395356	.3726482	.961974	1.091333	1.747179	1.811203	2.815169	2.667181	4.373224	3.840882	5.877491	5.981781
.4515521	.4132124	.9635751	1.125868	1.777528	1.849761	2.921375	2.716089	4.376391	3.914612	5.939098	6.158099
.5321618	.4526371	1.02525	1.16047	1.811107	1.888664	2.963125	2.765765	4.37718	3.990424	6.119023	6.348484
.5354464	.4911413	1.06908	1.195155	1.893259	1.927925	3.088138	2.816241	4.420151	4.068453	6.218374	6.55548
.5401792	.5288905	1.130789	1.229938	1.937391	1.967562	3.138799	2.867552	4.437242	4.148848	6.289211	6.782395
.6678091	.5660141	1.212729	1.264834	2.010037	2.007588	3.165063	2.919735	4.446833	4.231773	6.435887	7.033638
.7167729	.6026157	1.239707	1.299858	2.036317	2.048021	3.236185	2.97283	4.449349	4.31741	6.517822	7.315265
.7489427	.6387799	1.333673	1.335025	2.108625	2.088876	3.339783	3.026876	4.472892	4.405961	6.744659	7.635936
.7534845	.6745774	1.340572	1.370347	2.164111	2.130171	3.539238	3.081918	4.522459	4.49765	6.908693	8.008649
.7571914	.710068	1.380488	1.405839	2.324051	2.171923	3.584857	3.138003	4.693393	4.59273	7.137056	8.454242
.7868415	.7453029	1.385758	1.441513	2.450135	2.214151	3.604001	3.195181	4.738245	4.691482	7.39786	9.009362
.8070397	.7803272	1.427682	1.477383	2.530884	2.256872	3.647822	3.253504	4.892806	4.794227	7.681645	9.7481
.8090455	.8151783	1.524206	1.513463	2.559816	2.300109	3.696217	3.313029	4.932662	4.901328	8.696259	10.8613
.8389631	.8498921	1.534109	1.549764	2.580944	2.343881	3.70901	3.373818	5.111302	5.013197	10.31601	13.229

La tabla 10 muestra las distancias de Mahalanobis en orden creciente. Para conducir una prueba, se calcula el cuantil Q al 99% de la distribución cuadrada con 3 grados de libertad, para evaluar si punto de las MD es un *outlier* multivariado, se evalúa si las MD son más grande que el Q encontrado.^(44,45)

En este caso el Q calculado fue: 11.344867; de acuerdo a este valor, no se ha detectado la presencia de *outliers* multivariados en el conjunto de datos ya que la mayor MD fue 10.3160.

Prueba post hoc*

Tabla 11. Múltiples comparaciones por pares entre los grupos

Combinaciones	Wilks	F	p-value	effect
Duralay/té*Duralay/café	0.802	8.849	0.0000	4.506
Duralay/té*Duralay/vino	0.819	7.930	0.0000	4.038
Duralay/té*Duralay/Coca-cola	0.754	11.718	0.0000	5.967
Duralay/té*Duralay/Chicha	0.793	9.346	0.0000	4.759
Duralay/café*Duralay/vino	0.841	6.787	0.0003	3.456
Duralay/café*Duralay/Coca-cola	0.624	21.682	0.0000	11.041
Duralay/café*Duralay/Chicha	0.639	20.290	0.0000	10.332
Duralay/vino*Duralay/Coca-cola	0.801	8.937	0.0000	4.551
Duralay/vino*Duralay/Chicha	0.813	8.254	0.0000	4.203
Duralay/Coca-cola*Duralay/Chicha	0.995	0.174	0.9145 ^a	0.088
Protemp/té* Protemp/café	0.435	46.593	0.0000	23.728
Protemp /té* Protemp/vino	0.561	28.091	0.0000	14.306
Protemp /té* Protemp/Coca-cola	0.540	30.566	0.0000	15.566
Protemp/té* Protemp/Chicha	0.496	36.501	0.0000	18.588
Protemp/café* Protemp/vino	0.837	7.011	0.0002	3.570
Protemp/café* Protemp/Coca-cola	0.251	107.156	0.0000	54.571
Protemp/café* Protemp/Chicha	0.218	128.932	0.0000	65.660
Protemp/vino* Protemp/Coca-cola	0.369	61.473	0.0000	31.306
Protemp/vino* Protemp/Chicha	0.310	79.843	0.0000	40.661
Protemp/Coca-cola* Protemp/Chicha	0.935	2.487	0.0655 ^a	1.2666
Duralay/té*Protemp/té	0.783	9.931	0.0000	5.057
Duralay/té*Protemp/café	0.302	83.137	0.0000	42.338
Duralay/té*Protemp/vino	0.421	49.532	0.0000	49.532
Duralay/té*Protemp/Coca-cola	0.751	11.961	0.0000	6.091
Duralay/té*Protemp/Chicha	0.676	17.184	0.0000	8.751
Duralay/café*Protemp/café	0.247	109.448	0.0000	55.737
Duralay/café*Protemp/vino	0.313	78.800	0.0000	40.129
Duralay/café*Protemp/Coca-cola	0.523	32.713	0.0000	16.659
Duralay/café*Protemp/Chicha	0.530	31.890	0.0000	16.240

Duralay/vino*Protemp/vino	0.082	400.364	0.0000	203.889
Duralay/vino*Protemp/Coca-cola	0.677	17.140	0.0000	8.729
Duralay/vino*Protemp/Chicha	0.706	14.986	0.0000	7.632
Duralay/Coca-cola*Protemp/Coca-cola	0.908	3.645	0.0146	1.856
Duralay/Coca-cola*Protemp/Chicha	0.972	1.006	0.3887 ^a	0.512
Protemp/café*Duralay/vino	0.281	92.281	0.0000	46.995
Protemp/café*Duralay/Coca-cola	0.226	123.255	0.0000	62.769
Protemp/café*Duralay/Chicha	0.236	115.995	0.0000	59.071
Protemp/vino*Duralay/Coca-cola	0.318	77.074	0.0000	39.250
Protemp/vino*Duralay/Chicha	0.335	71.190	0.0000	36.254
Protemp/Coca-cola*Duralay/Chicha	0.928	2.764	0.0440	1.407
Protemp/Chicha*Duralay/Chicha	0.963	1.380	0.2513 ^a	0.703

* Realizada con *Real Statistics resource Pack software (Release 7.6)*

^a Lamda de Wilks no significativa

Como el modelo MANOVA de dos factores fue estadísticamente significativo, se realizó un contraste de interacción a partir de los vectores de medias para detectar diferencias específicas entre los grupos. Como se muestra en la Tabla 11, todas las combinaciones resultaron significativas a excepción de: Duralay/Coca-cola*Duralay/Chicha ($p=0.9135$), Protemp/Coca-cola*Protemp/Chicha ($p=0.0643$), Duralay/Coca-cola*Protemp/Chicha ($p=0.3929$) y Protemp/Chicha*Duralay/Chicha ($p=0.2525$), donde no fue posible demostrar que existan diferencias significativas entre los grupos ($p > 0.05$).

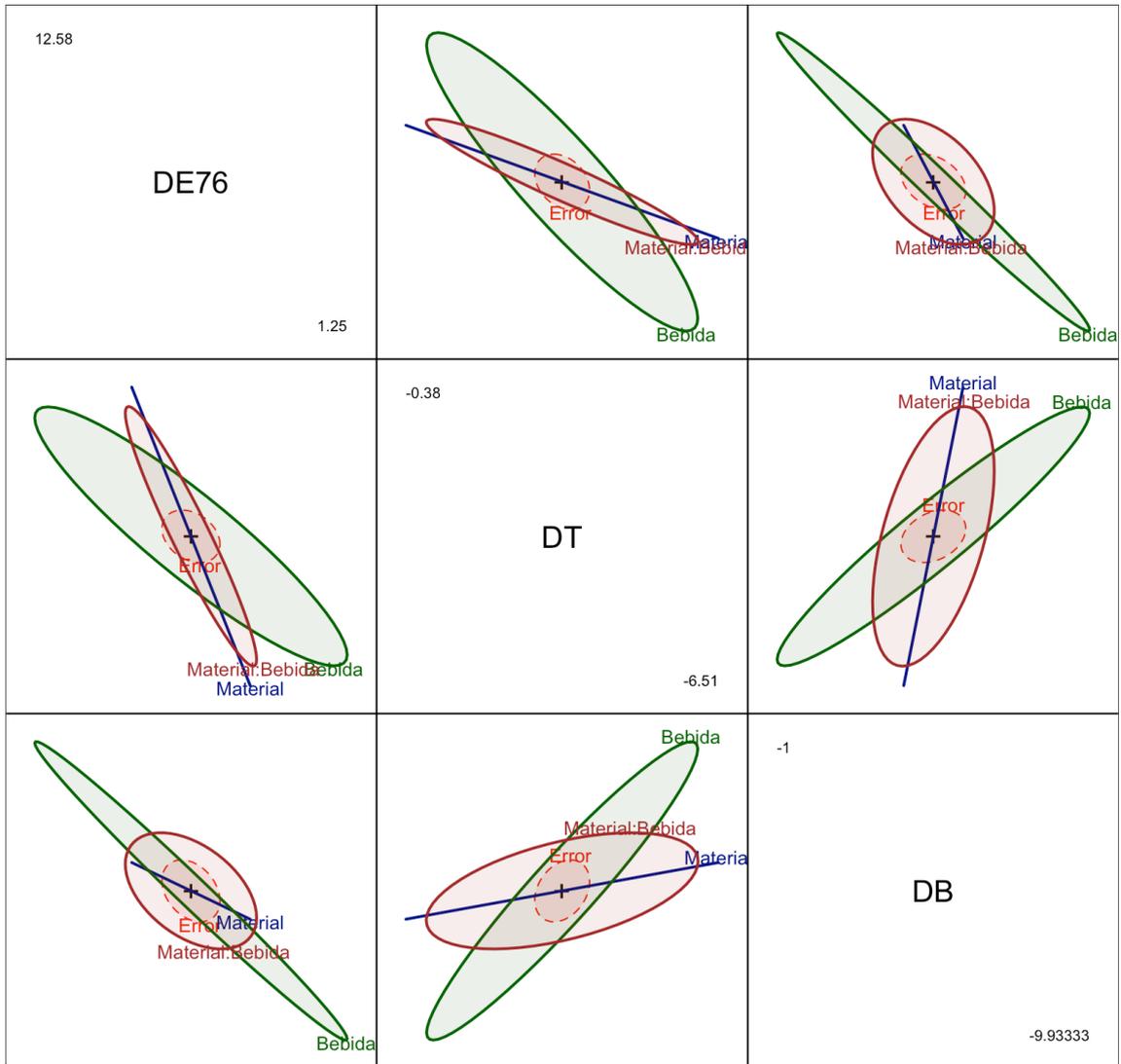


Gráfico 10. Matriz HE plot en escala de significancia del efecto sobre ΔE , ΔT y ΔB de acuerdo a los factores Material y Bebida y su interacción.

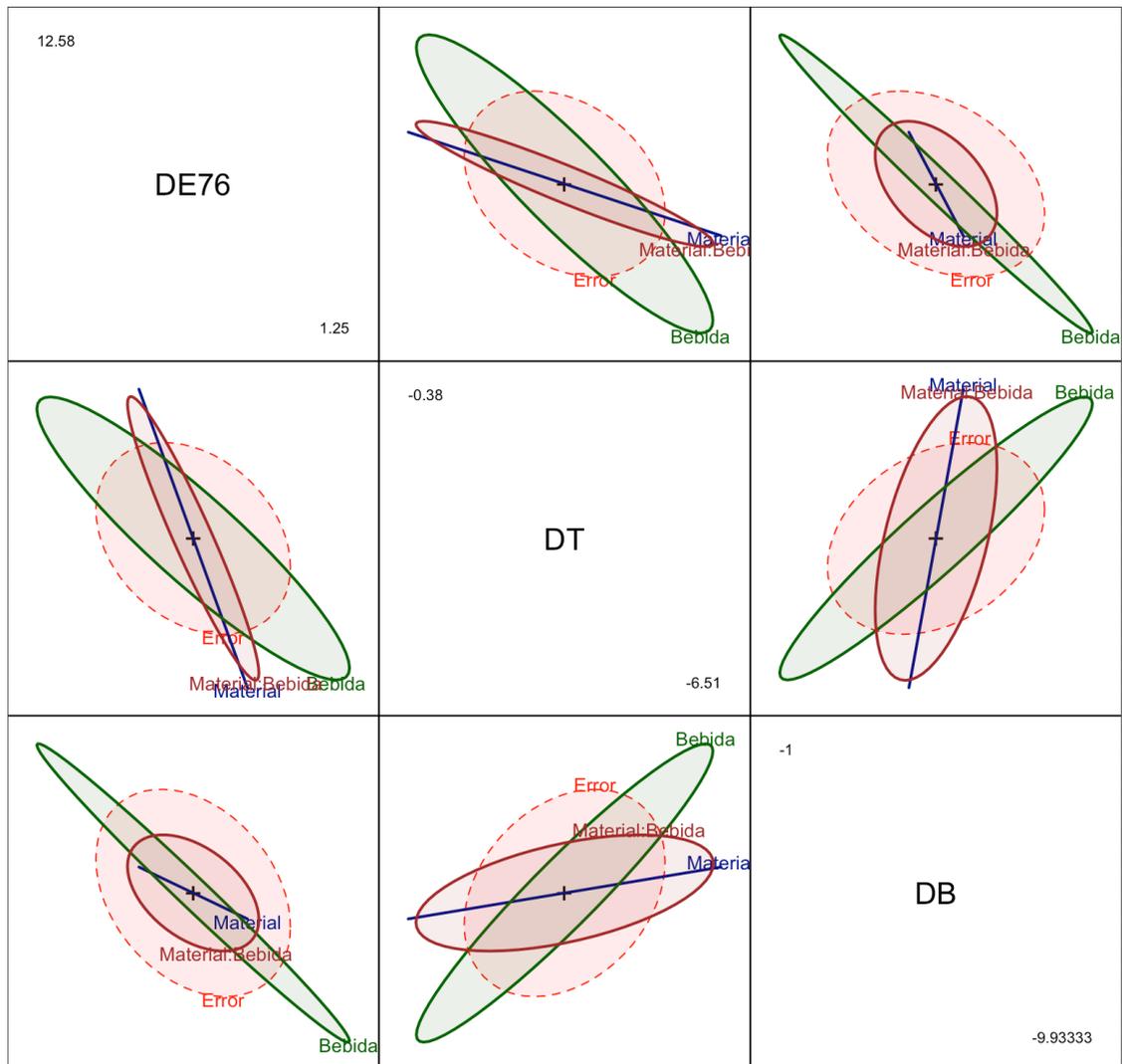


Gráfico 11. Matriz HE plot en escala de tamaño del efecto sobre ΔE , ΔT y ΔB de acuerdo a los factores Material y Bebida y su interacción.

El HE plot permite determinar cómo las medias grupales difieren en varias variables respuesta en relación con los factores y las posibles interacciones⁽⁶⁷⁾. El HE plot muestra el “tamaño” y la orientación de la variación de la hipótesis (H) en relación con la variación del error (E) en forma de un elipsoide⁽⁶⁸⁾.

En la figura 10, los elipsoides H fueron escalados en relación con E para mostrar la significancia del efecto, mientras que en la figura 11 fueron escaladas para mostrar el

tamaño del efecto. El modelo es significativo si y solo si H se proyecta en cualquier lugar fuera del elipsoide de E.

Cada panel muestra los elipsoides bivariados en términos de las variables independientes y su interacción. Los plots describen la variación debido a la hipótesis relativa al error para dos variables respuesta. Este tipo de gráfico permite enfocarse en la variación predictiva debida a las diferencias de medias grupales en relación con la variación dentro de los grupos.

En la figura 10 se muestra que en todas las combinaciones en el HE plot podemos observar que para los casos $\Delta E * \Delta T$, $\Delta T * \Delta B$ los elipsoides de la interacción (Material:Bevada) y de los efectos principales son altamente significativos ya que se proyectan por fuera del elipsoide del error. Al evaluar el escalamiento según el tamaño del efecto, para el caso de $\Delta E * \Delta B$, solo se visualiza que el elipsoide de Material se proyecta por fuera del error, a pesar de ser significativo para Bevada y para la interacción (Fig 11). De manera más detallada, para los casos $\Delta E * \Delta T$ y $\Delta E * \Delta B$, la interacción significativa de Material:Bevada se da principalmente en términos de diferencias entre los grupos en la respuesta de ΔE , con poca contribución de ΔT . Para el caso de $\Delta T * \Delta B$, la interacción significativa se da principalmente por las diferencias entre los grupos en la respuesta de ΔT .

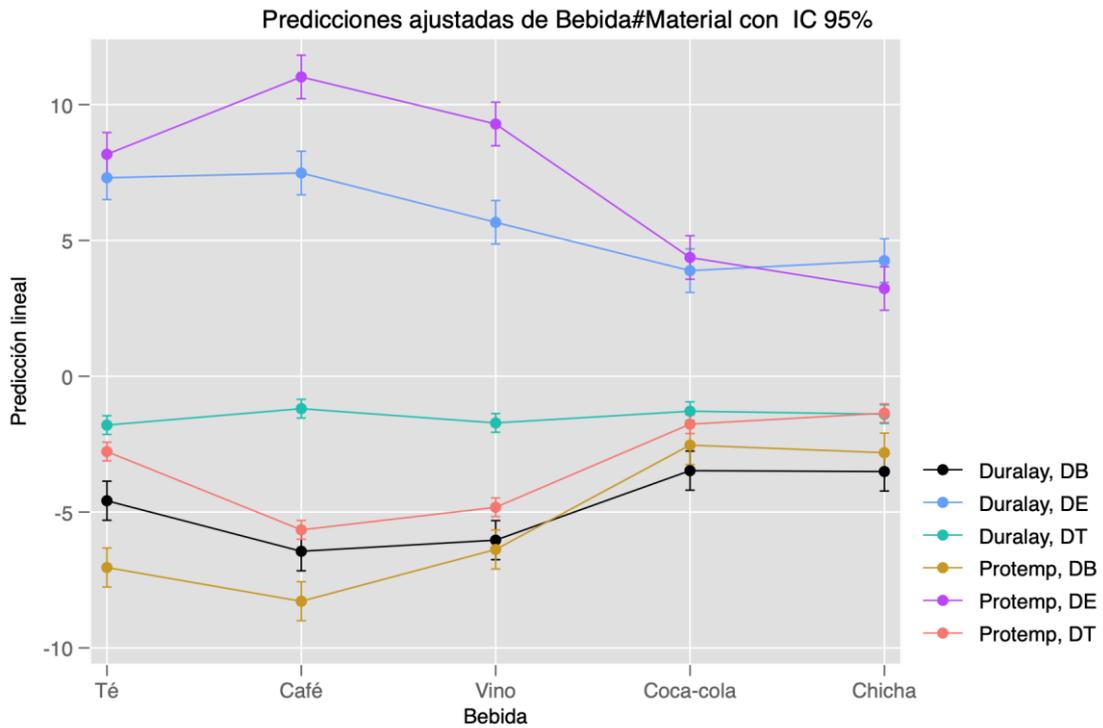


Gráfico 12. Predicciones ajustadas a partir de los marginales para Bebida*Material.

El gráfico 12 ayuda a interpretar el comportamiento de los datos de las variables dependientes de acuerdo a los materiales (Duralay y Protemp) y las bebidas. En el caso de ΔE , se puede observar que existieron diferencias entre las muestras de ambos materiales cuando fueron sometidas al café y vino. Para ΔT , las diferencias entre los materiales se observaron cuando las muestras fueron sometidas a té, café y vino. Finalmente, para el caso de ΔB , las diferencias se observaron cuando se usó el té y café como bebidas pigmentantes.

Tabla 12. Comparaciones por pares para las variables de cambio de color, translucidez y brillo a partir de los marginales

Material	Bebida	ΔE	ΔT	ΔB
Duralay	Té	7.30±1.48 ^{AB}	-1.79±0.62 ^A	-4.58±1.31 ^{AC}
	Café	7.48±1.53 ^{ABC}	-1.19±0.57 ^A	-6.44±1.17 ^D
	Vino	5.66±1.45 ^{AF}	-1.71±0.64 ^A	-6.03±1.29 ^{CD}
	Coca-cola	3.88±1.48 ^{EF}	-1.28±0.61 ^A	-3.47±1.31 ^{AE}
	Chicha morada	4.25±1.51 ^{EF}	-1.39±0.59 ^A	-3.51±1.33 ^{AE}
Protemp	Té	8.17±1.48 ^{BC}	-2.77±0.65	-7.04±1.19 ^{BD}
	Café	11.02±1.07 ^D	-5.65±0.66	-8.28±1.09 ^B
	Vino	9.28±0.77 ^{CD}	-4.82±0.63	-6.37±1.28 ^D
	Coca-cola	4.37±1.51 ^{EF}	-1.76±0.32 ^A	-2.53±1.27 ^E
	Chicha morada	3.23±1.51 ^E	-1.35±0.62 ^A	-2.81±1.27 ^E

Las comparaciones por pares se realizó a través de la predicción lineal de los marginales. Los valores de los grupos que comparten la misma letra por columna no son significativamente diferentes al nivel del 5%.

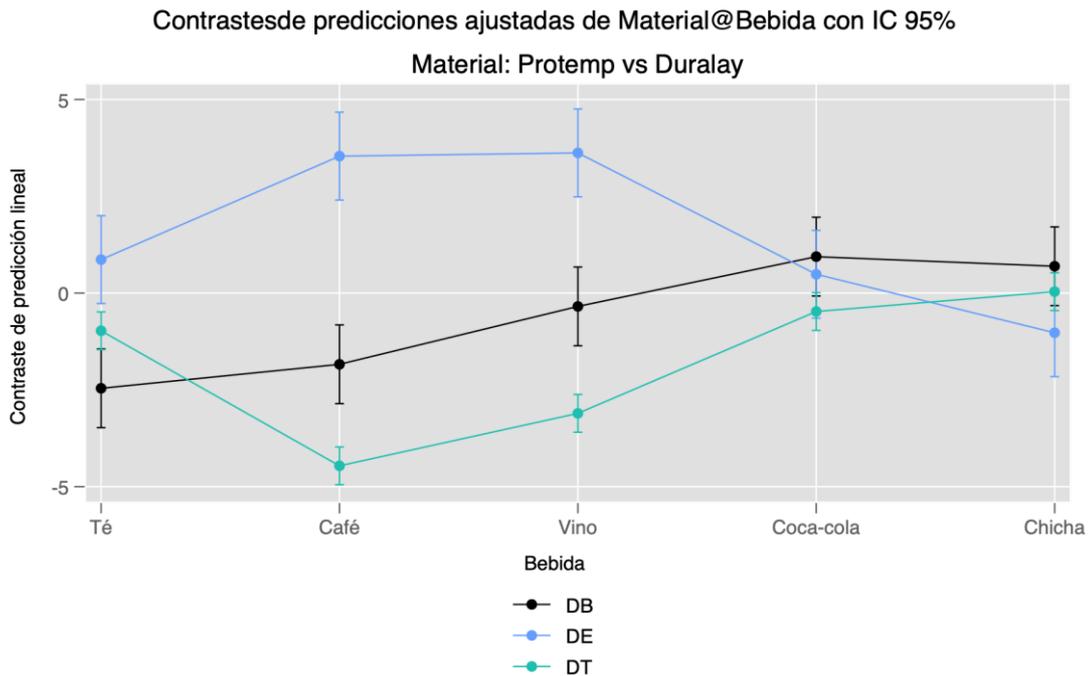


Gráfico 13. Contraste de predicciones ajustadas a partir de los marginales para Bebida*Material.

La gráfica muestra el comportamiento de los datos a partir de la comparación entre los materiales (Protemp y Duralay). Se puede observar que en el caso de las variables dependientes ΔE , ΔT y ΔB , tuvieron un comportamiento similar cuando fueron sometidas a Coca-cola y Chicha morada para ambos materiales. En el caso particular de ΔB , este se comportó de manera distinta cuando las muestras de ambos materiales fueron sometidas a té, café y vino.

3.2. Discusión

Aunque las restauraciones provisionales son pensadas para ser empleadas por un periodo limitado de tiempo, las propiedades estéticas son un aspecto importante, especialmente cuando el tratamiento alcanza zonas de alto requerimiento estético como la región anterior^(29,51,52). Dentro de las propiedades estéticas que deben ser consideradas para estos materiales tenemos a la estabilidad de color, la translucidez y el brillo, entre otras⁽²⁹⁾. Se sabe que estas propiedades pueden verse afectadas por diversos factores, entre ellos el consumo de alimentos y bebidas, que tienen el potencial de penetrar en la matriz del material, comportándose como pigmentaciones extrínsecas^(1-5,28). En el mercado existen diversos tipos de materiales que son empleados para la confección de prótesis provisionales, como el polimetil metacrilato (PMMA), que presenta una buena resistencia al desgaste y buena estética debido a la alta propiedad de ser pulido y a su estabilidad de color^(29,31). Por otro lado, las resinas bis-acrílicas presentan un mejor control del

grado de contracción, liberación de calor, mejoras en las propiedades estéticas y mecánicas (27,30,33).

En la literatura existen controversias al evaluar el comportamiento de estos materiales, principalmente la estabilidad de color cuando son enfrentados a diversos agentes pigmentantes. Es probable que estas diferencias se deban a que los análisis estadísticos empleados para valorar sus resultados, en general, evalúan de manera individual el efecto de los agentes pigmentantes sobre las propiedades estéticas de diversos materiales de restauración provisional protésica⁽¹⁻⁵⁾, sin considerar otras propiedades y factores que pueden influir en el comportamiento de las mismas.

En consecuencia, en este estudio se consideró establecer un modelo multivariado para verificar si la interacción entre el tipo de material y tipo de bebida pigmentante tienen un impacto sobre las propiedades estéticas como el color, la translucidez y el brillo.

Los resultados indican que la hipótesis nula de no efecto significativo de la interacción del tipo de material y las bebidas pigmentantes sobre el color, translucidez y brillo fue rechazada ($\Lambda = 0.2266$, $F(12.0, 286.0) = 17.94$, $p = 0.000$, $\eta_p^2 = 0.458$). Estos resultados muestran que existe una interacción significativa entre el tipo de material y las bebidas pigmentantes, es decir, los factores actúan en conjunto para influir los parámetros de color, translucidez y brillo. Adicionalmente, al analizar las interacciones entre las posibles combinaciones, se observó que todas fueron significativas ($p < 0.05$), a excepción de Duralay/Coca-cola*Duralay/Chicha, Protemp/Coca-cola*Protemp/Chicha, Duralay/Coca-

cola*Protemp/Chicha y Protemp/Chicha*Duralay/Chicha, donde no fue posible demostrar que existen diferencias significativas ($p > 0.05$).

Al analizar el comportamiento del color, podemos observar que los valores más altos del ΔE fueron en el grupo Protemp cuando se empleó té, café y vino como bebidas pigmentantes. En el caso donde las muestras fueron sometidas al té, las muestras de ambos tipos de materiales tuvieron valores similares del ΔE .

En la literatura se propone un valor de $\Delta E \geq 3.7$ como umbral para establecer una diferencia de color clínicamente perceptible⁽⁶⁹⁻⁷¹⁾. En este estudio, todas las combinaciones de materiales y bebidas pigmentantes mostraron un cambio de color por encima de 3.7, a excepción de las muestras de Protemp sumergidas en chicha morada, aunque estas diferencias no fueron significativas cuando se empleó coca-cola tanto para Duralay y protemp. En consecuencia, ambos materiales mostraron cambios de color clínicamente inaceptables. Kotnarin et al⁽¹⁾, observaron que discos de Protemp 4 sometidos a café tuvieron valores de ΔE de 5.26 ± 1.33 hasta 16.69 ± 3.18 a los 7 y 16 días, respectivamente. Mazaro et al⁽²⁾, reportaron que muestras de Protemp 4, tuvieron valores de ΔE de 3.39 ± 0.35 al ser sumergidas en Coca-cola y 5.43 ± 0.48 al emplear café durante 7 días. Da fonseca et al⁽³⁾, evaluaron la estabilidad de color de una resina acrílica (Duralay) y una bis-acrílica (Protemp 4) sometidas a Coca-cola, vino y café; sus resultados mostraron que en el caso de Duralay los valores de ΔE fueron 1.08 ± 1.12 , 0.94 ± 0.84 y 3.92 ± 2.43 para cada bebida; mientras que para Protemp 4, los valores fueron 4.71 ± 3.36 , 11.73 ± 3.47 y 10.60 ± 1.66 , estos resultados demostraron que la resina acrílica tuvo mejor estabilidad en el cambio de color. Kohli et al⁽⁴⁾, demostraron que luego de una semana el cambio de color de protemp 4 fue de ΔE

= 3.60 cuando se usó una solución de té+saliva artificial y un $\Delta E = 5.68$ para la solución de café+saliva artificial.

Por otro lado, los resultados mostraron que la translucidez de las muestras se redujo en todas las soluciones pigmentantes. Estos hallazgos están en acuerdo con otros estudios que han reportado una disminución de la translucidez en resinas a base de metacrilato^(72,73). El descenso de la translucidez fue mayor en el grupo Protemp con respecto a Duralay y se vio principalmente afectada cuando se empleó el café y el vino como agentes pigmentantes. A medida que la matriz del material absorbe la solución, los pigmentantes penetran a mayor profundidad disminuyendo la transmitancia de luz y la translucidez. En la literatura se ha reportado como límite de perceptibilidad un valor de $\Delta TP = 2^{(70,74)}$; al respecto, las combinaciones de Protemp con té, café y vino, superaron el valor límite, por lo que los cambios de disminución de translucidez fueron clínicamente perceptibles.

En el caso del brillo, se observó que el vino y el té tuvieron un impacto importante sobre la disminución del brillo en Duralay; mientras que para Protemp fueron el té y el café.

Los cambios observados en las propiedades ópticas de los materiales pueden deberse a la absorción y adsorción de diferentes polaridades de las bebidas pigmentantes⁽⁷⁵⁾. El café presenta un pigmento marrón conocido como tanino, que tiene la habilidad de pigmentar los dientes y los materiales restauradores. Los taninos son compuestos de alto peso molecular⁽⁷⁶⁾. Se sabe que el grado de polaridad de los pigmentos determina su capacidad de penetración en las matrices poliméricas⁽⁷⁷⁾. Pigmentos como el café tienen baja polaridad, lo que facilita su

penetración en la matriz. Sin embargo, sustancias como el vino, de alta polaridad, ven dificultada su penetrabilidad, pero tienen un alto potencial de impregnarse en la superficie del material.

El té negro contiene pigmento polifenol amarillo-rojo, este pigmento tiene el potencial de teñir las superficies poliméricas de manera inicial y progresar debido a la adsorción de agua en la matriz resinosa⁽⁷⁸⁾. También, se ha reportado que el té negro produce tinciones amarillo-marrones y esta tinción se debe principalmente a la adsorción superficial al tratarse de un colorante polar⁽⁷⁹⁾.

Por otro lado, se ha reportado que bebidas alcohólicas como el vino tinto pueden generar la eliminación de monómeros de la superficie de los materiales resinosos, permitiendo la absorción de agentes pigmentantes⁽⁸⁰⁾.

Las bebidas ácidas producen una degradación de la superficie de las restauraciones, lo que produce una superficie más rugosa y un cambio de color más importante⁽⁸¹⁾. Sin embargo, el efecto de las bebidas depende no solo del valor del pH sino también de los pigmentos presentes en él, esto podría explicar por qué bebidas como el café o el vino tuvieron un mayor potencial pigmentante que la Coca-Cola, a pesar de que este tiene un pH más bajo que las otras bebidas.

Además, un estudio previo demostró que resinas expuestas a la Coca-Cola en un rango de 380-550 nm presentaron una pigmentación en las muestras, debido a la presencia de caramelo sulfito amonio (pigmento E150d). Estos resultados sugieren que la pigmentación con Coca-cola fue considerablemente menor que la que se puede observar en el té, café o vino⁽⁸²⁾.

La chicha morada contiene un pigmento llamado antocianina, la que le otorga el color característico de esta bebida⁽⁸³⁾. Estudios previos han demostrado que la

chicha morada tiene el potencial de pigmentar la superficie de los dientes y de materiales resinosos^(84,85).

La presente investigación presenta algunas limitaciones que pueden afectar las propiedades ópticas de los materiales dentales, ya que varios factores relacionados con estas propiedades no pueden ser reproducidos en un ambiente laboratorial, como la presencia de saliva, los tejidos gingivales próximos a las restauraciones, el fondo negro de la cavidad oral, entre otros, lo que afecta la perceptibilidad de los cambios producidos por las bebidas pigmentantes.

3.3. Conclusiones

- Todas las bebidas afectaron negativamente el color de los materiales de restauración por encima de valores clínicamente aceptables. El té y el café promovieron los valores más altos de ΔE para Duralay, mientras que para Protemp fueron el café y el vino.
- El impacto sobre la translucidez fue más evidente en el grupo Protemp, donde se emplearon el té, café y vino; generando valores de ΔT superiores a los clínicamente aceptables.
- Todas las bebidas tuvieron un efecto negativo en los valores de ΔB en ambos materiales. En el caso de Duralay, el brillo disminuyó principalmente cuando se empleó el café y vino. Para Protemp, el té y café fueron los que generaron mayor cambio en el brillo.

- El café y el vino fueron las bebidas que afectaron de manera más importante los cambios observados en el color, translucidez y brillo de ambos materiales de restauración.
- El modelo MANOVA mostró que existe una interacción significativa entre el tipo de Material y Bebida pigmentante, siendo que los factores actúan en conjunto para influenciar los parámetros de color, translucidez y brillo. El modelo propuesto en la presente investigación es el siguiente:

$$\widehat{Y}_{ctb} = \mu + \tau_{material} + \beta_{bebida} + \gamma_{material*bebida} + \epsilon_{ctb}$$

Donde:

\widehat{Y}_{ctb} es un vector de observaciones correspondiente a las variables color, translucidez y brillo.

μ es un vector de medias globales.

$\tau_{material}$ es el efecto del factor 1.

β_{bebida} es el efecto del factor 2.

$\gamma_{material*bebida}$ es el efecto de la interacción de los factores.

ϵ_{ctb} es el vector de errores residuales de las variables dependientes.

3.4. Recomendaciones

- Realizar futuras investigaciones considerando otros factores que pueden influir en el efecto de las propiedades ópticas de los materiales de restauración

provisional, como las técnicas de pulido, tiempos prolongados de exposición o distintas soluciones pigmentantes.

- Realizar estudios observacionales en sujetos para valorar la frecuencia de consumo de bebidas pigmentantes y su influencia en el cambio de los parámetros ópticos en tejido dentario y materiales de restauración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Kotnarin N, Nagaviroj N, Kanchanavasita W. The effect of staining solutions on the color stability of the provisional restorative materials. *M Dent J.* 2018;38(3):309–18.
2. Mazaro JVQ, Minani LM, Zavanelli AC, Mello CC de, Lemos CAA. Evaluation of color stability of different temporary restorative materials. *Rev Odontol. UNESP.* 2015;44(5):262–7.
3. Costa IA da F, Lima EMCX. Effect of Colorant Solutions on the Color Stability of Provisional Prosthetic Materials. *Brazilian Journal of Oral Sciences.* 2018;17:1–8.
4. Kohli S, Bhatia S, Sexana K, Kalsi R, Rajeshwari K, Arora M. Discolouration of Polymethyl Methacrylate versus Bis - Acrylic based Provisional Crown and Bridge Dental Resins: Effect of Storage Media and Duration. *Ann Med Health Sci Res.* 2017;7:195–9.
5. Akay C, Tanış MÇ, Gulverdiyeva M. Coloration of provisional restoration materials: a comparison of the effects of mouth rinses and green tea. *Eur Oral Res.* 2018;52(1):20-26.
6. Vadher R, Parmar G, Kanodia S, Chaudhary A, Kaur M, Savadhariya T. Basics of Color in Dentistry: A Review. *IOSR Journal of Dental and Medical Sciences.* 2014;13(9):78–85.
7. Cochrane S. The Munsell Color System: a scientific compromise from the world of art. *Stud Hist Philos Sci.* 2014;47:26-41.

8. Standard D. Colorimetry - Part 4: CIE 1976 L * a * b * Colour space. 2007. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:11664:-4:ed-1:v1:en>
9. Burkinshaw SM. Colour in relation to dentistry. Fundamentals of colour science. Br Dent J. 2004;196(1):33-41.
10. Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. J Dent. 2004;32 Suppl 1:3-12.
11. Driscoll CF, Freilich MA, Guckes AD, Knoernschild KL, Mcgarry TJ. The glossary of Prosthodontic Terms. Ninth Edition. J. Prosthet Dent. 2017;117(5): Suppl. E1-E105.
12. Luo MR, Cui G, Rigg B. The Development of the CIE 2000 Colour-Difference Formula: CIEDE2000. Color research and Application. 2001;26(5): 340-350.
13. Tuncdemir TM, Gulbahce N. Addition of antibacterial agent effect on color stability of composites after immersion of different beverages. Journal of Esthetic and Restorative Dentistry.2019;31(5):508-513.
14. Lee YK. Comparison of CIELAB DeltaE(*) and CIEDE2000 color-differences after polymerization and thermocycling of resin composites. Dent Mater. 2005 Jul;21(7):678-82.
15. Corciolani G, Vichi A. Repeatability of colour reading with a clinical and a laboratory spectrophotometer. International Dentistry SA. 2006;8(5):62-70.
16. Vita Zahnfabrik H. Rauter GmbH Co. KG. VITA Easyshade V ®. <https://mam.vita-zahnfabrik.com>
17. Javali MA, Khader MA, Alqahtani RM, Almufarrij MJ, Alqahtani TM, Addas MK. Spectrophotometric Analysis of Dental Enamel Staining to Antiseptic and Dietary Agents: In Vitro Study. International Journal of Dentistry. 2020; 5429725.
18. Fernández-Oliveras A, Costa MFM, Yebra A, Rubiño M, Pérez MM. Gloss measurements and rugometric inspection in dental biomaterials. SPIE Proceedings. 2103;8785:1474-1483.
19. Samorodnitzky-Naveh, G, Geiger S, Levin L. Patients' satisfaction with dental esthetics. J Am Dent Assoc. 2007;138(6):805-808.
20. Landy MS. A gloss on surface properties. Nature. 2007;447:158-159.
21. ASTM D523. Standard test method for specular gloss. American Society for Testing and Materials. West Conshohocken, PA, 1995.

22. Nithya K, Sridevi K, Keerthi V, Ravishankar P. Evaluation of surface roughness, hardness, and gloss of composites after three different finishing and polishing techniques: An in vitro study. *Cureus*. 2020;12(2):e7037.
23. American Dental Association: Polishing systems. *ADA Professional Product Review*. 2010, 5:2- 16.
24. Miyagawa Y, Powers JM, O'Brien WJ. Optical properties of direct restorative materials. *J Dent Res*. 1981;60:890–4.
25. Johnston WM, Ma T, Kienle BH. Translucency parameter of colorants for maxillofacial prostheses. *Int J Prosthodont*. 1995;8:79–86.
26. Johnston WM, Reisbick MH. Color and translucency changes during and after curing of esthetic restorative materials. *Dent Mater*. 1997;13:89–97.
27. Singla M, Padmaja K, Arora J, Shah A. Provisional Restorations in Fixed Prosthodontics. *Int J Dent Med Res*. 2014;1(4):148–51.
28. Gratton DG, Aquilino SA. Interim restorations. *Dent Clin North Am*. 2004;48(2):vii, 487-97.
29. Chiramana S, J Dev RR, Banka M, Pssv Sirisha, Rao K, Chvn SK. Provisional Restoration in Prosthodontics: A Review. *J Adv Med Dent Scie Res*. 2019;7(5):46–51.
30. Prasad DK, Shetty M, Alva H, Prasad DA. Provisional restorations in prosthodontic rehabilitation – concepts, materials and techniques. *NUJHS*. 2012;2(2):72-77.
31. Bharadwaj K, Salagundi BS, Regish KM. Provisional restorations in crown and bridge. *International Journal of Current research*. 2017; 9(2):63310-63312.
32. Christensen GJ. Provisional restorations for fixed prosthodontics. *J Am Dent Assoc*. 1996 Feb;127(2):249-52.
33. Magray IA, ul ayoub W, Jan T, Bashir A. An evaluation of color stability of temporary fixed partial denture materials: In vitro study. *International Journal of Applied Dental Sciences*. 2019;5(2):150–6.
34. Yannikakis SA, Zissis AJ, Polyzois GL, Caroni C. Color stability of provisional resin restorative materials. *J Prosthet Dent*. 1998;80(5):533-9.
35. Tupinambá ÍVM, Giampá PCC, Rocha IAR, Lima EMCX. Effect of different polishing methods on surface roughness of provisional prosthetic materials. *J Indian Prosthodont Soc*. 2018;18(2):96-101.

36. Stevens JP. Applied multivariate statistics for the social sciences. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. 2002.
37. Bray JH, Maxwell SE. Multivariate Analysis of Variance, Issue 54. SAGE Publications, Inc.
38. Joseph F. Hair Jr, William C. Black, Barry J. Babin, Rolph E. Anderson (2009). Multivariate Data Analysis. Prentice Hall.
39. Coulombe D. Two-way multivariate analysis of variance: A BASIC program for microcomputers. Behavior Research Methods, Instruments, and Computers. 1985;17(1):137-139.
40. Andy Field, Jeremy Miles, Zo Fiel (2012). Discovering Statistics Using R. Sage Publications Ltd.
41. Recher AC. Methods of multivariate analysis. Wiley-Interscience. Second edition. 2002. New York.
42. <https://www.amstatisticalconsulting.com/banking-fees-2-11/>
43. <https://statistics.laerd.com/spss-tutorials/two-way-manova-using-spss-statistics.php>
44. Tabachnick BG, Fidell LS. Using Multivariate Statistics. 6th Edition. Boston: Person Education; 2012.
45. Cousineau D, Chartier S. Outliers detection and treatment: A review. International Journal of Psychological Research. 2010;3:58-67.
46. Mardia KV. Measures of multivariate skewness and kurtosis with applications. Biometrika. 57(3):519-530.
47. Wulandari D, Sutrisno, Nirwana MB. Mardia's skewness and kurtosis for assessing normality assumption in multivariate regression. Enthusiastic International Journal of Statistics and Data Science. 2021;1(1):1-6.
48. Hays-Vaughn D. Applied multivariate statistical concepts. 1st Edition. New York: Routledge; 2016.
49. Huberty CL, Olejnik S. Applied MANOVA and Discriminant Analysis. Second Edition. Wiley-Interscience. New York, 2006.
50. Regish KM, Sharma D, Prithviraj DR. Techniques of fabrication of provisional restoration: an overview. Int J Dent. 2011;2011:134659.

51. Kim JE, Choi WH, Lee D, Shin Y, Park SH, Roh BD, Kim D. Color and Translucency Stability of Three-Dimensional Printable Dental Materials for Crown and Bridge Restorations. *Materials (Basel)*. 2021;14(3):650.
52. Astudillo-Rubio D, Delgado-Gaete A, Bellot-Arcís C, Montiel-Company JM, Pascual-Moscardó A, Almerich-Silla JM. Mechanical properties of provisional dental materials: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2018;13(2):e0193162.
53. Rajan BN, Jayaraman S, Kandhasamy B, Rajakumaran I. Evaluation of marginal fit and internal adaptation of zirconia copings fabricated by two CAD - CAM systems: An in vitro study. *J Indian Prosthodont Soc*. 2015;15(2):173-8.
54. Kadiyala KK, Badisa MK, Anne G, Anche SC, Chiramana S, Muvva SB, Zakkula S, Jyothula RR. Evaluation of Flexural Strength of Thermocycled Interim Resin Materials Used in Prosthetic Rehabilitation- An In-vitro Study. *J Clin Diagn Res*. 2016;10(9):ZC91-ZC95.
55. Nejatidanesh F, Lotfi HR, Savabi O. Marginal accuracy of interim restorations fabricated from four interim autopolymerizing resins. *J Prosthet Dent*. 2006;95(5):364-7.
56. Patras M, Naka O, Doukoudakis S, Pissiotis A. Management of provisional restorations' deficiencies: a literature review. *J Esthet Restor Dent*. 2012;24(1):26-38.
57. Alkhadim YK, Hulbah MJ, Nassar HM. Color Shift, Color Stability, and Post-Polishing Surface Roughness of Esthetic Resin Composites. *Materials (Basel)*. 2020;13(6):1376.
58. Prasad DK, Alva H, Shetty M. Evaluation of colour stability of provisional restorative materials exposed to different mouth rinses at varying time intervals: an in vitro study. *J Indian Prosthodont Soc*. 2014;14(1):85-92.
59. Janani S, Reddy PM, Tr R, Gupta B. Comparative evaluation of color stability of four provisional restorative materials: An invitro study. *IP Ann Prosthodont Rest Dent*. 2016;2(4):115–9.
60. Tekçe N, Tuncer S, Demirci M, Serim ME, Baydemir C. The effect of different drinks on the color stability of different restorative materials after one month. *Restor Dent Endod*. 2015;40(4):255-61.
61. Zaiontz, C. (2020) Real Statistics Using Excel. www.real-statistics.com

62. Montgomery DC. Design and analysis of experiments. 5th ed. New York: John Wiley & Sons; 2021.
63. Cohen J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2nd ed. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates; 1988.
64. Johnston WM. Review of translucency determinations and applications to dental materials. *J Esthet Restor Dent*. 2014 Jul-Aug;26(4):217-23.
65. Rocha RS, Ruano V, de Souza MY, Salomao FM, Bresciani E. Color and surface gloss stability of bis-acryl and resin composite after exposure to cigarette smoke. *Braz Dent Sci*. 2022;25(2):e3081.
66. El-Rashidy AA, Abdelraouf RM, Habib NA. Effect of two artificial aging protocols on color and gloss of single-shade versus multi-shade resin composites. *BMC Oral Health*. 2022; 22:321.
67. Fox J, Friendly M, Monette, G. Visualizing hypothesis tests in multivariate linear models: The heplotspackage for R. *Computational Statistics*. 2009;24(2), 233–246.
68. Friendly M. HE plots for multivariate general linear models. *Journal of Computational and Graphical Statistics*. 2007;16(2), 421–444.
69. Johnston WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *J Dent Res*. 1989;68:819-22.
70. Kim JE, Choi WH, Lee D, Shin Y, Park SH, Roh BD, Kim D. Color and translucency stability of three-dimensional printable dental materials for crown and bridge restorations. *Materials*. 2021;14:650.
71. Hassel AJ, Grossmann AC, Schmitter M, Balke Z, Buzello AM, Interexaminer reliability in clinical measurement of L*C*h* values of anterior teeth using a spectrophotometer. *Int J Prosthodont*. 2007;20:79–84.
72. Gasparik C, Culic B, Varvara MA, Grecu A, Burde A, Dudea D. Effect of accelerated staining and bleaching on chairside CAD/CAM materials with high and low translucency. *Dent Mater J*. 2019;38(6):987–93.
73. Elsaka S, Taibah S, Elnaghy A. Effect of staining beverages and bleaching on optical properties of a CAD/CAM nanohybrid and nanoceramic restorative material. *BCM Oral Health*. 2020;22:96.
74. Lee YK. Criteria for clinical translucency evaluation of direct esthetic restorative materials. *Restor Dent Endod*. 2016. 41:159–166.

75. Kotnarin N, Nagaviroj N, Kanchanavasita W. The effect of staining solutions on the color stability of the provisional restorative materials. *M Dent J* 2018; 38: 309-318.
76. Bravo L. Poly-phenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutr Rev* 1998; 56: 317-33.
77. Borges AL, Costa AK, Saavedra GS, Komori PC, Borges AB, Rode SM. Color stability of composites: effect of immersion media. *Acta Odontol Latinoam* 2011; 24: 193-99.
78. Hori-Ishikawa A, Ogawa Y, Okada A, Sakaeda N, Aizawa D, Hanabusa M, Ohmori K, Yamamoto T. Discoloration of flowable and universal resin composites immersed in black tea for 30 days. *Asian Pacific Journal of Dentistry*. 2020;20(1):9-15.
79. Um CM, Ruyter IE. Staining of resin-based veneering materials with coffee and tea. *Quintessence Int*. 1991;22:377–386.
80. Sarret DC, Coletti DP, Peluso AR. The effects of alcoholic beverages on composite wear. *Dent Mater*. 2000;16(1):62–67.
81. Meenakshi CM, Sirisha K. Surface quality and color stability of posterior composites in acidic beverages. *J Conserv Dent*. 2020;23(1):57-61.
82. Manojlovic D, Lenhardt L, Milićević B, Antonov M, Miletic V, Dramićanin MD. Evaluation of Staining-Dependent Colour Changes in Resin Composites Using Principal Component Analysis. *Sci Rep*. 2015;5:14638.
83. Ramos-Escudero F, González-Miret ML, García-Asuero A. Effect of various extraction systems on the antioxidant activity kinetic and color of extracts from purple corn. *Vitae*. 2012;19(1):41-8.
84. Castillo-Ghiotto G, Delgado-Cotrina L, Evangelista-Alva A. Efectos de la Chicha Morada y café sobre el esmalte dental bovino blanqueado con peróxido de hidrógeno. *Rev. Estomatol. Hered*. 2013;23(2):63-7.
85. Acuña ED, Delgado-Cotrina L, Rumiche FA, Tay LY. Effect of the purple corn beverage “Chicha Morada” in composite resin during dental bleaching. *Scientifica*. 2016:2970548.

ANEXOS

Anexo 1: Cálculo de la muestra con el *Real Statistics resource Pack software (Release 7.6)*

A	B	C	D
	part η-sq	0,06	
	# of A grps	2	
	# of B grps	6	
	# of dep	3	
	1-β	0,9	
	n	177	
	act pow	0,9803268	

Anexos 2: Carta de aprobación de la Dirección Universitaria de Asuntos Regulatorios de la Investigación.



VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

CAR-DUARI-124-23

Lima, 09 de junio del 2023

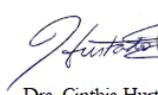
Señor(a) investigador(es)
Sánchez Tito, Marco Antonio

Presente. -

Es grato dirigirme a usted para expresarle un cordial saludo y a la vez informarle que hemos recibido el proyecto de investigación titulado: **"Análisis multivariante del efecto de bebidas pigmentantes sobre el color, translucidez y brillo de dos materiales de restauración provisional" SIDISI 211089**, el cual ha sido revisado y registrado en la Dirección Universitaria de Asuntos Regulatorios de la Investigación de la Universidad Peruana Cayetano Heredia debido a que por sus características no requiere evaluación por el Comité Institucional de Ética en Humanos ni por el Comité de Ética en Animales.

Este proyecto puede iniciar su ejecución. Los cambios o enmiendas al protocolo presentado solo deben ejecutarse luego de una nueva evaluación y autorización por esta dirección. Adicionalmente, agradecemos tenga a bien presentar el informe de cierre del proyecto al concluir la ejecución del mismo.

Atentamente,



Dra. Cinthia Hurtado Esquén
Directora
Dirección Universitaria de Asuntos
Regulatorios de la Investigación

/or

Av. Honorio Delgado 436
San Martín de Porres
Apartado postal 4314
319 0000 Anexo 20130;
vriuve@oficinas-upch.pe
www.cayetano.edu.pe

Anexo 3: Publicación.

Journal section: *Biomaterials and Bioengineering in Dentistry*
 Publication Types: *Research*

doi:10.4317/jced.60431
<https://doi.org/10.4317/jced.60431>

Multivariate analysis of the effect of staining beverages on the optical properties of two provisional restorative materials

Marco Sánchez-Tito ^{1,2}, Daniel Blanco-Victorio ¹, José Chauca-Carhuajulca ¹

¹ Faculty of Sciences and Philosophy, Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima, Peru

² Faculty of Health Sciences, Universidad Privada de Tacna, Tacna, Peru

Correspondence:

Facultad de Ciencias de la Salud
 Universidad Privada de Tacna
 Av. Jorge Basadre Grohmann s/n Pocollay
 Tacna, Perú
marcosanchez2183@gmail.com

Sánchez-Tito M, Blanco-Victorio D, Chauca-Carhuajulca J. Multivariate analysis of the effect of staining beverages on the optical properties of two provisional restorative materials. J Clin Exp Dent. 2023;15(7):e535-41.

Received: 28/02/2023
 Accepted: 22/05/2023

Article Number: 60431 <http://www.medicinaoral.com/odo/indice.htm>
 © Medicina Oral S. L. C.I.F. B 96689336 - eISSN: 1989-5488
 eMail: jced@jced.es
 Indexed in:
 Pubmed
 Pubmed Central® (PMC)
 Scopus
 DOI® System

Abstract

Background: To evaluate the effect of staining beverages on the color stability, translucency and gloss of two provisional restorative materials.

Material and Methods: Sixty discs (8 mm x 2 mm) were manufactured for Duralay and Protemp 4. The discs were randomly divided according to the beverages: tea, coffee, wine, Coca-Cola and “Chicha morada” (n=12). The discs were polished and initial recordings of color and translucency were made with a spectrophotometer, and the gloss was measured with a glossmeter. The discs were immersed for 5 days in each of the beverages at 37°C, and the color, translucency and gloss were recorded again. The differences between the initial and final records were calculated to obtain the values of ΔE , ΔTP , ΔGU . For the analysis, the two-way MANOVA model was chosen, and the significance level was set at 5%.

Results: A significant interaction was observed between the type of material and the staining beverages on the changes observed in the values of ΔE , ΔTP , ΔGU ($p < 0.05$). ΔE values for Duralay and Protemp 4 were affected by coffee (7.48±1.53) and wine (11.02±1.07), respectively. The greatest change in ΔTP for Duralay were generated by tea (-1.79±0.62), and coffee (-5.65±0.66) for Protemp 4. Gloss was affected mainly by coffee for both materials (Duralay = -6.44±1.17, Protemp 4 = -8.28±1.09).

Conclusions: The type of material and the pigment drinks act together to influence changes in color, translucency and gloss. The methacrylate-based resin was more stable than the bis-acrylic resin to changes in color, translucency and gloss.

Key words: Color, translucency, gloss, staining solutions, interim restorations.

Introduction

Provisional restorations play an important role in the success of restorative treatment in dentistry (1). Provisional restorations restore the aesthetics, biological, and mechanical functions such as the restoration of occlu-

sion, resistance to wear, precision in the marginal adaptation and optical properties during different periods of time until the change for definitive restorations (2).

Provisional restorations must meet aesthetic characteristics in shape, color, gloss and translucency that approxi-

e535

Anexo 4: Secuencia de imágenes.

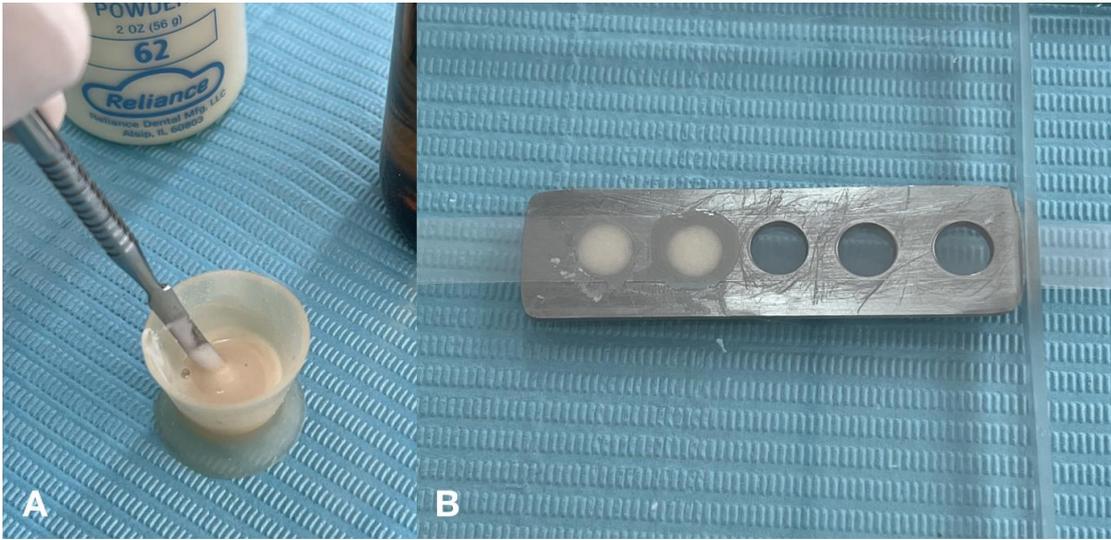


Figura 1. Preparación de los discos de Duralay. A: Mezcla del monómero y polímero; B: inclusión del material en los moldes metálicos.

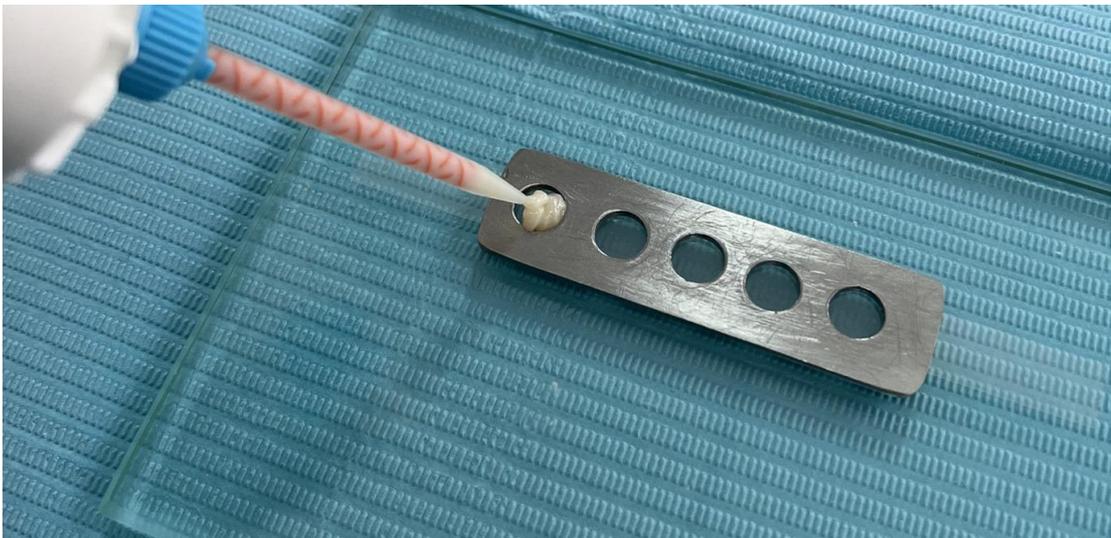


Figura 2. Preparación de los discos de Protemp.

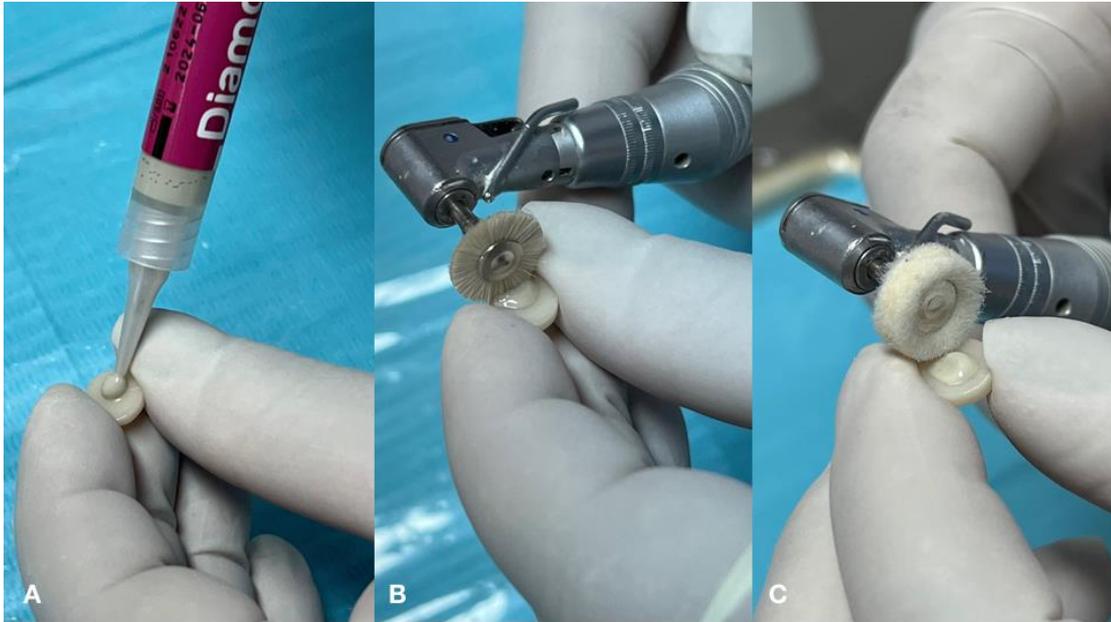


Figura 3. Pulidos de los discos. A: Aplicación de la pasta de pulido; B: Pulido con disco de pelo de cabra; C: pulido con disco de fieltro.

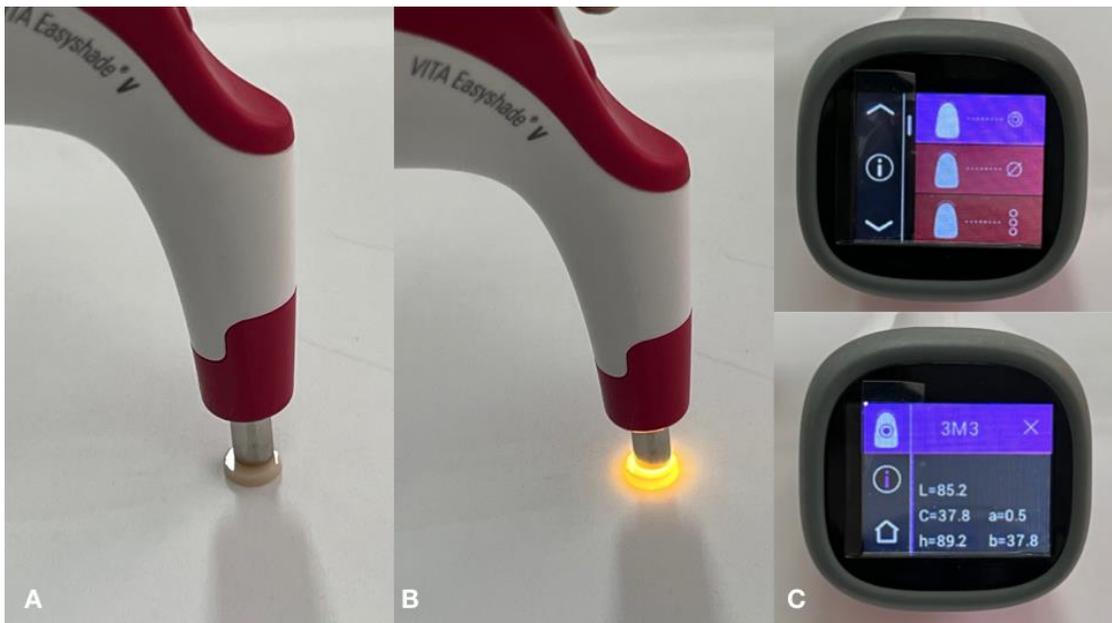


Figura 4. Registro del color. A: posicionamiento del espectrofotómetro; B: Registro del color; C: valores de las coordenadas.

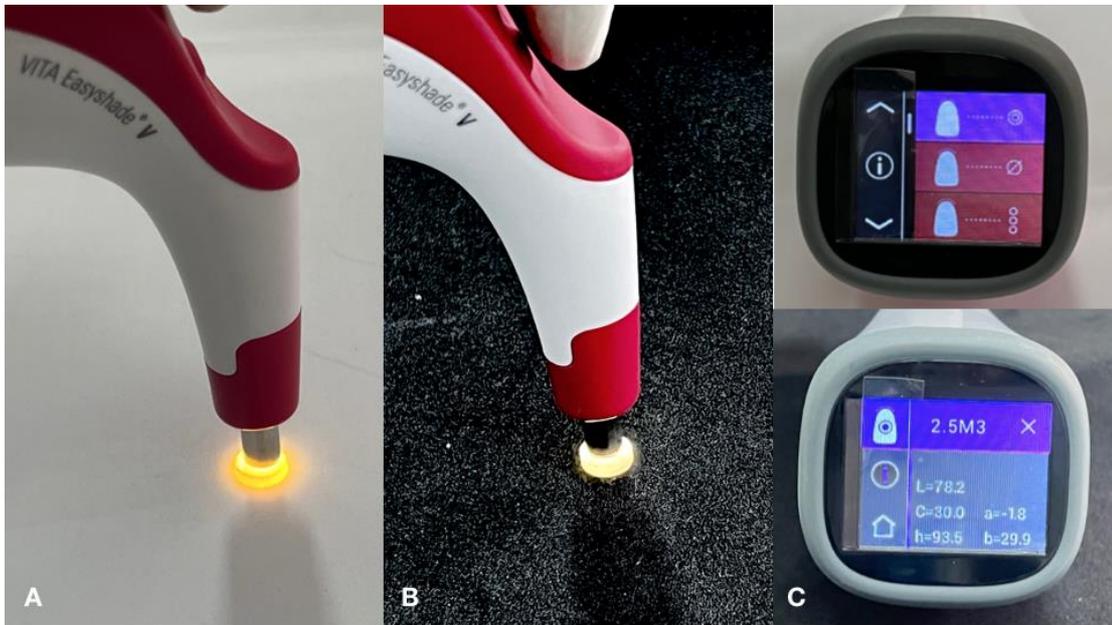


Figura 4. Registro de la translucidez. A: registro en fondo blanco; B: Registro en fondo negro; C: valores de las coordenadas.



Figura 6. Registro del brillo.



Figura 7. Inmersión de los discos en las distintas bebidas pigmentantes.

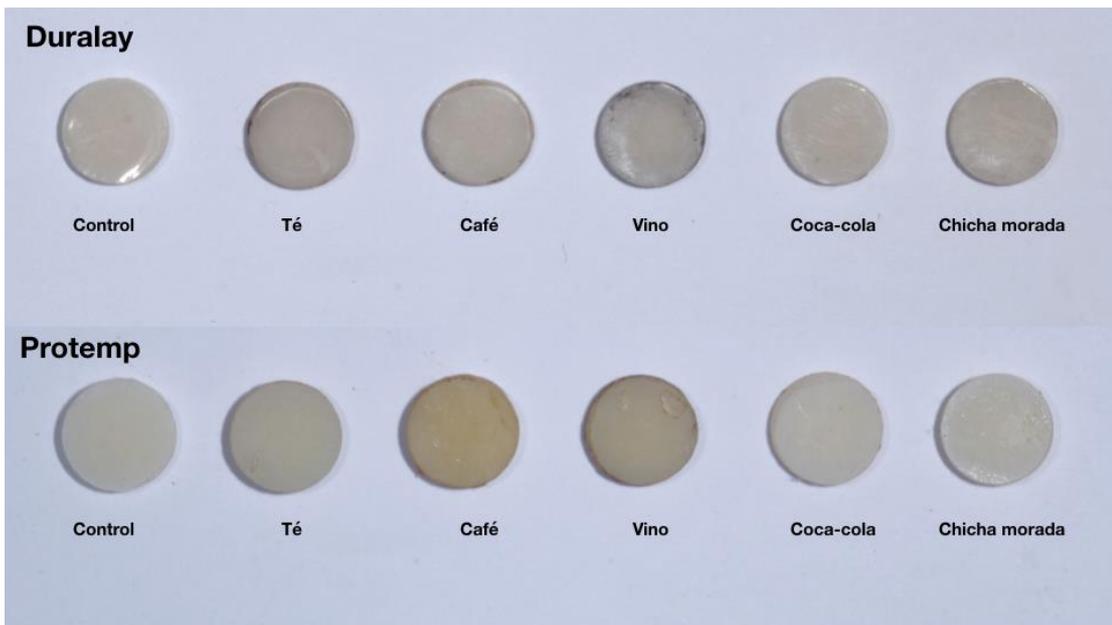


Figura 8. Cambio de color de los discos de Duralay y Protemp.