



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

**MAESTRÍA EN ODONTOLOGÍA ESTÉTICA Y
RESTAURADORA**

**“INFLUENCIA DE DIFERENTES OPACIDADES Y LA TÉCNICA
DE ESTRATIFICACIÓN DE RESINAS COMPUESTAS DE
NANOTECNOLOGÍA EN LA LONGITUD DE ONDA E
INTENSIDAD DE FLUORESCENCIA: ESTUDIO *IN VITRO*”**

Tesis para optar el grado académico de:
MAESTRO EN ODONTOLOGÍA ESTÉTICA Y RESTAURADORA

Presentado por:

Carla Daniela Portocarrero Flores (0000-0002-9866-3624)

Asesor:

Alberth David Correa Medina (0000-0002-2853-2231)

Lima – Perú

2024



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

**MAESTRÍA EN ODONTOLOGÍA ESTÉTICA Y
RESTAURADORA**

**“INFLUENCIA DE DIFERENTES OPACIDADES Y LA TÉCNICA
DE ESTRATIFICACIÓN DE RESINAS COMPUESTAS DE
NANOTECNOLOGÍA EN LA LONGITUD DE ONDA E
INTENSIDAD DE FLUORESCENCIA: ESTUDIO *IN VITRO*”**

Tesis para optar el grado académico de:
MAESTRO EN ODONTOLOGÍA ESTÉTICA Y RESTAURADORA

Presentado por:

Carla Daniela Portocarrero Flores (0000-0002-9866-3624)

Asesor:

Alberth David Correa Medina (0000-0002-2853-2231)

Lima – Perú

2024

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 04 de junio de 2024.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Mg. Esp. SANDRA CECILIA VEGA SEMINARIO PEÑARANDA
Miembro 1: Mg. Esp. ANA ISABEL LÓPEZ FLORES
Miembro 2: Mg. REYNALDO MARTINEZ CAMPOS

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

INFLUENCIA DE DIFERENTES OPACIDADES Y LA TÉCNICA DE ESTRATIFICACIÓN DE RESINAS COMPUESTAS DE NANOTECNOLOGÍA EN LA LONGITUD DE ONDA E INTENSIDAD DE FLUORESCENCIA: ESTUDIO *IN VITRO*

Presentada por la bachiller:

- Carla Daniela Portocarrero Flores

Para optar el Grado Académico de Maestro en Odontología Estética y Restauradora

Asesorada por: Mg. CD. Alberth David Correa Medina

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño del estudiante de la Carrera de Estomatología en la sustentación, se concluyen de:

Manera unánime (X)

Por mayoría ()

Calificar a:

Tesis: Carla Daniela Portocarrero Flores		Nota (en letras): 18 (dieciocho)	
Aprobado ()	Aprobado - Muy buena (X)	Aprobado - Sobresaliente ()	Desaprobado ()

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



**Mg. Esp. SANDRA CECILIA VEGA
SEMENARIO PEÑARANDA
Presidente(a) del Jurado
DNI. 41287590**



**Mg. REYNALDO MARTINEZ CAMPOS
Miembro 2
DNI. 10302743**



**Mg. Esp. ANA ISABEL LÓPEZ FLORES
Miembro 1
DNI. 10140964**



**Mg. CD. Alberth David Correa Medina
Asesor
DNI. 10719859**

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR
POSGRADO ESTOMATOLOGÍA
INDICAR EL TÍTULO DE SEGUNDA ESPECIALIDAD O GRADO ACADÉMICO A OPTAR
DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS¹³

Lima, 02 de Julio Del 2024

Señor:

Carlos Braxtzo Phil Zavalaga Reyes
Director General de Investigación, Desarrollo e Innovación
Universidad Científica del Sur

Presente.-

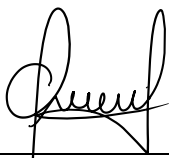
De nuestra consideración,

Yo: Carla Daniela Portocarrero Flores egresado del Posgrado Estomatología de la Universidad Científica del Sur, en conjunto con el asesor de tesis Alberth David Correa Medina, declaramos que este informe final de trabajo de investigación titulado: "Influencia de la técnica de estratificación de resinas compuestas de nanotecnología en la longitud de onda e intensidad de fluorescencia: estudio in vitro", sustentado para obtener Grado Académico de Maestro en Odontología Estética y Restauradora Es original.


Es decir, no contiene plagio parcial ni total, cuando se utilizó información de fuentes externas se reconoció la autoría mediante la adecuada citación y los resultados obtenidos son producto entero de mi investigación y no han sido falseados ni fabricados. Todo esto en cumplimiento del Código de ética en la investigación, Reglamento del Comité de Integridad Científica, Reglamento de Propiedad Intelectual, Normas y procedimientos de los trabajos de investigación para la obtención de títulos profesionales y grados académicos¹⁴, que afirmamos conocer en su totalidad.

Por ello, en caso de identificarse alguna situación de plagio, falsificación o fabricación de resultados, nos allanamos al proceso de investigación que establezca la Universidad y las posibles sanciones que pudieran surgir.

Firmamos en conformidad con lo declarado,



Carla Daniela Portocarrero Flores.
DNI: 72448319



Alberth David Correa Medina
DNI: 10719859

¹³ En conformidad con la Resolución del Consejo Directivo N° 084-SUNEDU/CD

¹⁴ Los documentos están en: <https://investigacion.cientifica.edu.pe/reglamentos/>

INFORME DE REVISIÓN DE ORIGINALIDAD

Título del documento evaluado. Influencia de diferentes opacidades y la técnica de estratificación de resinas compuestas de nanotecnología en la longitud de onda e intensidad de fluorescencia: estudio in vitro

Autores. Carla Daniela Portocarrero Flores

Mecanismo de revisión de originalidad. Evaluación con Turnitin (ID 2425356938).

Resultado de la evaluación. 8%

Revisado por. Magaly Kelly Guerrero Huaracallo.

Comentarios sobre la revisión. Filtros usados: excluir fuentes de menos de 12 palabras.

Influencia de diferentes opacidades

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad Científica del Sur

Trabajo del estudiante

1%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

3

repositorio.cientifica.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

www.scielo.br

Fuente de Internet

1%

5

alam.science

Fuente de Internet

<1%

6

repositorio.unb.br

Fuente de Internet

<1%

DEDICATORIA

“A mi amada hija, quien es mi fuente constante de inspiración y motivación. A mis amados padres y hermanos, por su apoyo incondicional y por ser la luz en este camino de aprendizaje y crecimiento”

INDICE

Pág.		
	Título	
	Resumen	1
	Abstract	2
	<i>Versión en inglés</i>	
I.	Introduction	3
II.	Materials and methods	5
III.	Results	7
IV.	Discussion	9
V.	Conclusions	12
VI.	Tables and figures	14
	<i>Versión en español</i>	
I.	Introducción	16
II.	Materiales y métodos	18
III.	Resultados	21
IV.	Discusión	23
V.	Conclusiones	27
VI.	Tablas y figuras	28
VII.	Referencias bibliográficas	33
VIII.	Anexos	36

TÍTULO EN ESPAÑOL:

“Influencia de diferentes opacidades y la técnica de estratificación de resinas compuestas de nanotecnología en la longitud de onda e intensidad de fluorescencia: estudio in vitro”

TÍTULO EN INGLÉS:

“Influence of different opacities and layering technique of nanotechnology composite resins regarding the wavelength and fluorescence intensity: in vitro study.”

Authors:

Carla Portocarrero-Flores ¹	0000-0002-9866-3624
Thais Alcandré ¹	0009-0009-0712-072X
Alberth Correa-Medina ¹	0000-0002-2853-2231

1. Universidad Científica del Sur. Escuela de Estomatología. Lima, Perú.

* **Corresponding author:** carladaniela380@hotmail.com

Conflict of interest: The authors show no conflict of interest with respect to the article.

Financing: Self-funded

Influencia de diferentes opacidades y la técnica de estratificación de resinas compuestas de nanotecnología en la longitud de onda e intensidad de fluorescencia: estudio in vitro

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la influencia de la opacidad y de la técnica de estratificación en la fluorescencia de diferentes resinas compuestas. **Materiales y métodos:** Se evaluó in vitro 2 opacidades (Esmalte y Dentina) y la técnica de estratificación (Esmalte + Dentina) de las resinas compuestas: Filtek® Z350 y Palfique LX5. Para los grupos de opacidad única, se fabricaron discos de resina compuesta empleando una matriz preformada con un diámetro de 10 mm y un espesor de 0,5 mm y para los grupos de técnica estratificada fueron de 1 mm de espesor, utilizando 2 capas de 0,5 mm de cada opacidad (n = 5). Los especímenes se analizaron mediante el método de Espectroscopía Raman. Para el análisis de los datos se emplearon las pruebas de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney. **Resultados:** Al examinar la intensidad de fluorescencia, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los pares: Técnica estratificada frente a Opacidad Esmalte en ambas marcas de resina compuesta, Filtek® Z350 y Palfique LX5® ($p^2 > 0,05$). Asimismo, no se hallaron diferencias estadísticamente significativas en la longitud de onda entre los pares: Técnica estratificada frente a Opacidad Esmalte y Técnica estratificada frente a Opacidad Dentina para ambas resinas compuestas, Filtek® Z350 y Palfique LX5® ($p^2 > 0,05$). **Conclusiones:** La intensidad de fluorescencia de la técnica estratificada es similar a la opacidad Esmalte para ambas resinas compuestas. De igual manera la longitud de onda de la técnica estratificada es similar a la opacidad Esmalte y opacidad Dentina para ambas marcas.

Palabras claves: Resinas Compuestas, Fluorescencia, Análisis de espectro, Raman

Influence of different opacities and layering technique of nanotechnology composite resins regarding the wavelength and fluorescence intensity: in vitro study.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the influence of opacity and the layering technique on the fluorescence of different composite resins. **Materials and methods:** Two opacities (Enamel and Dentin) and the layering technique (Enamel + Dentin) of the composite resins: Filtek® Z350 and Palfique LX5 were evaluated in vitro. Composite resin discs were fabricated using a preformed matrix of 10 mm diameter and 0.5 mm thick for the single opacity groups and 1 mm thick for the Layering technique groups, using 2 layers of 0.5 mm thickness of each opacity (n = 5). Specimens were analyzed using the Raman Spectroscopy method. The data were evaluated using Kruskal-Wallis and Mann-Whitney U tests. **Results:** When evaluating the intensity of fluorescence, no statistically significant difference was found when comparing the Layering Technique and Enamel Opacity ($p > 0.05$) and an increase in the Dentin Opacity value for both brands of composite resin. For wavelength, no statistically significant difference was found when comparing the Layering Technique with Enamel Opacity and Dentin Opacity for both Filtek® Z350 and Palfique LX5® composite resins ($p > 0.05$) **Conclusions:** The fluorescence intensity of the layering technique is similar to Enamel opacity for both composite resins. Likewise, the wavelength of the layering technique is similar to the Enamel opacity and Dentin opacity for both brands.

Keywords: Composite Resins, Fluorescence, Spectrum Analysis, Raman

Versión aprobada para publicar en inglés

I.- INTRODUCTION

When restoring teeth, particularly in the anterior region, achieving natural mimicry relies heavily on specific parameters such as value, tone, chroma, opalescence, and fluorescence. Among these, fluorescence holds particular importance for successful restoration outcomes. It occurs naturally in human teeth, contributing to their appearance of whiteness and lightness under daylight and blueness under ultraviolet light.¹

Fluorescence occurs when a surface absorbs ultraviolet light, causing the electrons of the material to temporarily transition to a higher energy state. Within less than 1 second of activation (10⁻⁸ seconds or 1 nanosecond), these excited electrons release the accumulated energy by emitting photons with a longer wavelength, falling within the visible spectrum perceivable by the human eye.² This release of photons is depicted through a fluorescence emission spectrum, composed of the color of these photons (wavelength) and the quantity or concentration of photons released (fluorescence intensity).³

Fluorescence in human teeth relies heavily on the organic component, predominantly collagen fibers containing photosensitive amino acids like hydroxypyridium and tryptophan. Upon interaction with ultraviolet light, these components emit fluorescence.⁴ It is noteworthy that dentin and enamel exhibit differences in fluorescence; dentin usually displays greater fluorescence than enamel due to its higher organic content.⁵

This distinction results in internal luminescence, giving natural teeth a vital appearance. However, replicating this phenomenon with restorative materials

poses a challenge for clinicians.⁶ One of the most used restorative materials is composite resin, valued for its mechanical, physical, and aesthetic properties. These include a wide range of colors and opacities, facilitating the stratification of opacities (stratified or multi-layer technique) to closely reproduce the natural tone of the tooth.⁷ Among the advancements in the aesthetic properties of composite resins is the addition of artificial luminophores, such as ytterbium, terbium, europium, and other rare earths, to the inorganic matrix. Incorporating these elements in specific concentrations is expected to provide fluorescence similar to that of a natural tooth. However, it is important to note that the necessary concentrations may vary between manufacturers and/or different opacities.^{8,9}

Fluorescence of composite resins has been extensively studied in dentistry, with thickness, type, and brand influencing the final fluorescence values in composite resin restorations.^{9,10} However, there is limited understanding of how combinations of opacities, whether through selecting a single tone or applying multiple tones, impact fluorescence. Therefore, it is crucial to understand how clinical decisions regarding opacity and layering technique affect the ultimate fluorescence of composite resin restorations.

There is no standardized method to study fluorescence, as it can be analyzed qualitatively through fluorescent cameras, UV light flashlights, or computer programs, and quantitatively using a spectrometer, more commonly known as a spectrophotometer. This instrument produces, disperses, and measures light, whether UV or visible, through a monochromator that filters and records the data. Therefore, the present study aims to evaluate the influence of opacity and

stratification technique on the fluorescence of different resin systems using a spectrometer. The hypothesis is that there is a difference in the fluorescence of different opacities and the stratification technique of the composite resins: Nano-particulate (Filtek® Z350 - 3M ESPE) and Supra-nano filled (Palfique LX5® – TOKUYAMA). **(Table 1)**

II. MATERIALS AND METHODS

The present research was an experimental in vitro study, where the opacities of enamel, dentin (single tone), and the stratified technique of both opacities (multiple tones) of two composite resins were evaluated: Filtek® Z350 - 3M and Palfique Lx5® - TOKUYAMA **(Table 2)**.

Fluorescence was assessed using two dimensions: wavelength and fluorescence intensity, employing the Raman spectroscopy method. The sample size consisted of 5 composite resin discs for each group, ensuring a statistical power of 80% and a confidence level of 95%. This research was registered with the Institutional Research Ethics Committee of the Universidad Científica del Sur (CIEI-CIENTÍFICA) under registration number 231-2020-POS8.

Preparation of resin discs

Resin discs of 10 mm diameter and 0.5 mm thickness were made for single tones and 1 mm thick for multiple tones. A silicone matrix was made with the corresponding measurements for each group. The composite resin was inserted using a Teflon spatula, in 1 increment of 0.5 mm for single tone and in 2 increments of 0.5 mm for multiple tones, each increment being of different opacity, first Dentin and then Enamel. Dentin A2 and Enamel A1 were used for

the Filtek® Z350 - 3M ESPE system.

The OPA2 opacity was used for the Palfique LX5® – TOKUYAMA resinous system, because they have a different classification of tone and shades, which would be equivalent to Dentin A2 and for Enamel opacity A1. It was polymerized with an LED light lamp (Bluephase G2 - Ivoclar Vivadent) for 20 seconds.

To standardize the samples, the thickness and diameter of the discs were checked by placing them in a metal matrix with exact measurements of 10 mm in diameter and 0.5 mm and 1 mm in thickness. Any excess material was removed using a 3M Soflex disc of various grains at low speed intermittently for 15 to 20 seconds until precise adaptation was achieved. The samples were then polished using goat hair brush and universal polishing paste (Ivoclar Vivadent). Discs that exhibited bubbles, fissures, or fractures were excluded from the study.

The samples were stored in plastic containers labeled with a code corresponding to the brand of each composite resin. Additionally, the samples were exposed to the same 632.8 nm laser in a dark room, against a black background, and photographed with a digital camera (Nikon D5200) from a distance of 10 cm. The camera was set to manual mode with an aperture of F3.4, a shutter speed of 1/80, and an ISO of 125, ensuring standardized settings for each photograph **(Figure 1)**.

Fluorescence analysis

The Renishaw inVia system was used to obtain fluorescence values. This advanced Raman spec-troscopy system integrates a high-resolution Raman spectrometer with a confocal microscope. This configuration enabled the use of an excitation laser in the ultraviolet range to induce fluorescence in the sample.

Moreover, the high-resolution spectrometer facilitated the acquisition of precise spectral data, allowing for peak identification and detailed interpretation of sample vibrations. Specialized software provided by Renishaw simplified the efficient acquisition, processing, and interpretation of Raman data. To conduct the analysis, the spectrometer was calibrated using a 632.8 nm laser and a Silicon (Si) reference sample. For the analysis of the resin discs, an excitation wavelength of 325 nm was selected, and appropriate filters were applied to minimize Raman light during fluorescence detection.

This approach allowed the acquisition of an emission spectrum ranging from 400 to 800 nm, recording both the spectrum and the fluorescence intensity peak value in arbitrary units, as well as the fluorescence wavelength in nanometers. Specialized personnel were trained to ensure the proper collection and interpretation of results provided by the spectrometer using the ORIGIN PRO-8.0 program. This software also facilitated the acquisition of fluorescence emission spectra for each group (**Figure 2 and Figure 3**).

Statistical analysis

The data were analyzed using the SPSS software version 24. The average values for fluorescence intensity and wavelength corresponding to each sample were entered. Non-parametric KruskalWallis tests and pairwise comparisons were conducted using the Mann-Whitney U Test. All statistical tests were performed with a confidence level of 95%.

III. RESULTS

In the present study, fluorescence was evaluated in its two dimensions:

wavelength and fluorescence intensity for each study group.

When evaluating the wavelength, values varied from 519.29 (± 0.28) for the dentin opacity group of the Filtek® Z350 (G5) composite resin to 534.92 (± 1.28) for the dentin opacity group of Palfique LX5® (G4) composite resin enamel. Regarding the fluorescence intensity dimension, values ranged from 1032.95 (± 60.64) for the enamel opacity group of the composite resin (G4) to 52744.74 (± 6570.32) for the opacity group of Filtek® Z350 (G5) composite resin dentin. Notably, the latter group exhibited the highest fluorescence intensity among all groups, as shown in Figure 2. Additionally, it is evident that the groups of the Filtek® Z350 composite resin (G1, G3, G5) present higher fluorescence intensity values, differing from groups of the Palfique LX5® composite resin (G2, G4, G6).

Table 3 shows that when comparing the fluorescence intensity values, a statistically significant difference was observed in most pairs, except for the pairs Filtek® Z350 stratified technique (G1) VS Filtek® Z350 enamel opacity (G3) ($p^2 = 0,09$), and stratified technique Palfique LX5® (G2) VS Palfique LX5® enamel opacity (G4) ($p^2 = 0,12$), where no statistically significant difference was found. However, a significant difference was observed when comparing it with the dentin opacity groups for both brands, as seen in **Figure 3**.

Likewise, when comparing the fluorescence wavelength values, it is observed that there is no statistically significant difference between the pairs: G1 versus G3 ($p^2 = 0,06$), G1 versus G5 ($p^2 = 0,08$); G2 versus G4 ($p^2 = 0,11$); G2 versus G6 ($p^2 = 0,09$). That is, there is no statistically significant difference when comparing the stratified technique with enamel opacity and with dentin opacity for both brands of composite resins, but there is one between enamel versus dentin

opacity for both brands.

IV. DISCUSSION

In the present in vitro study, six experimental groups were evaluated with the aim of understanding the influence of opacity and stratification technique on the fluorescence of two nanotechnology resin systems: Nanoparticulate (Filtek® Z350 - 3M ESPE) and Suprananofilled (Palfique LX5® – TOKUYAMA). It is important to note that in this study, fluorescence was evaluated through an emission spectrum analysis in two dimensions: intensity and wavelength. Both features were examined to obtain a comprehensive understanding of the fluorescence phenomena under study.

First, the fluorescence intensity of the study groups was evaluated descriptively. It was observed that the nano-particulate resin (Filtek® Z350) presented the highest numerical values in all its groups: Stratified technique (G1) (21103.52 ± 6060.38), enamel opacity (G3) (17322.66 ± 2480.39), and dentin opacity (G4) (52744.74 ± 6570.32). A higher fluorescence intensity was highlighted in the dentin opacity and a lower one in the enamel opacity (**Figure 3**). This would indicate that the Filtek® Z350 composite resin, especially in its dentin opacity, presents a higher concentration of fluorophores in its inorganic matrix compared to the other study groups, as there is a linear correlation between the concentration of excited fluorophores or fluorochromes and the fluorescence intensity. In other words, the higher the concentration of fluorophores, the greater the fluorescence intensity.¹¹

These findings contrast with previous research, such as that conducted by Kim et al.,⁸ who concluded, using a digital fluorescence camera based on QLF

technology (QLF-D), that the Filtek® Z350 resin exhibited a “darker fluorescence” compared to that of the natural tooth, clinically classifying it as a composite resin with low fluorescence. This discrepancy could be attributed to two specific optical phenomena: fluorescent quenching or self-quenching.

The first one, a process that reduces the fluorescence emitted by a sample, could be linked to the interaction with particles of larger size or opacity, limiting transmittance and hindering the arrival of UV light to all fluorescent particles, resulting in a decrease in the emitted fluorescence.^{6,11} The second phenomenon, self-quenching, occurs when identical fluorophores are in close proximity, collide, and cause loss of fluorescence. Despite the high fluorescence intensity, the previous clinical classification of the Filtek® Z350 resin as one with low fluorescence could be explained by the presence of zirconia/silica nanoclusters in its composition, especially in the enamel and dentin tones, comprising approximately 78.5% and 72.5% by weight, respectively. This content could be related to greater optical density or opacity, triggering the phenomenon of fluorescent quenching and thus affecting the final fluorescence, supporting previous research suggesting that the greater the opacity of a material, the lower its fluorescence, as noted by Tabatabaei et al.,⁹ in 2019.

Furthermore, when comparing the fluorescence intensity values, no statistically significant differences were found between the stratified technique (G1) and enamel opacity (G3) groups of the Filtek® Z350 composite resin ($p^2 = 0,09$), nor between the stratified technique (G2) and enamel opacity (G4) of the palfique LX5® composite resin ($p^2 = 0,12$).

However, statistically significant differences were observed between the dentin

opacity groups of their respective composite resins. This suggests that the fluorescence intensity is directly related to the last or most superficial layer, in this case enamel opacity, which aligns with some previous studies such as *Catelan et al.*,¹¹ which suggest that, in composite resins, fluorescence is mainly influenced by the last layer of the material since it could reduce or block the fluorescence of the composite resins. This could be explained by the same fluorescence quenching phenomenon.

Regarding the fluorescence wavelength dimension, it was observed that the Palfique LX5® composite resin presented higher numerical values in all its groups: stratified technique (G2) (534.80 ± 7.81 nm), enamel opacity (G4) (534.92 ± 1.89 nm) and dentin opacity (G6) (529.69 ± 1.70 nm); compared to the groups composed of Filtek® Z350 resin: Layering technique (G1) (519 ± 0.75 nm), enamel opacity (G3) (520.46 ± 0.51 nm), and dentin opacity (G5) (519.29 ± 0.28 nm). This suggests a tint or shade closer to cyan-greenish (540 nm) in Palfique LX5® and closer to a bluish tint (500 nm) in Filtek® Z350, **(Figure 1)**.

On the other hand, when comparing the fluorescence wavelength between the study groups, it was found that there is no statistically significant difference in the pairs of the Filtek® Z350 composite resin: stratified technique (G1) vs enamel opacity (G3) ($p^2=0,06$) and stratified technique (G1) *versus* dentin opacity (G5) ($p^2=0,08$) and for the Palfique LX5® composite resin between the pairs: stratified technique (G2) versus enamel opacity (G4) ($p^2=0,11$) and stratified technique (G2) versus dentin opacity (G6) ($p^2=0,09$) This indicates that the study groups that present the same composite resin exhibit the same fluorescence shade, which may be due to the manufacturer of a brand of composite resin could use

the same fluorophore in its different opacities, since a specific fluorophore fluoresces at a certain wavelength.

However, they would not use the same concentration of these fluorophores in their different opacities, as the fluorescence intensity is what varies the most between the opacities studied. This coincides with Volpato et al.,¹² who mentions that in order to achieve different optical properties with composite resins such as enamel and dentin opacities, manufacturers must make different compositions, varying the pigments used to determine the different opacities, which can alter the final fluorescence.¹³ This last point is difficult to verify due to the lack of information provided by manufacturers on the concentration and composition of fluorescent additives in their composite resins.^{14,15}

The study analyzed fluorescence quantitatively, though comparison with prior research was challenging due to the lack of a standardized method. Nevertheless, it provided insights into how fluorescence in composite resins is influenced by various opacities and layering techniques, common in clinical practice.

V. CONCLUSION

Within the limitations of this study, fluorescence was found to be influenced by both the opacities and brands of the composite resins. The impact of the stratified technique was prominent, particularly in its association with the most superficial layer.

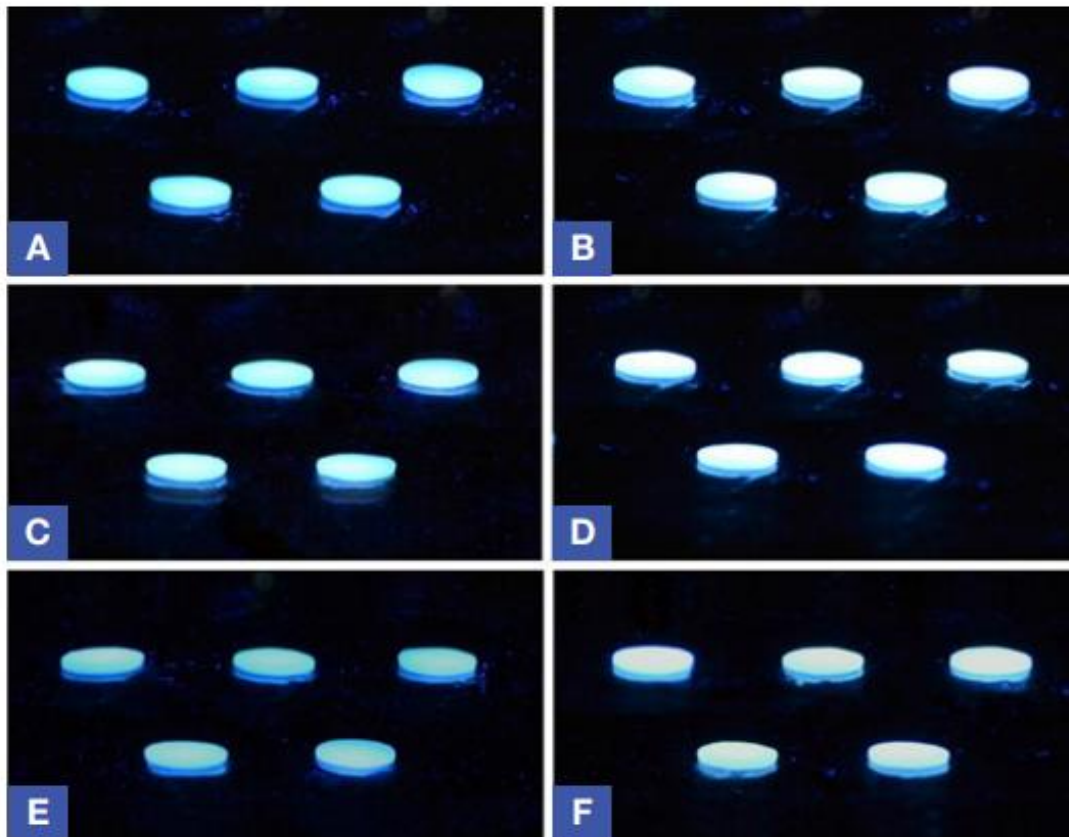
This was evident in the lack of significant differences observed when comparing the stratified technique with Enamel opacity, whereas differences were noted with

Dentin opacity in both brands. Additionally, distinct fluorescence shades were identified among the evaluated brands.

These findings highlight the importance of considering these factors when selecting composite resins in clinical practice and raise questions that could be addressed in future research regarding the relationship between fluorescence and its clinical perception in these materials.

VI. FIGURES.

Figure 1. Samples under an ultraviolet light source



- A:** Layering technique composite resin disc (enamel + dentin) from Filtek® Z350 - 3M ESPE (G1).
- B:** Composite resin disc with stratified technique (enamel + dentin) from Palfique LX5® – TOKUYAMA (G2).
- C:** Enamel opacity composite resin disc from Filtek® Z350 3M ESPE (G3).
- D:** Enamel opacity composite resin disc from Palfique LX5® – TOKUYAMA (G4).
- E:** Dentin opacity composite resin disc from Filtek® Z350 - 3M ESPE (G5).
- F:** Dentin opacity composite resin disc from Palfique LX5® – TOKUYAMA (G6).

Figure 2. Comparison of the fluorescence emission spectra of the different study groups.

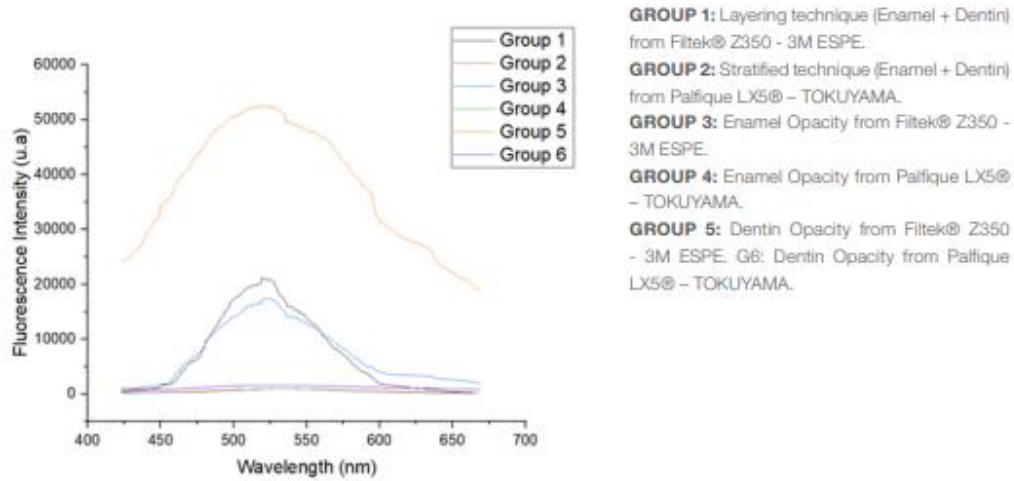
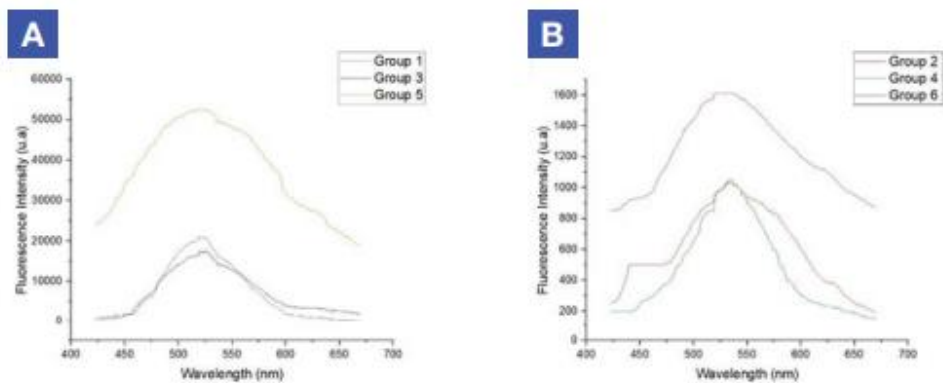


Figure 3. Comparison of fluorescence emission spectra according to the brand of composite resin.



A: Fluorescence emission spectrum of the groups from the Filtek® Z350 - 3M ESPE composite resin.

B: Fluorescence emission spectrum from the groups of the Palfique LX5® - TOKUYAMA composite resin. U.A: Arbitrary units.

Versión inicial en español enviada a publicar

INTRODUCCIÓN.

Al momento de realizar una restauración, sobre todo en el sector anterior, existen parámetros que juegan un papel muy importante para conseguir la mimetización efectiva de la restauración como el valor, tono, croma, opalescencia y fluorescencia. Esta última propiedad está muy relacionada con el éxito de la restauración, ya que se muestra de manera natural en los dientes humanos, permitiendo que parezcan más blancos y claros bajo la luz del día y azules bajo la luz ultravioleta. ¹

La fluorescencia es la absorción de luz ultravioleta por una superficie, induciendola a los electrones de este material a pasar temporalmente a un estado de mayor energía. En menos de 1 segundo de activación (10^{-8} segundos o 1 nanosegundo), estos electrones excitados liberan la energía acumulada mediante la emisión de fotones con una longitud de onda más larga, visible al ojo humano. ² Esta emisión de fotones se representa mediante un espectro de fluorescencia que muestra el color de los fotones (longitud de onda) y la cantidad de fotones emitidos (intensidad de fluorescencia). ³

En los dientes humanos, la fluorescencia se debe principalmente al componente orgánico, como las fibras de colágeno, que contienen aminoácidos fotosensibles como el hidroxipiridino y el triptófano, los cuales reaccionan con la luz ultravioleta para emitir fluorescencia.⁴ Es importante destacar que la Dentina y el Esmalte exhiben diferencias en cuanto a la fluorescencia; la Dentina presenta una mayor

fluorescencia que el Esmalte debido a su alto contenido orgánico.⁵ Esta diferencia genera una luminiscencia interna, lo cual brinda una apariencia vital al diente natural, llamado vitalescencia y representa un desafío para el clínico poder lograr reproducirlo con los materiales restauradores.⁶

Uno de los materiales restauradores más utilizados son las Resinas Compuestas, debido a sus propiedades mecánicas, físicas y estéticas como la amplia gama de colores y opacidades, que nos permiten estratificar las diferencias opacidades (técnica estratificada o de múltiples capas) y reproducir así el tono más similar al diente natural.⁷ Dentro de las mejoras relacionadas con las propiedades estéticas de las resinas compuestas, se destaca la adición de luminóforos artificiales, tales como iterbio, terbio, europio y otras tierras raras, a la matriz inorgánica; se espera que la adición de estos elementos, en concentraciones específicas genere una fluorescencia comparable a la de un diente natural. Sin embargo, es importante tener en cuenta que las concentraciones requeridas pueden variar entre fabricantes y/o distintas opacidades.^{8,9}

La fluorescencia de las resinas compuestas ha sido estudiada ampliamente en odontología; como el estudio de Tabatabaei¹⁰ en el 2019, que concluyó que el espesor, tipo y marca tiene influencia sobre los valores finales de la fluorescencia en restauraciones con resina compuesta. No obstante, existe un conocimiento limitado acerca de cómo las combinaciones de opacidades, ya sea mediante la elección de un tono único o la aplicación de tonos múltiples, afectan la

fluorescencia. Por esto, es importante comprender como las decisiones clínicas relacionadas con la opacidad y la técnica de estratificación influyen en el resultado final de fluorescencia de las restauraciones con resinas compuestas.

No existe un método estandarizado para estudiar la fluorescencia, ya que se puede analizar de manera cualitativa a través de cámaras fluorescentes, linternas con luz U.V o programas computacionales y de manera cuantitativa con el espectrómetro o llamado más comúnmente espectrofotómetro, el cual produce, dispersa y mide la luz ya sea U.V o visible mediante un monocromador que filtra los datos y los registra. Por ello, el presente estudio tiene como objetivo evaluar la influencia de la opacidad y la técnica de estratificación en la fluorescencia de diferentes sistemas de resina a través del espectrómetro; siendo la hipótesis que existe diferencia en la fluorescencia de diferentes opacidades y la técnica de estratificación de resinas compuestas: Nano particulada (Filtek® Z350 -3M ESPE) y Supra nano relleno (Palfique LX5® – TOKUYAMA). **(Tabla 1)**

MATERIALES Y MÉTODOS.

La presente investigación fue un estudio experimental in vitro, donde se evaluó las opacidades de Esmalte, Dentina (tono único) y la técnica estratificada de ambas opacidades (tono múltiple) de dos resinas compuestas: Filtek® Z350 - 3M y Palfique Lx5® - TOKUYAMA **(Tabla 2)**. La fluorescencia se evaluó a través de dos dimensiones: intensidad de fluorescencia y longitud de onda de fluorescencia a través del método de Espectroscopía Raman. El tamaño

muestral fue de 5 discos de resina compuesta para cada grupo con un poder estadístico de 80% y nivel de confianza de 95%.

Esta investigación fue aprobada por el Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Científica del Sur (CIEI-CIENTÍFICA) bajo el número de registro: 231-2020-POS8.

Confección de los discos de resina:

Se fabricaron discos de resina con un diámetro de 10 mm y un espesor de 0.5 mm para tonos únicos, y de 1 mm de espesor para tonos múltiples. Se elaboró una matriz de silicona con las medidas correspondientes para cada grupo; la resina compuesta fue insertada con ayuda de una espátula de teflón, en 1 incremento de 0.5 mm para tono único y en 2 incrementos de 0.5 mm para tonos múltiples, siendo cada incremento de diferente opacidad, primero Dentina y luego Esmalte. Para el sistema Filtek® Z350 - 3M ESPE, se emplearon Dentina A2 y Esmalte A1. En el caso del sistema Palfique LX5® – TOKUYAMA, que presenta una clasificación diferente de tono y matices, se empleó la opacidad OPA2 en lugar de Dentina A2, y para el Esmalte se usó la opacidad A1. La polimerización se llevó a cabo durante 20 segundos con una lámpara LED (Bluephase G2 de Ivoclar Vivadent).

Para estandarizar las muestras se comprobó el espesor y diámetro de los discos, colocándolos en una matriz metálica con la medida exacta de 0.5 y 1 mm de grosor y 10 mm de diámetro. Se eliminaron los excesos con disco sofex 3M de diferentes granos para baja velocidad de manera intermitente por 15 a 20 segundos, hasta conseguir la adaptación exacta. Se pulieron las muestras con

cauchos abrasivos siguiendo la secuencia del fabricante y constante irrigación, terminando con un disco de pelo de cabra junto con pasta de pulido universal de Ivoclar Vivadent. Se excluyeron los discos que presentaron burbujas, fisuras o fracturas.

Las muestras fueron almacenadas en recipientes de plástico, los cuales se etiquetaron con un código según la marca de cada resina compuesta. Además, con el objetivo de obtener una visión clínica y contrastar los resultados, se realizó un registro fotográfico. Para ello, las muestras fueron expuestas al mismo láser de 632.8 nm en un cuarto oscuro, sobre un fondo negro, y fotografiadas con una cámara digital (Nikon D5200). La cámara se colocó a una distancia de 10 cm, en modo manual, con una apertura de F3.4, una velocidad de 1/80 y un ISO de 125, manteniendo estos parámetros estandarizados para cada fotografía (**Figura 1**).

Análisis de Fluorescencia

Se empleó el sistema Renishaw inVia para obtener los valores de fluorescencia. Este sistema avanzado de espectroscopia Raman integra un espectrómetro Raman de alta resolución con un microscopio confocal. Esto nos permitió utilizar un láser de excitación en el rango ultravioleta para inducir fluorescencia en la muestra. Además, el espectrómetro de alta resolución facilitó la adquisición de datos espectrales precisos, posibilitando la identificación de picos y una interpretación detallada de las vibraciones de las muestras. El software especializado proporcionado por Renishaw simplificó la adquisición, el procesamiento y la interpretación eficiente de los datos Raman.

Para llevar a cabo el análisis, se realizó una calibración del espectrómetro utilizando un láser de 632.8 nm y una muestra de referencia de Silicio (Si). En el análisis de los discos de resina, se seleccionó una longitud de onda de excitación de 325 nm y se implementaron filtros adecuados para minimizar la luz Raman durante la detección de fluorescencia. De esta manera, se realizó la obtención del espectro de emisión en un rango de 400 a 800 nm. Se obtuvo el espectro de emisión en el rango de 400 a 800 nm, registrando tanto el espectro como el valor del pico de intensidad de fluorescencia en unidades arbitrarias y la longitud de onda de fluorescencia en nanómetros.

Se realizó la capacitación para el uso del programa ORIGIN PRO-8.0 por personal especializado, para la correcta recolección e interpretación de los resultados obtenidos por el espectrómetro, el cual también permitió obtener los espectros de emisión de fluorescencia para cada grupo. **(Figura 2 y 3).**

Análisis estadístico:

Los datos fueron analizados utilizando el software SPSS versión 24. Se registraron los valores promedio de la intensidad y la longitud de onda de fluorescencia para cada muestra. Se empleó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis y para realizar la comparación por pares se usó la prueba U de Mann-Whitney. Todas las pruebas estadísticas se realizaron con un nivel de confianza del 95%.

RESULTADOS

En el presente estudio se evaluó la fluorescencia en sus dos dimensiones:

intensidad y longitud de onda de fluorescencia para cada grupo de estudio.

Al evaluar la longitud de onda se encontraron valores que variaron desde 519,29 ($\pm 0,28$) para el grupo Opacidad Dentina de la resina compuesta Filtek® Z350 (G5) a 534,92 ($\pm 1,28$) del grupo Opacidad de Esmalte de la resina compuesta Palfique LX5® (G4). Para la dimensión de intensidad de fluorescencia, los valores variaron de 1032,95 ($\pm 60,64$) para el grupo de Opacidad de Esmalte de la resina compuesta (G4) a 52744,74 ($\pm 6570,32$) para el grupo de Opacidad Dentina de la resina compuesta Filtek® Z350 (G5); siendo este grupo el que presento una mayor intensidad de fluorescencia de todos los grupos, como se puede observar en la **Figura 2**. Así mismo, se observa que los grupos de la resina compuesta Filtek® Z350 (G1, G3, G5) presentan valores más altos de intensidad de fluorescencia a diferente de los grupos de la resina compuesta Palfique LX5® (G2, G4, G6).

La Tabla 3 muestra que, al comparar los valores de intensidad de fluorescencia, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la mayoría de los pares, excepto entre Técnica estratificada Filtek® Z350 (G1) VS Opacidad Esmalte Filtek® Z350 (G3) ($p^2=0,09$) y en el par Técnica estratificada Palfique LX5® (G2) VS Opacidad Esmalte Palfique LX5® (G4) ($p^2=0,12$), donde no hubo diferencia estadísticamente significativa, pero si al compararla con los grupos de opacidad Dentina para ambas marcas como se observa en la **Figura 3**.

Asimismo, al comparar los valores de longitud de onda de fluorescencia no se observan diferencias estadísticamente significativas entre los pares: G1 VS G3

($p^2=0,06$), G1 VS G5 ($p^2=0,08$); G2 VS G4 ($p^2=0,11$); G2 VS G6 ($p^2=0,09$). Es decir, no existe diferencia estadísticamente significativa al comparar la técnica estratificada con la Opacidad Esmalte y con la Opacidad Dentina para ambas marcas de resinas compuestas, pero sí entre la Opacidad Esmalte Vs Dentina para ambas marcas.

DISCUSIÓN

En este estudio in vitro, se analizaron seis grupos experimentales con el objetivo de conocer la influencia de la opacidad y la técnica de estratificación en la fluorescencia de dos sistemas de resinas de nanotecnología: Nano particulada (Filtek® Z350 - 3M ESPE) y Supra nanorelleno (Palfique LX5® – TOKUYAMA). Es importante destacar que en este estudio se evaluó la fluorescencia mediante un análisis de espectro de emisión en dos dimensiones: intensidad y longitud de onda. Se examinaron ambas características para obtener una comprensión integral de los fenómenos de fluorescencia en estudio.

Primero, se realizó una evaluación descriptiva de la intensidad de fluorescencia en los grupos de estudio. Se observó que la resina Nano particulada (Filtek® Z350) presentó los valores numéricos más altos en todos sus grupos: Técnica estratificada (G1) ($21103,52 \pm 6060,38$ u.a), opacidad Esmalte (G3) ($17322,66 \pm 2480,39$ u.a) y opacidad Dentina (G4) ($52744,74 \pm 6570,32$ u.a). Se destacó una mayor intensidad de fluorescencia en la opacidad Dentina y una menor en la opacidad Esmalte (**Figura 3**). Esto nos indicaría que la resina compuesta Filtek® Z350 y sobre todo en su opacidad Dentina presenta mayor concentración de fluoróforos en su matriz inorgánica a diferencia de los

otros grupos de estudio, ya que, existe una correlación lineal entre con la concentración de fluoróforos o fluorocromos excitados y la intensidad de fluorescencia, es decir, a mayor concentración de fluoróforos mayor será la intensidad de fluorescencia.¹¹

Estos resultados difieren de estudios previos, como el realizado por Kim G. et al.⁹, donde utilizando una cámara digital de fluorescencia empleando la tecnología QLF (QLF-D), concluyeron que la resina Filtek® Z350 mostraba una “fluorescencia más oscura” que la del diente natural, siendo clínicamente catalogada como una resina compuesta con baja fluorescencia. Esta discrepancia podría atribuirse a dos fenómenos ópticos específicos: el Quenching fluorescente o Desactivación fluorescente y la Auto-desactivación o "self-quenching".

El primero, un proceso que reduce la fluorescencia emitida por una muestra podría estar vinculado a la interacción con partículas de mayor tamaño u opacidad, limitando la transmitancia y obstaculizando la llegada de luz U.V a todas las partículas fluorescentes, lo que resulta en una disminución de la fluorescencia emitida.^{6,11} El segundo fenómeno, Auto-desactivación, ocurre cuando fluoróforos idénticos están muy próximos, colisionan y provocan la pérdida de fluorescencia. A pesar de la alta intensidad de fluorescencia, la previa clasificación clínica de la resina Filtek® Z350 como una con baja fluorescencia podría explicarse por la presencia de nanoclusters de zirconia/sílice en su composición, especialmente en las tonalidades Esmalte y Dentina, con aproximadamente un 78.5% y 72.5% de peso, respectivamente. Este contenido podría estar relacionado con una mayor densidad óptica u opacidad,

desencadenando el fenómeno de Desactivación fluorescente y afectando así la fluorescencia final, respaldando investigaciones anteriores que sugieren que, a mayor opacidad de un material, menor será su fluorescencia, según señala Tabatabaei M. et al.¹⁰ en 2019.

Además, al comparar los valores de intensidad de fluorescencia, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de Técnica estratificada (G1) y Opacidad Esmalte (G3) de la resina compuesta Filtek® Z350 ($p^2= 0,09$), ni entre Técnica estratificada (G2) y Opacidad Esmalte (G4) de la resina compuesta Palfique LX5® ($p^2= 0,12$). Sin embargo, se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de opacidad Dentina de su respectiva resina compuesta. Esto sugiere que la intensidad de fluorescencia está directamente relacionada con la última capa o la más superficial, en este caso opacidad Esmalte, lo cual concuerda con algunos estudios previos como Catelan, A.¹² que indica que, en las resinas compuestas, la fluorescencia viene dada principalmente por la última capa del material ya que está podría reducir o bloquear la fluorescencia de las resinas compuestas. Esto podría explicarse debido al fenómeno de quenching de la fluorescencia.

En cuanto a la dimensión de longitud de onda, se observó que la resina compuesta Palfique LX5® presentaba valores numéricos más altos en todos sus grupos: Técnica estratificada (G2) ($534,80 \pm 7,81$ nm), opacidad Esmalte (G4) ($534,92 \pm 1,89$ nm) y opacidad Dentina (G6) ($529,69 \pm 1,70$ nm); en comparación con los grupos compuestos por la resina Filtek® Z350: Técnica estratificada (G1) ($519 \pm 0,75$ nm), opacidad Esmalte (G3) ($520,46 \pm 0,51$ nm), y opacidad Dentina (G5) ($519,29 \pm 0,28$ nm). Esto sugiere un matiz más cercano al cian – verdoso

(540 nm) en Palfique LX5® y más cercano al matiz azulado (500 nm) en Filtek® Z350. **(Figura 1)**

Por otro lado, al contrastar la longitud de onda de fluorescencia entre los grupos analizados, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas en los pares de la resina compuesta Filtek® Z350: Técnica estratificada (G1) VS Opacidad Esmalte (G3) ($p^2= 0,06$) y Técnica estratificada (G1) VS Opacidad Dentina (G5) ($p^2= 0,08$) y para la resina compuesta Palfique LX5® entre los pares: Técnica estratificada (G2) VS Opacidad Esmalte (G4) ($p^2= 0,11$) y Técnica estratificada (G2) VS Opacidad Dentina (G6) ($p^2= 0,09$), es decir los grupos de estudio que presentan la misma resina compuesta presentan el mismo matiz de fluorescencia, lo cual se puede deber a que el fabricante de una marca de resina compuesta podría utilizar el mismo fluoróforo en sus diferentes opacidades, ya que un fluoróforo específico presenta fluorescencia a una determinada longitud de onda. Sin embargo, no usarían la misma concentración de estos fluoróforos en sus diferentes opacidades, ya que la intensidad de fluorescencia es lo que más varía entre las opacidades estudiadas. Esto coincide con Volpato C. que menciona que con el objetivo que lograr diferentes propiedades ópticas con las resinas compuestas como las opacidades de Esmalte y Dentina, los fabricantes deben realizar diferentes composiciones, variando entre ellas los pigmentos empleados para determinar las diferentes opacidades, lo cual puede alterar la fluorescencia final. ¹³.Este último punto es difícil de verificar debido a la falta de información proporcionada por los fabricantes sobre la concentración y composición de los aditivos fluorescentes

en sus resinas compuestas.^{14,15.}

El presente estudio analizo las dos dimensiones de fluorescencia de manera cuantitativa, lo cual dificulto la comparación con estudios previos, ya que no existe un método estandarizado para su estudio. Sin embargo, nos permitió entender el comportamiento de la fluorescencia de resinas compuestas y como repercute en las de diferentes opacidades y al aplicar múltiples capas como se suele utilizar mucho en la práctica clínica.

CONCLUSIONES

En el marco de las limitaciones de este estudio, se observó que la fluorescencia se ve influenciada por las opacidades y marcas de las resinas compuestas. La influencia de la técnica estratificada se evidenció al estar directamente asociada con la capa más superficial; esto se reflejó en la ausencia de diferencias significativas al comparar la técnica estratificada con la opacidad Esmalte, pero sí con la opacidad Dentina en ambas marcas. Además, se identificaron distintos matices de fluorescencia entre las marcas evaluadas. Estos resultados subrayan la relevancia de tener en cuenta estos factores al seleccionar resinas compuestas durante la práctica clínica y genera interrogantes que podrían ser abordadas en futuras investigaciones acerca de la relación entre la fluorescencia y su percepción clínica en estos materiales.

VII. FIGURAS Y TABLAS:

Tabla 1. Designación de los grupos de estudio.

Opacidad	Resina Compuesta	Grupo
Técnica Estratificada (Esmalte + Dentina)	Filtek® Z350 - 3M ESPE	Grupo 1
	Palfique LX5® – TOKUYAMA	Grupo 2
Opacidad Esmalte	Filtek® Z350 - 3M ESPE	Grupo 3
	Palfique LX5® – TOKUYAMA	Grupo 4
Opacidad Dentina	Filtek® Z350 - 3M ESPE	Grupo 5
	Palfique LX5® – TOKUYAMA	Grupo 6

Tabla 2. Materiales incluidos en el estudio y su composición.

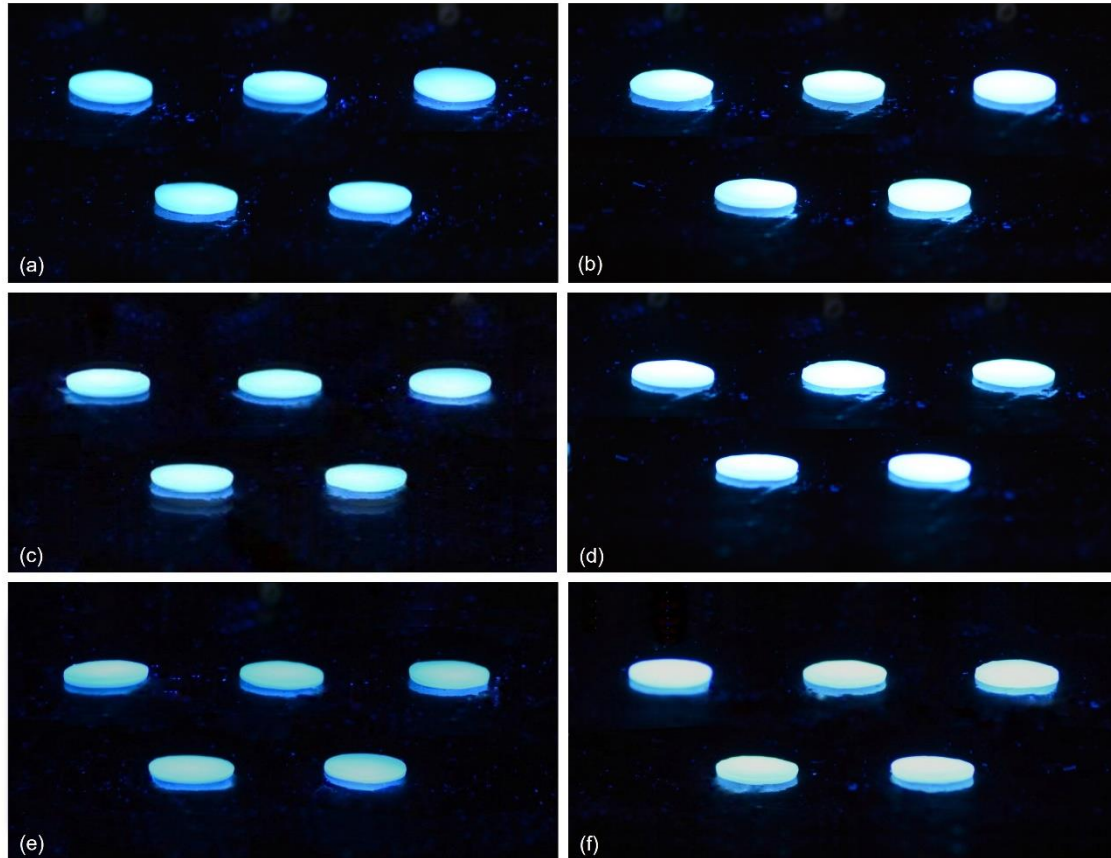
Materiales de estudio	Tipo	Composición	Opacidad
		Matriz de resina: bis-GMA, UDMA, TEGDMA y bis-EMA.	
Filtek® Z350 - 3M ESPE	Nano particulada	Partículas de relleno: Nanosílice no aglomerado/no agregado de 20 nm. Nanoclusters agregado de zirconia/sílice de 0.6 µm a 1.4 µm (partículas de sílice de 20 nm y de zirconio de 4-11 nm).	EA1 DA2
Palfique LX5® – TOKUYAMA	Supra nanorelleno	Matriz de resina: Bis-GMA y trietilenglicol dimetacrilato. Partículas de relleno: Partículas esféricas de sílice-dióxido de zirconio de tamaño medio de 0,2 µm.	A1 OPA2

Tabla 3. Evaluación de intensidad y longitud de onda de fluorescencia de los diferentes grupos de estudio

Grupo de estudio	n	Intensidad de fluorescencia Mean ± SD	Longitud de onda de fluorescencia Mean ± SD
Grupo 1	5	21203 ± 6060,38 ^A	519,66 ± 0,75 ^{AC}
Grupo 2	5	1058,11 ± 130,80 ^B	534,80 ± 7,81 ^{BD}
Grupo 3	5	17322,66 ± 2480,39 ^A	520,46 ± 0,51 ^A
Grupo 4	5	1032,95 ± 60,64 ^B	534,92 ± 1,89 ^B
Grupo 5	5	52744,74 ± 6570,32 ^C	519,29 ± 0,28 ^C
Grupo 6	5	1614,70 ± 150,38 ^D	529,69'0 ± 1,70 ^D

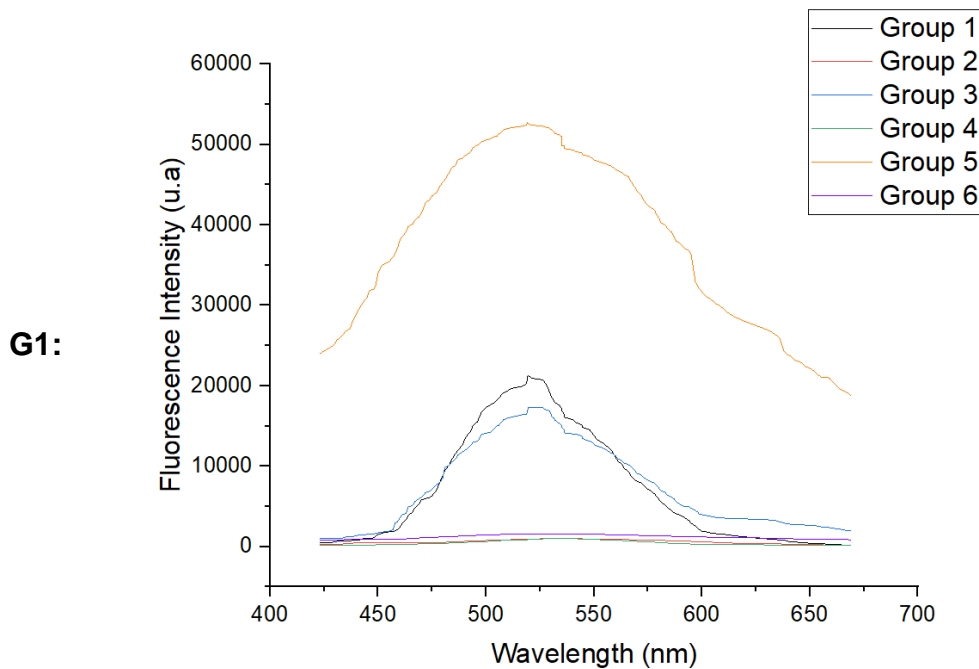
Diferentes letras en superíndice en las columnas significan diferencias estadísticamente significativas

Figura 1. Muestras bajo una fuente de luz ultravioleta.



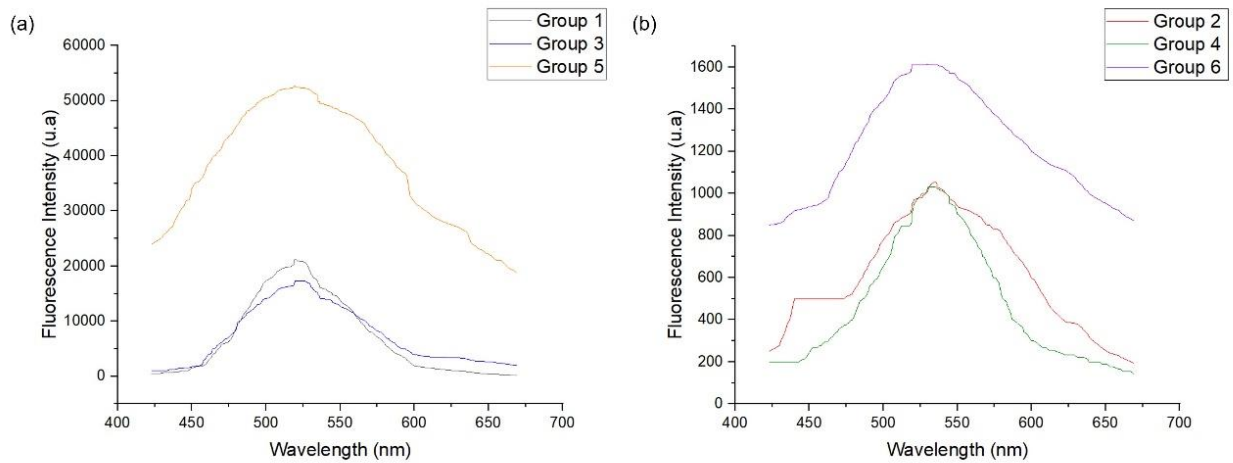
(estratificada **a**) Disco de resina compuesta de técnica estratificada (Esmalte + Dentina) de Filtek® Z350 - 3M ESPE (G1). **(b)** Disco de resina compuesta de técnica (Esmalte + Dentina) de Palfique LX5® – TOKUYAMA (G2). **(c)** Disco de resina compuesta de opacidad Esmalte de Filtek® Z350 - 3M ESPE (G3). **(d)** Disco de resina compuesta de opacidad Esmalte de Palfique LX5® – TOKUYAMA (G4). **(e)** Disco de resina compuesta de opacidad Dentina de Filtek® Z350 - 3M ESPE (G5). **(f)** Disco de resina compuesta de opacidad Dentina de Palfique LX5® – TOKUYAMA (G6).

Figura 2. Comparación de los espectros de emisión de fluorescencia de los diferentes grupos de estudio.



G1: Técnica estratificada (Esmalte + Dentina) de Filtek® Z350 - 3M ESPE. **G2:** Técnica estratificada (Esmalte + Dentina) de Palfique LX5® – TOKUYAMA. **G3:** Opacidad Esmalte de Filtek® Z350 - 3M ESPE. **G4:** Opacidad Esmalte de Palfique LX5® – TOKUYAMA. **G5:** Opacidad Dentina de Filtek® Z350 - 3M ESPE. **G6:** Opacidad Dentina de Palfique LX5® – TOKUYAMA.

Figura 3. Comparación de los espectros de emisión de fluorescencia de acuerdo con la marca de resina compuesta.



a) Espectro de emisión de fluorescencia de los grupos de la resina compuesta Filtek® Z350 - 3M ESPE. **(b)** Espectro de emisión de fluorescencia de los grupos de la resina compuesta Palfique LX5® – TOKUYAMA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Kiran R, Chapman J, Tennant M, Forrest A, Walsh LJ. Fluorescence-aided selective removal of resin-based composite restorative materials: An in vitro comparative study. *J. Esthet. Restor. Dent.* 2020; 32: 310–316. Hein S, Bosch JJ. The effect of ultraviolet induced fluorescence on visually perceived tooth color under normal light conditions. *Dent Mater.* 2018; 34:819-23.
2. Bae W, Yoon T-Y, Jeong C. Direct evaluation of self-quenching behavior of fluorophores at high concentrations using an evanescent field. *PLoS One.* 2021;16(2): e0247326.
3. Klein, C.; Connert, T.; von Ohle, C.; Meller, C. How well can today's tooth-colored dental restorative materials reproduce the autofluorescence of human teeth?—Ambition and reality! *J. Esthet. Restor. Dent.* 2021; 33: 720–738.
4. Brokos I, Stavridakis M, Lagouvardos P, Krejci I. Fluorescence intensities of composite resins on photo images. *Odontology.* 2021;109(3):615-624.
5. Bardocz-Veres Z, Székely M, Salamon P, Bala E, Bereczki E, Kerekes-Máthé B. Quantitative and qualitative assessment of fluorescence in aesthetic direct restorations. *Materials.* 2022;15:4619.
6. Leontiev W, Magni E, Dettwiler C, Meller C, Weiger R, Connert T. Accuracy of the fluorescence-aided identification technique (FIT) for detecting tooth-colored restorations utilizing different fluorescence-inducing devices: an ex vivo comparative study. *Clin Oral Invest.* 2021; 25:5189–5196.
7. Lopes GM, Prado TP, Camilotti V, Bernardon P, Mendonça MJ, Ueda JK. In

Vitro and in vivo evaluation of resin composites fluorescence. J. Mech. Behav. Biomed. Mater. 2021;114, 104223.

8. Kim GM, Kim BR, Lee ES, de Josselin de Jong E, Kim BI. Detection of residual resin-based orthodontic adhesive based on light-induced fluorescence. Photodiagnosis Photodyn Ther. 2018;24:69-74.

9. Tabatabaei MH, Nahavandi AM, Khorshidi S, Hashemikamangar SS. Fluorescence and opalescence of two dental composite resins. Eur J Dent. 2019;13(4):527-534.

10. Atri F, Safi M, Salehzadeh S, Izadi J, Fallah PE, McLaren EA. Analysis of color and fluorescence of different dentin ceramics and natural human dentin's to enhance shade matching. J Esthet Dent 2021;33:1029-1034

11. Catelan A, Guedes AP, Suzuki TY, Takahashi MK, de Souza EM, Briso AL et al. Fluorescence Intensity of Composite Layering Combined with Surface Sealant Submitted to Staining Solutions. J Esthet Restor Dent. 2015;27: 33-40.

12. Volpato CAM, Pereira MRC, Silva FS. Fluorescence of natural teeth and restorative materials, methods for analysis and quantification: A literature review. J Esthet Restor Dent. 2018;30:397–407.

13. Albertini P, Tauro R, Barbara L, Albertini E, Lombardo L. Fluorescence-aided removal of orthodontic composites: an in vivo comparative study. Prog Orthod. 2022; 23(16).

14. Pereira ALC, Matuda LSA, Lima LG, Silva MFL, Morais-Sousa LK, Matos JDM et al. Evaluation of the fluorescence of composite resins under an ultraviolet

light source. Int. J. Odontostomat. 2018; 12(3):252-261.

15. Garrido TM, Hoshino LVC, Hirata R, Sato F, Neto AM, Guidini VHF et al. In vitro evaluation of composite resin fluorescence after natural aging. J Clin Exp Dent. 2020;12(5):e461-7.

Copias de cartas de respuesta a las observaciones de los revisores.

Estimada Dra. Celia A. Lima, PhD

Directora en Jefe.

Journal of Oral Research,

Concepción Chile.

Por este medio pongo a su consideración la nueva versión corregida del manuscrito titulado **"Influencia de diferentes opacidades y la técnica de estratificación de resinas compuestas de nanotecnología en la longitud de onda e intensidad de fluorescencia: estudio in vitro"** para su posible publicación dentro de Journal of Oral Research. Todos los coautores hemos leído cuidadosamente las sugerencias y comentarios. Consideramos sumamente valioso el tiempo y dedicación de ambos revisores y de usted como editora y hemos atendido cada sugerencia como a continuación se describe:

Respuesta a comentarios de los revisores:

1- Introducción:

- Página 3, párrafo 3: "La Dentina y el Esmalte difieren en la fluorescencia, la primera es más brillante y azulada, mientras que la última tiene una fluorescencia disminuida, debido a su menor porcentaje de contenido orgánico". Dejaría más claro que la dentina tiene mayor fluorescencia que el esmalte por su mayor contenido orgánico, y no mezclaría conceptos como el brillo y croma con la fluorescencia.

Se modifico el párrafo con el fin de enfatizar que la dentina presenta una mayor fluorescencia debido a su contenido orgánico superior en comparación con el esmalte. Hemos eliminado la mezcla de conceptos relacionados con el brillo, croma y fluorescencia para ofrecer una descripción más precisa y clara de las diferencias entre la dentina y el esmalte.

- Página 4, párrafo 4: "Otra de las mejoras dentro de las propiedades estéticas de las resinas compuestas, está la adición de luminóforos artificiales". Mejoraría la coherencia de esta oración.

Se reviso y mejoró la coherencia de esta oración, para aseguramos una composición más clara se modificó todo el párrafo.

- Página 4, párrafo 5: "Sin embargo, se conoce muy poco sobre la influencia de las combinaciones de opacidades, ya sea la utilización de un tono único o tonos múltiples, con la fluorescencia". Mejoraría la coherencia en la redacción de esta oración.

Se ajusto la redacción de esta oración para mejorar su coherencia.

- Página 4, párrafo 5: "Por esto, es importante conocer la influencia de la opacidad y técnica del procedimiento clínico (múltiples capas), ya que estas decisiones pueden variar en el color y fluorescencia final". Falta enlazar de manera más natural la importancia del objetivo de estudio con la justificación del párrafo anterior.

Se mejoro la conexión entre la importancia del objetivo y lo mencionado en el párrafo anterior, resaltando la importancia de comprender cómo las decisiones clínicas pueden impactar en la fluorescencia final.

2- Método:

- Se requiere de mayor apoyo fotográfico. En la figura 1, colocar fotografías para cada muestra por grupo en una sola figura.

Se incluyó en la figura 1, fotografías de cada muestra expuesta a la luz U.V por grupo en una sola figura, con el objetivo de mejorar la presentación visual y facilitar la comprensión del contenido; con estas fotografías se espera que contribuya a un mejor entendimiento clínico de la información presentada. Además, se añadió la descripción de este paso y estandarización fotográfica en materiales y métodos.

- Se requiere explicitar en detalle el método de análisis de espectroscopía Raman.

Se especifico en detalle el uso del sistema Renishaw inVia, el cual es un espectrómetro Raman confocal utilizado en la espectroscopía Raman. Se proporciono información detallada y completa para mejorar la claridad y comprensión del procedimiento y análisis.

5- Conclusiones:

- Las conclusiones no se relacionan con el objetivo de estudio en conjunción a sus resultados obtenidos.

Se realizó los cambios necesarios para asegurarnos de que las conclusiones estén estrechamente relacionadas con el objetivo de estudio y sus resultados obtenidos.

- Recomendaciones de los revisores:

Recomendaría mejorar la introducción y discusión principalmente en cuanto a su coherencia y cohesión. Darle más apoyo al objetivo de estudio en la introducción. Explicar y desglosar mejor los resultados en la discusión, y a su vez relacionarlos con la práctica clínica. Reorganizar la conclusión y dar más valor a las figuras para sustentar el trabajo.

Se mejoró la coherencia y cohesión del manuscrito, asegurándonos de proporcionar un mayor apoyo al objetivo y estableciendo conexiones más sólidas con la práctica clínica. Además, se modificó las conclusiones y nos apoyamos más en las figuras y fotografías para que faciliten la comprensión de los resultados y discusión.

Nuevamente, agradecemos su tiempo y consideración, y esperamos que estas modificaciones mejoren significativamente la calidad y la claridad de nuestro trabajo.

Atentamente,

Dra. Carla Daniela Portocarrero Flores

Universidad Científica del Sur. Escuela de Estomatología. Lima, Perú.

carladaniela380@hotmail.com

Abreviaturas.

U.V: Ultravioleta

nm: nanómetros

u.a: unidades arbitrarias

mm: milímetro

SPSS: Programa estadístico informático

I. ANEXOS:

PRUEBA DE IMPRENTA:



ORIGINAL ARTICLE

INFLUENCE OF DIFFERENT OPACITIES AND LAYERING TECHNIQUE OF NANOTECHNOLOGY COMPOSITE RESINS REGARDING THE WAVELENGTH AND FLUORESCENCE INTENSITY: *IN VITRO* STUDY

Influencia de diferentes opacidades y la técnica de estratificación de resinas compuestas de nanotecnología en la longitud de onda e intensidad de fluorescencia: estudio *in vitro*

Carla Portocarrero-Flores,¹ Thais Alcandré,¹ Alberth Correa-Medina,¹

1. Universidad Científica del Sur. Escuela de Estomatología. Lima, Perú.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the influence of opacity and the layering technique on the fluorescence of different composite resins.

Materials and Methods: Two opacities (enamel and dentin) and the layering technique (enamel + dentin) of the composite resins: Filtek® Z350 and Palfique LXS were evaluated *in vitro*. Composite resin discs were fabricated using a preformed matrix of 10 mm diameter and 0.5 mm thick for the single opacity groups and 10 mm thick for the layering technique groups, using 2 layers of 0.5 mm thickness of each opacity ($n = 5$). Specimens were analyzed using the Raman spectroscopy method. Data were analyzed using the Kruskal-Wallis and Mann-Whitney U tests.

Results: When evaluating the intensity of fluorescence, no statistically significant difference was found when comparing the layering technique and enamel opacity ($p > 0.05$) and an increase in the dentin opacity value for both brands of composite resin. Regarding wavelength, no statistically significant difference was found when comparing the layering technique with enamel opacity and dentin opacity for both Filtek® Z350 and Palfique LXS® composite resins ($p > 0.05$).

Conclusions: The fluorescence intensity of the layering technique is similar to enamel opacity for both composite resins. Likewise, the wavelength of the layering technique is similar to the enamel opacity and dentin opacity for both brands.

Keywords: Composite resins; Fluorescence; Spectrum analysis; Spectrum analysis; Raman; *In vitro* techniques; Nanotechnology.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la influencia de la opacidad y de la técnica de estratificación en la fluorescencia de diferentes resinas compuestas.

Materiales y Métodos: Se evaluó *in vitro* 2 opacidades (Esmalte y Dentina) y la técnica de estratificación (Esmalte + Dentina) de las resinas compuestas: Filtek® Z350 y Palfique LXS. Se fabricaron discos de resina compuesta, utilizando una matriz preformada de 10 mm de diámetro y 0.5 mm de grosor para los grupos de opacidad única y 10 mm de grosor para los grupos de técnica estratificada, utilizando 2 capas de 0.5 mm de cada opacidad ($n = 5$). Los especímenes se analizaron mediante el método de Espectroscopía Raman. Los datos se analizaron utilizando la prueba de Kruskal-Wallis y Prueba U de Mann-Whitney.

Resultado: Al evaluar la intensidad de fluorescencia no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los pares: Técnica estratificada versus Opacidad Esmalte para ambas marcas de resina compuesta Filtek® Z350 y para Palfique LXS® ($p > 0.05$). Para longitud de onda no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los pares: Técnica estratificada versus Opacidad Esmalte y Técnica estratificada VS Opacidad Dentina para ambas resinas compuestas Filtek® Z350 y Palfique LXS® ($p > 0.05$).

Conclusión: La intensidad de fluorescencia de la técnica estratificada es similar a la opacidad Esmalte para ambas resinas compuestas. De igual manera la longitud de onda de la técnica estratificada es similar a la opacidad Esmalte y opacidad Dentina para ambas marcas.

Palabras Clave: Resinas compuestas; Fluorescencia; Análisis espectral; Espectrometría Raman; Técnicas *in vitro*; Nanotecnología.

CORRESPONDING AUTHOR: Carla Portocarrero-Flores, Universidad Científica del Sur, Escuela de Estomatología, Chorrillos 15048, Lima, Perú. E-mail: carladaveal310@gmail.com

CITE AS: Portocarrero-Flores C, Alcandré T & Correa-Medina A. Influence of different opacities and layering technique of nanotechnology composite resins regarding the wavelength and fluorescence intensity: *in vitro* study. J Oral Res. 2024;75(1):160-169. doi:10.17124/joralres.2024.1712

Received: 08/08/2023.
Accepted: 06/08/2024.
Published online: 06/08/2024.
ISSN Print 0719-2440
ISSN Online 0719-2475

CONSTANCIA DE APROBACIÓN DEL COMITÉ DE ETICA.

COMITÉ INSTITUCIONAL DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN



CONSTANCIA N° 322-CIEI-CIENTÍFICA-2020

El presidente del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Científica del Sur (CIEI-CIENTÍFICA) da constancia que el proyecto de investigación, cuyos datos se registran a continuación, ha sido **aprobado** por el CIEI-CIENTÍFICA.

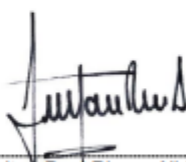
Código de registro: **231-2020-POS8**
 Título: **Influencia de la técnica de estratificación de resinas compuestas de nanotecnología en la longitud de onda e intensidad de fluorescencia: estudio in vitro**
 Investigador(a): **Carla Daniela Portocarrero Flores**

La aprobación del proyecto de investigación implica que el documento presentado a evaluación cumple con los lineamientos de Universidad en materia de investigación y ética, los cuales se sustentan en la normativa internacional vigente. Adicionalmente, en el contexto de la pandemia de enfermedad por COVID-19, le recomendamos cumplir con las normas publicadas por el estado peruano (accesos, medidas de bioseguridad, etc.) y tener los permisos de las instituciones en las que realizará el estudio antes de ejecutarlo.

En tal sentido, esta aprobación carecerá de valor si es que el proyecto de investigación arriba indicado es modificado de cualquier forma. Toda enmienda, añadido, eliminación o eventualidad (eventos adversos, etc.) posterior a la fecha de aprobación debe ser reportado al CIEI-CIENTÍFICA.

La vigencia de la aprobación de este documento es de dieciocho (18) meses (**hasta el 03 de mayo del 2022**), periodo en el que puede desarrollarse el proyecto. Cualquier trámite para su renovación deberá ser enviado antes del término de la vigencia de este documento, debiendo suspenderse todo desarrollo hasta que la renovación sea aprobada. La presente aprobación será ratificada en la sesión del CIEI más próxima.

Villa El Salvador, 04 de noviembre de 2020




Mg. Fulton Paul Rivera Albinagorta
 Presidente
 Comité Institucional de Ética en Investigación

ESPACIO PARA RESOLUCIÓN DIRECTORAL DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS



RESOLUCIÓN DIRECTORAL DE ACEPTACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS Y NOMBRAMIENTO DEL ASESOR

RESOLUCIÓN DIRECTORAL DE LA CARRERA DE ESTOMATOLOGÍA N° 024-DACE-DAFCS-U. CIENTÍFICA-2021

Lima, 16 de junio del 2021

VISTO:

El informe técnico del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Científica del Sur con código N° 231-2020-POS8, se aprueba el proyecto de Tesis Titulado: **“INFLUENCIA DE LA TÉCNICA DE ESTRATIFICACIÓN DE RESINAS COMPUESTAS DE NANOTECNOLOGÍA EN LA LONGITUD DE ONDA E INTENSIDAD DE FLUORESCENCIA: ESTUDIO IN VITRO”** presentado por **CARLA DANIELA PORTOCARRERO FLORES**.

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de pre/posgrado para obtener el Grado Académico de **MAESTRO EN ODONTOLOGÍA ESTÉTICA Y RESTAURADORA** en la Carrera de Estomatología de la Universidad Científica del Sur, se debe desarrollar un trabajo de investigación.

Que, de acuerdo con la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de Carrera.

SE RESUELVE:

ART. 1°: APROBAR E INSCRIBIR el Proyecto de Tesis titulado: **“INFLUENCIA DE LA TÉCNICA DE ESTRATIFICACIÓN DE RESINAS COMPUESTAS DE NANOTECNOLOGÍA EN LA LONGITUD DE ONDA E INTENSIDAD DE FLUORESCENCIA: ESTUDIO IN VITRO”** de el/la **Bach. CARLA DANIELA PORTOCARRERO FLORES**, con registro: N° 231-2020-POS8 y establecer el inicio de periodo de ejecución del mencionado proyecto, 04 de noviembre de 2020.

ART. 2°: NOMBRAR Asesor/a del trabajo de tesis señalado, a al/la **Mg. Alberth David Correa Medina**.

Regístrese, comuníquese y archívese.



Dr. Claudio Peña Soto
Director Académico de la Carrera de Estomatología



T// (51) 610 6738
informes@cientifica.edu.pe
cientifica.edu.pe