

**UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO  
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA  
ESCUELA DE ODONTOLOGÍA  
CÁTEDRA DE OPERATORIA DENTAL**



# **MEDICIÓN DE PROPIEDADES ÓPTICAS EN LAS RESINAS COMPUESTAS**

**Trabajo de  
investigación requisito  
para optar al Título de  
Cirujano Dentista**

**Docente Guía:  
Dr. Abelardo Báez R.**

**Alumnos:  
Miguel Muñoz P.  
Eduardo Ortiz C.**

**Valparaíso**

**2003**

## DEDICATORIA

*A mis padres, que todo me lo han entregado, amor, ideales, convicciones, fortaleza y mucho más, lo cual ha sido pilar fundamental en mi desarrollo personal e intelectual, y se mantendrán siempre en mi corazón.*

*A mi hermana, por su comprensión, aguante y cariño entregado durante todo este camino, el cual hubiese sido imposible sin su apoyo y visión de la vida.*

*A Milko, por ser un gran amigo y guía.*

*A mi compañero de tesis, Eduardo por su gran entrega en este proyecto.*

*A Claudio, por su apoyo incondicional.*

**Miguel.**

*A ti Dios, por toda la sabiduría y fortaleza que me has dado. Por eso y mucho más te doy las gracias.*

*A mi padre, por hacerme el hombre que soy, por darme amor, inculcarme valores y ser el ejemplo de mi vida.*

*A mi madre, por su infinito amor, paciencia, consuelo, confianza y sus llamadas por teléfono que tanto me ayudaron en estos sacrificados años de mi vida.*

*A mi tío Polo, por darme tantas alegrías y amarme como a un hijo.*

*A mi Abuelita, por rezar por mí, siempre.*

*A mis amados hermanos: Margarita, Andrés y Alex, por ser el motivo que me impulsó a estudiar esta carrera.*

*A mi gran amigo Salomón, por abrirme las puertas de su hogar y confiar tanto en mí.*

*A mis amigos: Luis, René, Cristián (Tuto), Gabriel, Claudio y Juan por darme su apoyo.*

*A Mario, por enseñarme que el boliche también puede ser rentable.*

*Al Karate, Judo, Yoga y pesas por aliviarme del estrés y ayudarme a conocer a tantas personas agradables.*

*A todos ellos, mil gracias.*

**Eduardo.**

## **AGRADECIMIENTOS ESPECIALES.**

A las siguientes personas que nos ayudaron les agradecemos enormemente:

*A nuestro docente guía, Dr. Abelardo Báez R. por el apoyo entregado para la realización de nuestro trabajo.*

*Al Profesor, Sr. Leopoldo Rodríguez Rubke, Ingeniero Electrónico, M. SC., Profesor de jornada completa y jefe del Laboratorio de Fotometría y Control de calidad de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Por su gran disposición para el desarrollo de esta investigación y por los conocimientos y material de trabajo proporcionados, muchísimas gracias.*

*Al DR. Claudio Jorquera P, por su importante colaboración Física e intelectual en la realización de esta investigación.*

*Al Sr. Juan Riquelme, por ayudarnos tanto en la realización practica de nuestra tesis. Por su buena voluntad, muchas gracias.*

*Al Sr. Marcos Chávez, bibliotecólogo de la Facultad de Odontología, por buena disposición.*



## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b><i>LA LUZ Y SUS FENÓMENOS ÓPTICOS</i></b>	<b>2</b>
<b><i>FENÓMENOS ÓPTICOS DE LOS CUERPOS</i></b>	<b>5</b>
<b><i>COLOR</i></b>	<b>9</b>
<b><i>COMPORTAMIENTO ÓPTICO DE LOS DIENTES</i></b>	<b>12</b>
<b><i>RESINAS COMPUESTAS</i></b>	<b>14</b>
<b><i>FENÓMENOS PSICOFÍSICOS Y PSICOLÓGICOS</i></b>	<b>19</b>
<b><i>CONSIDERACIONES CLÍNICAS</i></b>	<b>21</b>
<b>HIPÓTESIS Y OBJETIVOS</b>	<b>22</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>23</b>
<b>RESULTADOS</b>	<b>29</b>
<b>DISCUSIÓN</b>	<b>42</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>45</b>
<b>SUGERENCIAS</b>	<b>46</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>47</b>
<b>ANEXO</b>	<b>48</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>53</b>

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la odontología durante las últimas décadas ha sido tan rápido en lo que se refiere a conceptos estéticos, que esto ha traído también un desarrollo de los materiales y técnicas que se deben emplear para lograr un tratamiento exitoso.

Esto no es nuevo, ya que desde siempre la estética ha sido una preocupación para los odontólogos de todo el mundo. Desde los revolucionarios descubrimientos de Bowen, hasta la aparición de sistemas de resinas compuestas ideadas para imitar a la naturaleza de tal manera de pasar desapercibidas. Esto no ha sido fácil, porque el diente manifiesta fenómenos ópticos diversos, producidos por el comportamiento de la luz que incide sobre él, haciéndolo difícil de imitar.

Este comportamiento y los nuevos materiales que han salido al mercado nos motiva a realizar este estudio. Conocer el comportamiento óptico de los composites modernos y compáralos con el diente y otras resinas de generaciones diferentes nos parece un verdadero desafío. Además tenemos la oportunidad de comprobar de manera objetiva las propiedades que pregonan los fabricantes sobre sus productos sin ánimo de desprestigiar a ninguno de ellos.

Otra razón que nos motiva en este trabajo es la escasez de investigaciones similares que denotan el poco apoyo a la investigación o el escaso interés que existe para desarrollar este tema.

La translucidez – opacidad como unidad indivisible y la fluorescencia, son las características que se perfilan como indispensables de reproducir por la incidencia que tienen en la selección del color y el brillo final de la restauración. Por lo tanto un material restaurador estético debe, indispensablemente tener una variedad de opacidades y manifestar una fluorescencia similar al diente.

Todo lo anterior, sumado a la grata posibilidad de aprender cosas nuevas y ser un aporte para el conocimiento no lleva a desarrollar este estudio *in vitro* que esperamos sea de vuestro agrado.



## 1.0. LA LUZ Y SUS FENÓMENOS ÓPTICOS.

### 1.1. Conceptos asociados.

La naturaleza de la luz es uno de los problemas que más ha despertado interés en los científicos de todos los tiempos.

¿Qué es la luz? ¿Cuáles son sus mecanismos de transmisión? ¿Cuáles son sus fenómenos ópticos? Son preguntas que después de tanto tiempo, sólo a mediados del siglo XX fueron respondidas.

Para los griegos la luz era un fluido que emanaba de los ojos del propio observador, iluminando los cuerpos exteriores. No extraña entonces que se le atribuyeran propiedades maravillosas a los ojos como por ejemplo el "mal de ojo".

Pitágoras (S. VI a de JC) y Platón (429-347 a de JC) también idearon teorías sobre la luz, sin embargo fue en el siglo XV que sir Isaac Newton formuló su "Teoría corpuscular de la luz" en la que señalaba que el objeto emisor de la luz propagaba partículas o granos que viajaban en todas direcciones y en línea recta, con velocidad finita y que al penetrar al ojo, chocan con la retina dando origen a la sensación luminosa. Los diferentes tamaños de estos corpúsculos darían origen a los distintos colores.

Pasaron muchos años para que Albert Einstein (1879-1955) formulara su "Teoría de los cuantos o fotones de Einstein" en 1905, a favor de la teoría de Newton, explicando nuevos fenómenos entre los que se encontraba el efecto fotoeléctrico, que consiste en la emisión de electrones por parte de algunas sustancias cuando inciden sobre ellas luz u otra radiación de longitud de onda pequeña.

La velocidad de estos electrones depende sólo de la frecuencia de la radiación luminosa incidente y de la naturaleza de la sustancia que irradia, no dependiendo de la intensidad de la radiación (Herrera, 1968).

Einstein, explicó este fenómeno suponiendo que la energía, de una radiación luminosa estaba dividida en "granos" o "cuantos" o fotones, o sea aceptaba la teoría corpuscular de la luz.

Como resultado de estas investigaciones científicas podemos decir que la luz es una radiación electromagnética que posee la particularidad de sensibilizar la retina del ser humano y que se propaga de acuerdo a las leyes de la física en forma de ondas caracterizadas por dos parámetros fundamentales, su frecuencia y su amplitud. ((Rodríguez, 2003)

Como la frecuencia es muy alta, se usa en su lugar un parámetro inversamente proporcional a ella llamado "longitud de onda". La luz entonces es aquella radiación electromagnética cuya longitud de onda se encuentra entre 380nm y 780nm (Herrera y Jarufe, 1968).

### 1.1.2. Fuentes de luz

Existen fuentes naturales de luz y fuentes artificiales, entre las más conocidas entre las naturales están El Sol, el relámpago y el fuego y entre las artificiales, las lámparas incandescentes y las de descarga.

La generación de fotones se debe a la transición de los electrones desde niveles cuánticos de excitación al nivel de valencia. La forma de excitar dichos electrones es lo que diferencia los diversos tipos de lámparas. En los emisores incandescentes el aporte energético adicional se hace mediante calor y en las de descarga mediante energía cinética. (Rodríguez, 2003)

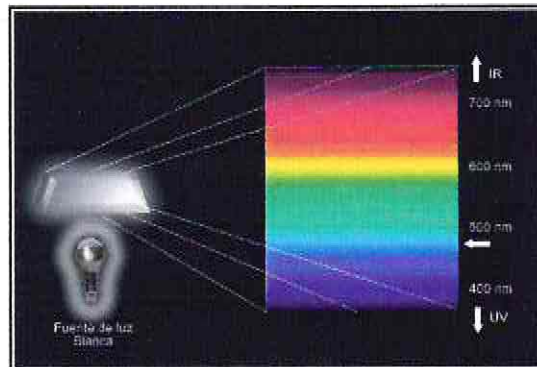


Fig. 1. Muestra la descomposición del haz luminoso proveniente de una fuente de luz.

### 1.2. Clasificación de las propiedades ópticas

La óptica, que es la especialidad de la física que estudia estos fenómenos los ha clasificado de la siguiente manera. (Herrera, 1968)

- Según la geometría: reflexión, refracción y dispersión.
- Según la física: difracción, interferencia y polarización.
- Según la cuántica: efecto fotoeléctrico, efecto Compton, etc.

Para la finalidad del presente trabajo se explica a continuación algunas propiedades ópticas mínimas requeridas para la comprensión del mismo dándose énfasis en aquellas que corresponden al marco geométrico y físico.

Según la geometría tenemos:

#### 1.2.1. Reflexión de la luz.

Cuando un haz luminoso se propaga por un medio homogéneo y llega a una superficie, parte de ella retorna al medio de procedencia. Esa luz retornada corresponde a luz reflejada. Parte de esa luz que penetra al segundo medio experimenta un cambio de velocidad y de dirección (luz refractada). Otra cantidad de ésta luz es absorbida, con lo que disminuye gradualmente su intensidad luminosa, emergiendo finalmente el resto (luz transmitida).

Según la superficie sobre la cual el haz luminoso incide, podemos distinguir dos clases de reflexión: especular y difusa. (Herrera y Jarufe, 1968)

- **Reflexión especular:** es aquella que sigue la Ley de Snell, cuando un haz de luz incide sobre una superficie pulimentada, los ángulos de incidencia y reflexión son iguales con respecto a la normal a la superficie.
- **Reflexión difusa:** Sigue la Ley de Lambert ( $I = I_0 \times \cos(a)$ ) al incidir el haz luminoso sobre una superficie difusora, la Luminancia en todas direcciones será constante.

### 1.2.2. Refracción de la luz.

Se ha establecido que la velocidad de la luz depende del medio por el cual se propaga. La causa de los cambios de velocidad y de dirección, en el desplazamiento de la luz, se atribuye a cierta propiedad que caracteriza a los medios transparentes y que se denomina refringencia. Por lo tanto la refracción de un haz luminoso se experimenta cuando éste cambia su velocidad o su velocidad y dirección de propagación de manera simultánea al pasar de un medio a otro de distinta refringencia. Este fenómeno lumínico hace que, al mirar una cuchara sumergida en un vaso con agua, desde su superficie, nos dé la sensación de verla doblada.

### 1.2.3. Dispersión.

Puesto que la velocidad de la luz coloreada en un medio distinto al vacío depende de su longitud de onda, el índice de refracción de la misma varía de acuerdo a dicha longitud. Dispersión, es entonces la propiedad mediante la cual el índice de refracción de un cuerpo varía según la longitud de onda del haz transmitido. La luz que se desplaza por un medio traslúcido, como el vidrio esmerilado o el esmalte dentario, sigue patrones irregulares y por lo tanto la luz se hace difusa dentro de él. (Jarufe, 1968)

De acuerdo a lo dicho anteriormente, las longitudes de onda larga que se encuentran en el rango de los rojos, se dispersan menos que las longitudes de onda corta que se encuentran hacia el lado de los azules.

Del punto de vista físico la propiedad más importante a conocer es:

### 1.2.4 Difracción.

Debido a la naturaleza ondulatoria en el movimiento de los haces luminosos, la trayectoria rectilínea de éstos tiende a cambiar cuando se encuentran muy cerca de un borde opaco. En este caso los rayos tienden a sufrir una desviación que recibe el nombre de difracción. Las longitudes de onda más difractadas corresponden a las largas. (Herrera, 1968)



## 2.0. FENÓMENOS ÓPTICOS DE LOS CUERPOS.

### 2.1. Luminiscencia y su historia.

Desde tiempos inmemoriales se conocían sustancias y animales que resplandecían en las sombras, por lo que despertaban la curiosidad y las supersticiones.

Las primeras referencias escritas aparecen en las crónicas chinas Shih Ching (Libro de las Odas) en el período de 1500 a 1000 a.C.

Aristóteles (384-322 a.C.) en Grecia, observó la luz emitida por los peces en descomposición y lo registró en *De Coloribus*: "... algunas cosas no arden por su naturaleza, ni tienen fuego de ningún tipo, aún así parecen producir luz".

En 1565, el español Nicolás Monarde escribió acerca del extraordinario color azul intenso de un extracto acuoso de la madera llamada "lignum nephriticum". Esa misma solución fue estudiada 90 años más tarde por Athanasius Kircher en Alemania, Francisco Grimaldi en Italia, Robert Boyle e Isaac Newton en Inglaterra.

Ellos reportaban que cuando la solución era iluminada con luz blanca aparecía una luz reflejada azul intensa, mientras que la luz transmitida era amarilla. Nadie identificó entonces esa luz azul intensa como emisión luminiscente hasta 1852, cuando el físico inglés George Stokes usando filtros y prismas demostró que la luz incidente de una región espectral era absorbida y transformada por la solución en una luz emitida en una región espectral diferente, de mayor longitud de onda.

Esta emisión luminiscente desaparecía aparentemente de forma instantánea cuando se apagaba la luz incidente, tal como lo hacían los espatos minerales. Stock acuñó el nombre de fluorescencia derivado de fluor-spar (espató).

La luminiscencia de los sólidos fue aportada por primera vez en 1603 por Vincenzo Cascariolo de Bolonia, quién calentó polvos de barita natural (sulfato de bario) con carbón y encontró que la mezcla resultante, en forma de torta, brillaba en la noche.

En 1652, sin embargo, Nicolás Zucchi demostró, por medio de filtros ópticos, que el color de la luz emitida durante la noche era la misma que cuando la piedra era expuesta a luz blanca o de otros colores, como azul o verde.

A partir de Cascariolo se designó como fosforescentes a las sustancias que presentaban la propiedad de brillar durante largo tiempo después de excitadas.

El término luminiscencia fue introducido en 1888 por el químico alemán Eilhard Wiedemann para abarcar los dos fenómenos, la fluorescencia y la fosforescencia. Y definió a la luminiscencia como todos los fenómenos luminosos no causados solamente por el aumento de la temperatura. (<http://www.altatecnicadental.com>)

Hoy en día, la luminiscencia se entiende como el proceso por el cual un material genera radiación no térmica. Así, la luminiscencia es la emisión de luz por medios diferentes a la combustión y por eso ocurre a temperaturas más bajas que las requeridas por la combustión. Un ejemplo de luminiscencia es la luz, o brillo, emitido por el dial de un reloj luminoso.

Cuando ciertos materiales absorben varios tipos de energía (longitud de onda corta del espectro UV principalmente), una parte de la energía se emite como luz. Este proceso tiene dos pasos:

1. La energía incidente hace que los electrones de los átomos del material absorbente se exciten y salten del nivel de valencia a niveles superiores proporcionales a la energía recibida.
2. Cuando los electrones regresan a su nivel original, pasan por niveles intermedios, llamados meta-estables, al hacer estas transiciones emiten en cada una un fotón de menor energía y por lo tanto, de mayor longitud de onda.

El intervalo entre los dos pasos puede ser corto (menos que 0,0001 s) o largo (muchas horas). Si el intervalo es corto, el proceso se denomina *fluorescencia*; si el intervalo es largo, el proceso se conoce como *fosforescencia*. (Phillips, 1962) (Fig. 2)



Fig. 2. Esquema del fenómeno de fluorescencia.

En relación a la fuente de energía responsable de estos fenómenos, se encuentra principalmente la radiación UV, de la cual se explicarán algunas de sus características.

Este tipo de radiación presenta tres rangos de longitud de onda, todas ellas ubicadas por debajo de los 400nm (no visibles para el ojo humano) y cuyas características se explican a continuación:

- **Radiación U.V.C.:** Su rango espectral está dentro de los 200-290nm, siendo muy nociva para los organismos vivos debido a que produce muerte celular. En la naturaleza estas ondas son filtradas por la capa de Ozono.
- **Radiación U.V.B.:** Entre los 290-320nm, llega al igual que la anterior, con la luz solar y puede producir efectos nocivos ya que su efecto es acumulativo.

- **Radiación U.V.L.:** Entre los 320-400nm, es la menos nociva de las tres, sin embargo también es de cuidado porque también provoca quemaduras de la piel y otras alteraciones. (Report, 2000)

La fluorescencia y la fosforescencia tienen muchas aplicaciones prácticas. La pantalla de los receptores de televisión se cubre con materiales fluorescentes, conocidos como fósforos, que brillan cuando es excitado por los rayos catódicos.

El interior de las lámparas fluorescentes tiene recubrimientos similares, que absorben las invisibles, pero intensas componentes ultravioletas de la fuente de luz primaria emitiendo luz visible

También se presenta un espectáculo interesante al usar sustancias fluorescentes que son sensibles a la radiación U.V., que al ser iluminadas con esa radiación, producen un suave brillo azulado. A esto se le da el nombre de lámparas de luz negra, que poseen múltiples usos. (Craig, 1998)

En dependencia de la clase de excitación que produce la luminiscencia se le asignan diferentes nombres, que se señalan por prefijos, aunque en español se utiliza muchas veces un par de palabras como luminiscencia catódica en lugar de cátodo luminiscencia, así tenemos:

- **Quimioluminiscencia.** Causada por reacciones químicas.
- **Roentgen luminiscencia.** Luminiscencia producida por rayos X de altas energías.
- **Triboluminiscencia.** Luminiscencia que resulta del rompimiento, rascado o despedazamiento de ciertos materiales.
- **Cátodo luminiscencia.** Es conocida también como electroluminiscencia y es debida a la excitación por electrones.
- **Ánodo luminiscencia e ióno luminiscencia.** Corresponden a la luminiscencia en ánodos debida a la acción de iones positivos sobre la sustancia.
- **Radio luminiscencia.** Es la luminiscencia producida por la acción de los materiales radiactivos.
- **Fotoluminiscencia.** Es la creada cuando ciertos materiales son irradiados por luz visible o luz ultravioleta; un ejemplo es la fosforescencia de pinturas.
- **Sonoluminiscencia.** Se ha observado en algunos líquidos orgánicos, es la luminiscencia producida por ondas sonoras de ultra altas frecuencias, o ultrasonidos. (<http://www.altatecnicaldent.com>)

## 2.2. Otras propiedades.

### 2.2.1. Translucidez y Opacidad.

La translucidez de un material es la propiedad mediante la cual se permite el paso de la luz, pero dispersa los rayos luminosos, de forma que no es posible ver los objetos que se encuentran detrás de él. La organización prismática de los cristales de apatita y la conducción de la luz a través de ella permiten cierta cantidad de translucidez. La refracción y la reflexión tienen un efecto de translucidez debido a los diferentes índices de refracción en los diversos componentes de los elementos traslúcidos. (7)

Por otra parte, la opacidad es una propiedad de los materiales que impide el paso de la luz. Cuando el objeto refleja todos los colores del espectro de luz blanca con la misma intensidad con la que la recibe, el objeto aparece de color blanco. Cuando el objeto absorbe todos los colores, éste aparecerá de color negro. Sin embargo un objeto puede reflejar una parte de los rayos de luz y absorber otros, por ejemplo si absorbe todos los espectros luminosos excepto el verde, éste se verá de este color al reflejar los otros espectros de la luz blanca. (Craig, 1998) (Fig.3)

### 2.2.2. Transparencia.

Es la propiedad de los materiales de dejar pasar la luz con muy poca distorsión y permitir ver los objetos que se encuentran detrás de él. Esta propiedad se encuentra en íntima relación con la translucidez y la opacidad, ya que la proporción de cada una de ellas es lo que le da esta característica. (Report, 2000; Craig, 1998).

Las sustancias transparentes como el vidrio pueden aparecer coloreadas si absorben algunas longitudes de onda y reflejan otras. Por ejemplo, si un trozo de vidrio absorbe todas las longitudes de onda excepto el rojo, éste emitirá luz de ese color, sin embargo si la fuente de luz no tuviera el espectro del rojo, el vidrio se vería opaco al absorber la luz blanca. En esta primera parte hemos abarcado todas aquellas cualidades de la luz, que son de importancia en la presente investigación, así también los fenómenos relacionados con ésta al interactuar con los cuerpos. (Report, 2000)(Fig.3)

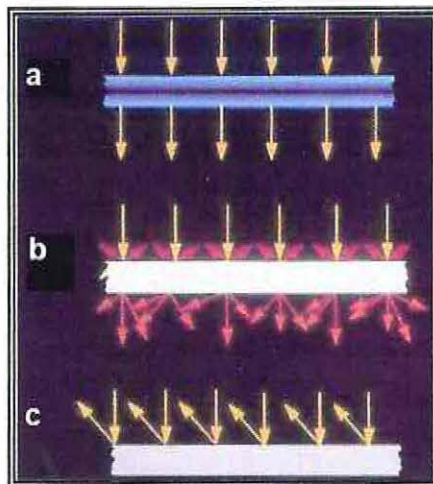


Fig.3. a) Transparencia, b) Translucidez, c) Opacidad. (Report, junio 2000)

### 2.2.3. Opalescencia.

Cuando la onda de luz se desplaza dentro de un material y encuentra un obstáculo menor que su longitud de onda, ella se refleja y se dispersa en todas las direcciones, siendo las longitudes de ondas cortas (azul) mucho más divergentes que las longitudes de onda largas (rojas). Si la fuente de luz está situada por detrás o por encima del observador, los colores amarillentos y rojizos serán particularmente visibles.

Fig.4. Opalescencia en vidrio. (Report, junio 2000)



Este fenómeno se hace más fuerte cuando aumenta la diferencia en la refracción entre la matriz y las partículas que se encuentran alrededor de ella (Craig, 1998)

El color del Sol es un ejemplo diario del fenómeno de opalescencia. El Sol siempre aparece de color amarillo, aun cuando emite luz blanca.

Cuando la mirada se dirige delante del sol, se observa el cielo en una intensidad variada de azules. Esta apariencia es el resultado de la dispersión de la luz blanca del sol en las minúsculas gotas de agua que se encuentran suspendidas en la atmósfera. Debido a que en la luz se encuentra el color azul, este es dispersado con mayor intensidad que el amarillo, es por ello que éste predomina en el cielo que no está cerca del sol. Así, en el cielo cerca del sol, predominan los colores que son débilmente dispersados (amarillo y el rojo) y el cielo alejado del sol se ve de color azulado. Este fenómeno es consecuencia de la dispersión de la luz por los pequeños elementos estructurales, y es un típico efecto de opalescencia. (Fig. 4)

### 3.0. COLOR.

El color consiste en las características de la luz, que es un aspecto de la energía radiante que el observado percibe cuando es estimulada la retina produciendo sensaciones visuales. La percepción del color es por lo tanto, el resultado de una respuesta fisiológica a un estímulo físico. (Heller, 2002)

La sensación es subjetiva, mientras que el rayo de luz, que es el estímulo físico que produce dicha sensación, es enteramente objetivo. El color percibido es un resultado de la reflexión o la transmisión de un rayo de luz blanca o parte del mismo (Okuno, 1986)

Según una de las leyes de Grassmann (Craig, 1998), el sistema ojo-cerebro sólo puede distinguir diferencias entre tres únicos parámetros de color los cuales son: longitud de onda lumínica, la reflectancia lumínica y la pureza de excitación. Estas tres características, le proporcionan al color su cualidad tridimensional que se explica a continuación. (Fig. 5)

La longitud de onda dominante de un color es la longitud de onda de una luz monocromática que al mezclarse en las proporciones adecuadas con un color acromático (gris) de lugar al color percibido. La luz de longitud de onda más corta (350nm) es violeta, y la luz de longitud más larga (700nm) es roja. Entre estas longitudes encontraremos las luces de color azul, verde, amarillo y naranja, etc. A este atributo se le denomina tinte (hue). (Craig, 1998)



*Fig. 5. Estructura tridimensional del color*

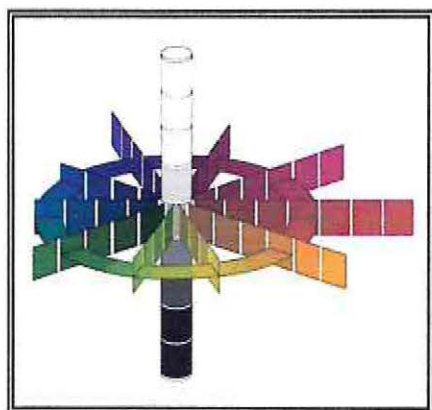
Los colores que componen la luz denominados primarios son tres, el rojo, verde y azul (violeta). La combinación adecuada de estos tres colores nos ayudará a conseguir otros colores. Estos últimos son los llamados colores secundarios y corresponden al color amarillo, azul verdoso y violeta.

Si mezclamos los colores primarios y secundarios entre sí variando la cantidad de cada uno de ellos se puede reproducir prácticamente la totalidad de la gama cromática que el ser humano puede percibir.

La reflectancia luminica (luz reflejada) de un color permite clasificar un objeto como miembro de una serie de objetos acromáticos que van del negro al blanco para los objetos que difunden la luz, y del negro a la claridad y ausencia de color absoluta para objetos que transmiten la luz. Al negro estándar se le asigna una reflectancia luminica de 0, mientras que al blanco estándar una reflectancia de 100. Este atributo de la percepción cromática representa el valor del sistema visual de medición de color.

La pureza de excitación o saturación de un color indica el grado de diferenciación respecto de la percepción del color acromático que más se le asemeje. Para valorar la pureza de excitación se emplea una puntuación de 0 a 16, a este atributo de la percepción cromática se le llama croma. (Craig, 1998)

Fig. 6 Esquema tridimensional Munsell.



El valor se encuentra en la vertical, graduado en una escala del 1 a 10, siendo el n° 1 el negro teóricamente puro ubicado en la parte inferior, y el n° 10 el blanco teóricamente puro ubicado en la parte superior. El exterior de la horizontal, que tiene 100 matices diferentes, representa un color 100% saturado. Hacia el eje del valor, la saturación disminuye. Esto corresponde a la intensidad del color (croma), cuya escala va del 0 que corresponde al gris neutro, hasta el n° 16 dependiendo de la saturación alcanzable por ese color, con un determinado nivel de valor. (Craig, 1998, 1998, Heller, 2002)(Fig. 6)

Estos tres parámetros fueron ordenados por Munsell (1932) en un cuerpo tridimensional donde el tinte o matiz se encuentra ubicado en el plano horizontal, dividido en 10 colores, de los cuales 5 de ellos son fundamentales: rojo, verde, azul, amarillo y púrpura; y 5 intermedios: amarillo-rojo, verde-amarillo, azul-verde, púrpura-azul y rojo-púrpura. Cada uno de estos colores principales es el número 5 de una serie de 10, por lo tanto, el círculo completo tiene 100 matices diferentes.

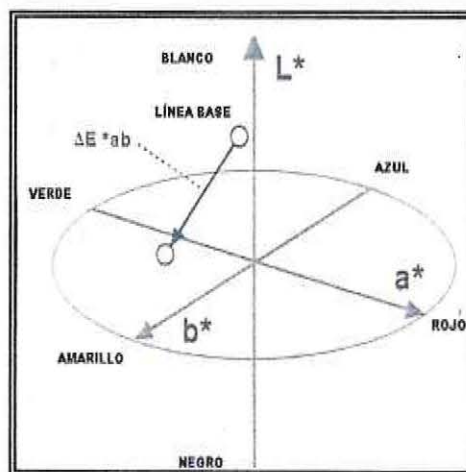


Fig. 7. Esquema básico del sistema CIElab. (Operative dentistry, 1996)

### **3.0.1. Metamerismo.**

Los colores metaméricos son estímulos cromáticos que tienen unos valores triestímulos (valor, croma y tinte) idénticos bajo una determinada iluminación, pero que posee distribución de energía espectral diferente. Dichos colores parecerán iguales bajo determinada luz pero no pasará lo mismo bajo otras luces. A esta característica se le denomina Metamerismo.

Como veremos más adelante, las mediciones colorimétricas para evaluar las guías de color y también de los tejidos naturales se realizan de acuerdo al sistema C.I.E. (Siglas en francés de la Comisión internacional de iluminación) que en 1976 creó el sistema  $L^*a^*b^*$ , donde  $L^*$  corresponde al brillo o luminancia,  $a^*$  son los valores en el eje rojo-verde y  $b^*$  corresponde a los valores en el eje amarillo-azul. Así un valor de " $a^*$ " positivo o negativo significa que el color contiene rojo o verde respectivamente, por otra parte, un valor  $b^*$  positivo o negativo quiere decir que el color contiene amarillo o azul respectivamente. (Fig. 7)

### **3.1. Guías de selección del color.**

En la actualidad, el odontólogo no cuenta con una variedad comercial de guías de selección de color que posean la calidad suficiente para el desempeño clínico.

Desde un comienzo se intentó crear una guía que pudiese reproducir de fiel manera el color natural del diente y que a su vez, permitiera al odontólogo cumplir con éxito las expectativas estéticas del paciente.

Los primeros intentos los realizó Clark (1933), estableciendo la naturaleza tridimensional del color, posteriormente fue Hayashi (1967) quien creó un sistema de 125 proyecciones. El problema con éste último, es que el material con el que estaba construido era el papel y esto trajo problemas evidentes de Metamerismo. Sin embargo la idea de Hayashi era la correcta en el sentido de que hizo uso del sistema Munsell. (10)

Según Sproull (1973) las guías existentes en el mercado no cubren el volumen de colores requeridos, además de estar dispuestos de forma desordenada y estar construidas con materiales inadecuados y grosores que escapan a la realidad de uso y que influyen en el momento de selección.

Es por esto que una buena guía de selección de color debe cumplir ciertos requisitos como por ejemplo, estar basados en el sistema Munsell y considerar su fabricación con el material adecuado para cada situación (composites, porcelanas).

A los factores ya mencionados, debemos acotar que la translucidez es una propiedad difícil de reproducir pero no por ello debemos dejarla de lado. Por otra parte, el valor es lo más importante a la hora de seleccionar el color debido a la capacidad que tiene el ojo humano para percibirlo. (Heller, 2002)

Actualmente existen en el mercado, guías de color de buena calidad que conllevan cerca de un 98% de éxito en la selección de color y su método de acción es muy variado. Por ejemplo la guía Vita para porcelanas se puede ordenar por orden de acuerdo al tinte (A, B, C, D) o bien según el Valor (B1 a C4), además trae consigo dos anillos de etiquetas, uno con los colores de dentina y el otro con los tonos de esmalte y algo muy importante es que incluye una lámpara que proporciona una luz de 5500 k que es la luz blanca estándar, lo cual es muy importante debido a que disminuye los problemas causados por las diferentes fuentes luminosas. Idealmente sería si todas las guías de selección de color de los materiales restauradores se basaran en este sistema y fuese mucho más universal.

#### **4.0. COMPORTAMIENTO ÓPTICO DE LOS DIENTES.**

##### **4.1. Reflexión.**

En los dientes naturales, de considerar la textura irregular que presenta el esmalte, ya que esta característica da una reflexión en todas direcciones, este fenómeno es denominado reflexión difusa. De esta forma, la textura superficial de las restauraciones debe ser una copia fiel de la superficie del esmalte de los dientes naturales, de tal forma que la luz incidente sea reflejada de manera semejante en todo el conjunto. El exceso de pulido y glaseado determinará áreas de reflexión espejo incoherentes con la característica superficial de los dientes naturales, resultando en restauraciones artificiales. (Picossi, 1987).

##### **4.2. Translucidez y opacidad.**

Es una propiedad característica del esmalte y de la dentina pero es sin duda el esmalte quien permite un paso de luz mayor, esto debido a la menor cantidad de sustancias orgánicas presentes en comparación con la dentina, la cual sería un tejido opaco. Las sustancias orgánicas actúan como partículas opacas combinadas a un medio translúcido. Cuanto mayor es la cantidad de sustancia orgánica, menos translúcido es el medio y cuanto más translúcido menor es su valor. En dientes más antiguos podemos percibir la disminución de su valor y el aumento de tonos grisáceos, esto producto de la pérdida de sustancias orgánicas en el tiempo y el consecuente aumento de translucidez de ambos tejidos por la misma causa.

*Fig. 8. Una imagen de la opacidad en el cuerpo dentinario y el efecto translúcido hacia el borde incisal*



### 4.3. Opalescencia.

Este efecto se presenta de particular forma en los dientes naturales, pero de forma limitada debido al tamaño de los cristales de hidroxiapatita, que son menores que las longitudes de onda de la luz incidente (7). De esta forma, cuando la luz blanca incide en la superficie vestibular del diente, el esmalte refleja las longitudes de onda azul y violeta y cuando la luz proviene de la región palatina en dirección al observador, el esmalte presenta un color anaranjado, debido a la transmisión de las longitudes de onda del color naranja/amarillo.

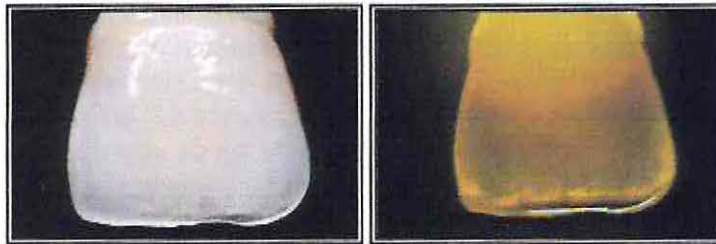


Fig.9. Fenómeno de opalescencia en el diente.

### 4.4. Fluorescencia.

Este es un fenómeno que depende de la dentina, lo que no quiere decir que el esmalte no la presente. Cuando los rayos ultravioletas son incididos sobre los dientes, es emitida una luz fluorescente blanca-azulada. En la naturaleza, este fenómeno es creado por los rayos UV de la luz solar que son invisibles al ojo humano. Después de penetrar el esmalte y alcanzar la dentina, los rayos UV excitan la fotosensibilización de la dentina. El diente natural expuesto a la radiación UV exhibe una fluorescencia con una banda de emisión de espectro que va desde el blanco intenso hasta el azul ligero, estos rayos UV se sitúan entre 300- 400 nm. La luz natural del sol, de la lámpara de algunos flash para fotografía, y por cierto las lámparas UV contienen radiaciones próximas a esa longitud de onda. Es más evidente este fenómeno cuando los dientes naturales son expuestos bajo las lámparas UV de las discotecas. La mayor fuente de radiación UV es la luz solar y la percepción cromática de la fluorescencia es fuertemente influenciada por esta iluminación. (Dietschi, 1996)

La energía que el diente absorbe es convertida en una luz de longitudes de onda mayores, haciendo que el

diente, en este caso se torne una "fuente de luz". Este es el fenómeno denominado fluorescencia dentaria. La emisión de luz se encuentra en la longitud de onda entre 400- 500 nm (Phillips), o sea, el color sería blanco-azulado. Los dientes sanos emiten luz fluorescente cuando son excitados por una radiación UV (365 nm); esa fluorescencia es policromática y tiene un peak máximo de intensidad a 450 nm del espectro (Panzeri, 1977); (Craig, 1998). Debido a la alta fluorescencia de la dentina de los dientes jóvenes, estos presentan elevados grados de luminosidad.

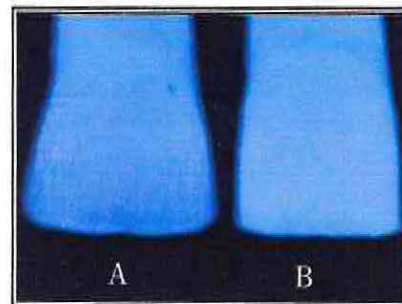


Fig. 10. A: diente, B: resina. Fenómeno fluorescente.

La fluorescencia puede observarse mejor en la región medio - incisal, en la transición para la opalescencia del esmalte, y en la región cervical (Dietschi, 1996). La selección de materiales restauradores que simulen los efectos de opalescencia y fluorescencia es fundamental, para que las restauraciones estéticas se aproximen al máximo a las características ópticas de los dientes naturales. (Fig. 10)

#### **4.5. Color.**

En la dentina hay pequeñas variaciones entre el promedio y distribución de los valores  $L^*$   $a^*$   $b^*$  dentro de A y B siendo definidos en el sistema de color Vita del cual hemos hecho referencia. Existe una clara disminución de los valores  $L^*$  cuando se aumenta el croma para el mismo color (por ejemplo de A1 a A4). Los valores  $a^*$  son negativos en todos los dientes, existiendo una ligera tendencia hacia el verde por lo menos cuando se mide en dientes extraídos. Los valores  $b^*$  son positivos, aumentando la cantidad de amarillo a medida que se incrementa el croma.

Algunos composites cubren adecuadamente el rango de color de los dientes naturales, pero solo unos pocos de ellos se relacionan perfectamente a la opacidad de la dentina natural.

Se debe aclarar que en un ambiente natural, los tejidos blandos y la presencia de una pulpa viva puede producir una tendencia de color hacia un  $a^*$  mas positivo, por otro lado, la esclerosis dentinaria puede cambiar el color hacia tintes más rojos.

En relación al esmalte, muy pocos composites se ajustan a su translucidez. Los autollamados colores de esmalte son mas opacos, generalmente, y los tonos incisales son habitualmente mas translucidos que el esmalte natural.

En vivo, el esmalte tiene varios efectos sobre la percepción del color dentinario, la influencia mas evidente es la disminución del croma aparente de la dentina, siendo esto modelado por la translucidez intrínseca del esmalte y su grosor.

Los efectos de opalescencia pueden ser capaces de modificar la evaluación de la translucidez del esmalte y el tinte dentinario. Los cambios en las condiciones de luz pueden influenciar la cantidad visible de azul y naranja por lo cual seria importante la estandarización de iluminación en orden de facilitar la selección del color. (Dietschi, 1996)

#### **5.0. RESINAS COMPUESTAS.**

Debido a que en la presente investigación se evaluarán las propiedades ópticas de los materiales de restauración estéticos, a continuación se expone de forma genérica, la composición y una clasificación según el tamaño de partículas que posea el material en cuestión. (Phillips, 1993)

#### **5.1 Composición.**

La mayoría de los de los sistemas están compuestos por tres partes:

- **Matriz de resina:** Están basadas en dimetacrilatos, oligonómeros, como el bis-gma o el uretano dimetacrilato. La viscosidad se puede reducir con el peso molecular de los diacrilatos. Estos monómeros polimerizan formando cadenas cruzadas.
- **Rellenos inorgánicos:** Normalmente están compuestos por vidrios, cuarzo y silicatos de litio-aluminio, vidrios de bario y sílice coloidal. La distribución, tamaño, cantidad y peso determinan la cantidad de relleno que se incorpora a la resina. Estos rellenos se tratan con silanos orgánicos que permiten su adhesión a la resina. El equilibrio y la distribución en el material final de estos rellenos determinan la dureza superficial y la capacidad de pulido de este material.
- **Pigmentos y opacificadores:** La incorporación de pigmentos con variabilidad de colores y agentes opacificadores determinan el matiz final de la restauración. El uso de foto iniciadores y su distribución determinan la profundidad y velocidad de polimerización. (Jordan, 2000)

## 5.2. Evolución en resinas compuestas anteriores y posteriores.

Como sabemos las resinas de uso odontológico tienen como base, monómeros tales como el bis-GMA o UDMA. Éstas pueden iniciar su proceso de polimerización por medio de la activación química, térmica o luminosa hasta culminarla aunque nunca sea de un 100% ya que el grado de conversión del sistema siempre deja monómeros residuales (las propiedades físicas y el coeficiente de expansión térmica mejoran el grado de conversión del sistema).

A finales de los años 40, fueron introducidas un grupo de resinas que tenían un buen matiz y un correcto pulido, éstas eran las llamadas resinas sin carga, sin embargo poseían una gran cantidad de desventajas entre las cuales estaban su baja resistencia mecánica, alta contracción de polimerización, excesiva expansión y contracción térmica y alta absorción acuosa.

La incorporación de partículas de cuarzo entre 15-36 micrones utilizadas como relleno, silanizadas a una matriz de bis-gma fue la gran revolución de los años 60 ya que permitía una mejora en las propiedades mecánicas, mayor resistencia al desgaste, disminución de la expansión térmica y contracción de polimerización y menor absorción acuosa comparada con las resinas sin carga. Además el relleno también proporciona otras características como la opacidad, translucidez y capacidad de pulido que son muy importantes a la hora de restaurar el sector anterior (Wakefield, 2001). Sin embargo el hecho de que tuviesen relleno de partícula muy grande generaba restauraciones difíciles de pulir por lo cual después de un tiempo exhibían pigmentaciones por las rugosidades.

Los composites de micro relleno, fueron presentados en los años 70 con el logro del tamaño de partícula de sílice de 0,0004 micrones aproximadamente. Esto brindaba resinas de resistencia mecánica similar a las resinas de grandes partículas pero con menor resistencia al desgaste, mayor contracción de polimerización, mayor cambio dimensional y mayor absorción, todos estos inconvenientes producidos por su bajo contenido de relleno inorgánico, sin embargo mantenían las superficies pulidas por muchos años debido a su baja cantidad de relleno (40% a 50% por peso)

La posibilidad de realizar mezclas de rellenos entre partículas pequeñas y micro partículas (0,004 – 1.5 micrones) fue incorporada en los últimos años con el fin de combinar las buenas propiedades mecánicas de las grandes partículas y los buenos pulidos obtenidos con las micro partículas. De este modo aparecieron las resinas híbridas lográndose una baja contracción de polimerización, bajo desgaste y absorción acuosa debido a su alto porcentaje de relleno (75% a 80% por peso). Además se pudo mejorar la terminación y pulido incorporando la posibilidad de ser usado en el sector anterior y posterior. (Wakefield, 2001)

Los composites micro híbridos representan el siguiente paso en el tratamiento y distribución de partículas. Si bien son híbridos, su carga es de tamaño menor a 0.7 micrones, que es lo mínimo invisible para el ojo humano y constituyen el tamaño de partícula óptimo. Las excelentes propiedades mecánicas se logran gracias al resinterizado y el tratamiento del relleno inorgánico, que equilibrado con los pigmentos y opacificadores, logran una variada gama de matices y opacidades importantes. (Wakefield, 2001)

### **5.3. Sistemas resinosos modernos.**

Todo lo anterior llevado al desarrollo de diversos sistemas de restauración cuya característica principal es la utilización de diferentes tonos y matices pero aplicados a composites con funciones diferentes, tales como los esmaltes, las dentinas y los opacos. Todo esto con el fin de imitar a la perfección la estética dental y por supuesto su comportamiento óptico. A continuación describiremos algunos sistemas con el fin de comprender el por qué en la odontología actual las restauraciones se realizan con técnicas de estratificación con el objetivo de reemplazar cada tejido que conforma el diente, con aquel material que lo asemeje tanto en función como en color.

Las características que debe poseer este tipo de material consideran los siguientes aspectos (Manual Técnico Esthet-X, Dentsply):

- Alto pulido (facilidad y longevidad)
- Estética (amplios tonos con múltiples opacidades)
- Manejo no pegajoso, esculpible, resistente al desmoronamiento.
- Propiedades físicas superiores (mecánicas, físicas y ópticas)
- Bajo desgaste.

Estas cualidades están presentes en algunos sistemas microhíbridos que fueron incluidos en este estudio y que a continuación detallamos brevemente:

#### **Esthet-X. (Dentsply)**

De acuerdo al fabricante este microhíbrido funciona con una resina opaca, otra resina que hace las veces de dentina cuerpo que es menos opaca y finalmente un esmalte translúcido.

Tanto éste como los otros sistemas de última generación tienen una guía de selección de color ideada con el fin de restaurar de forma estratificada. La guía de color TruMatch fue diseñada con este propósito. Cada tono del diente en la guía de colores es construido por armonización de tres capas de tonalidades diferentes, representando las porciones del opaco, el cuerpo regular y esmalte translúcido.

Para usar la guía de colores, los clínicos seleccionan la lengüeta apropiada para predecir la estética final de la restauración. Una vez seleccionado, el mango de la lengüeta da el color y el lado reverso de la guía de color perfilará la "receta" usada para crear ese color particular de diente. Seleccionando los colores correspondientes del Esthet•X y colocando por capa los tonos secuenciales dentro de la preparación cavitaria, el clínico puede lograr el resultado deseado exactamente representado por la lengüeta de tono. Por ejemplo, para crear una restauración final del "A3.5", primero es ubicada una capa de base de A2-0 (dentina opaca), seguido por cuerpo de tono A3.5 (cuerpo regular) y finalmente cubierto por color YE (esmalte translúcido). El secreto está en las diferentes opacidades de cada composite.

Fig. 11 .Set y Guía de Color Esthet-X



### Miris (Coltene).

Este sistema funciona con el mismo concepto del anterior, la diferencia radica en que este composite trabaja con saturaciones del tinte A3 para dentina (S1 a S7) y con 3 tintes básicos para esmalte (Blanco, neutro y marfil). Los tintes de dentina aumentan su croma del mismo modo que lo hace la dentina del ser humano y los esmaltes proporcionan 6 variedades para los tres tintes nombrados anteriormente. Además trae 4 jeringas con resina para realizar efectos que consisten en: azul, blanco, blanco opaco y dorado.

El sistema Miris cuenta con una guía de selección de color que requiere un uso adecuado que se explica a continuación:

- El Odontólogo selecciona el tono de dentina en la parte cervical
- Se aplica una delgada capa de glicerina sobre la guía "dentina" para así simular la humedad natural del diente y para no cortar las hondas de luz (índice de refracción).
- El Odontólogo selecciona el tono del esmalte cerca del centro del diente.

- La guía dentina se inserta dentro de la carilla de esmalte, generando una simulación perfecta del resultado final.

Fig. 12. Set de composites Miris, Collene.



### Filtek Supreme, 3M ESPE.

Al igual que los anteriores este set cuenta con diferentes resinas para cada tejido dentario. Cuenta con tintes A, B, C y un D para dentinas opacas, luego un composite body o cuerpo, esmalte y finalmente tres traslúcidos con tintes violeta, gris y amarillo, además de tener 3 composites White para blanqueamientos.

Así, cada vez que se elige un color, la guía indica las resinas que se deben utilizar.

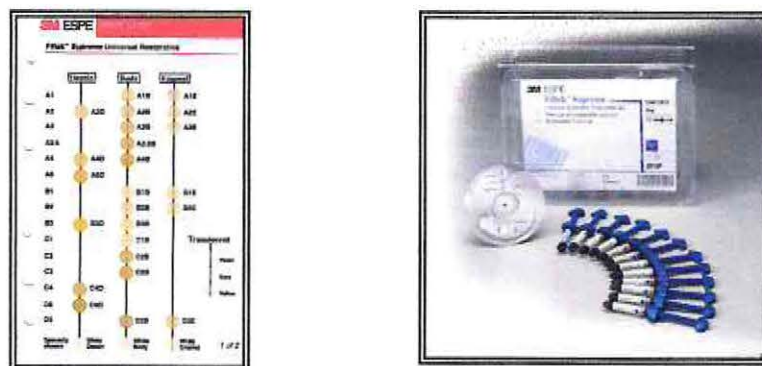


Fig. 13. Guía de color y set Filtek Supreme

Todo lo anterior refuerza la intención de este trabajo que tiene por finalidad comparar las propiedades de estos sistemas así como las de los híbridos ampliamente conocidos. Claramente la opacidad-translucidez entre las diferentes resinas compuestas que proporcionan estos microhíbridos juega un papel fundamental en las restauraciones estéticas. Adicionalmente debemos decir que la fluorescencia es una propiedad bastante importante, no sólo por el hecho de de potencialmente estar expuestos a la "luz negra", si no que también el sol emana radiación U.V. aumentando el efecto de brillo del diente, siendo entonces fundamental, que los composites tanto híbridos como microhíbridos tengan una fluorescencia similar al diente.

- La guía dentina se inserta dentro de la carilla de esmalte, generando una simulación perfecta del resultado final.

Fig. 12. Set de composites Miris, Coltene.



### Filtek Supreme, 3M ESPE.

Al igual que los anteriores este set cuenta con diferentes resinas para cada tejido dentario. Cuenta con tintes A, B, C y un D para dentinas opacas, luego un composite body o cuerpo, esmalte y finalmente tres translúcidos con tintes violeta, gris y amarillo, además de tener 3 composites White para blanqueamientos.

Así, cada vez que se elige un color, la guía indica las resinas que se deben utilizar.

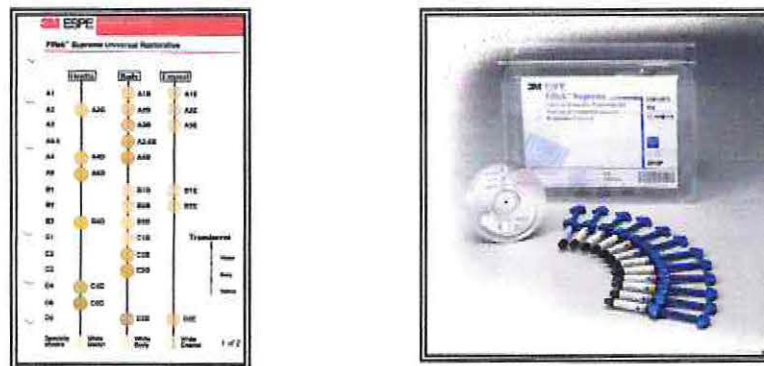


Fig. 13. Guía de color y set Filtek Supreme

Todo lo anterior refuerza la intención de este trabajo que tiene por finalidad comparar las propiedades de estos sistemas así como las de los híbridos ampliamente conocidos. Claramente la opacidad-translucidez entre las diferentes resinas compuestas que proporcionan estos microhíbridos juega un papel fundamental en las restauraciones estéticas. Adicionalmente debemos decir que la fluorescencia es una propiedad bastante importante, no sólo por el hecho de estar potencialmente expuestos a la "luz negra", si no que también el sol emana radiación U.V. aumentando el efecto de brillo del diente, siendo entonces fundamental, que los composites tanto híbridos como microhíbridos tengan una fluorescencia similar al diente.



## 6. FENÓMENOS PSICOFÍSICOS Y PSICOLÓGICOS.

Los temas abarcados nos dan una visión mas objetiva acerca de las diferentes experiencias y propiedades ópticas que ocurren tanto en materiales de restauración estéticos como en el diente natural ante las diferentes fuentes de radiación. Todo esto con el fin de complementar los conocimientos y agudizar el criterio clínico a la hora de elegir los materiales y la técnica adecuada que nos permitan lograr un resultado estético lo más cercano a un diente natural, sin dejar de lado que la experiencia clínica y la sensibilidad artística del operador son fundamentales, y sin duda los fenómenos psicofísicos y psicológicos intrínsecos a todos los seres humanos son un punto importante de clasificar y explicar.

### 6.1. El ojo.

El ojo es quien será en definitiva el receptor de los estímulos visuales. El conocimiento de su funcionamiento y sus limitaciones al momento de decidir, es de suma importancia. (Fig. 14)

Cuando la intensidad de la iluminación es adecuada, son los conos (visión fotópica) los responsables de la visión del color, pero en condiciones de oscuridad, son los bastones de la retina los encargados (visión escotópica)

A pesar de que el mecanismo de sensibilidad al color por los individuos no se conoce con precisión, si ha quedado claro a través de las investigaciones, que existen tres casos en los cuales experimentamos sensibilidad. Estos se encuentran en las longitudes de onda del rojo, verde o azul. Por lo cual el ojo funcionara con el sistema aditivo comandado por los conos, y serán los bastones los que complementaran con la intensidad de la luz. En conjunto esta información será procesada por el cerebro el cual nos llevara a una interpretación final en la corteza cerebral. (Guyton 1996)

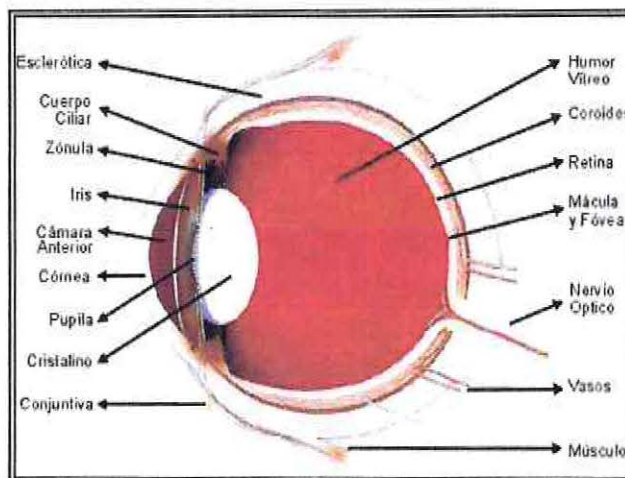


Fig. 14. El ojo y las estructuras que lo componen

### 6.2. Adaptación y sensibilidad al color.

La elección del tinte o hue es muy delicada debido a la rápida adaptación o a la menor sensibilidad de los conos para ver diferencias en el cuanto mayor es el tiempo de observación, esto tendría explicación en la menor cantidad de conos presentes en la retina en comparación a la mayor cantidad de bastones que existen en ella. Al mismo tiempo vamos ganado sensibilidad al color complementario.

Al contrario entonces de lo que se podría pensar, una observación prolongada nos llevaría a una disminución de la percepción de detalles. (Heller, 2002)

### 6.3. Resalte del contraste.

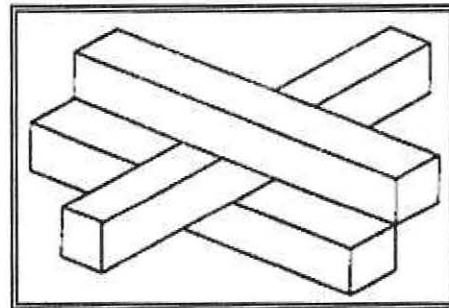
Ocurre al poner juntos colores complementarios yuxtapuestos como el azul y el amarillo. Esto llevaría a una aparente intensificación, lo mismo podemos estimular con la claridad y la oscuridad.

### 6.4. Imágenes y recuerdos.

Un ejemplo común es el de las imágenes inmóviles, que parecen tener movimiento, o cuando los colores percibidos son complementarios a los colores presentes en la imagen, siendo ambos fenómenos muy difíciles de comprender.

### 6.5. Ilusiones ópticas.

Claro está que de una imagen impresa, podemos interpretar la tridimensionalidad, pero no necesariamente esta imagen puede existir en la realidad, es aquí donde la interpretación de la tercera dimensión está dada por los conocimientos o experiencias acerca de las cosas.



*Fig. 15. Ilusión óptica*

El uso de las sombras es uno de los principales medios para obtener profundidad y exponer una tercera dimensión. Este fenómeno tiene cierta relevancia dental. (Heller, 2002)

### 6.6. Visión anómala del color

Es todo aquello que se desvía de lo que hemos determinado como visión normal del color. Estas anomalías se encuentran presentes en un 8% en la población masculina y en menor porcentaje en la femenina (Guyton, 1996).

Podemos encontrar anomalías en las cuales hay una insensibilidad completa al tinte o hue, hasta otras más comunes que serían las tricromáticas, en las cuales un individuo percibe tres tintes o hues primarios, pero no se emparejan a los normales. La saturación y la iluminación desempeñan un papel muy importante el desempeño de estas anomalías (las personas afectadas a veces no son concientes). (Heller, 1996)

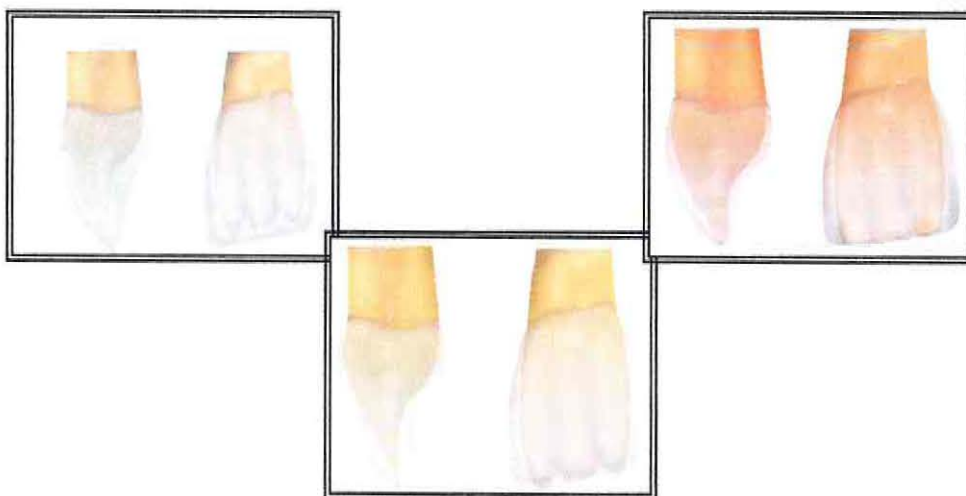
## 7. CONSIDERACIONES CLÍNICAS.

Lo expresado anteriormente nos hace considerar algunos factores relacionados al paciente que siempre debemos tener en cuenta a la hora de restaurar con materiales estéticos, por ejemplo, la edad del paciente.

En un diente joven la estructura dentinaria interna esta inalterada y los lóbulos de desarrollo están intactos. La dentina está completamente cubierta por el esmalte incluyendo el borde incisal. El esmalte presenta generalmente un efecto opalescente claro hacia éste borde, y la dentina posee un color claro uniforme, esto sumado a una superficie texturizada aumenta la fuerza de reflexión y refuerza la impresión de opacidad relativa.

En una persona adulta los lóbulos del desarrollo pueden estar expuestos en el área incisal aunque la estructura dentinaria interna este globalmente inalterada. También la dentina es de un color más oscuro y el esmalte presenta un tono más neutro. Por esta misma condición, el efecto opalescente es más neutral y el brillo es menor debido al desgaste del esmalte.

En las personas de avanzada edad, los diferentes estímulos físicos producen un cambio en la estructura interna del diente. Se forma una mayor cantidad de dentina terciaria lo que provoca decoloración. Los lóbulos de desarrollo desaparecen y la dentina aparece como un muro bajo una delgada capa de esmalte que muestra un grosor disminuido y una mayor translucidez más una textura superficial casi inexistente. Todo esto hace que el diente sea más gris y menos traslúcido que un diente joven. (Dietschi, 1998) (Fig. 16)



*Fig.16. En orden secuencial hacia la izquierda: diente joven, adulto y viejo.*

## **2.0. HIPÓTESIS.**

Esperar una diferencia en las propiedades ópticas entre los diferentes tipos de resinas compuestas, siendo las microhíbridas las que posean las características ópticas más similares a la dentadura humana.

## **2.1 OBJETIVO GENERAL.**

Evaluar instrumentalmente los fenómenos ópticos de las resinas compuestas.

## **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Evaluar objetivamente las propiedades de opacidad – translucidez entre híbridos y microhíbridos.
- Comparar las diferencias en los valores obtenidos entre los composites esmaltes y las dentinas referidos a opacidad-translucidez
- Esperar que las resinas microhíbridas posean características de fluorescencia similares a los tejidos dentales.
- Determinar la ausencia de transmisión de fluorescencia entre los composites más y menos fluorescentes.

**3.0. MATERIALES Y MÉTODO.****3.1. MATERIAL.****Muestra o material de estudio.**

Para cumplir con los objetivos del trabajo se tomó una muestra voluntaria de resinas compuestas, más representativas de cinco empresas dentales. Las resinas seleccionadas abarcan un representante del color A3 para sus versiones de dentina y esmalte y en algunos casos sus respectivos traslúcidos, escogiéndose además los composites pertenecientes a las últimas generaciones y por lo tanto, de mayor uso clínico.

Estas muestras, además fueron seleccionadas de acuerdo al tipo de partícula y cantidad de relleno que poseen, con el fin de observar en cada una de ellas, la influencia que puedan tener éstas en las propiedades a estudiar. En total se consideran en este estudio 26 muestras, 11 esmaltes y 16 dentinas y tres controles (Fondo oscuro, sulfato de bario y dientes)

Esta investigación, por lo tanto, corresponde a un estudio in Vitro.

Las diferentes resinas compuestas y sus características se exponen en las siguientes tablas:

**TABLA I. Clasificación según el tipo de partícula de las resinas ocupadas en el estudio.**

Híbridos	Microhíbridos	Microrrelleno
Brilliant	Miris	Filtek A 110
Ice	Synergy DS A3-D3	
Glaciar	Esthet-x	
Tetric Ceram	Filtek Supreme	
Te Econom		
TPH Spect		
Heliomolar		
Filtek Z250		
Z 100		

**3.2. METODOLOGÍA EMPLEADA.****Confección de muestras.**

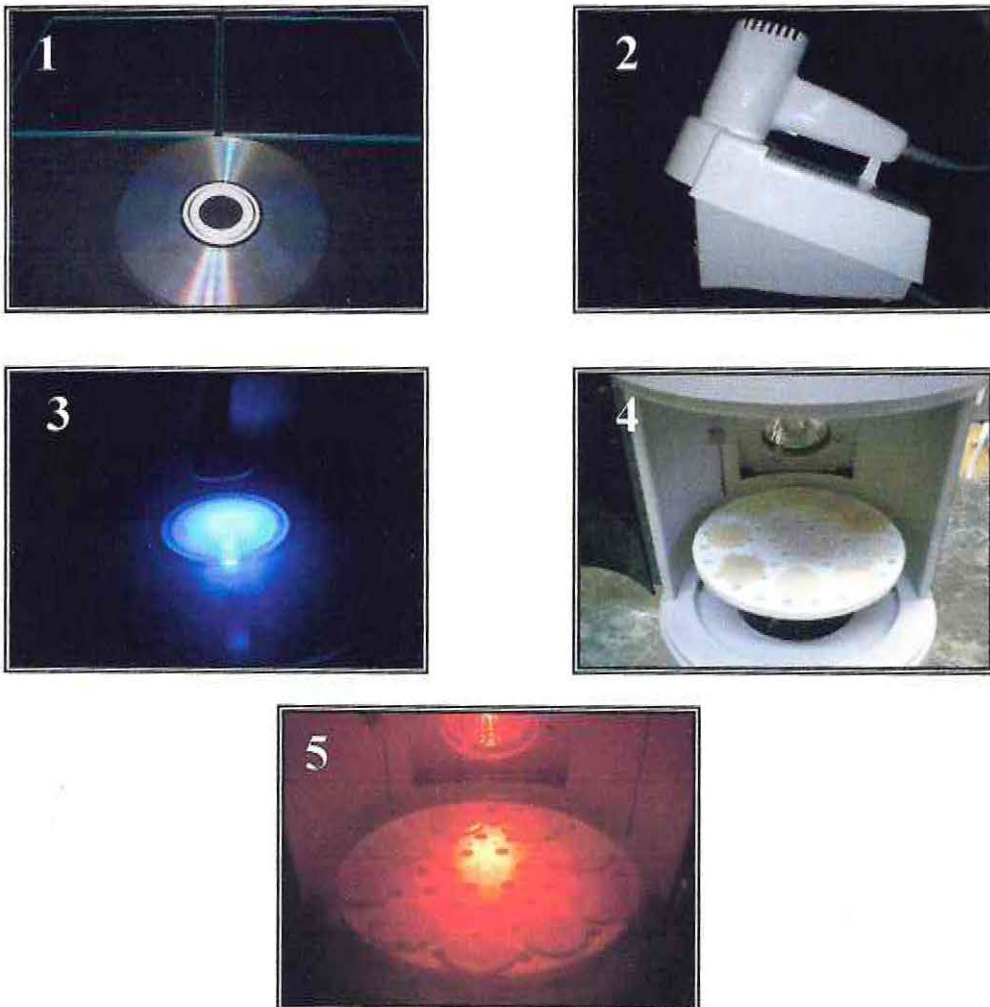
Se realizaron 5 muestras de cada composite por medio de una matriz acrílica de 1,5 mms. de espesor por 1,5 cms. de diámetro, apoyada y comprimida por dos losetas de vidrio pulido con el fin de obtener una superficie especular.

*Propiedades ópticas de las resinas compuestas*

La polimerización de éstas se llevo a cabo de la siguiente manera:

1. Fotopolimerización por 60 segundos a cada lado, con lámpara Coltolux 75, Coltene. a 3 cms. de la loseta.
2. Fotopolimerización en horno Triad 2000 (Dentply Trubyte) por 5 min.

Se realizó de esta manera con el fin de disminuir al mínimo la contracción de polimerización del composite.



*Fig.17. 1. Matriz 2. Lámpara de Fotocurado 3. Fotopolimerización del cuerpo de prueba 4. Una vista interior del horno de Fotopolimerización 5. Discos en polimerización,*

### **Calibración.**

Se realizó a dos personas. Esta consistió en perfeccionar el sistema de espatulado de las resinas mediante movimientos de compactación rápidos en la primera capa para luego

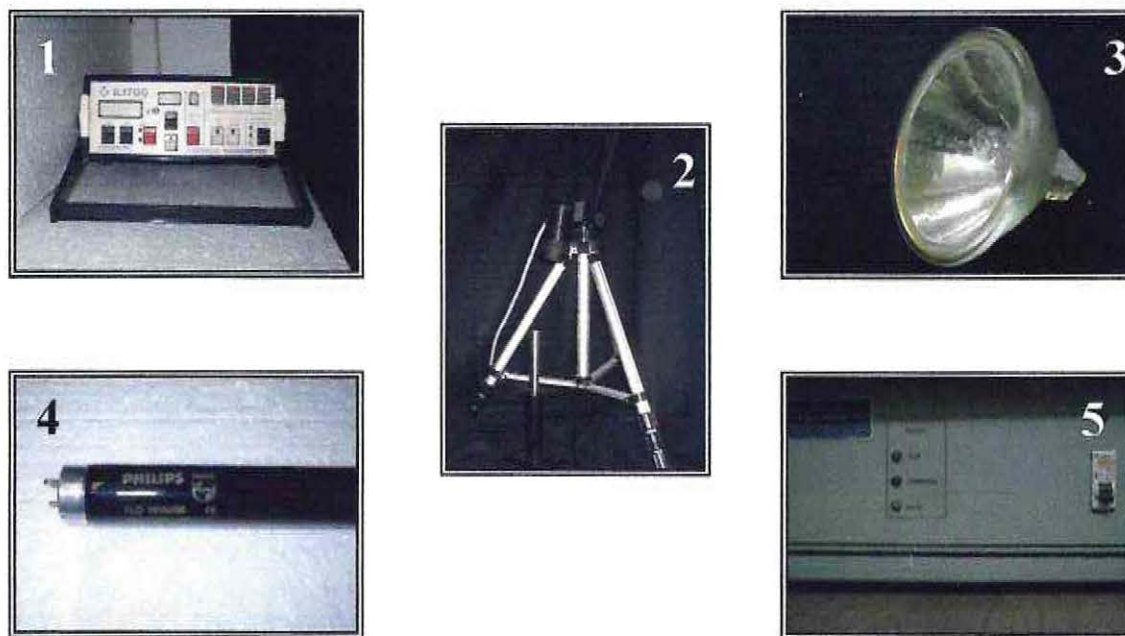
proceder a la aplicación en grandes cantidades en las siguientes. Para esta etapa se utilizó una espátula de titanio de paleta.

### **Estandarización.**

Se llevó a cabo para la lámpara de fotocurado (Coultolux 75, Dentply) comprobando su intensidad a través de un radiómetro. El instrumento de medición de las muestras (Radiómetro IL1700, con detector IL1705, Internacional Light.) se estandarizó en un cuarto oscuro con el fin de obtener una medición mínima estable. Se utilizó este radiómetro por su sensibilidad y precisión.

Las luces usadas provinieron de una ampolla incandescente (FRB/C6, 35 watts, 12 volts, General Electric.) y un tubo de luz negra con emisión de radiación de energía ultravioleta de onda larga (TLD, 18 watts/08, Phillips) que abarcó todo el espectro (300 a 400 nm). Ambas se conectaron a la red de energía mediante un "Ballast" o equipo auxiliar de estabilización de corriente alterna y así obtener una emisión pareja.

Las pruebas se llevaron a cabo en un cuarto oscuro a temperatura ambiente promedio de 18° en un lapso de 5 horas. El área específica de trabajo fue aislada de los operadores por medio de una cortina opaca de color negro, para evitar errores en la medición.

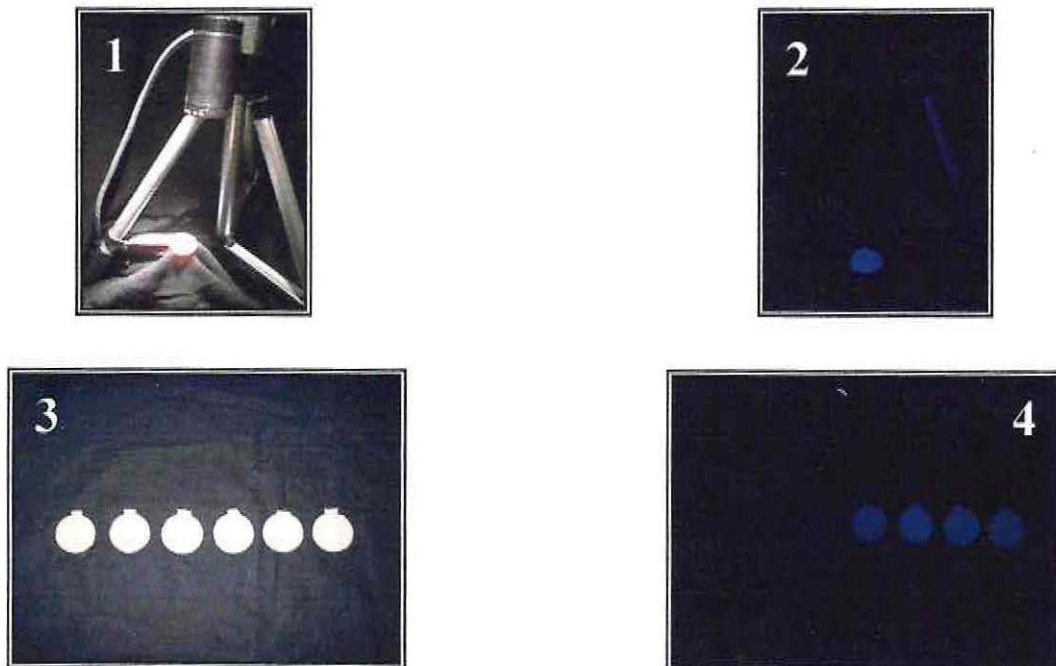


*Fig.17. Desde la izquierda y arriba: 1. Radiómetro IL1700, 2. receptor IL1705, 3. ampolla FRB/C6, 35 wts, 12 volts, 4. Tubo TLD, 18 wts/08 y 5. Estabilizador de corriente.*

**Procedimiento.**

La recolección de información se realizó en el laboratorio de fotometría de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

- Las muestras fueron colocadas en un frasco de plástico y etiquetadas. Se ordenaron en la forma establecida en la pauta de control (Anexo)
- Las primeras mediciones se realizaron sobre el fondo oscuro y otra sobre una muestra de sulfato de bario para establecer el negro y blanco más absolutos y así tener una referencia para la prueba de opacidad-translucidez. Para la prueba de fluorescencia la referencia utilizada fueron dientes centrales superiores desvitalados extraídos en un periodo de 4 meses a la realización de las pruebas y mantenidos en suero fisiológico.
- Las muestras se colocaron a 10 centímetros del detector de forma individual, tomando registro de 5 valores obtenidos, por composite, con radiómetro en un lapso de 5 segundos por cada muestra. Estos valores se obtenían en mwatts/cms<sup>2</sup>.
- La fuente de luz se colocó a 90° en relación al plano principal de la muestra.
- El detector del radiómetro se puso en un ángulo de 30° en relación a la normal y 60° respecto de la horizontal.
- Las fotos del procedimiento se tomaron con la cámara digital A200 Fujifilm 2.0 mp.



*Fig.18. Desde la izquierda y arriba: 1. Prueba de Opacidad con Receptor IL1705, 2. Prueba de Fluorescencia con Receptor IL1705, 3. Algunos cuerpos de prueba bajo luz incandescente, 4. Algunos cuerpos de prueba bajo radiación UV.*

### 3.3. MÉTODO ESTADÍSTICO.

Como el objetivo principal del presente trabajo consiste básicamente en comparar las propiedades ópticas de los híbridos versus los microhíbridos, se utilizó la prueba "t". Esta prueba estadística permite evaluar si dos grupos difieren significativamente respecto a sus medias.

Las hipótesis a probar son de diferencias entre dos grupos. La hipótesis de investigación propone que los grupos difieren significativamente entre sí y la hipótesis nula propone que los dos grupos no difieren significativamente.

La comparación se realiza sobre una sola variable. Si hay diferentes variables, se efectuarán varias pruebas "t" (una por cada variable), aunque la razón que motiva la creación de los grupos puede ser una variable independiente.

El valor "t" se obtiene en muestras grandes mediante la siguiente fórmula:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

Donde  $\bar{X}_1$  es la media de un grupo,  $\bar{X}_2$  es la media de otro grupo,  $S_1^2$  es la desviación estándar del primer grupo elevada al cuadrado,  $n_1$  es el tamaño del primer grupo,  $S_2^2$  es la desviación estándar del segundo grupo elevada al cuadrado y  $n_2$  es el tamaño del segundo grupo. En realidad, el denominador es el error estándar de la distribución muestral de la diferencia entre medias.

Para muestras de tamaño menores o iguales a 30, el denominador de la fórmula anterior sufre una modificación para lograr una mejor aproximación,

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

$S_p$  se calcula de la siguiente manera:

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

Para saber si el valor "t" es significativo, se aplica la fórmula y se calculan los grados de libertad. La prueba "t" se basa en una distribución muestral o poblacional de diferencia de medias conocida como la distribución "t" de Student. Esta distribución es identificada por los grados de libertad, los cuales constituyen el número de maneras como los datos pueden variar libremente. Son determinantes, ya que nos indican qué valor debemos esperar de "t" dependiendo del tamaño de los grupos que se comparan.

Los grados de libertad se calculan así:  $g.l. = (n_1 + n_2) - 2$ .

Una vez calculados el valor "t" y los grados de libertad, se elige el nivel de significancia y se compara el valor obtenido contra el valor que le correspondería en la tabla de la distribución "t" de Student. Si nuestro valor calculado es igual o mayor al que aparece en la tabla, se rechaza la hipótesis nula. Pero si nuestro valor calculado es menor al que aparece en dicha tabla, no se rechaza la hipótesis nula.

Cuando el valor "t" se calcula utilizando un software estadístico, la significancia se proporciona como parte de los resultados (valor p) y ésta debe ser menor a 0,05 ó 0,01 dependiendo del nivel de confianza seleccionado. Los niveles de confianza adquieren el siguiente significado: el 0,05 significa un 95% de que los grupos en realidad difieran significativamente entre sí y un 5% de posibilidad de error.

La prueba "t" puede utilizarse para comparar los resultados de una preprueba con los resultados de una postprueba en un contexto experimental. Se comparan las medias y las varianzas del grupo en dos momentos diferentes.

Para determinar el grado de variabilidad de los grupos se aplicará la prueba "F". A diferencia de las pruebas sobre las medias, las pruebas sobre las variancias son muy sensibles a la suposición de normalidad. El valor "F" se obtiene de la siguiente forma:

$$F_0 = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$

Este valor se compara con una tabla F o con la significancia que entrega el software estadístico que se utilice. Para este trabajo los cálculos se realizaron con el Software STATISTICA 4.0.

## 4.0. RESULTADOS

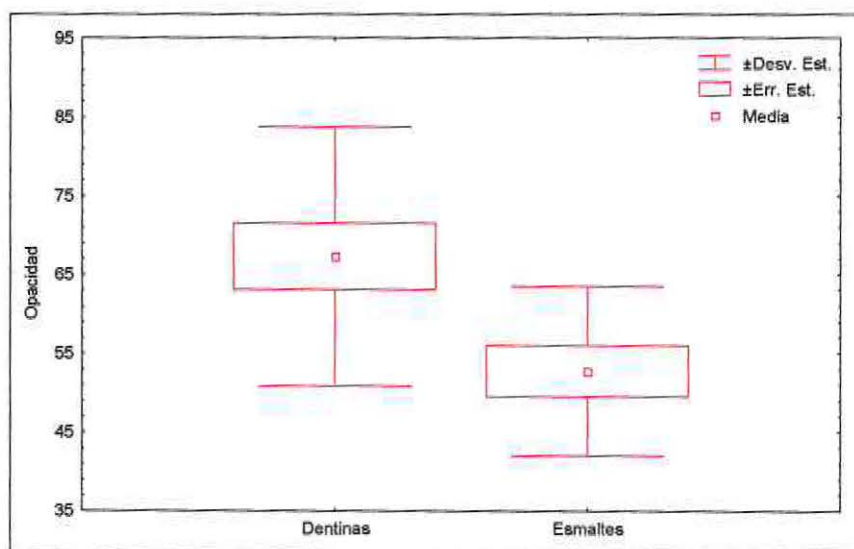
Durante el presente trabajo se analizaron 26 composites entre híbridos y microhíbridos con el fin de comparar su comportamiento óptico frente a dos tipos de energía electromagnética (Luz). Los datos correspondientes a las distintas marcas comerciales se encuentran expresados en la sección de gráficos (Anexos)

En función de los objetivos planteados se realizaron las pruebas cuyos resultados se muestran a continuación:

### COMPARACIÓN DE MEDIAS ENTRE DENTINAS Y ESMALTES CON VARIANZAS DESCONOCIDAS Y TAMAÑO DE MUESTRA MENOR A 30.

#### OPACIDAD

**GRÁFICO 1.** Gráfico de caja para la comparación de opacidades medias entre las dentinas y los esmaltes medidas en miliwatts/cm<sup>2</sup>.



$H_0$ : No existe diferencia en el nivel medio en la opacidad de las dentinas y el esmalte.

$H_a$ : Existe diferencia en el nivel medio en la opacidad de las dentinas y el esmalte.

**TABLA I.** Comparación de opacidades medias con varianzas desconocidas y tamaño de muestra menor a 30.

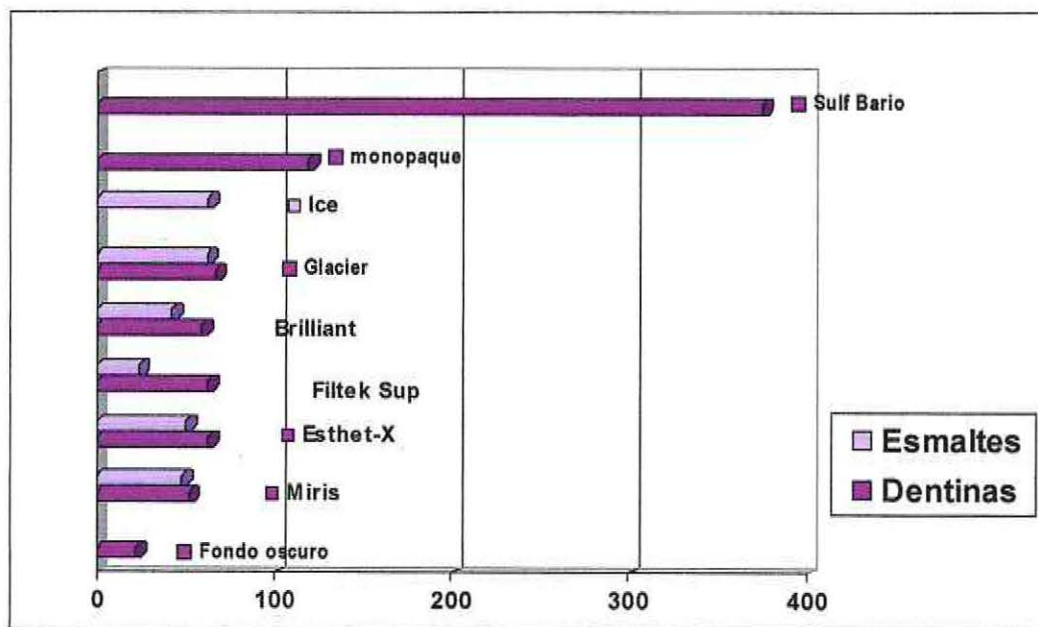
	Dentinas		Esmaltes		Comparación de medias			Comparación de varianzas	
	Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.	Estadístico t	g.l.	Valor p	Estadístico F	Valor p
Opacidad	67,32	16,42	52,75	10,71	2,70	24	0,017	2,35	0,179

Según el valor p asociado al estadístico t de la tabla 1, concluimos que se debe rechazar  $H_0$  y concluir que con un nivel de confianza del 95% existe diferencia en el nivel medio en la opacidad de las dos clases de resinas.

En el gráfico 1 podemos observar que la opacidad media en las dentinas es mayor que la opacidad media en los esmaltes.

En cuanto a las varianzas de las opacidades medidas en miliwatts/cm<sup>2</sup>, el estadístico F concluye que no existen diferencias en las varianzas de ambos grupos.

**GRAFICO 2.** Diferencias de opacidad entre distintos sistemas de resinas compuestas





**TABLA II.** Valores de opacidad – translucidez en detalle de los sistemas de resinas expuestos en gráfico 2.

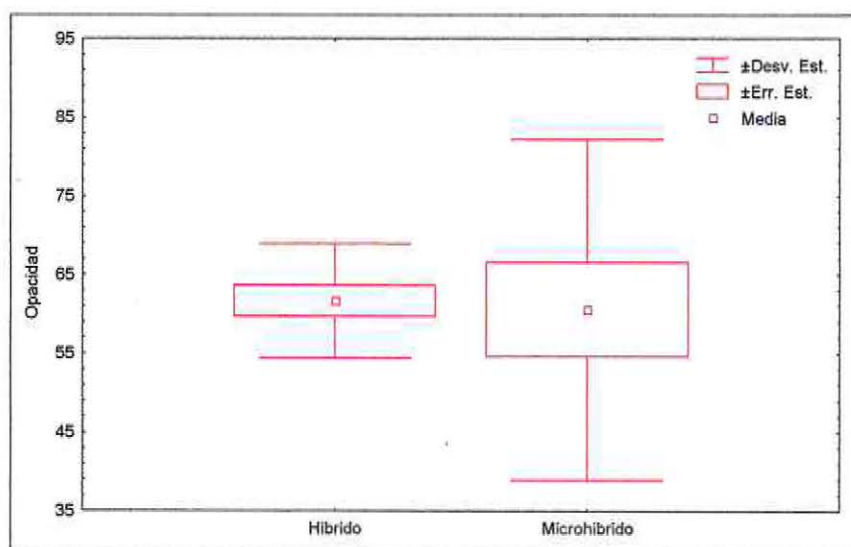
	Sulfato de Bario	Monopaque	Ice	Glacier	Brilliant	Filtek Supreme	Esthet-X	Miris	Fondo oscuro
Dentinas	375,3	119,4		66,88	59,3	62,7	62,84	52,04	22
Esmalte			62,82	62,04	42,2	23,88	50,34	48	

Se observa un valor elevado del Monopaque, por sobre la media con claras diferencia entre esmaltes y dentinas sobre todo en los sistemas Miris (Shade 6, Regular enamel) y Filtek Supreme (Body A3, YT)

## COMPARACIÓN DE MEDIAS ENTRE HIBRIDOS Y MICROHIBRIDOS CON VARIANZAS DESCONOCIDAS Y TAMAÑO DE MUESTRA MENOR A 30.

### OPACIDAD

**GRÁFICO 3:** Gráfico de caja para la comparación de opacidades medias entre las resinas híbridas y los microhíbridos medidos en miliwatts/cm<sup>2</sup>.



$H_0$ : No existe diferencia en el nivel medio de opacidad de los híbridos y los microhíbridos.

$H_a$ : Existe diferencia en el nivel medio de opacidad de los híbridos y los microhíbridos.

**TABLA III: Comparación de opacidades medias con varianzas desconocidas y tamaño de muestra menor a 30.**

	Híbridos		Micro híbridos		Comparación de medias			Comparación de varianzas	
	Medi a	Desv. Est.	Medi a	Desv. Est.	Estadísti co t	g.l.	Valor p	Estadístico F	Valor p
<b>Opacidad</b>	61,71	7,252	60,61	21,65 8	0,1735	24	0,864	8,919	0,0006

Según el valor p asociado al estadístico t de la tabla 3, concluimos que no se debe rechazar  $H_0$  y concluir que con un nivel de confianza del 95% no existe diferencia en el nivel medio de la opacidad de los híbridos y microhíbridos.

En el gráfico 2 podemos observar que la opacidad media en los híbridos y microhíbridos es muy similar como concluye el estadístico t, existe igualdad de medias.

En cuanto a las varianzas de las opacidades medidas en miliwatts/cm<sup>2</sup>, el estadístico F concluye que existen diferencias en las varianzas de ambos grupos, es decir el grupo de los híbridos es más homogéneo que el grupo de los microhíbridos en cuanto a los valores de opacidad que entregan estas resinas.

GRÁFICO 4. Fluorescencias entre esmaltes y dentinas

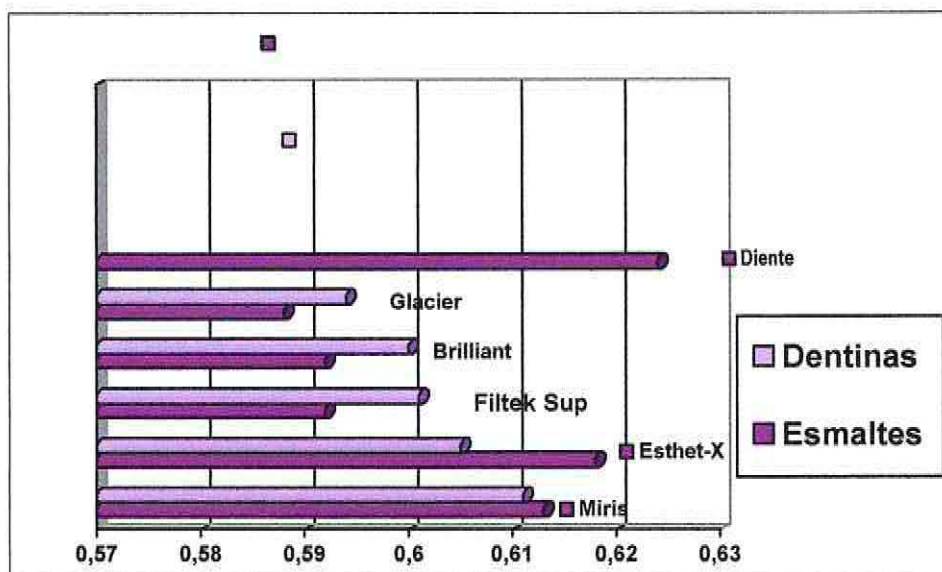


TABLA IV. Valores específicos de los composites expuestos en gráfico 4

	Esthet-X	Miris	Filtek Sup	Brilliant	Glacier	Diente
Esmaltes	0,613	0,618	0,592	0,592	0,588	0,624
Dentinas	0,611	0,605	0,601	0,6	0,594	

Estos valores muestran a los productos Miris y Esther-X como más cercanos a los valores del diente, en ambos tipos de resina.

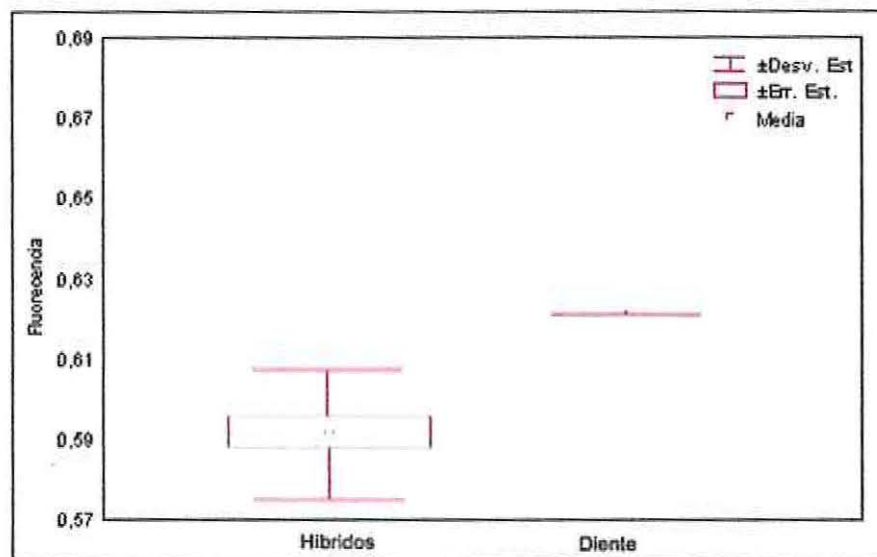
## COMPARACIÓN DE UNA MEDIA CON UN VALOR MEDIO ESPECÍFICO EN HIBRIDOS Y MICROHIBRIDOS CON VARIANZAS DESCONOCIDAS Y TAMAÑO DE MUESTRA MENOR A 30.

### FLUORESCENCIA

$H_0$ : No existe diferencia en el nivel medio de la fluorescencia en los híbridos y la fluorescencia medida en el diente.

$H_a$ : Existe diferencia en el nivel medio de la fluorescencia en los híbridos y la fluorescencia medida en el diente.

**GRÁFICO 5.** Gráfico de caja para la comparación de fluorescencias medias de los híbridos con la fluorescencia del diente con varianza desconocida y tamaño de muestra menor a 30.

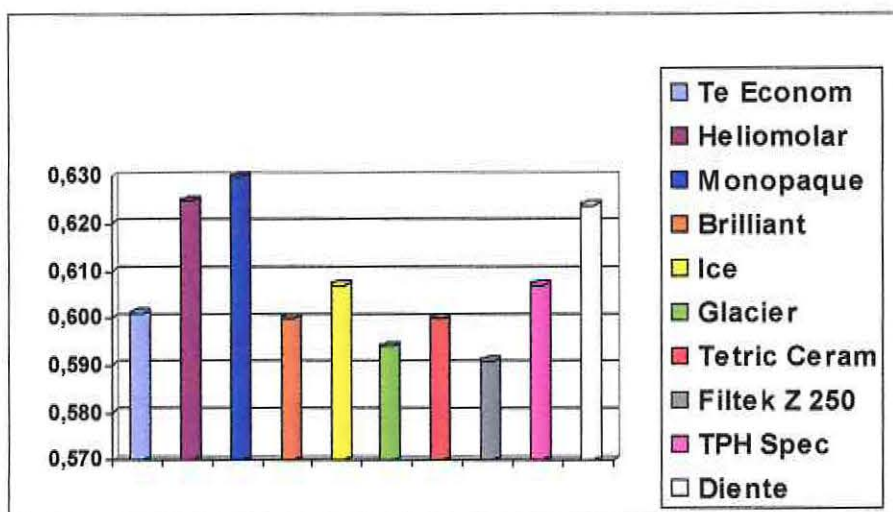


**TABLA V:** Comparación de la fluorescencia media de los híbridos con la fluorescencia del diente con varianza desconocida y tamaño de muestra menor a 30.

	Híbridos		Diente	Comparación de medias		
	Media	Desv. Est.	Valor específico	Estadístico t	g.l.	Valor p
Fluorescencia	0,599	0,010	0,624	-8,625	12	0,0000008

Según el valor  $p$  asociado al estadístico  $t$  de la tabla 10, concluimos que se debe rechazar  $H_0$  y concluir que con un nivel de confianza del 95% existe diferencia en el nivel medio de la fluorescencia de los híbridos respecto a la fluorescencia entregada por el diente.

**GRÁFICO 6. Fluorescencia entre híbridos y diente.**



**TABLA 6. En detalle, valores de fluorescencia.**

Te econom	Helio molar	Mono paque	Brilliant	Ice	Glacier	Tetric Ceram	Filtek Z 250	TPH	Diente	
0,601	0,625	0,63	0,6	0,607	0,588	0,6	591	0,607	0,624	Mwatt/ cm <sup>2</sup>

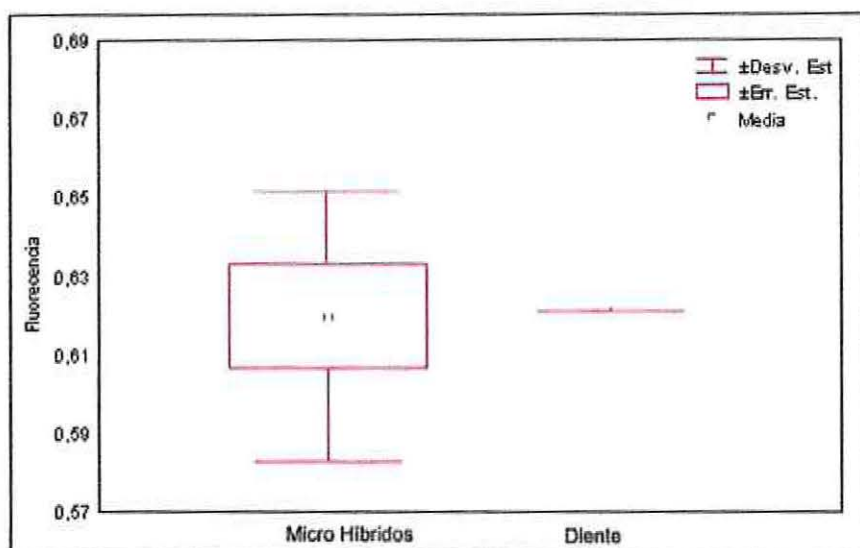
En la tabla se puede apreciar la mala relación entre los valores híbridos y el diente. Valores como los de Heliomolar superan el del diente y el resto se encuentra muy por debajo de él.

## FLUORESCENCIA

$H_0$ : No existe diferencia en el nivel medio de la fluorescencia en los microhíbridos y la fluorescencia medida en el diente.

$H_a$ : Existe diferencia en el nivel medio de la fluorescencia en los microhíbridos y la fluorescencia medida en el diente.

**GRÁFICO 7:** Gráfico de caja de comparación de la fluorescencia media de los microhíbridos con la fluorescencia del diente con varianza desconocida y tamaño de muestra menor a 30.

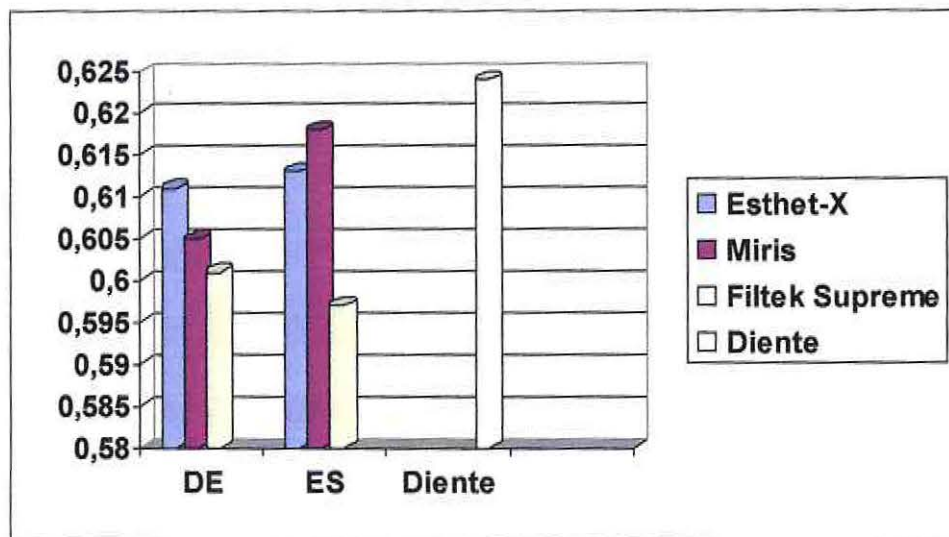


**TABLA VII:** Comparación de la fluorescencia media de los microhíbridos con la fluorescencia del diente con varianza desconocida y tamaño de muestra menor a 30.

	Microhíbridos		Diente	Comparación de medias		
	Media	Desv. Est.	Valor específico	Estadístico t	g.l.	Valor p
Fluorescencia	0,6142	0,0366	0,624	-0,9654	12	0,1767

Según el valor p asociado al estadístico t de la tabla 12, concluimos que no se debe rechazar  $H_0$  y concluir que con un nivel de confianza del 95% no existe diferencia en el nivel medio de la fluorescencia de los microhíbridos respecto a la fluorescencia entregada por el diente.

**GRÁFICO 8:** Comparación de fluorescencia entre los microhíbridos en sus versiones dentina y esmalte, en relación al diente. (Valores en mwatts/cm<sup>2</sup>)



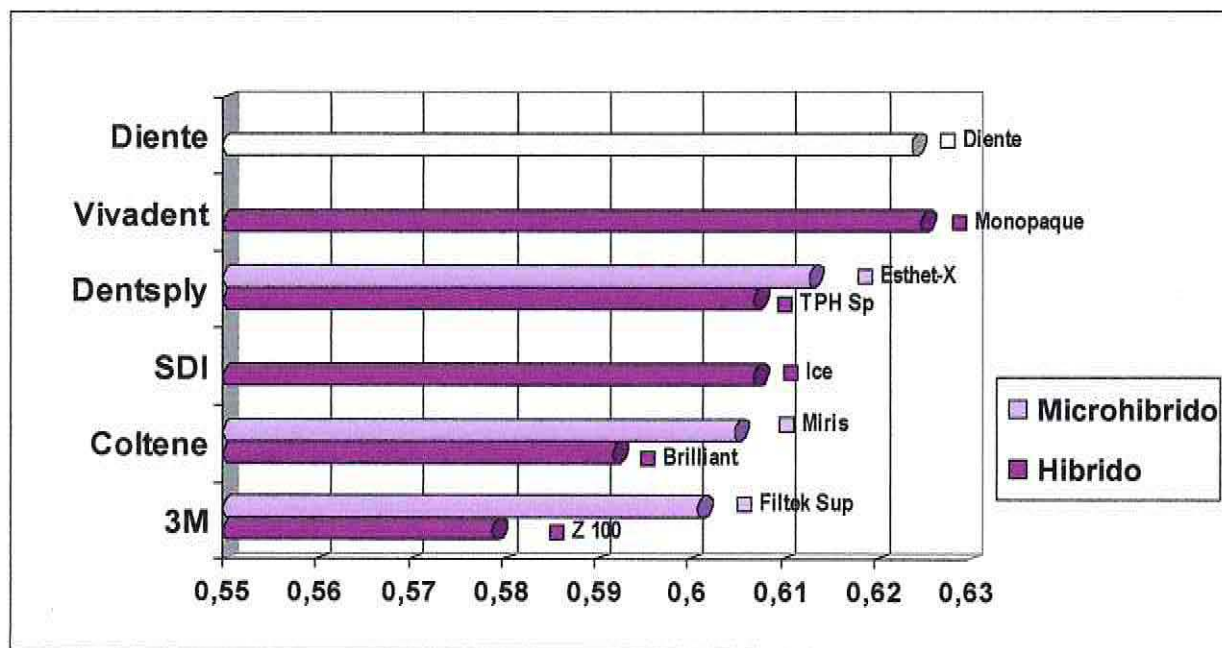
El gráfico 5 muestra la relación entre el valor diente y los tres sistemas microhíbridos incluidos en este estudio.

**Tabla VIII:** Valores específicos de para cada sistema en miliwatts/cm<sup>2</sup>.

	Esthet-X	Miris	Filtek Sup	Diente
Dentinas	0,611	0,605	0,601	0,624
Esmaltes	0,613	0,618	0,597	

Los valores obtenidos por el sistema Filtek Supreme se encuentran muy alejados del valor diente y en clara desventaja en relación al sistema Esthet-X, cuyos valores son más homogéneos y cercanos al diente.

GRAFICO 9: Fluorescencias en productos híbridos y microhíbridos de 6 empresas dentales.



**TABLA IX:** Valores de fluorescencia expresados en  $\text{mwatts/cm}^2$  para híbridos y microhíbridos. Se exponen medias, por sistemas de composites.

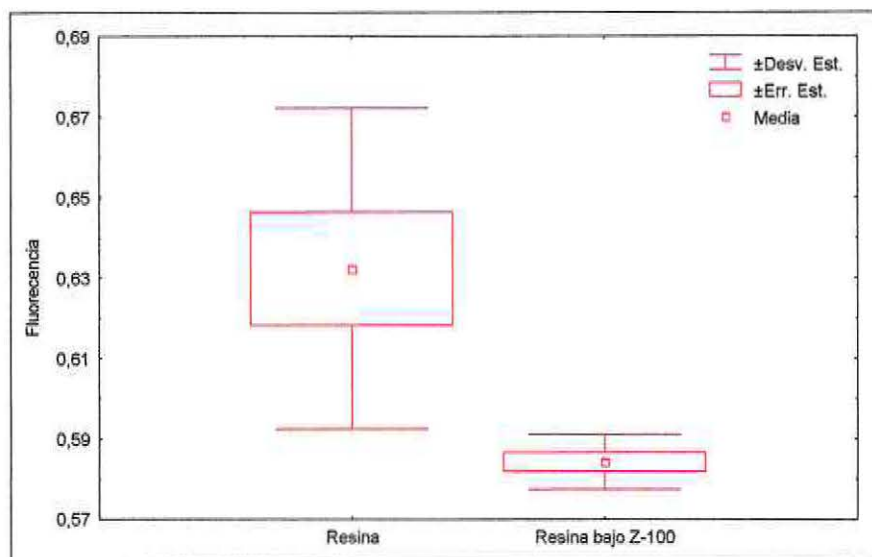
	Monopaque	Esthet-X	TPH Spectrum	Ice	Miris	Brilliant	Filtek Supreme
Híbrido	0,63		0,607	0,607		0,592	
Microhíbrido		0,613			0,618		0,601

Esthet- X y Miris superan los valores de sus competidores, solo por debajo del opacante Monopaque. El sistema Filtek Supreme no se encuentra al mismo nivel con un valor de 0.601, comparable sólo a los híbridos.

## PRUEBAS COMBINADAS

En las pruebas combinadas compararemos si las resinas mantienen su fluorescencia media al combinarlas sobre y bajo el Z100.

**GRÁFICO 10:** Gráfico de caja para la comparación de fluorescencias medias al combinarlas bajo Z100.



$H_0$ : No existe diferencia en el nivel medio de fluorescencia presentadas por las resinas y de la fluorescencia de las resinas bajo Z-100.

$H_a$ : Existe diferencia en el nivel medio de fluorescencia presentadas por las resinas y de la fluorescencia de las resinas bajo Z-100.

**TABLA X:** Comparación de fluorescencias medias con varianzas desconocidas y tamaño de muestra menor a 30.

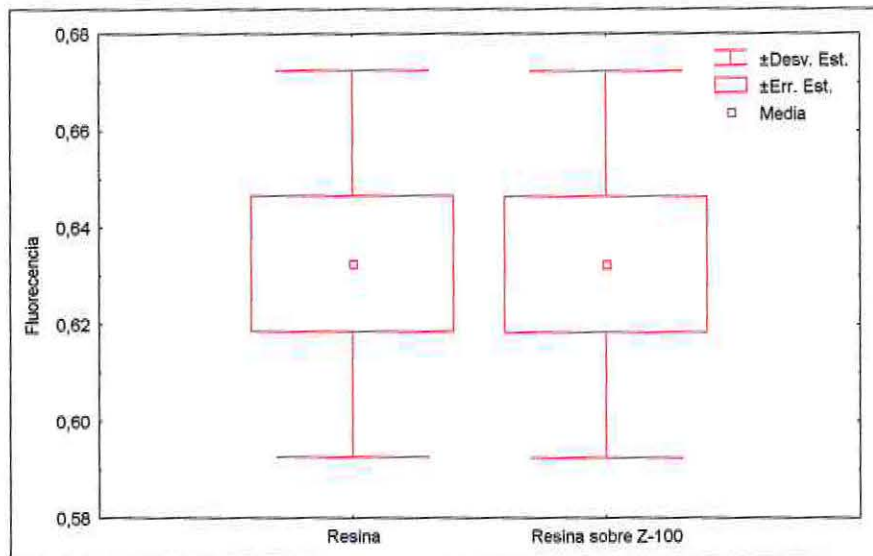
	Resinas		Sobre Z-100		Comparación de medias			Comparación de varianzas	
	Mediana	Desv. Est.	Mediana	Desv. Est.	Estadístico t	g.l.	Valor p	Estadístico F	Valor p
Fluorescencia	0,632	0,0399	0,584	0,0068	3,3581	14	0,005	34,085	0,00014

*Propiedades ópticas de las resinas compuestas*

Según el valor  $p$  asociado al estadístico  $t$  de la tabla 14, concluimos que se debe rechazar  $H_0$  y concluir que con un nivel de confianza del 95% existe diferencia en el nivel medio de la fluorescencia presentadas por las resinas y la fluorescencia de las resinas bajo Z-100.

En cuanto a las varianzas de las fluorescencias medidas en miliwatts/cm<sup>2</sup>, el estadístico  $F$  concluye que existen diferencias en las varianzas de ambos grupos.

**GRÁFICO 11:** Gráfico de caja para la comparación de fluorescencias medias al combinarlas sobre Z-100.



$H_0$ : No existe diferencia en el nivel medio de fluorescencia presentadas por las resinas y de la fluorescencia de las resinas sobre Z-100.

$H_a$ : Existe diferencia en el nivel medio de fluorescencia presentadas por las resinas y de la fluorescencia de las resinas sobre Z-100.

**TABLA XI:** Comparación de fluorescencias medias con varianzas desconocidas y tamaño de muestra menor a 30.

	Resinas		Sobre Z-100		Comparación de medias			Comparación de varianzas	
	Medi a	Desv. Est.	Medi a	Desv. Est.	Estadísti co t	g.l.	Valor p	Estadístico F	Valor p
<b>Fluorescencia</b>	<b>0,633</b>	<b>0,0399</b>	<b>0,632</b>	<b>0,0399</b>	<b>0,0125</b>	<b>14</b>	<b>0,999</b>	<b>1,0004</b>	<b>0,999</b>

---

*Propiedades ópticas de las resinas compuestas*

Según el valor  $p$  asociado al estadístico  $t$  de la tabla 13, concluimos que no se debe rechazar  $H_0$  y concluir que con un nivel de confianza del 95% no existe diferencia en el nivel medio de la fluorescencia presentadas por las resinas y la fluorescencia de las resinas sobre Z-100.

En cuanto a las varianzas de las fluorescencias medidas en miliwatts/cm<sup>2</sup>, el estadístico  $F$  concluye que no existen diferencias en las varianzas de ambos grupos.



## 5.0. DISCUSIÓN.

La hipótesis sobre la cual se basó esta investigación tuvo como fin el esperar que los composites de última generación conocidos como microhíbridos tuviesen un comportamiento óptico similar al que presentan los dientes del ser humano bajo diferentes condiciones de luz.

Para tal propósito se utilizaron a modo de comparación, composites híbridos ampliamente conocidos tales como TPH Spectrum, Tetric Ceram, Z 250 entre otros, más tres sistemas restauradores más completos como Miris, Filtek Supreme y Esthet-X.

Para el odontólogo, el lograr una restauración estética significa poner en práctica varios criterios que tienen que ver el color, la forma y la textura básicamente. De estos tres el color parece ser el más complicado y ciertamente lo es, ya que la dentadura del hombre manifiesta otros fenómenos que influyen en la percepción del color.

Vanini, en 1996 señaló que el diente tiene características cromáticas ilimitadas así como un fenómeno relacionado con la fluorescencia y la opalescencia. También hizo notar las deficiencias que presentan las guías de selección de color en las que se basan los sistemas restauradores. Según Dietschi, en 2001, además de las características señaladas por Vanini, el diente posee opacidad y también translucidez. Otros investigadores como Magne y Hotz, en 1996, reconocieron la dificultad que existe al restaurar estéticamente cuando los materiales y la técnica utilizada son deficientes debido básicamente a la apariencia única del diente natural.

Debido a sus componentes orgánicos la dentina sería, según Vanini (1996) la responsable del fenómeno de fluorescencia, no así el esmalte que presentaría el fenómeno de opalescencia, que sería parte de su propiedad de translucidez. Por otra parte, Dietschi, en 2001 señaló que la fluorescencia es fundamental en el color final de la restauración, porque le otorga un brillo adicional al diente.

Los párrafos anteriores nos dan una señal clara sobre los requisitos que debe tener un material restaurador. Básicamente un buen material debe tener composites de distintos tintes y opacidades y por supuesto debe ser capaz de manifestar fluorescencia al ser incidido con radiación U.V. Esto da a entender que los microhíbridos están un paso más adelante que el resto ya que permiten aplicar con mayor exactitud las técnicas incrementales descritas por Vanini, en 1996 y por Dietschi en 1998.

Como principio una resina debe tener diferentes opacidades entre sus dentinas y esmaltes debido principalmente a los pigmentos que presentan estas últimas y ser por lo tanto, más opacas que los esmaltes. Los resultados obtenidos en nuestro primer objetivo coinciden plenamente con lo señalado por Vanini en sus estudios del 1996. En este mismo aspecto podemos decir que no existe una diferencia significativa entre híbridos y microhíbridos similares, por ejemplo, el Esthet-X A3 dentina tiene un valor de opacidad de 62,84 contra un 66,88 del Glacier A3 dentina.

Estos valores, no tienen ingerencia por si solos ya que el grosor de las capas de aplicación y en este caso de la muestra, influyen en la reflexión de la luz como lo señalan los resultados obtenidos por Cook y McAcree en 1985, basados en los análisis y fórmulas de Kubelka y Munk (1931).

Otro factor a considerar en el estudio de los composites, es la fluorescencia, esto basado en los estudios realizados por muchos autores sobre el diente y los materiales restauradores como cita Monsenego, en 1990.

Actualmente las grandes compañías dentales que confeccionan estos productos se han enfocado a perfeccionarlos, sumándoles o mejor dicho perfeccionando las propiedades ópticas como comprueba Dietschi en 2000, dando a entender una superioridad de los microhíbridos por ser más versátiles.

Nosotros podemos decir que en relación a la fluorescencia del diente, los microhíbridos presentan un comportamiento muy similar a éste en detrimento de los híbridos, cuyos valores resultan demasiado elevados en aquellos composites que la manifiestan. Vanini, en su estudio de 1996 señala la importancia que tienen los nuevos sistemas restauradores, de hecho, en su trabajo citado anteriormente, manifiesta la importancia de contar con fluorescencias calibradas, citando además la importancia de la translucidez de las composites esmaltes en la respuesta fluorescente que tienen los composites dentinarios. Estas conclusiones dan por hecho la existencia de transmisión a través de las distintas capas de composite, sin embargo en nuestra investigación se determinó que no existe transmisión de fluorescencia en grosores de 1,5 mm dejando un vacío en la especificación de los grosores requeridos para que exista transmisión real de fluorescencia.

El concepto actual de microhíbrido y sus diversos sistemas, llevaron a Vanini, en 1996 y a Dietschi, el 2001 a desarrollar el concepto de restauración estratificada, basados en las propiedades ópticas del diente. Esto refuerza aún más la importancia de nuestro estudio, que compara a nuestro entender tres propiedades, fundamentales para obtener un resultado estético óptimo en los tiempos de la odontología restauradora moderna.

Lo anterior se justifica según Vanini (1996) con la aparición en el mercado de sistemas como el composite (Enamel Plus HFO Micerium Avegno, GE) que dispone de masa de dentina con fluorescencia calibrada en el modelo de diente natural.

A su vez, Dietschi (2001) también reconoce que los composites Esther-X y Miris poseen características especiales que los hacen superiores, apoyando entonces nuestros resultados que confirman que la fluorescencia de estos se asemeja bastante a lo que es el valor obtenido para el diente. Cabe señalar que no todos los microhíbridos obtuvieron buenos resultados en esta investigación ya que Filtek Supreme a pesar de ser un microhíbrido de última generación, no respondió a nuestras expectativas.

Reforzando lo que se ha venido discutiendo, las técnicas de restauración que se acompañan con los nuevos composites deben realizarse de manera estratificada. Esto gracias a que los micrihíbridos respetan los actuales criterios estéticos. Es por esto que Dietschi (2001) da a conocer el concepto de restauración por medio de tres capas, simulando la constitución del diente y señala que composites como Miris y Vitalescence responden a este parámetro, no siendo así para los híbridos como el Brilliant que a pesar de tener resinas para esmalte y dentina diferenciados, no posee opacos.

La peor parte, a nuestro entender lo obtienen los híbridos simples. Estos carecen de una restauración policromática, amparándose como señala Dietschi (2001) en el llamado “efecto camaleón” afectando en gran parte el efecto estético. Mención aparte merece el producto Monopaque de la Vivadent cuyos resultados demuestran que realmente es un producto que cumple con los requisitos para lo cual fue creado, evitar el paso de la luz.

## 6.0. CONCLUSIONES

En este trabajo de investigación nos propusimos comparar las propiedades ópticas de las resinas híbridas y microhíbridos poniendo especial énfasis en estas últimas y así poder demostrar su versatilidad y similitud con las propiedades ópticas de los dientes del ser humano. Esto se realizó mediante estudios radiométricos en dependencias de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

De acuerdo, a los objetivos planteados, los resultados obtenidos en este estudio *in vitro*, el tipo de muestras realizadas y las pruebas estadísticas, podemos concluir lo siguiente:

- Existe una diferencia estadísticamente comprobable entre los composites esmaltes versus los composites dentinas, en lo que se refiere a opacidad-translucidez para las muestras de los materiales utilizados en esta investigación. Siendo los sistemas microhíbridos los que poseen una mayor gama de esmaltes y dentinas.
- Los resultados del primer objetivo no se complementan con el segundo, es decir los microhíbridos y los híbridos comparados entre sí, no mostraron diferencias significativas en opacidad-translucidez a nivel de sus medias, aunque los híbridos resultaron tener valores más homogéneos que sus contrapares, es decir las varianzas entre ambos son diferentes.
- Concluimos que las resinas micro híbridas poseen características de fluorescencia similares al diente con un 95% de confianza. Los sistemas con mejor respuesta de acuerdo a nuestros resultados fueron: Miris (Coltène) y Esther-X (Dentsply). Sólo Filtek Supreme (3M ESPE) mostró resultados deficientes en relación al diente. Dentro de los composites híbridos Heliomolar (Vivadent) obtuvo valores de fluorescencia cercanos al diente.
- Dado que quisimos probar si existía transmisión de fluorescencia, podemos decir que de acuerdo a nuestros resultados, no existe transmisión de fluorescencia en composites con grosores iguales o superiores a 1,5 mm.
- Las pruebas efectuadas para este trabajo, se realizaron dentro de un ambiente de total oscuridad y con un radiómetro de altísima sensibilidad que proporcionan confiabilidad a los resultados obtenidos y que dan pie a nuestra investigación.
- Las unidades de medición que se utilizaron en este estudio, complican las posibles comparaciones que se puedan realizar con informes o estudios relacionados con nuestro tema, ya que nosotros utilizamos una unidad de energía y la mayoría analiza las características de la luz emitida en cuanto a su longitud de onda.

## 7.0. SUGERENCIAS

Dentro de la investigación realizada, varias fueron las dificultades que se suscitaron, pero a la vez nos daban cuenta de algunas ideas importantes que se podrían estudiar y profundizar en estudios posteriores para el desarrollo de productos y conceptos que ayuden a la estandarización de los fenómenos ópticos estudiados, facilitando así la práctica clínica.

Las notables diferencias de opacidad encontradas en los composites son de excelente ayuda para la emulación de los tejidos dentarios, lo cual nos llevó a pensar en una estandarización objetiva de estas opacidades y una rotulación de estas en las jeringas y sets de sistemas existente pudiendo así, saber con exactitud que opacidad tiene un composite. Clínicamente aportaría en las decisiones, por ejemplo cuando necesite opacar el fondo de la boca y el composite que fue ocupado no logro ese fin, será tan solo necesario ver su rotulación de opacidad y cambiarlo por otro más opaco.

Nuestro estudio utilizó muestras de espesor de 1,5 mm y al momento de realizar las pruebas combinadas de fluorescencia los resultados fueron categóricos, confirmaron que no existe transmisión de fluorescencia. Pero como claramente se explica en el marco teórico la fluorescencia es un fenómeno que se produce cuando los cuerpos son irradiados con UV, o cual produce una desestabilización a nivel atómico, que al momento de volver a su estado de base libera un fotón de luz con una longitud de onda mayor pudiendo observar un color blanco – azulado, tanto en diente como en algunos composites. Pero que pasaría si disminuimos los espesores de las muestras, quizás la radiación sería capaz de alcanzar un composite aplicado en las primeras capas, cambiando los valores de fluorescencia de la capa que está siendo irradiada directamente.

Es evidente la ausencia de fluorescencia en algunos composites híbridos como microhíbridos lo que se traduce en una clara desventaja sobre otros sistemas, es por esto que sugerimos realizar en un próximo estudio el análisis de las composiciones con el fin de precisar cuáles son los factores desequilibrantes.

Basados en los resultados obtenidos recomendamos para realizar restauraciones estéticas los sistemas de resinas microhíbridos que cumplan con requisitos ópticos adecuados de translucidez-opacidad y fluorescencia.

La práctica clínica es de vital importancia, teniendo claro las diferencias de restauración que existen en los distintos casos como por ejemplo: pacientes viejos, jóvenes, profundidad de las lesiones, características del tejido remanente, etc. Estas deben complementarse con un adecuado uso y conocimientos del sistema de resina que se va a utilizar, debido a que no todos requieren la misma técnica de aplicación, por ejemplo, Miris que es un sistema creado considerando que el 80% de los dientes se encuentra en el tinte A, por lo que solo maneja saturaciones de dentina y algunos tintes de esmalte.



## 8.0. RESUMEN

Las características ópticas del diente constituyen un reto para el odontólogo a la hora de realizar una restauración estética. Estas propiedades ópticas son fenómenos físicos que se producen al incidir sobre el diente, diversos tipos de luz y radiaciones no visibles al ojo humano. Existe una amplia variedad de resinas compuestas en el mercado, algunas de ellas conocidas como microhíbridos intentan reproducir los fenómenos expresados por el diente.

Fluorescencia opacidad-translucidez son los efectos estudiados en este trabajo, en un laboratorio de fotometría con un radiómetro de alta sensibilidad sobre muestras de resinas compuestas de 1,5mm de grosor y 1.5 cm de diámetro incididas con luz incandescente y radiación U.V. larga para la medición de fluorescencia cuantificado en mwatts/cm<sup>2</sup>. Esta prueba se realizó para 26 composites.

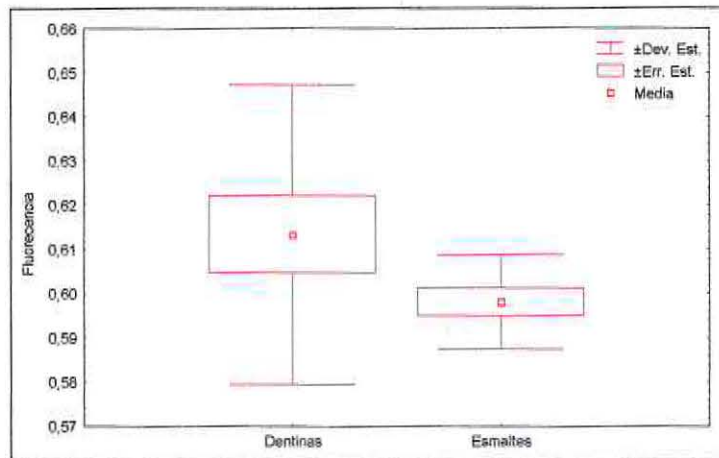
Los resultados dieron como respuesta que los esmaltes son más translúcidos que las dentinas, no existiendo diferencias significativas entre híbridos y microhíbridos. Los microhíbridos poseen características de fluorescencia similares al diente, no así los híbridos. No encontramos transmisión de fluorescencia entre composites con muestras de 1,5mm de espesor, al superponerlos.

Los sistemas microhíbrido demostraron ser más versátiles que los híbridos en cuanto a las propiedades medidas en este estudio.

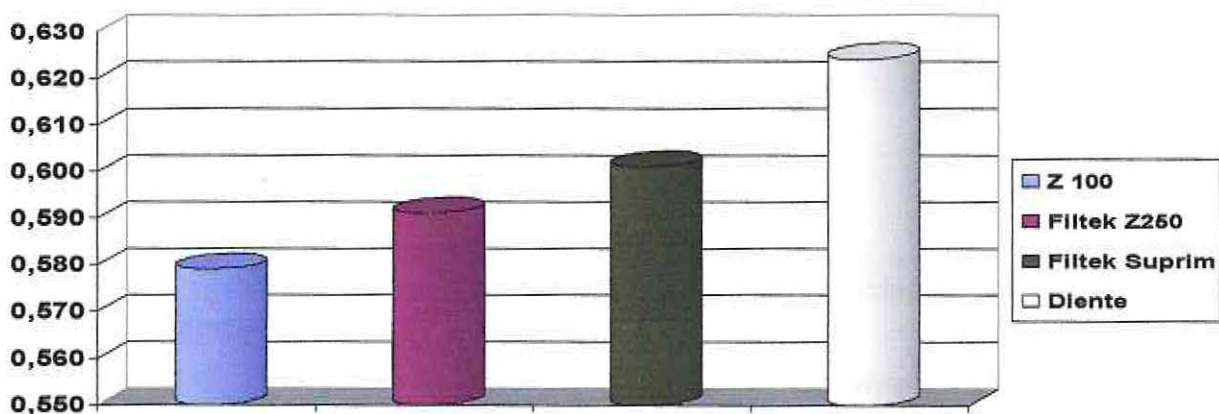
## 9.0. ANEXOS

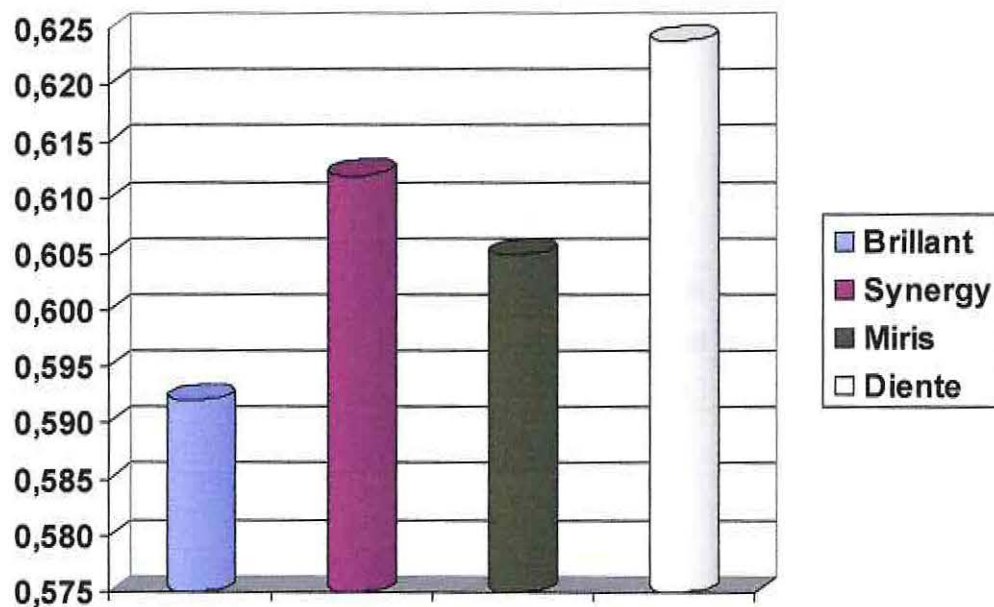
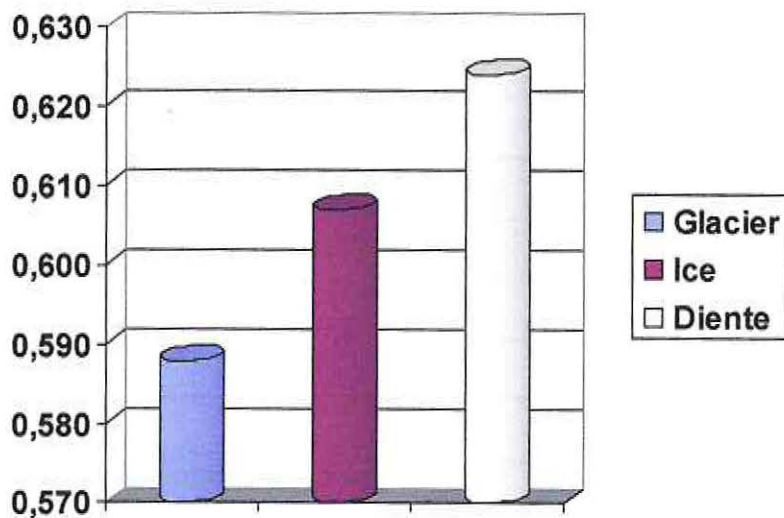
### ANEXO 1: GRÁFICOS.

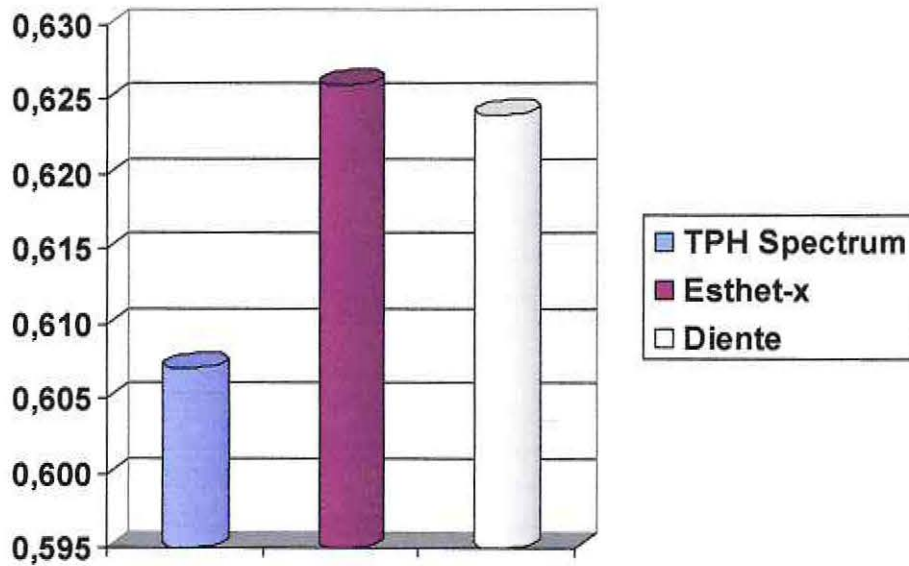
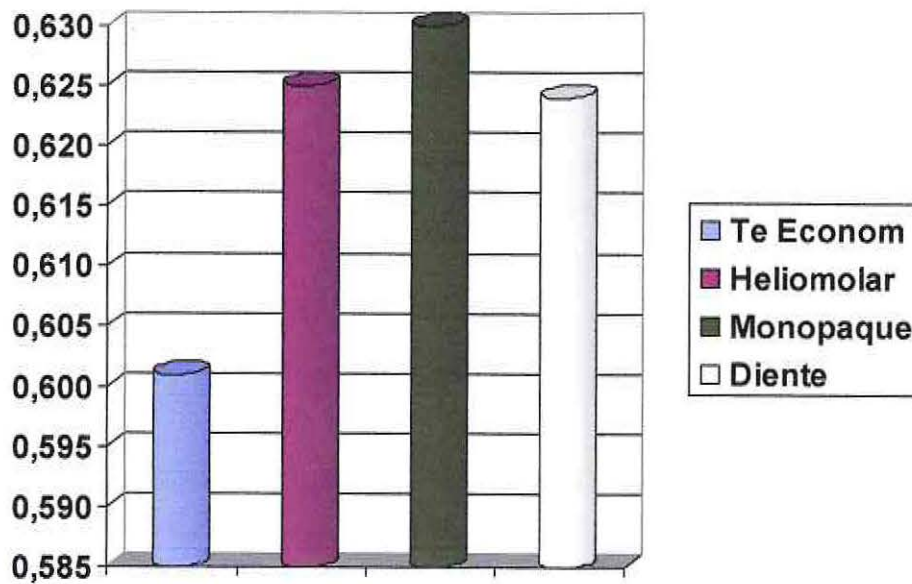
**GRÁFICO 12:** Gráfico de caja para la comparación de fluorescencias medias entre las dentinas y los esmaltes medidas en miliwatts/cm<sup>2</sup>.



**GRÁFICO 13.** Fluorescencia productos 3M ESPE color A3.



**GRÁFICO 14. Fluorescencia productos Coltène – Whaladent color A3.****GRÁFICO 15. Fluorescencia productos S. D. I color A3.**

**GRÁFICO 16: Fluorescencia productos Dentsply color A3.****GRÁFICO 17. Fluorescencia productos Ivoclar – Vivadent color A3.**

*Propiedades ópticas de las resinas compuesta*

**ANEXO 2.** Pauta de control. (Para la prueba de fluorescencia se eliminaron las muestras 27 y 28, agregando la muestra diente y la resina Z100.

	<b>Resina</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
1	Brilliant A3					
2	Brilliant A3					
3	Brilliant Incisal					
4	Ice enamel					
5	Glacier Es A3					
6	Glacier De A3					
7	Tetric Ceram A3					
8	Te Econom A3					
9	TPH Spect A3					
10	Heliomolar A3					
11	Filtek Z250 A3					
12	Filtek A 110 A3 Es					
13	Filtek A 110 A3 De					
14	Miris RE					
15	Miris DE Sh 6					
16	Synergy DS A3-D3					
17	Esthet-x YE					
18	Esthet-x Ao2					
19	Esthet-x Dent A3					
20	Filtek sup A3 E					
21	Filtek sup YT					
22	Filtek sup WE					
23	Filtek sup A2 D					
24	Filtek sup A3 B					
25	Filtek sup WB					
26	Monopaque A3					
27	Sulfato de Bario					
28	Fondo oscuro					

**ANEXO 3: FOTOGRAFÍAS**

*FOTOGRAFÍA 1. Cuarto oscuro ubicado en la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Lugar de realización de las pruebas fotométricas.*



*Fotografía 2. Equipo de trabajo de izquierda a derecha: Eduardo Ortiz, Prof. Leopoldo Rodríguez y Miguel Muñoz*

**10.0. BIBLIOGRAFÍA**

- ✚ Craig, R. G. (1998): Propiedades ópticas, térmicas y eléctricas. En: Materiales de odontología restauradora. Craig, R., Ward, M., Madrid: Harcourt Brace, pp 30 – 35. décima edición, 1998., editorial Harcourt Érase.
- ✚ Dietschi, D; Campanile, G.; Holz, J.(1994): Comparisom of the color stability of ten new-generation composites: An in vitro study. Dental Materials, 10:353 - 362.
- ✚ Dietschi, D. ( 2001): Layering Concepts in Anterior Composite Restorations. Journal Adhesive Dental .3:71 - 80.
- ✚ Guyton. A. (1997) : Fisologóa del ojo humano. En: Tratado de fisiología médica. Guyton, A., Hall, J. E. México: Interamericana – Mac Graw – Hill, pp, 707 – 718.
- ✚ Herrera, R.; Jarufe, T. (1968): Comportamiento de la luz, reflexión, refracción, interferencia difracción y polarización. En: Texto de física para quinto año H. Herrera, R., Jarufe, T. Santiago: Ed. Salesiana, pp. 191- 215.
- ✚ Heller, A (2001): Color and Light transmission. En: Recopilación Bibliografica Tecno - Import, pp39 -59.
- ✚ Heller, A (2001): Color of natural teeth. En: Recopilación Bibliográfica Tecno - Import, pp 61 – 77.
- ✚ Inokoshi, S.; Burrow, M. F.; Kataumi, M.; Yamada, T.; Takatsu, T. (1996): Opacity and color changes of tooth – colored restorative materials. Operatory Dentistry. 80: 21 - 73
- ✚ Inokoshi, S.; Burrow, M.F.; Kataumi, M.; Yamada, T.; Takatsu, T. (1997): Color and translucency changes during and after curing of esthetic restorative materials. Dental Materials.13: 89 – 97.
- ✚ Monsenego, G.; Burdairon, G.; Clerjaud, B. (1993): Fluorescence of dental porcelain. Journal of Prosthetic Dentistry. 1: 106 - 113.
- ✚ Taira, M.; Okazaki, M; Takahashi, J. (1999): Studies on optical properties of two commercial visible-light-cured composite resins by diffuse reflectance measurements. Journal Oral Rehability. 4: 329 - 337.
- ✚ Powers, J. M.; Yeh, C. L.; Miyagawa, Y. (1983): Optical properties of composites of selected shades in white light. Journal Oral Rehability. 10: 319 – 324.

- ✚ Reis, M (2000): Shade selection an color. Report. 13: 18- 24.
- ✚ Rodríguez, L. (2003): Fenómenos de la Luz. “Apuntes de clase”.Escuela de Ingeniería. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- ✚ Ragain, J. C. Jr.; Johnston, W. M. (2001): Accuracy of Kubelka - Munk reflectance theory applied to human dentin and enamel. Journal Dental Research. 2: 449 - 452
- ✚ Ten Bosch, J. J.; Coops, J. C. (1995): Tooth color and reflectance as related to light scattering and enamel hardness. Journal Dental Research. 1:374 - 380
- ✚ Panzeri H, Teixeira L, Minelli C (1977): Spectral fluorescence of direct anterior restorative materials. Australian Dental Journal, v.22, n.6, p.458-461,1977.
- ✚ Phillips, R. (1993): Materiales de restauración estéticos. En: La ciencia de los materiales dentales de Skinner. Interamericana, pp. 221 – 240.
- ✚ Monsénégo, G., Burdairon, G.(1993): Fluorescence of dental porcelain. Journal Prosthetic Dental. 1:106 - 113.
- ✚ Vanini, L. (1996): Sistema composito microibrido universale: fluorescente e opalescente. Dental Cadmos. 8:36 - 48.
- ✚ Villarroel, M.(2002): Fluorescência: Uma contribuição na vitalidade natural do dente humano. VII Congresso Internacional de Odontología do Paraná. Rev. CIOPAR. 7:134 – 139.
- ✚ Villarroel, M.(2003): Principios estéticos e ópticos na dentição natural. XX Reunição Anual Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica. Rev. SBPqO.17: 227 - 229.
- ✚ Wakkefield, Ch. W. , Kofford, K. R. (2001): Advances in restorative materials. Dental Clinics of North América. 45: 7 - 13

#### **Direcciones de Internet consultadas.**

- ✚ Henríquez, B. La luz sin llamas: breve historia de la luminiscencia (Primera parte) [ <http://www.altatecnicadental.com>.]
- ✚ Villarroel, M. Fenómenos ópticos aplicados a los dientes naturales. [[www.materialesdentales.cl](http://www.materialesdentales.cl)] .