

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



# “Evaluación de la Translucidez de las Resinas Compuestas”

Trabajo de Investigación  
Requisito para optar al  
Título de Cirujano-Dentista

**Alumnas:**  
Daniela Cvitanic Díaz  
Paulina Finsterbusch Rodríguez

**Docente guía:**  
Dr. Rodrigo Rubio Aguilar

Valparaíso  
2004



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



# “Evaluación de la Translucidez de las Resinas Compuestas”

Trabajo de Investigación  
Requisito para optar al  
Título de Cirujano-Dentista

**Alumnas:**

Daniela Cvitanic Díaz  
Paulina Finsterbusch Rodríguez

**Docente guía:**

Dr. Rodrigo Rubio Aguilar

**Docente colaborador:**

Prof. Víctor Vargas  
Facultad de Ciencias  
Universidad de Chile

Valparaíso  
2004

A mis Padres, Boris y Josefina, gracias por entregarme las herramientas para ser feliz, con todo mi amor.

Daniela

A mis Padres y hermanos, los pilares fundamentales de mi vida, por su amor y apoyo incondicional.

Paulina

*Algunos abandonan sus objetivos justo cuando están por alcanzarlos, mientras que otros, por el contrario, logran la victoria esforzándose con un último impulso antes de rendirse.*

## AGRADECIMIENTOS

A nuestros familiares y amigos, por su inmenso cariño y comprensión, consejos oportunos y apoyo constante.

Al Doctor Rodrigo Rubio Aguilar, por su enseñanza y dedicación, habiéndose transformado en un guía fundamental para el desarrollo de esta tesis.

La realización de este estudio no hubiera sido posible sin el valioso aporte y enseñanza del Profesor Víctor Vargas Cortés. También nos gustaría agradecer el apoyo brindado por su equipo de trabajo: Patricio Jara Aguilar e Igor Osorio Román, junto con la Universidad de Chile que nos facilitó su Laboratorio de Luminiscencia.

A Andrea Póblete Pérez, por su colaboración y buena disposición durante el desarrollo de esta tesis.

Quisiéramos agradecer a Verónica Polanco y Dental Guzmán por su aporte y excelente disposición para colaborar en el desarrollo de nuestra tesis, con productos IVOCLAR-VIVADENT. A Dra. Petrizio y Claudio Olmos, representante de ventas de Tecnoimport, por su colaboración con productos ULTRADENT; a Jaime Martínez, representante de ventas de VOCO por aportar con sus productos; a Mónica Ramwell, coordinadora de ventas y marketing de la empresa Surdent, por colaborar con productos KERR; a Mónica Undurraga, por su colaboración con productos 3M-ESPE y a Adriana Rojas, representante comercial DENTSPLY, por haber colaborado en este estudio con sus productos.

## ÍNDICE

CONTENIDOS	PÁGINAS
<b>Introducción.</b>	<b>1</b>
<b>Marco Teórico.</b>	<b>2</b>
I. Naturaleza de la luz.	2
II. Fenómenos ópticos de la luz.	5
1. Reflexión	5
2. Refracción	6
3. Absorción	7
4. Transmisión	8
5. Difracción	11
6. Dispersión	11
7. Luminescencia	12
8. Opalescencia	13
9. Escatering	14
III. Color.	15
1. Principios del color.	16
2. Tridimensionalidad del color.	16
3. El círculo cromático.	18
4. Percepción.	20
IV. Translucidez.	21
1. Esmalte	22
2. Pulpa	26
3. Dentina	26
V. Resinas compuestas.	28
1. Composición de las Resinas Compuestas.	28
2. Clasificación de las Resinas Compuestas.	30
3. Resinas compuestas y Colorimetría.	33
<b>Hipótesis y Objetivos.</b>	<b>40</b>
<b>Materiales y Métodos.</b>	<b>41</b>
<b>Resultados.</b>	<b>51</b>
<b>Discusión.</b>	<b>62</b>

<b>Conclusiones.</b>	<b>66</b>
<b>Sugerencias.</b>	<b>68</b>
<b>Resumen.</b>	<b>69</b>
<b>Referencias bibliográficas.</b>	<b>70</b>

**Anexos.**

Anexo I. Análisis estadístico.

Anexo II. Fotografías Translucidez Resinas compuestas.

Anexo III. Gráficos Translucidez Resinas Compuestas.



## INTRODUCCIÓN

La demanda de restauraciones dentales estéticas ha ido en aumento exponencialmente en los últimos años. Podríamos hablar entonces, de una nueva era de la odontología debido al desarrollo de nuevos materiales estéticos y al incremento de pacientes informados.

Actualmente en el mercado, existe una amplia gama de resinas compuestas que buscan mejorar sus propiedades ópticas, con el fin de imitar la apariencia natural del diente humano, por esta razón, muchas resinas compuestas de última generación ofrecen entre sus características ópticas una **translucidez** similar a la del diente natural.

Es necesario como odontólogos mantenernos informados en relación a la amplia variedad de nuevos materiales comercializados, no sólo guiándonos por la publicidad de los productos, si no también, conociendo sus verdaderas propiedades para su correcta aplicación.

No existen estudios previos de la translucidez de las resinas compuestas, por lo tanto, se hace necesario evaluar la translucidez de estos materiales, para obtener así un resultado estético natural en nuestras restauraciones.

El esmalte es el tejido dental más difícil de imitar, no es transparente ni completamente opaco, sus características ópticas van desde la translucidez hacia la opalescencia, entendiéndose por translucidez como la propiedad de un material o tejido que permite el paso de la luz a través de él, transmitiendo la luz incidente, desordenando los rayos y dirigiéndolos en todas direcciones. Podríamos considerar a la translucidez y la opacidad, como propiedades ópticas intermedias entre los cuerpos absolutamente transparentes y los totalmente opacos. La translucidez adquiere mayor importancia en las restauraciones del sector anterior, especialmente en pacientes jóvenes en los cuales existe un esmalte relativamente intacto, que aún no ha sufrido el desgaste propio de la edad y por lo tanto, presentan un esmalte de mayor grosor y un borde incisal e interproximal identificable. Por otra parte, las características ópticas de la dentina van mayormente desde la opalescencia hacia la opacidad, pero siendo siempre constante su propiedad de translucidez, menor que en el esmalte, pero igualmente importante, debiendo ser considerada en el momento de estratificar una restauración de composite.

La utilización de estos materiales debe ser cuidadosa ya que podemos obtener resultados inadecuados si no aplicamos *conceptos restauradores estéticos integrales*.

## MARCO TEORICO

### I. LA NATURALEZA DE LA LUZ

Antes de iniciar el siglo XIX la luz era considerada como una corriente de partículas emitidas por una fuente luminosa y que después estimulaban el sentido de la visión al entrar al ojo. El arquitecto principal de esta **teoría corpuscular** de la luz fue Isaac Newton (1642-1726). Esta teoría explica la propagación rectilínea de la luz, la reflexión y refracción; pero no explica los anillos de Newton (iridiscencia en las láminas delgadas de los vidrios), ni tampoco los fenómenos de interferencia y difracción, que sí lo hace la teoría de Huygens, como veremos más adelante. La mayoría de los científicos aceptaron la teoría corpuscular de la luz. Sin embargo, fue propuesta otra teoría, que argumentaba que la luz es cierto tipo de movimiento ondulatorio (Halliday y cols, 2002).

En 1678, un físico y astrónomo holandés, Christian Huygens (1629-1695), demostró que la **teoría ondulatoria** de la luz, podría explicar también las leyes de la reflexión y la refracción. Define a la luz como un movimiento ondulatorio semejante al que se produce con el sonido (Halliday y cols, 2002).

La teoría ondulatoria no recibió aceptación inmediatamente por varias razones. En primer lugar, todas las ondas conocidas en esa época (sonoras, en el agua, etc.) viajaban a través de algún tipo de medio. Como la luz podía viajar hasta nosotros desde el sol a través del vacío del espacio, no podía ser que fuera una onda, debido a que el viaje de las ondas necesita un medio. Asimismo, se argumentaba que, si la luz era alguna forma de onda debería rodear los obstáculos; por lo tanto, seríamos capaces de ver los objetos alrededor de las esquinas. Ahora se sabe que la luz indudablemente rodea los bordes de los objetos. Este fenómeno, conocido como difracción, no es fácil de observar porque las ondas luminosas tienen longitud de onda corta. De este modo, aunque Francisco Grimaldi (1618-1663) describió pruebas experimentales para la difracción de la luz aproximadamente en 1600, la mayoría de los científicos rechazaron la teoría ondulatoria y se adhirieron a la teoría corpuscular de Newton, esto se debió, en gran parte, a la gran reputación de Newton como científico (Halliday y cols, 2002).

La primera demostración clara de la naturaleza ondulatoria de la luz fue brindada en 1801 por Thomas Young (1773-1829), quien demostró que, en condiciones apropiadas, los rayos luminosos interfieren entre sí. En ese tiempo, dicho comportamiento no podría explicarse mediante la teoría corpuscular debido a que no hay manera concebible por medio de la cual dos o más partículas pueden juntarse y cancelarse una a otra. Varios años después, un físico francés, Augustín Fresnel (1788-1868) efectuó varios experimentos relacionados con la interferencia y la difracción (Halliday y cols, 2002).

En 1850, Jean Foucault (1791- 1868) proporcionó pruebas adicionales de lo inadecuado de la teoría corpuscular, al demostrar que la velocidad de la luz en vidrios y líquidos es menor que en el aire (Halliday y cols, 2002). De acuerdo con el modelo de partículas, la velocidad de la luz sería más alta en vidrios y líquidos que en el aire. En general, los resultados obtenidos en las mediciones de la velocidad de propagación de la luz en el vacío oscilan entre 298.000 Km. /seg. y 313.300 Km. /seg., sin embargo, se toma como velocidad de la luz la de 300.000 Km. /seg. por ser un término medio entre los valores obtenidos y por ser una cifra exacta (Miranda, 2002).

Experimentos adicionales durante el siglo XIX llevaron a la aceptación general de la teoría ondulatoria de la luz. El trabajo más importante fue el de Maxwell al producir y detectar ondas electromagnéticas. Además, Hertz y otros investigadores demostraron que estas ondas exhibían reflexión, refracción y todas las otras propiedades características de las ondas (Halliday y cols, 2002).

No hay por qué aferrarse a la idea de incompatibilidad entre las ondas y los corpúsculos, se trata de dos aspectos diferentes de la misma cuestión que no sólo no se excluyen, sino, que se complementan (Ruiz, 1999).

La luz es una clase de energía y se propaga de acuerdo a las leyes de la física. Esta energía se extiende en formas de ondas caracterizadas por dos parámetros: la longitud y la amplitud (fig. 1). Es la forma de energía electromagnética visible para el ojo humano (Touati, 2000).

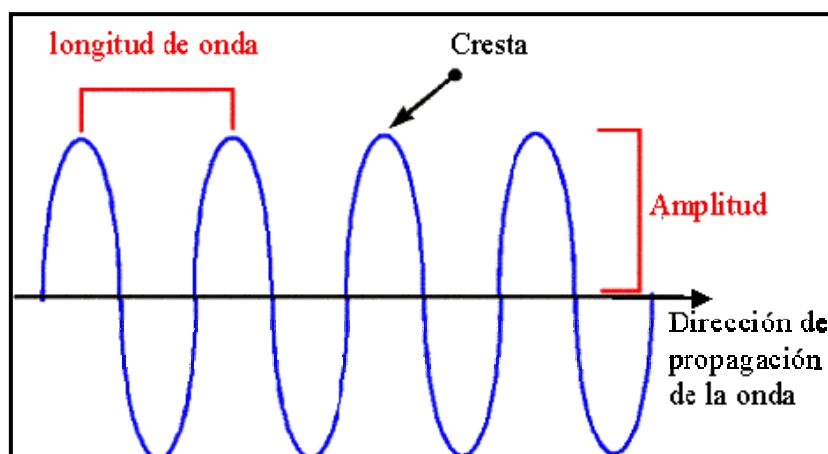


Figura 1. Ondas electromagnéticas. La longitud de onda es la distancia entre las crestas sucesivas (o las sucesivas depresiones) La amplitud es la altura de la onda con relación a su eje direccional (Touati, 2000).

En física, se identifica a las ondas por lo que se llama longitud de onda ( $\lambda$ ), distancia entre dos máximos (unidad expresada en metros) y por su frecuencia ( $f$ ), número de oscilaciones por segundo, que se cuenta en un punto, y se mide en ciclos por segundo (oscilaciones por segundo). El producto de ambas cantidades es igual a la velocidad de propagación de la onda (Castro, 1999).

### Espectro electromagnético

El espectro electromagnético se refiere a un “mapa” de los diferentes tipos de energía de radiación y sus correspondientes longitudes de onda. Hay usualmente seis subdivisiones (ondas de radio, infrarrojas, visible, ultravioleta, rayos X y rayos gamma). El espectro electromagnético muestra un incremento de energía, representado de izquierda a derecha. Este incremento de energía se ve en un incremento en la frecuencia. Y la frecuencia está en relación inversa con la longitud de onda (fig. 2) (Halliday y cols, 2002).

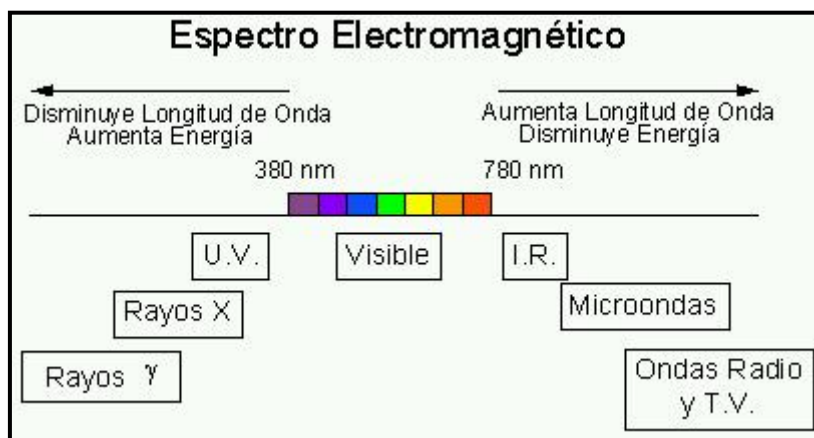


Figura 2. Espectro electromagnético por longitudes de onda. Nótese un estrecho rango de longitudes de onda de la luz visible (Touati, 2000).

De las ondas del espectro electromagnético, solamente los rayos entre los 380 y 760 nm, a causa de su acción sobre las células especializadas, provocan reacción fotoquímica en la retina, responsable de desencadenar la percepción visual de formas y colores en el cerebro. Por eso, no podemos distinguir los rayos ultravioletas o infrarrojos, con longitudes de onda inferiores a los 380 nm o superiores a los 760 nm, respectivamente (Touati, 2000).

La **luz visible**, es la forma más familiar de ondas electromagnéticas, es aquella parte del espectro electromagnético que el ojo humano puede detectar. La parte visible del espectro es realmente muy pequeña en relación con los otros tipos de energía (Wu, 2000). La luz visible posee una longitud de onda muy pequeña, unos 650 nm para la luz roja y unos 450 nm para la luz azul (Halliday y cols, 2002).

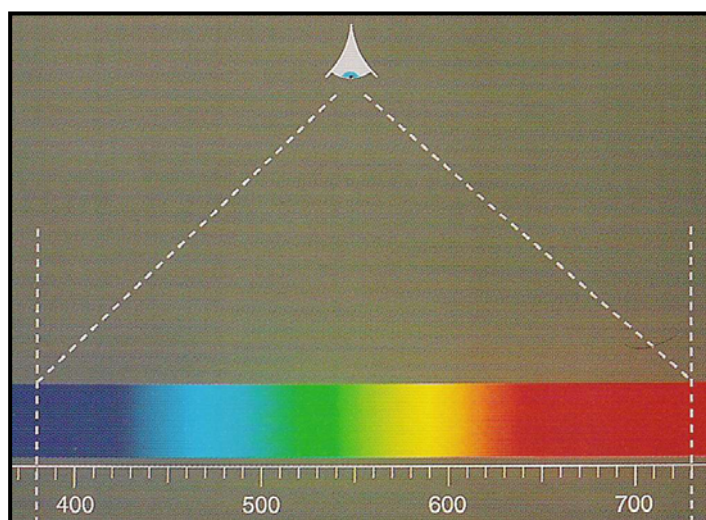


Figura 3. Longitud de onda del espectro visible.

El sol es una importante fuente de luz ultravioleta. La luz solar contiene un 9% de luz ultravioleta. La luz ultravioleta abarca longitudes de onda que varían aproximadamente de 380 nm a 60 nm. La mayor parte de la luz ultravioleta proveniente del sol, es absorbida por átomos en la atmósfera superior o estratósfera. Lo anterior es afortunado, ya que, la luz ultravioleta en grandes cantidades produce efectos dañinos en los humanos (Halliday y cols, 2002).

## II. FENÓMENOS ÓPTICOS DE LA LUZ

### 1. Reflexión

Cuando los rayos de luz llegan a un cuerpo en el cual no pueden continuar propagándose, salen desviados en otra dirección, es decir, se reflejan. La forma en que esto ocurre depende del tipo de superficie sobre la que inciden y del ángulo que forman sobre la misma (Castro, 1999).

#### Leyes de la Reflexión:

1. Cada rayo de la onda incidente y el correspondiente rayo de la onda reflejada forman un plano perpendicular al plano de separación de los medios.
2. El ángulo que forma el rayo incidente con la recta normal a la frontera (ángulo de incidencia) es igual al ángulo de esta normal con el rayo reflejado (ángulo de reflexión) (Ruiz, 1999).

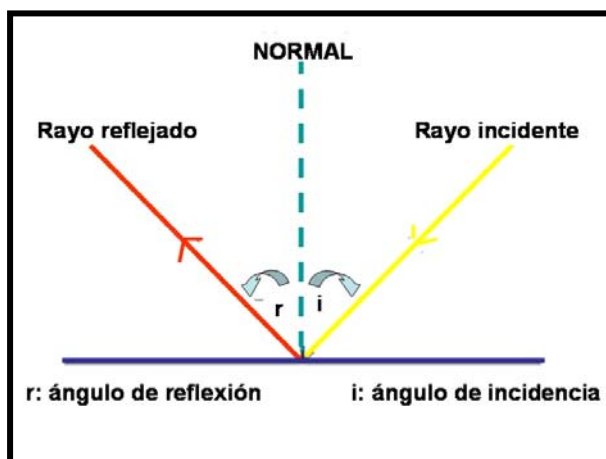


Figura 4. Leyes fundamentales de la reflexión.

La reflexión de la luz a partir de una superficie lisa recibe el nombre de **reflexión especular** (regular). Si la superficie reflejante es rugosa, la superficie refleja los rayos no como un conjunto paralelo, sino en varias direcciones. La reflexión en cualquier superficie rugosa se conoce como **reflexión difusa** (Castro, 1999).

Si la longitud de onda es muy pequeña (alrededor de 500nm), la mayoría de la reflexión es difusa. Vista microscópicamente la reflexión es regular. La apariencia de reflexión difusa se debe a los distintos ángulos en los que la luz se dirige cuando incide en una superficie rugosa.

La reflexión de cada haz luminoso por separado es regular, o sea, es reflejado en el mismo ángulo con el que incide en la superficie. Una superficie suave y lisa como la de un composite bien pulido muestra ambas reflexiones, difusa y regular, las proporciones relativas dependen del ángulo de luz incidente. Pero una superficie rugosa, como la de un diente con placa bacteriana, muestra sólo reflexión difusa, no tiene una superficie brillante (Merriam-Webster, 1995).

Las superficies rugosas actúan como si estuvieran formadas por infinidad de pequeñas superficies dispuestas irregularmente y con distinta orientación, por lo que las direcciones de los rayos reflejados son distintas (Castro, 1999).

La **reflexión semiespecular** (mixta) ocurre cuando la luz incide sobre una superficie lisa mate. La luz es reflejada en ángulos ligeramente diferentes pero en la misma dirección general, dando lugar a una reflexión intermedia, que comprende un porcentaje de reflexión especular y otro de reflexión difusa (Castro, 1999).



Figura 5. Esquemas de los diferentes tipos de reflexión.

## 2. Refracción

Los fenómenos de refracción se producen por el cambio de dirección que sufren los rayos luminosos al pasar de un medio a otro, donde su velocidad es distinta. Así, si un haz de rayos luminosos incide sobre la superficie de un cuerpo transparente, parte de ellos se reflejan mientras que otra parte se refracta, es decir, penetran en el cuerpo transparente experimentando un cambio en su dirección de movimiento. Esto es lo que sucede cuando la luz atraviesa los medios transparentes del ojo humano para llegar hasta la retina (Halliday y cols, 2002).

El índice de refracción (relación entre la velocidad de la luz en el vacío y la que tiene en un medio concreto) es una propiedad característica de la materia y se utiliza para la identificación de los materiales. Una de las principales aplicaciones de la refracción es el control del índice de refracción de la matriz y la fase dispersa en materiales como el composite y las porcelanas dentales, que deben tener la misma translucidez que el tejido dental. Cuando los índices de refracción coinciden totalmente, el sólido es transparente, mientras que si existen diferencias importantes, el material presenta un aspecto opaco (Craig, 1998).

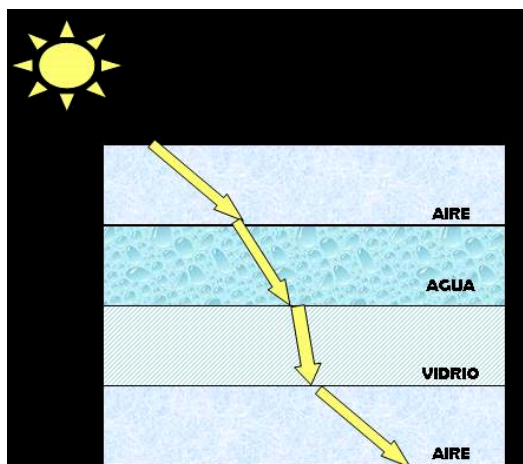


Figura 6. Refracción de la luz.

### 3. Absorción

Es la disminución de la energía de las radiaciones luminosas que inciden en un cuerpo opaco o atraviesan superficies transparentes (Halliday y cols, 2002).

La absorción consiste en captar las diferentes luces que componen la luz blanca; en general, los cuerpos no absorben con igual intensidad todas las frecuencias del espectro, es decir, se produce una absorción selectiva (Castro, 1999).

Existen superficies y objetos que absorben la mayor parte de las radiaciones luminosas que les llegan, estos objetos se ven de color negro, otros tipos de superficies y objetos, absorben sólo una determinada gama de longitudes de onda, reflejando el resto. Por ejemplo, un pigmento rojo absorbe longitudes de onda corta pero refleja un determinado rango de longitudes de onda larga, cuyo peak se centra alrededor de los 680 nm, por lo que se percibe como rojo (Castro, 1999).

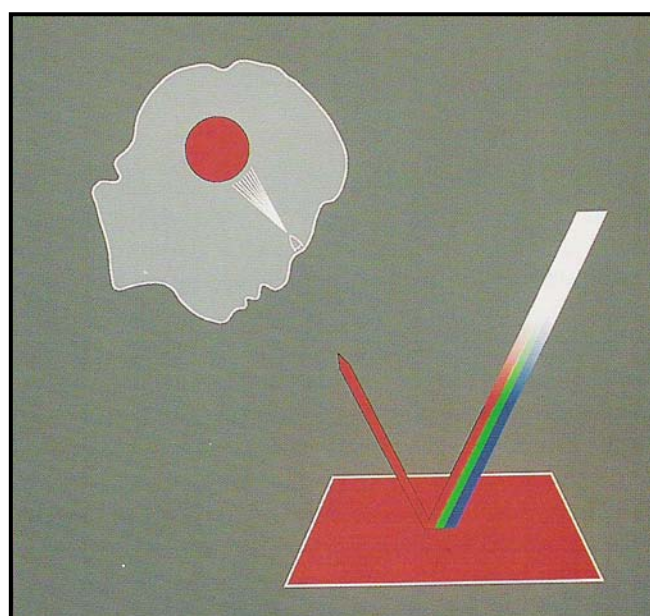


Figura 7.  
Absorción de la  
luz.

#### 4. Transmisión

La transmisión se puede considerar como una doble refracción. Si pensamos en un cristal; la luz sufre una primera refracción al pasar del aire al vidrio, sigue su camino y vuelve a refractarse al pasar de nuevo al aire. Si después de este proceso el rayo de luz no es desviado de su trayectoria, se dice que la transmisión es **regular**, como pasa en los vidrios transparentes. Si se difunde en todas direcciones tenemos la transmisión **difusa**, que es lo que pasa en los vidrios translúcidos. Si predomina una dirección sobre las demás, tenemos la **mixta**, como ocurre en los vidrios orgánicos o en los cristales de superficie labrada (Castro, 1999).

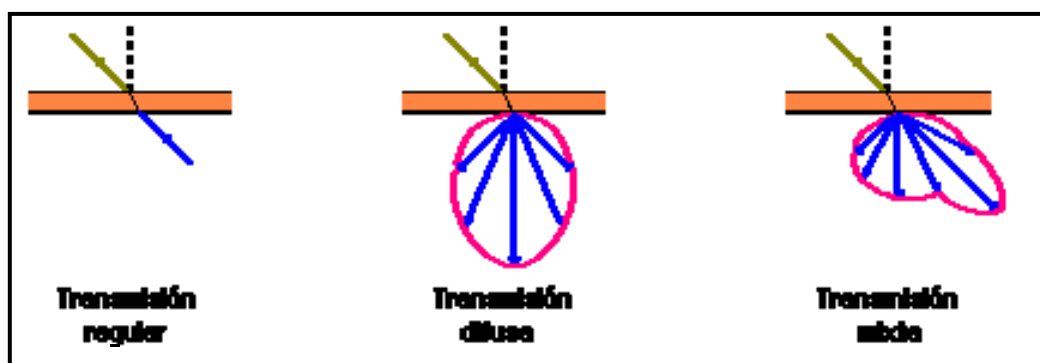


Figura 8. Esquema de los diferentes tipos de Transmisión.

Según las características de transmisión los cuerpos pueden ser (Castro, 1999):

a) **Transparentes:** son aquellos que transmiten los rayos incidentes según una estructura regular. Pueden ser **cromáticos** si transmiten algunas longitudes de onda y absorben total o parcialmente otras. Si transmiten todas las longitudes de onda por igual, el medio tiene una transmisión **acromática** y se le considera incoloro (Castro, 1999).

Los cuerpos transparentes cromáticos transmiten longitudes de onda de su propio color y absorben los colores complementarios (Castro, 1999).

Transparencia y profundidad significan percepción simultánea de diversas situaciones espaciales, el fenómeno perceptivo que regula la espacialidad del color, y por consiguiente, la sensación de profundidad de la forma, también contribuye a la percepción de la transparencia, pero, la transparencia física no es una condición necesaria ni suficiente para la percepción de la transparencia, la transparencia física no puede explicar la transparencia perceptiva.

Cuando la forma de la superficie físicamente transparente coincide con la forma de su fondo, la transparencia no se ve, como observamos en la figura 9: un objeto rojo sobre un fondo blanco visto a través de un vidrio transparente (Cattaruzza, 2002).

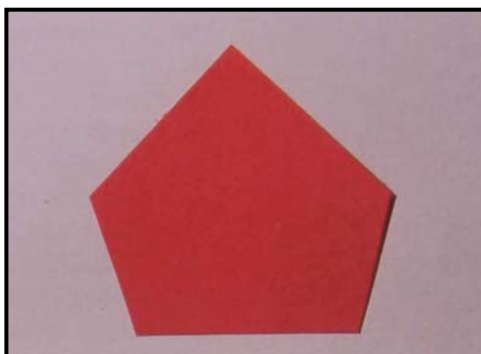


Figura 9.

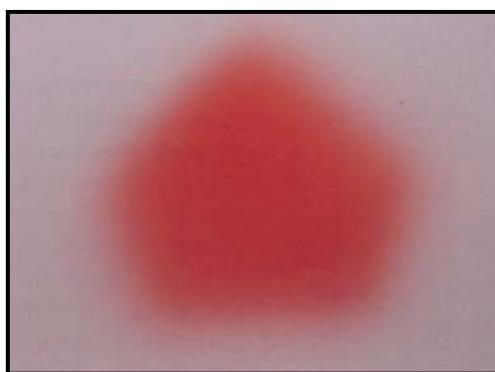


Figura 10.

En la figura 10, el mismo objeto rojo sobre un fondo blanco visto a través de un vidrio opalescente sobrepuesto (Cattaruzza, 2002).

Sólo si el objeto, transparente u opalescente, se percibe suficientemente diferente al fondo blanco y al objeto rojo, como en la figura 11, se logra la sensación de transparencia del objeto y de sobreposición del plano, y por lo tanto, de profundidad. Esto es posible únicamente a través del contraste del color que se determina tras el fondo, el objeto puesto sobre el fondo y el medio transparente en primer plano (Cattaruzza, 2002).



Figura 11.

A fin de que se tenga una clara percepción de transparencia deben subsistir dos principios: el **contraste**; entre el objeto que está sobre, físicamente translúcido o transparente, y el objeto que está debajo y, la **mezcla sustractiva** de los colores propios del objeto que se sobrepone (Cattaruzza, 2002).

Es el contraste el que determina la transparencia. La espacialidad del color, a través del juego del contraste, regula el efecto de transparencia, como de profundidad (Cattaruzza, 2002).

**b) Translúcidos:** la translucidez de un material, es la propiedad mediante la cual, se permite el paso de la luz a través de él (González y Haro, 2002). Los cuerpos translúcidos transmiten la luz incidente desordenando los rayos y dirigiéndolos en todas direcciones. Según su selección a las longitudes de onda pueden ser también cromáticos o incoloros (Castro, 1999).

La mayoría de los tejidos del organismo son parcialmente translúcidos, en especial el esmalte de los dientes y los tejidos blandos que sustentan y rodean dichos dientes (Craig, 1998).

En odontología se utilizan algunos materiales translúcidos como la porcelana, el composite y los plásticos dentales (Craig, 1998).

**c) Opacos:** son los cuerpos que no transmiten ninguna cantidad de la luz que les llega, así la luz que les llega es reflejada y/o absorbida únicamente. Los objetos opacos según su selectividad a la absorción o reflexión de la luz incidente pueden ser considerados como (Castro, 1999):

-*Blancos:* cuando reflejan, con absorción nula, todas las radiaciones del espectro visible recibidas.

-*Negros:* absorben todas las radiaciones recibidas, sin transmitir ni reflejar ninguna.

-*Grisas:* reflejan y/o absorben parcialmente, pero por igual, todas las radiaciones incidentes.

-*Coloreados:* reflejan de forma diferente las radiaciones en función de su longitud de onda, son reflejadas las longitudes de onda de su propio color y absorbidas todas las demás.

Opacidad y transparencia, son términos referidos a la capacidad de una sustancia de transmitir luz. Una pintura opaca es la que no transmite luz y puede usarse para cubrir o esconder lo que está bajo ella. Una pintura semiopaca transmite muy poca luz, pero es incapaz de ocultar colores oscuros y fuertes bajo ella, a menos que se aplique una inusual capa gruesa. Un material transparente transmite la luz libremente; cuando se aplica un aceite vidrioso transparente sobre otro color, se produce una mezcla limpia de dos tonos sin mucha pérdida de claridad. Cuando se posiciona una capa de aceite vidrioso semitransparente sobre otro color, se producirá un efecto pálido o nebuloso por la reflexión de la luz en la superficie. La *semitransparencia* y *semiopacidad* se conocen como translucidez (Merriam-Webster, 1995).

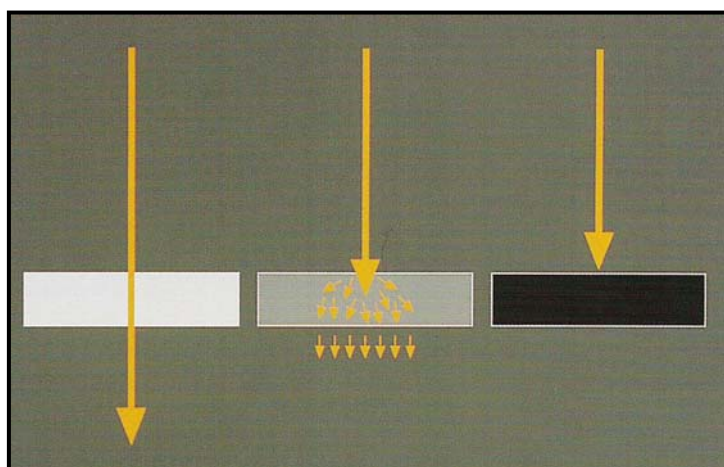


Figura 12.  
Cuerpos  
transparentes,  
translúcidos y  
opacos.

## 5. Difracción

Es la capacidad de las ondas para cambiar la dirección alrededor de obstáculos en su trayectoria, esto se debe a la propiedad que tienen las ondas de generar nuevos frentes de onda (Halliday y cols, 2002).

Es la descomposición de la luz cuando ésta se desplaza muy cerca de un borde opaco (Steenbecker, 1998). El grado de desviación es mayor para las ondas largas que para las cortas (Merriam-Webster, 1995).



Figura 13. Difracción, desviación de los rayos luminosos cuando inciden sobre el borde de un objeto opaco.

## 6. Dispersión

Se conoce el fenómeno de dispersión cuando las diferentes longitudes de onda se refractan a distintas longitudes de onda (Halliday y cols, 2002).

La dispersión es la proporción mediante la cual, el índice de refracción de un haz de luz varía dentro de un cuerpo translúcido (como el vidrio esmerilado o el esmalte dental), por lo tanto, no sigue patrones rectos y la luz, al dispersarse dentro de él, se hace difusa (Steenbecker, 1998).

Para entender los efectos que la dispersión puede tener en la luz, consideremos que ocurre cuando la luz incide en un prisma. Cuando un haz de luz blanca (una combinación de todas las longitudes de onda visibles) incide sobre un prisma, los rayos que emergen de la segunda cara se dispersan en una serie de colores conocida como un espectro. Estos colores en orden decreciente, son rojo, naranja, amarillo, verde, azul, índigo y violeta. Newton demostró que cada color tiene un ángulo particular de desviación ( $\delta$ ) y depende de la longitud de onda de un color determinado (García, 1996).

La luz violeta es la que más se desvía, la luz roja la que menos, y los colores restantes en el espectro visible caen entre estos extremos (Halliday y cols, 2002).

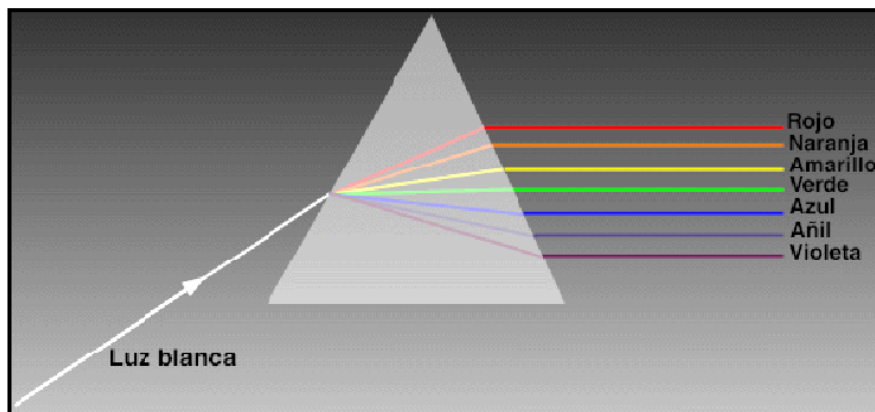


Figura 14. División de la luz blanca al pasar a través de un prisma (Touati, 2000).

Los materiales estéticos utilizados en odontología (como la porcelana y el composite) y la estructura dental humana, son materiales turbios o que dispersan intensamente la luz. En un material turbio la intensidad de la luz incidente disminuye considerablemente al atravesar la muestra (Craig, 1998).

El coeficiente de dispersión varía dependiendo de la longitud de onda de la luz incidente y de la naturaleza del estrato colorante, tal como puede verse para diversos tonos de composite. Los composites que tienen coeficientes de dispersión más elevados son más opacos (Craig, 1998).

Cuanto mayor sea la dispersión, más opaco se verá el material; inversamente, a menor dispersión, más translúcido aparecerá el material. No hay dispersión con una lámina de cristal; prácticamente todos los rayos de luz pasan a través del cristal, que aparecerá transparente (Touati, 2000).

## 7. Luminiscencia

Las sustancias que dan un cierto tipo de luz cuando reciben los rayos ultravioleta invisibles se llaman sustancia luminiscentes. Se pueden dividir en dos grupos:

- **Sustancias fosforescentes**, que continúan emitiendo luz visible después de haber recibido los rayos ultravioleta.
- **Sustancias fluorescentes**, que sólo emiten luz visible mientras reciben los rayos ultravioleta (García, 1996).

Este fenómeno puede explicarse por el hecho de que estas sustancias son capaces de transformar los rayos invisibles ultravioleta de onda corta, en ondas más largas y visibles (Touati, 2000).

Cuando ciertos materiales absorben varios tipos de energía, una parte de la energía se emite como luz. Este proceso tiene dos pasos (Henríquez, 1997):

- a) La energía incidente hace que los electrones de los átomos del material absorbente se exciten y salten de las órbitas internas de los átomos a las órbitas exteriores.
- b) Cuando los electrones “caen” de nuevo a su estado original, emiten un fotón de luz.

El intervalo entre los dos pasos puede ser corto (menos que 0,0001 segundos) o largo (muchas horas). Si el intervalo es corto, el proceso se llamaba **fluorescencia**; si el intervalo es largo, el proceso se llamaba **fosforescencia**. En ambos casos, la luz producida es casi siempre de menos energía, es decir, de longitud de onda más larga, que la luz excitante (Henríquez, 1997).

Debe recordarse que los dientes, y en particular el esmalte, son sustancias fluorescentes (Touati, 2000).



Figura 15. Fluorescencia de los dientes naturales (Poblete, 2003).

## 8. 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. Las longitudes de ondas cortas (azul) divergen mucho más que las longitudes largas (rojas). Si la fuente de luz está situada por detrás o por encima del observador, los colores amarillentos y rojizos serán particularmente visibles. 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.

El color del cielo es un ejemplo diario del fenómeno de opalescencia. El cielo siempre aparece de color amarillo, aun cuando emite luz blanca. (González y Haro, 2002).

En el tercio incisal de un diente no tocado, los cromas del “tono básico” son gradualmente reemplazados por las opalescencias creadas por la translucidez del esmalte incisal e interproximal (Vanini, 1996).

El esmalte de un diente natural importa para el fenómeno de la opalescencia, una de sus características de translucidez resalta los componentes de onda corta del espectro de la luz que lo impacta, creando los tonos de azul y gris ligeros que se convierten en visibles a nivel del halo incisal, por lo tanto, la opalescencia debe ser considerada cuando se determina el color dentario. Activado por luz, el cuerpo interno de dentina y la capa externa de esmalte crean los fenómenos de opalescencia y fluorescencia (Vanini, 1996).

La capacidad del esmalte de reflejar preferentemente las ondas azules y permitir la transmisión de las ondas naranjas de la luz visible le provoca sus propiedades opalescentes. Cuando las masas de composite son suficientemente translúcidas y modernas también exhiben efectos de opalescencia, los cuales son esenciales para reproducir las reflexiones azules típicas del tercio incisal. Este efecto es predominante en pacientes jóvenes (Dietschi, 2001).



Figura 16. Opalescencia dental.

## 9. Escatering

Es un tipo de dispersión donde existe una desviación aleatoria de los rayos de luz por partículas finas. Cuando la luz del sol entra a través de una abertura, el escatering por las partículas finas en el aire hace la luz visible. La neblina es el resultado del escatering de la luz por la niebla o por partículas de humo (Merriam-Webster, 1995).

La reflexión, difracción e interferencia juegan un rol en el complejo fenómeno del escatering. Si las partículas afectadas por el escatering son de un tamaño uniforme y mucho más pequeñas que la longitud de onda de la luz, puede ocurrir un Escatering selectivo y el material aparecerá coloreado. Las longitudes de onda más cortas tendrán un Escatering mucho mayor que las longitudes de onda largas. En general la luz afectada por el Escatering aparecerá azulada, mientras que la luz remanente transmitida directamente carecerá de los rayos azules que han sufrido un escatering y éstos aparecerán azules o naranjos. Muchas tintas azules naturales se deben al escatering selectivo más que a los pigmentos azules.

El azul del cielo y los océanos se debe a este tipo de dispersión. Los ojos azules son resultado del escatering de la luz en el iris cuando está ausente un pigmento oscuro. El escatering de las partículas más grandes no es selectiva y produce el blanco. La blancura de las plumas de un pájaro, de la nieve y de las nubes se debe al escatering por las partículas, las cuales, aunque pequeñas, son grandes comparadas con la longitud de onda de la luz (Merriam-Webster, 1995).

### III. COLOR

#### 1. Principios del color

En 1666, Sir Isaac Newton observó que la luz blanca que pasaba por un prisma se dividía en un patrón ordenado de colores, que actualmente conocemos como espectro, también, descubrió que estos mismos colores producían luz blanca al volver a pasar a través del prisma, lo que demostraba que los colores del espectro se encontraban ya en el rayo de luz original (Kenneth, 2002).

La luz producida por el sol está constituida por varias longitudes de onda, que pueden revelarse usando un simple prisma. El prisma divide la luz en componentes de diferentes longitudes de onda, cada uno de los cuales es percibido por el ojo como un color diferente; las longitudes más corta y más larga visibles por el ojo son el violeta y el rojo, respectivamente (Touati, 2000).

El color es una impresión puramente subjetiva, formada en una región específica del cerebro, y que se debe a la especialización de ciertas células situadas en la retina: los **bastones** y los **conos** (Touati, 2000).

Los ojos convierten la energía luminosa (longitud de onda, radiación electromagnética) del espectro visible en potenciales de acción en el nervio óptico, mediante una reacción fotoquímica, la energía se convierte en impulsos nerviosos y viaja a través del nervio óptico hasta el lóbulo occipital de la corteza cerebral. Las imágenes de los objetos en el ambiente se concentran sobre la retina, los rayos luminosos que inciden sobre ella generan potenciales en los bastones y los conos (Ganong, 2000).

La teoría Young-Helmholtz de la visión de color en el humano postula la existencia de tres tipos de conos, conteniendo cada uno de ellos un fotopigmento diferente y una sensibilidad máxima a uno de los tres colores primarios, por lo que, la sensación de cualquier color en particular estaría determinada por la frecuencia relativa de los potenciales que provienen de cada uno de estos tres sistemas de conos. Un pigmento (el sensible al azul o pigmento de onda corta) absorbe la luz en forma máxima en la porción azul violeta del espectro, otro (el sensible al verde o pigmento de onda media) tiene su máxima absorción en la porción verde y el tercero (sensible al rojo o pigmento de onda larga) absorbe su máximo en la porción amarilla. El azul, el verde y el rojo son los colores primarios, pero los conos con su sensibilidad máxima en la porción del amarillo del espectro son, los suficientemente sensibles en la porción roja para responder a la luz roja a un umbral menor que el verde (Ganong, 2000).

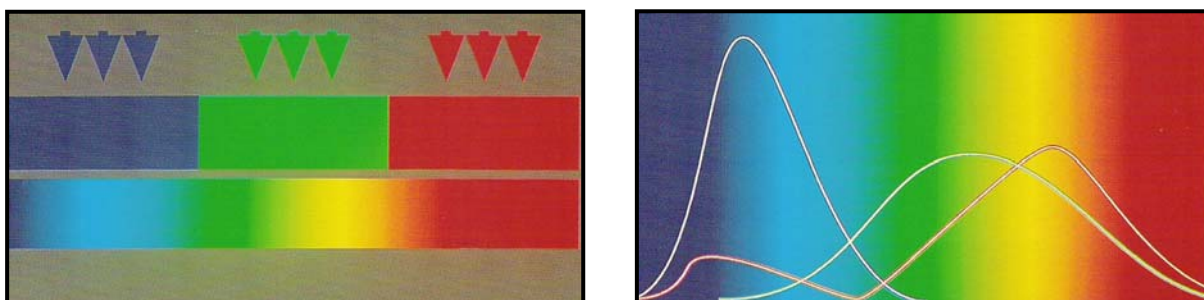


Figura 17. a) La retina tiene tres tipos de conos, los sensitivos a la radiación de longitud de onda corta (azul), media (verde) y larga (rojo), respectivamente. b) Estas curvas ilustran el espectro de sensibilidad de las tres categorías de conos (Touati, 2000).

Los bastones son extraordinariamente sensibles a la luz y son los receptores para la visión nocturna (visión escotópica); el aparato para la visión escotópica no es capaz de definir los detalles y los límites de los objetos, ni de determinar su color. Asimismo, los conos tienen un umbral mucho mayor, pero presentan mayor agudeza y es el sistema responsable de la visión en la luz brillante (visión fotópica) y para la visión del color; por tanto, hay dos tipos de entradas al sistema nervioso central desde el ojo: una que proviene de los bastones y otra de los conos. Los bastones se encargan de interpretar el *valor* y las diferencias de *brillo*. Y los conos interpretan el *tono* y el *croma*. Si la fuente de luz tiene todos los colores del espectro se produce una lectura verdadera, si la fuente de luz carece de un determinado color, se produce una lectura falsa (Ganong, 2000).

Un objeto se forma porque la luz, que es color, lo ilumina, y la luz es color porque un objeto, que se forma, la refleja. Forma y color representan conceptos íntimamente relacionados, como la relación entre la anatomía del diente y su color (Cattaruzza, 2002).

El color del diente reside en su estructura anatómica. La anatomía depende de la observación y de la comprensión del color. Cuando la restauración de una pieza dental traspasa la simple estructura anatómica para transformarse en estética, el color adquiere un rol preponderante (Cattaruzza, 2002).

## 2. Tridimensionalidad del color

Antes de tener la tecnología necesaria para valorar o nombrar el color, su determinación era solo por percepción visual. En 1915, Albert Henry Munsell creó un sistema numérico ordenado para la descripción del color que sigue siendo el sistema de referencia actual. Munsell propuso un sistema tridimensional de identificación del color, en el cual el color es descrito en tres aspectos cromáticos: *tinte*, *croma* y *valor* (Kenneth, 2002).

- **Tinte (Tono):** es el nombre del color. Refiriéndose si es el color fundamental del espectro solar, definiendo colores *primarios*, *secundarios* y *terciarios* (Kenneth, 2002).

En la dentición permanente de las personas jóvenes, el tono suele ser muy parecido en toda la boca. Con el paso de los años, suelen producirse variaciones de tono debido a la pigmentación intrínseca y extrínseca producida por los materiales de restauración, los alimentos, las bebidas, el tabaco y otros factores. El tinte está determinado por las diferentes longitudes de onda (Kenneth, 2002).

- **Croma:** es la *intensidad* del tinte o  *saturación* del color, fuerte o débil, por ejemplo, el rojo diluido en agua varía según la intensidad de la proporción de agua y de color, siendo secundaria la cantidad de rojo presente (Kenneth, 2002).

Para aumentar el croma de una restauración de porcelana, se añade más de ese tono. El croma es la cualidad del tono que mejor se puede reducir por el blanqueamiento. En casi todos los tonos es posible reducir el croma mediante el blanqueamiento vital y desvitalizado (Kenneth, 2002).

En cada diente el color es más intenso en el cuello dental (croma fuerte) y disminuye en dirección al tercio incisal (croma débil), esto es por la disminución del espesor de la dentina, ya que la dentina es la principal responsable del color del diente, y por aumentar el espesor del esmalte que, a través del fenómeno de reflexión de la luz, reduce la intensidad cromática de la dentina (Cattaruzza, 2002).

- **Valor:** es el grado de *luminosidad* de un color. Representa la claridad u oscuridad relativa de un color. Puede ser interpretado como la cantidad de gris, combinación de negro y blanco, de luz y sombra presentes en un tinte (Kenneth, 2002).

El valor se extiende del blanco al negro, atravesando 10 grados de gris. El valor se denomina bajo si contiene más negro y alto si contiene más blanco, por ejemplo, una rosa parecerá de rojo brillante si se encuentra cercana a la fuente luminosa, por el contrario, parecerá más oscura, si se encuentra alejada de la luz, dado que la sombra agregará al rojo mayor cantidad de gris. (Cattaruzza, 2002).

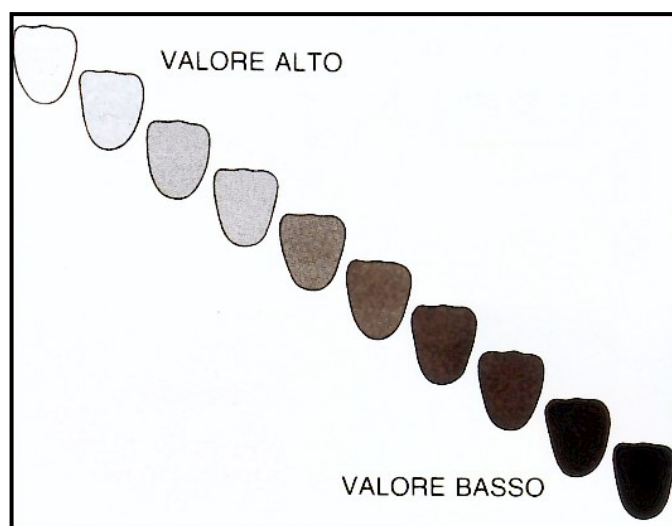


Figura 18. El valor indica la cantidad de gris (Cattaruzza, 2002).

El color que refleja más la luz es el blanco. Más bien, por definición es el color que refleja totalmente la luz, por lo tanto también el más luminoso. El negro que absorbe totalmente la luz, es el color menos luminoso. Mientras más una superficie refleje la luz, más luminosa es (Cattaruzza, 2002).

Un diente claro tiene un valor elevado; un diente oscuro tiene un valor reducido. El uso del valor en odontología restauradora no significa añadir gris, sino más bien manipular los colores para aumentar o reducir la cantidad de gris (Cattaruzza, 2002).

### 3. El círculo cromático

El sistema de determinación del color de Munsell se introdujo al campo odontológico por Clark, alrededor del año 1930. En odontología, los tonos tienen relaciones entre sí que se pueden representar mediante un círculo cromático. El círculo cromático representa gráficamente las relaciones entre los tonos primarios, secundarios y terciarios (Kenneth, 2002).

**a) Colores primarios:** en este sistema existen colores fundamentales o primarios, estos son tres: rojo, amarillo y azul, más precisamente magenta, amarillo y ciano (Cattaruzza, 2002). Estos colores constituyen la base del sistema cromático dental. Los tonos primarios y las relaciones que existen entre ellos forman la estructura básica del círculo cromático (Kenneth, 2002).

**b) Colores secundarios:** de la mezcla de dos colores primarios obtenemos los colores secundarios: rojo más amarillo forma naranja, azul más amarillo forma verde, azul más rojo forma violeta (Cattaruzza, 2002).

La variabilidad cuantitativa de la mezcla de dos colores primarios determina infinita graduación de colores. Si se modifica el croma de los tonos primarios de una mezcla se altera el tono del color secundario obtenido. Los colores primarios y secundarios pueden ordenarse en el círculo cromático colocando los tonos secundarios entre los primarios (Kenneth, 2002).

**c) Colores terciarios:** la mezcla de un color primario con un color secundario forma los colores terciarios. Se denominan colores complementarios a aquellos colores que se oponen directamente en el círculo cromático. Este sistema tiene la peculiaridad de que a un color primario se contraponen siempre a un color secundario, y viceversa (Kenneth, 2002).

Cuando se mezcla un color primario con un color secundario complementario, se produce un efecto de “cancelación” de ambos colores, y se obtiene el gris. Debemos realizar una importante distinción en cuanto al color gris, cuando éste se obtiene de la mezcla de dos colores complementarios o cuando el color gris se obtiene de la mezcla de los colores blanco y negro. En el primer caso hablamos del *gris complejo* y en el segundo caso del *gris simple* (Cattaruzza, 2002). Por ejemplo: violeta y amarillo al mezclarse forman gris, al igual que al sobreponer naranja con azul. Esta es la relación más importante en la manipulación de los colores dentales. Si se mezclan los tres colores complementarios, de forma bien calibrada, obtenemos el color café o marrón neutro (Cattaruzza, 2002).

Los colores primarios (rojo, amarillo y azul), mezclados de dos en dos, producen los colores secundarios (naranja, verde y violeta). Los colores opuestos en el círculo cromático se anulan entre sí y producen el gris (Kenneth, 2002).



Figura 19. Círculo cromático.

El diente es color, y por lo tanto, debe adecuarse al lenguaje del color y al sistema universal del color (Cattaruzza, 2002).

Estos conceptos indican, la necesidad del operador en odontología de calibrar los colores, en la utilización de composite se puede modificar el tinte, obviamente, utilizando en su trabajo el sentido artístico de crear, mezclar y estratificar el color, modificando a gusto el tinte, el croma o el valor (Kenneth, 2002).

Para modificar el tono, reducir el croma o bajar el valor, podemos aplicar el tono complementario sobre el color que se quiere modificar, por ejemplo, cuando una parte de una corona presenta un color demasiado amarillento, se puede anular esa tendencia aplicando un ligero lavado con violeta (el complementario del amarillo). De este modo se anula el color amarillo y se acentúa el tono grisáceo, es decir, se reduce el valor (Kenneth, 2002).

Los colores complementarios producen además un fenómeno muy útil: la *intensificación*. Cuando se colocan dos colores complementarios uno junto a otro, se intensifican entre sí y adquieren aparentemente un croma superior. Una línea de color naranja claro en el borde incisal intensifica el tono azulado natural del color incisal (Kenneth, 2002).

#### 4. Percepción

La exactitud en la selección del color es una parte integral de la odontología restauradora (Sim y cols, 2001), son muchos los factores que influyen la determinación del color en la práctica clínica, la comparación del color del diente se ve afectada por las condiciones de iluminación, la fuente luminosa entre la clínica y el laboratorio, la cantidad de sol, el color de las paredes, la vestimenta del paciente y el ángulo visual de observación del diente (Rossen y Fujimoto, 1995).

Hay tres fuentes principales de luz natural: el sol, la luna y el fuego; y tres fuentes artificiales: la luz incandescente, los tubos fluorescentes y el flash fotográfico. Cada una de estas fuentes de luz se define por su espectro de luz o su temperatura correspondiente. Una fuente de luz se define a menudo por su temperatura de color, la cual se mide en grados kelvin (K). La escala Kelvin empieza en 0° K, que corresponde a una temperatura de -273 °C. La luz natural típicamente está entre los 5000° K y los 5.500° K. Un objeto tomará diferentes colores cuando se ve bajo diferentes tipos de luz (Touati, 2000). La luz fluorescente tiende a acentuar el rango azul del sistema de colores, por cuanto la luz incandescente acentúa el rango amarillo-rojo (Rossen y Fujimoto, 1995).

Otro factor que influye la selección del color es el estado visual de la persona que selecciona el color. Varios estudios han demostrado que los hombres tienen una mayor propensión a anomalías visuales que las mujeres. En una encuesta de 670 dentistas, se encontraron anomalías visuales en 9,7% de los hombres y un 0,1 % de las mujeres participantes (Moser y cols, 1985).

También influyen la selección del color el entrenamiento en la educación del color (O'Brien y Nilsson, 1997), las diferencias de la percepción del color entre dentistas y la experiencia. Se ha demostrado que incluso un mismo dentista no duplica su selección de color en diferentes ocasiones. Diferentes personas van a interpretar el mismo estímulo proporcionado de distinta forma, es por esto, que el proceso de selección de color es considerado una evaluación subjetiva (Sim y cols, 2001).

La selección del color de los materiales de restauración estéticos es, en la mayoría de los casos, llevado a cabo mediante la comparación visual de un mostrario de color (Sim y cols, 2001), sin embargo, los mostrarios de color no igualan bien el color de los dientes naturales. Las guías de color dental contienen una selección limitada de colores comparada con aquellos encontrados en los dientes humanos. Un error en la selección del color se debe a que muchos colores propios de los dientes deben ser seleccionados por aproximación al tono más cercano del mostrario (O'Brien y cols, 1991), siendo la estructura de los mostrarios comunes ampliamente ilógica y sin ningún orden racional (Lee y cols, 2001).

La elección del color no es una operación de acostumbramiento o confección casual de un mostrario, es más, es un acto de utilización de la tridimensionalidad del color (Cattaruzza, 2002).

El momento más importante y decisivo en la selección del color responde a una inequívoca pregunta. ¿Cuál es el color del diente, del momento que cada diente presenta en realidad una multiplicidad de colores y de graduaciones de colores? ¿Cuál es el color justo, aquel del cuello o del tercio medio? ¿El esmalte, que colores presenta? ¿El color del diente es aquel de la dentina o del esmalte? (Cattaruzza, 2002).

El primer paso en la determinación del color es la individualización del color dominante, que es el color prevalente. El color del diente es ante todo el color de la dentina. Es el color de la dentina que debe ser determinado primero a través del esmalte, o en sitios donde existe poco esmalte, donde se vea la dentina. Debemos determinar el color de la dentina en zonas que no presente esclerosis, caries, pigmentos, manchas por tabaco o restos de alimentos. El color de la dentina es constante desde el cuello a la porción incisal de la dentina misma, esto significa que el diente tiene una sola dentina. Sólo donde el espesor de la dentina es particularmente delgado se puede observar una reducción del croma o disminución del valor por la translucidez de la dentina misma (Cattaruzza, 2002).

Dado que la **dominancia** no está influenciada por el croma o el valor en el diente o la zona del diente más saturada de color obtenemos la individualización de la dominancia. Para la individualización de la dominancia utilizamos el canino o la zona del cuello dental. La dominancia es la misma para todos los dientes de la boca. Si la dominancia es amarillo, el tinte de aquel diente podrá ser amarillo o amarillo- naranja; si es naranja, naranja amarillo o naranja- rojo; si es rojo, solo rojo naranja (Cattaruzza, 2002).

Aunque el esmalte es acromático, influencia sólo débilmente el color del diente otorgando una dominancia azul, el esmalte mismo no modifica el tinte del diente, ni la dominancia, pudiendo sólo, a través de fenómenos de reflexión y de transmisión de la luz, modificar el croma y el valor (Cattaruzza, 2002).

La rápida evolución de los materiales composite, también desde un punto de vista estético y cromático, no excluyen la posibilidad de disponer cuanto antes de materiales que cumplan mejor con las exigencias de estratificación y de imitación del diente natural, más allá que correspondencia de color, para que la reconstrucción anatómica y cromática del diente pueda seguir cánones más simples (Cattaruzza, 2002).

#### IV. TRANSLUCIDEZ

La translucidez es el parámetro más difícil de explicar, y aún más complicado de cuantificar. Es casi tan importante como la luminosidad del color, y desempeña un papel decisivo en la transmisión de la luz (Touati, 2000).

La translucidez ha sido investigada cuidadosamente por Sekine y cols. (1975), que dirigieron un interesante estudio sobre 213 dientes humanos (incisivos maxilares pertenecientes a ambos sexos), y describieron tres tipos de translucidez:

- **Tipo A:** poca translucidez, distribución al azar en todos los casos. Estos dientes no dan impresión de transparencia. Existe falta de transparencia o leve translucidez del diente.
- **Tipo B:** translucidez sólo en la región incisal, en forma de líneas.
- **Tipo C:** translucidez en la región incisal y bordes interproximales.

Esta clasificación naturalmente no basta para determinar, de forma exacta, la translucidez de todos los dientes naturales: los tipos B y C deben clasificarse en numerosas subdivisiones (Touati, 2000).

A menudo es útil recoger datos no sólo de la extensión de las áreas translúcidas, sino también de su tonalidad, que puede ir del blanco azulado al azul, gris, naranja, marrón, etc. No hay que

omitir la evaluación de la translucidez general del esmalte dental en las superficies vestibular y lingual (Touati, 2000).

En vista del amplio rango de matices posibles, utilizamos, para simplificar, una escala de 1 a 5; representando con el 1 un bajo grado de translucidez, y con el 5, un esmalte muy transparente. Por ejemplo, se puede expresar la translucidez de un diente tipo B como: translucidez T3 sólo incisal en el espectro del blanco azulado y de la luminosidad media (Touati, 2000).

## **1. Esmalte**

El esmalte es extremadamente duro y se compone de un 96% en peso de hidroxiapatita y de un 4% en peso de material orgánico y agua (Eisenmann, 1998). El esmalte está constituido de prismas en forma de bastoncillos con un diámetro de aproximadamente 5  $\mu$ m. Dentro de los prismas, los cristales de hidroxiapatita se encuentran en paralelo a los lados longitudinales de los bastoncillos. Los bastoncillos de esmalte están ordenados más o menos en ángulo recto a la zona de unión amelodentinaria, en tanto que se pueden medir ángulos de 55° a 100° entre los prismas y la superficie exterior del diente. Las únicas zonas donde los bastoncillos adamantinos están ordenados verticalmente a la superficie dental son los extremos de las cúspides y los bordes proximales. Los prismas de esmalte no hacen un recorrido recto desde la unión amelodentinaria hasta la superficie externa. Grupos de prismas hacen una serie de dobleces a lo largo del recorrido. Esto da lugar a lo que se conoce como bandas de Hunter-Schreger (Fernández y Chevitarese, 1991).

Debido, al cambio de orientación de los prismas se crea una situación de menor transmisión de la luz, y por lo tanto de mayor opacidad de parte del esmalte (Cattaruzza, 2002).

El esmalte modifica el aspecto cromático del diente a través de un juego de luz más que de color, a través de los fenómenos de transmisión y de reflexión, de translucidez y de opalescencia, y obviamente de espesor y de superficie, pero, siendo contrario sustancialmente a la carencia de color.

Las características de reflexión-transmisión de la luz de parte del esmalte depende de su porosidad, como ya afirmamos, pero también de la orientación del prisma de esmalte en relación a su capacidad de refracción de la luz, y de la histología particular del esmalte mismo. El prisma de esmalte sigue un ordenamiento regular, perpendicular a la superficie de la dentina, siguiendo una línea de aumento, en correspondencia de la orientación del prisma que cambia bruscamente en dirección a la superficie. La dirección irregular del prisma de esmalte se traduce en un aumento de la reflexión de la luz, y por lo tanto una mayor opalescencia del esmalte donde la orientación del prisma es regular, la luz se transmite más fácilmente a través del esmalte, así se confiere una mayor translucidez de este (Cattaruzza, 2002).

La superficie del esmalte es más opaca y reflectante que la porción más profunda del esmalte. En la figura 20 observamos dos cortes de igual espesor de un diente natural mostrando el esmalte de la superficie más reflectante, a diferencia del mismo esmalte en un corte longitudinal, absolutamente más translúcido (Cattaruzza, 2002).



Figura 20.

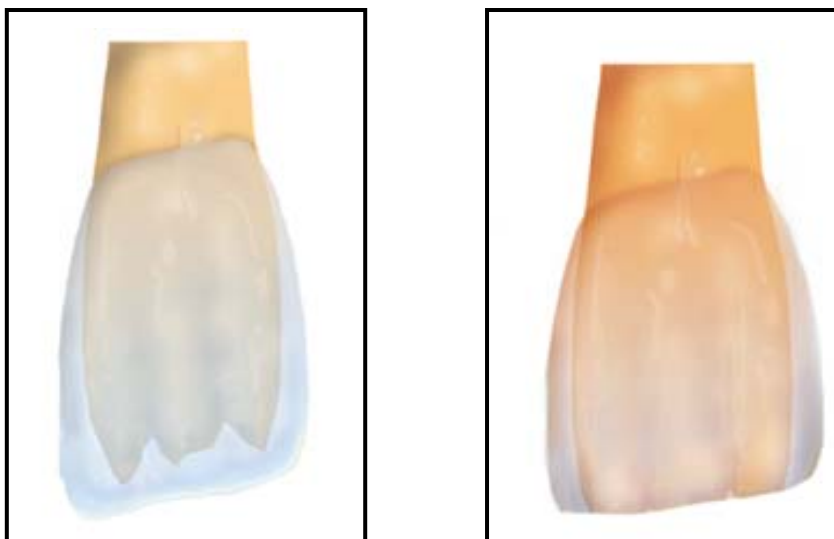
Cuando las radiaciones de luz que no son absorbidas atraviesan la materia y encuentran variaciones en la estructura que producen refracciones adicionales, la luz se modificará en el recorrido y el material se presentará translúcido o aún opaco. Estas situaciones pueden darse cuando la luz atraviesa una estructura multicristalina, como en el esmalte dental (Phillips, 1998).

El esmalte varía de grosor entre las tres diferentes porciones del diente (Touati, 2000):

- En el **tercio incisal** el grosor del esmalte puede alcanzar 1,5 mm. En dientes jóvenes, el borde suele estar constituido únicamente por esmalte, lo que hace que esta región de una translucidez especial, y hace que a menudo aparezca de un tono azulado, creando un efecto opalescente. En algunos casos, esta translucidez se extiende a las superficies interproximales.
- En el **tercio medio** el esmalte se adelgaza y el diente se vuelve menos translúcido.
- En el **tercio cervical** el esmalte puede llegar a ser muy fino (0,2 a 0,3 mm), y con sólo una capa tan delgada, el tejido se hace sumamente transparente, de modo que el color de la dentina subyacente se transparenta, creando un efecto bastante más opaco.

El esmalte puede resultar relativamente translúcido, o bien opalescente, esto determinado según el espesor. Este comportamiento depende de la característica de transmisión y/o reflexión de la luz de parte del esmalte mismo. Cuando el esmalte es más poroso y menos mineralizado (diente joven), refleja más la luz, iluminándose (valor alto); cuando es más mineralizado y menos poroso (diente viejo), resulta inversa la translucidez (menos translúcido). El efecto de toda materia transparente sobre un objeto es producir más gris, porque la luz, entre menos reflecta, menos ilumina el objeto (valor bajo). Por lo tanto, un esmalte más translúcido proporcionará al diente de un color más gris (valor bajo), mientras que un esmalte más opalescente, más reflectante, tiende a verse más blanco (valor alto), más luminoso, propio de su capacidad de reflejar la luz (Cattaruzza, 2002).

Generalmente, el paciente joven presenta un esmalte grueso, luminoso, que atenúa el color dentinario, en relación a su mayor o menor espesor (fig. 21) (Cattaruzza, 2002).



Figuras 21 y 22.

En el paciente anciano por el desgaste permanente del tercio incisal, el esmalte puede aparecer más delgado y translúcido, mostrando una acentuación del cromatismo dentinario en dirección al margen incisal (fig. 22) (Cattaruzza, 2002).

El margen de esmalte, tanto incisal como proximal, tiene un elevado grado de opalescencia, cromatismo débil y valor alto. Entre el margen incisal y la porción incisal de la dentina hay una evidente **transparencia gris-azul**, más marcada en los dientes jóvenes, casi ausente en los dientes de ancianos, dado por el desgaste del margen incisal y por la falta del espesor de esmalte translúcido. El gris-azul incisal no es muy definido en dirección al límite amelodentinario, y se acentúa, a la inversa, en dirección al borde incisal, con una delgada y más marcada delimitación, de cromatismo intenso, que crea un efecto de gran contraste con el “blanco” incisal. La transparencia gris-azul incisal raramente es una banda uniforme y continua, normalmente es fina e irregular en la porción incisal de la dentina (Cattaruzza, 2002).



Figura 23.  
Transparencia  
gris-azul incisal.

La luz reflejada y refractada resalta un área de alta translucidez entre el esmalte y la dentina, conocido por los ceramistas como “capa de vidrio” o “capa de alta difusión”. Esta capa es visible en las secciones que están transiluminadas bajo el estereomicroscopio en la forma de una línea blanca/azul-cielo que puede ser identificada histológicamente como una alta concentración de proteínas de la matriz. Esta matriz, formada presumiblemente por enamelinas o amelogeninas, se degrada normalmente con el tiempo, aunque algunos dientes retienen características de alta refracción y difusión de la luz. En orden a desarrollar una correcta “reconstrucción anatómica”, es un requisito reproducir los grosores y la translucidez del esmalte y la dentina (Cattaruzza, 2002).

En las figuras 24 y 25, cortes dentarios de aproximadamente un milímetro fueron fotografiados sobre una imagen para proporcionar contraste, para observar las características de transmisión de la luz a través del diente (Cattaruzza, 2002).

Figura 24.



Figura 25.



El esmalte puede proporcionar un aspecto diverso, de relativa translucidez (fig. 24) o de opalescencia (fig. 25), pero muy rara vez de absoluta transparencia, sólo en espesores muy delgados y como una sensación particular del espesor interno del esmalte, únicamente en la zona vecina a la unión amelodentinaria (Cattaruzza, 2002).

## 2. Pulpa

La pulpa tiene generalmente un color rojizo oscuro, y se encuentra en el centro del diente. El volumen que ocupa varía considerablemente con la edad, siendo mayor en los dientes jóvenes, y esto tiene su influencia en el color general, dando una tonalidad rosada, a menudo más visible en las superficies linguales. La cavidad pulpar se estrecha significativamente en el curso del tiempo, y su influencia sobre el color del diente disminuye (Touati, 2000).

La pulpa se considera la parte más vital del diente. La dentina se desarrolla durante la formación del diente, así como a lo largo de su vida (dentina secundaria fisiológica), a través de la actividad de la zona marginal (Touati, 2000).

## 3. Dentina

La dentina, el tejido dental más importante por lo que atañe al color, rodea la cavidad pulpar. En circunstancias normales, está cubierta por el esmalte o el cemento (Touati, 2000). La dentina se compone de un 45% en volumen de minerales y hasta un 30% en volumen de material orgánico. El agua constituye aproximadamente un 25% en volumen de la dentina (Schoeder, 1991). Los componentes inorgánicos son principalmente hidroxapatita y el material orgánico que predomina es el colágeno (Torneck, 1998).

Una propiedad característica de la dentina es la densa disposición de los túbulos dentinarios que atraviesan su total grosor. En la proximidad de la pulpa, se pueden observar una densidad de 59.000 a 76.000 túbulos por mm<sup>2</sup> (Torneck, 1998). El diámetro de los túbulos dentinarios es de aproximadamente 2,5 mm cerca de la pulpa y 0,9 mm en la unión amelodentinaria (Torneck, 1998).

Estos túbulos son peculiares de la *dentina primaria*, y dan lugar a una difracción selectiva de la luz, por la cual ciertos rayos serán reflejados y otros absorbidos. Esta difracción produce la opacidad de la dentina primaria. Con la edad, la dentina primaria evoluciona, formando dentina secundaria fisiológica, o dentina de otros tipos, con diferente estructura y composición, lo que afecta las propiedades ópticas de estos tejidos (Touati, 2000).

*Dentina secundaria fisiológica*; es la que se sigue formando durante la vida, pero se deposita sólo esporádicamente. Tiene un contenido mineral más alto que la dentina primaria y es menos opaca (Touati, 2000).

*Dentina esclerótica*; se manifiesta como repuesta de la pulpa dental a la caries o al traumatismo. A menudo está más saturada que la dentina primaria o secundaria, y se limita a la zona traumática (Touati, 2000).

*Dentina transparente* (“zona brillante” de Majito); a medida que el diente envejece puede aparecer una zona hipermineralizada, que infiltra los túbulos dentinarios y elimina las fibras de Tomes. Esto afecta particularmente las raíces, que se hacen muy transparentes, de forma que el color interno se manifiesta, a menudo a través del cemento y la encía (suele verse como una sombra gris o azulada en el caso de dientes muy pigmentados y sin pulpa). A nivel de la unión amelodentinaria puede formarse también una zona muy característica. Esta dentina muestra diferentes grados de translucidez, y a veces puede llegar a ser completamente transparente. Esta zona posee un elevado contenido mineral y desempeña un papel muy importante en el fenómeno de la transmisión de la luz. De hecho se comporta como una fibra

óptica, y aumenta la transparencia del diente. Esta dentina transparente en la unión amelodentinaria abunda más en los dientes viejos que en los jóvenes (Touati, 2000).



El estrato profundo de la dentina tiene siempre un valor relativamente alto, como si el color del diente fuese pintado al fondo blanco de una tela. Luego la dentina adquiere color y muestra la misma intensidad cromática en superficie, próximo a la unión amelodentinaria (fig. 26). Esto se puede deber a la diversa distribución numérica de los túbulos dentinarios por unidad de superficie, desde la pulpa a la unión amelodentinaria.

Figura 26..

En la zona más cercana a la pulpa, los túbulos dentinarios son más numerosos y de mayor diámetro, cercano al esmalte son más delgados y con mayor cantidad de dentina intertubular. Es la sustancia intertubular la que colora la dentina (Cattaruzza, 2002).

En el paciente anciano se produce una progresiva esclerosis dentinaria, por lo que el diámetro de los túbulos se reduce siempre más, influenciando que el croma sea más fuerte en estos sujetos (Cattaruzza, 2002).

En la figura 27 se ven dos círculos de cortes horizontales de aproximadamente 1.5 mm obtenidos de terceros molares, de pacientes jóvenes, sin evidente signos de esclerosis dentinaria, en condición de absoluta hidratación. La imagen muestra una gran translucidez de la porción central de dentina y en cambio una marcada opalescencia, casi opacidad, de la zona dentinaria más periférica (Cattaruzza, 2002).

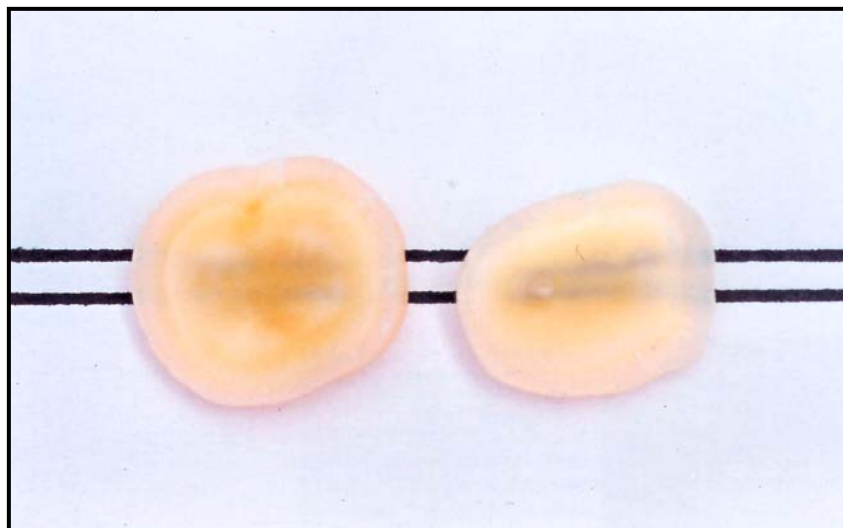


Figura 27.

Las características de la dentina están condicionadas por el grado de hidratación, la orientación del túbulo dentinario en relación con la superficie de corte, el número y el diámetro del túbulo presente. En la porción central del corte, la dentina presenta túbulos con orientación perpendicular al plano de corte, amplios y numerosos, por la cercanía de la pulpa, bien orientados en la dirección de observación del corte, y sobretodo bien hidratados, el agua proporciona conducción óptica. Esto otorga una elevada transmisión de la luz a través del túbulo, y por lo tanto una marcada translucidez del corte. En la periferia dentinaria del mismo corte, el proceso del túbulo es paralelo al plano de corte, con túbulos menos delgados y menos frecuentes. La translucidez está fuertemente limitada, porque el aspecto óptico de la dentina está determinado en superficie, más que en profundidad, se aplica el concepto de dentina opaca/opalescente, más que translúcida. La dentina presenta siempre una marcada opalescencia, casi opaca (Cattaruzza, 2002).

#### IV. RESINAS COMPUESTAS

##### 1. Composición

Las resinas compuestas para aplicaciones directas e indirectas poseen 4 componentes básicos más importantes (Chain y Baratieri, 2001):

**a) La matriz resinosa:** la matriz de las resinas compuestas en la mayoría de las veces está constituida de monómeros que son diacrilatos alifáticos o aromáticos, siendo el Bis-GMA (bisfenol glicidil metacrilato) y el UDMA (uretano dimetil metacrilato) los más frecuentemente utilizados. Además de estos componentes, la matriz resinosa posee monómeros diluyentes, necesarios para disminuir la viscosidad de los monómeros (Bis-GMA y UDMA) que poseen alto peso molecular. Los monómeros diluyentes frecuentemente utilizados son dimetacrilatos, tales como el TEGDMA (trietileno glicol dimetacrilato), el cual posibilita la incorporación de alto contenido de carga además de facilitar un material final con mejores características de manipulación.

**b) Los agentes iniciadores:** en los sistemas de activación fotopolimerizables, una luz visible con extensión de onda que varía de 420 a 450 nm excita las canforoquinonas u otra diquetona (que son los agentes iniciadores), ocasionando una interacción reactiva con una amina terciaria no aromática. El resultado inmediato de un sistema iniciador es la formación de un radical libre, que es un compuesto muy reactivo por presentar un electrón sin par. Cuando este radical libre encuentra un monómero resinoso con conexiones dobles de carbono ( $C=C$ ), forma un par con uno de los electrones de la conexión doble, dejando los demás miembros del par libre igualmente reactivo, ávidos para continuar la reacción. En las resinas compuestas químicamente polimerizadas (autopolimerizables), el peróxido de benzoilo (iniciador) reacciona con la amina terciaria aromática para formar los radicales libres.

**c) Partículas de carga:** las partículas de carga ofrecen estabilidad dimensional a la inestable matriz resinosa, con la finalidad de mejorar sus propiedades. Cuando estas partículas son mezcladas a la matriz, el primer efecto es la reducción de la contracción de polimerización, simplemente por el hecho de disminuir la cantidad de resina presente en un cierto volumen. Otras mejoras observadas son la menor sorción de agua y un menor coeficiente de expansión térmica, además de un aumento en las resistencias de tracción, compresión, abrasión y un mayor módulo de elasticidad (mayor rigidez). Las partículas de carga normalmente utilizadas

son partículas de *cuarzo* o *vidrio*, obtenidas de diversos tamaños a través de un proceso de molienda, siendo el cuarzo dos veces más duro y menos susceptible a la erosión que el vidrio, además de proporcionar mejor adición con los agentes de cobertura. Otras partículas de carga también son utilizadas como las diminutas partículas de *sílica*, con aproximadamente 0,05  $\mu\text{m}$  en tamaño (micropartículas), obtenidas a través de procesos pirolíticos (sílica pirogénica) y de precipitación (sílica coloidal).

El relleno del composite modifica el comportamiento de la resina en su enfrentamiento a la luz. Los rellenos opacos absorben la luz o la reflejan reduciendo la translucidez del composite. Los rellenos vidriosos consienten una mejor transmisión de la luz, aumentando la translucidez del composite, sin embargo, dado la irregularidad de la forma del relleno, también se producen fenómenos de reflexión de la luz, generalmente irregulares (difusión) (Cattaruzza, 2002).

Las proporciones cuantitativas del relleno hacen al composite un material más o menos translúcido, o más o menos opalescente. Por definición, ya que un material composite no puede tener un porcentaje de relleno igual a cero, o igual a cien, no existen composites totalmente transparentes o totalmente opacos. Por lo tanto, en relación a los variados tipos cuantitativos y cualitativos de rellenos entre los composites comúnmente producidos, distinguimos dos categorías de materiales, una que se pone en una faz de **transparencia-translucidez**, con composites más o menos translúcidos, pero nunca totalmente transparentes (composites con menos relleno), y una segunda de **opalescencia-opacidad**, que identifica composites más o menos opalescentes pero nunca totalmente opacos (composites con más relleno) (Cattaruzza, 2002).

**d) Agente de cobertura:** el agente de cobertura es el material responsable de la unión de las partículas de carga a la matriz resinosa, hecho importante dado que mejora las propiedades físicas y mecánicas, una vez que ofrece una transferencia de tensiones de la fase que se deforma más fácilmente (matriz) para la fase más rígida (carga). Además de esto, el agente de cobertura ofrece una estabilidad hidrolítica, ya que previene la penetración de agua en la interfase resina/carga. Los agentes de cobertura son frecuentemente denominados *silanos*. Los silanos por ser moléculas bipolares, también poseen grupos metacrilatos, los cuales forman conexiones covalentes con la resina en el proceso de polimerización, ofreciendo una adecuada interfase resina/carga (Chain y Baratieri, 2001).

Tabla I. Composición básica de las resinas compuestas (Chain y Baratieri, 2001).

COMPONENTE	FUNCIÓN
Bis- GMA, UDMA	Matriz resinosa
Cuarzo, cristal de Ba, Sr y Zr, Sílica de tamaño coloidal, silicato de Zn.	Partículas de carga
Titanatos, zirconatos, silanos	Agentes de cobertura
Amina terciaria	Iniciador
Peróxido de benzoilo (pasta/pasta)	Iniciador
Canforoquinona	Fotoiniciador
Hidroxitolueno butilado	Inhibidor
Óxido de aluminio, dióxido de titanio	Modificadores ópticos

## 2. Clasificación de las resinas compuestas

Existen varias formas de clasificar las resinas compuestas, siendo el más usual el que las clasifica según el tipo de carga utilizada (Chain y Baratieri, 2001):

**a) Resinas de macropartículas:** son así denominadas debido al tamaño de las partículas. Que variaban de 15 a 100 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ) en los productos más antiguos; razón por la cual son también conocidas como resinas compuestas *tradicionales* o *convencionales*. Las partículas de carga más frecuentemente utilizadas son *cuarzo inorgánico* o *crystal de estroncio* o *bario* que, a pesar de variar de tamaño de 5 a 12  $\mu\text{m}$ , pueden presentarse esporádicamente con tamaños de hasta 100  $\mu\text{m}$ . El cuarzo que era muy utilizado en los primeros composites, fue sustituido porque, aunque de excelente estética y durabilidad, carece de radiopacidad, siendo menor que la de la dentina. La radiopacidad es una exigencia actual y puede ser obtenida fácilmente con vidrios radiopacos tales como el vidrio de estroncio y vidrio de Bario.

Consideraciones clínicas: debido a las grandes dimensiones de las partículas de carga, los composites de macropartículas presentan deficiencias relacionadas a la rugosidad superficial que promueve. Las resinas de macropartículas son difíciles de pulir, pues hay un desgaste preferencial de la matriz resinosa propiciando una prominencia de las grandes partículas de carga más resistentes. La rugosidad también ocurre con más facilidad, una vez que cuando una partícula se desprende ocasiona formación de pequeños cráteres, hechos que influyen en el brillo superficial y en la susceptibilidad a las manchas. La pobre textura superficial es la mayor razón del pobre desempeño clínico de estos materiales en la región posterior, cuando se encuentra bajo tensiones.

**b) Resinas de micropartículas:** las micropartículas de carga son aproximadamente 300 veces menor que una partícula de cuarzo en una resina compuesta tradicional siendo, por lo tanto, del orden de 0,04  $\mu\text{m}$ . Las micropartículas pueden ser obtenidas a través de la ceniza o del humo proveniente de la quema del dióxido de silicón (*silica pirogénica*) o a través de la adición de partículas coloidales de silicato de sodio al agua y al ácido clorhídrico (*silica coloidal*). Estas micropartículas pueden ser incorporadas a la matriz resinosa de dos formas: directa (composites homogéneos) e indirecta (composites heterogéneos). En los composites homogéneos, las micropartículas son añadidas a la matriz resinosa en su forma original, lo que sería una forma ideal si estas micropartículas pudieran ser incorporadas en grandes cantidades, lo que no es posible, dado que una mínima adición provoca un gran aumento de la espesura del producto, debido al hecho de las partículas muy pequeñas de poseer una gran área superficial. Esta limitación impulsó el desarrollo hacia la tecnología de composite de micropartículas heterogéneas. En estos composites las micropartículas no son añadidas directamente a la matriz resinosa sino que son comprimidas en aglomerados a través del proceso de sinterización, precipitación, condensación o silanización. Los aglomerados son añadidos a una matriz resinosa aquecida propiciando una incorporación de 70% o más de carga en peso. La resina entonces es polimerizada en bloque, congelada y molida en partículas que pueden variar en tamaño de 1 a 100  $\mu\text{m}$ , pero oscilando entre 20 y 60  $\mu\text{m}$ . Estas partículas son llamadas de partículas prepolimerizadas y son, por fin, añadidas a la resina no polimerizada que ya contiene micropartículas (homogéneas), resultando en un producto final con alto contenido de carga ( $\pm$  80% en peso).

Consideraciones clínicas: estos materiales presentan ventajas sobre las resinas convencionales, dado su capacidad de proporcionar superficies mucho más pulidas y de mayor durabilidad. Las resinas de micropartículas, a pesar de comportarse muy bien en la región anterior donde las tensiones masticatorias son relativamente pequeñas, presentan problemas cuando son aplicadas en regiones de alta tensión como la región posterior, dada su baja resistencia a la tracción, aumentado así la probabilidad de fracturas. Ellas poseen propiedades físicas y mecánicas que son inferiores a los composites tradicionales, presentando mayor sorción de agua, alto coeficiente de expansión térmica y menor módulo de elasticidad.

**c) Resinas híbridas:** estas resinas poseen tanto micro como macropartículas de carga, con características de ambas. Las resinas compuestas modernas consisten en su mayoría de aproximadamente 10-20% en peso de micropartículas de *sílica coloidal* y 50-60% de macropartículas de *vidrio de metales pesados* (0,6 a 1  $\mu\text{m}$ ), totalizando un porcentaje de carga entre 75 y 80% en peso, siendo que las micropartículas pueden ser añadidas a la composición en su forma pura, en partículas prepolimerizadas o en aglomerados.

Este esfuerzo particular proporcionado por la precisa combinación de macro y micropartículas, principalmente cuando las macropartículas son pequeñas ( $\pm 1 \mu\text{m}$ ) confiere propiedades únicas y superiores a los materiales, ya que mejora la transferencia de tensiones entre las partículas en el composite, o sea, con el aumento en el porcentaje de carga la distancia entre partículas disminuye, aliviando la tensión en la matriz resinosa y consecuentemente mejorando la resistencia de la resina. Además de esto, la incorporación de micropartículas endurece la matriz resinosa, lo que aumenta sustancialmente la fuerza cohesiva de la matriz, dificultando la propagación de grietas. Las resinas híbridas se subdividen según el tamaño de sus partículas en:

**i. Híbridas pesadas:** las resinas compuestas híbridas con alta cantidad de carga contienen 80% de carga en peso, proeza obtenida gracias a la minuciosa distribución de partículas de carga de tamaños variados. La gran incorporación de partículas inorgánicas confiere un refuerzo particular máximo y el composite posee alto módulo de elasticidad, o sea, se deforma muy poco bajo tensiones, lo que repercute en mayor propagación de grietas. Por poseer macropartículas de hasta 10  $\mu\text{m}$  en tamaño, la mayoría de las resinas híbridas pesadas no poseen un alto grado de pulimento.

**ii. Híbridas de partículas pequeñas:** sus “macro” partículas poseen un promedio de tamaño que varía entre 1 y 5  $\mu\text{m}$ . Los composites híbridos de pequeñas partículas contienen cantidades de micropartículas que varían entre 10 y 15% y presentan buenas calidades de pulimento y resistencia al desgaste.

**iii. Híbridas de minipartículas:** también denominadas híbridas submicrométricos debido al hecho de que la gran mayoría de los agentes de carga son menores de 1  $\mu\text{m}$  (0,6 – 0,8  $\mu\text{m}$ ), siendo las mayores partículas de 2  $\mu\text{m}$  de tamaño máximo. Las resinas híbridas submicrométricas poseen por lo tanto una estrecha distribución de partículas menores de 1  $\mu\text{m}$ , además de poseer una alta incorporación de micropartículas en la matriz resinosa, que pueden ser añadidas directamente o a través de partículas prepolimerizadas, siendo este último método preferido; una vez que permite mayor incorporación de carga (hasta 80% en peso) aumentando sustancialmente el refuerzo particular y la fuerza cohesiva de la matriz polimérica.

Tabla II. Algunas resinas compuestas y sus características principales (Chain y Baratieri, 2001).

Resina	Fabricante	Tipo de carga	Tamaño de partículas ( $\mu\text{m}$ )	Indicación
Tetric	Ivoclar-Vivadent	Silicato de Bario/Trifluoruro de Iterbio.	0,7	Universal
Tetric Ceram	Ivoclar-Vivadent	Silicato de Bario/Trifluoruro de Iterbio, Cristal Fluorosilicato de Bario, Dióxido de Silicio, Óxidos mixtos.	0,85	Universal
4 Seasons	Ivoclar-Vivadent	Vidrio de Bario, Trifluoruro de Iterbio y copolímeros.	0,6	Universal
Heliomolar Hb	Ivoclar-Vivadent	Dióxido de Silicio, Trifluoruro de Iterbio y copolímeros.	0,04-0,2	Posterior
Filtek Supreme	3M	Zirconia/Sílica agrupada y relleno no aglomerado de Sílica.	0,6-1,4	Universal
Z 100	3M	Silicato de Zirconio.	0,7	Universal

### 3. Resinas compuestas y Colorimetría

El composite no es sólo color, es sobre todo materia, con algunas consideraciones ópticas antes que cromáticas (Cattaruzza, 2002).

**Consideraciones generales** (Cattaruzza, 2002):

- No existe correspondencia de color entre el composite y la escala Vita. Los composites de la escala Vita presentan generalmente un valor menor y un croma menor.
- El *espesor* del composite ejerce un rol fundamental en la determinación del límite entre translucidez y opalescencia, entre opalescencia y opacidad. Cuanto mayor es el espesor, mayor es el grado de absorción y/o reflexión de la luz, por lo tanto, composites muy opalescentes pueden parecer translúcidos si están en espesores delgados, así como, composites translúcidos tendrán características de opalescencia en espesores relativamente mayores. Cada composite en relación con su espesor puede ser utilizado como esmalte, más translúcido, si es delgado, o como dentina, más opalescente, si es más grueso.
- Los *composites dentina* son más *opalescentes* porque son más cargados (más relleno), y los *composites esmalte* son más *translúcidos*, por ser menos cargados (menos relleno).
- Para los *composites translúcidos*, aumentando el espesor, se reduce levemente el valor y aumenta el croma.
- Para los *composites opacos*, aumentando el espesor, aumenta el valor y aumenta el croma.
- Composites translúcidos poseen un valor menor y un croma menor que los composites opacos.
- Entre un *fondo blanco* y un fondo gris (o negro) resulta indudablemente más conveniente para el composite un fondo blanco, capaz de aumentar el croma y el valor del composite mismo, casi compensando el innato déficit cromático. El pigmento blanco tiene además, la extraordinaria capacidad de opacante, en grado de enmascarar el efecto cromático no deseado, inducido de eventuales sustratos sobre los cuales el composite viene estratificado.
- Los composites translúcidos son más sensibles que los opacos a la presencia de un fondo blanco: el valor aumenta mayormente para un composite translúcido, así como más fuerte es el incremento del croma.
- El *pulido* del composite, en cuanto a su capacidad de influenciar el comportamiento de superficie del composite, en relación a la luz, modifica la percepción cromática de la restauración. El pulido del composite disminuye el valor de la restauración, proporcionalmente al grado del pulido, a mayor pulido aumenta la transmisión de la luz a través del composite. Composites sin pulir, aparecen al contrario, con un valor más alto, es decir, más luminosos, porque son más reflejantes.
- El composite presenta en estado no polimerizado un valor alto y un croma relativamente intenso; una vez polimerizado, el valor baja y el croma disminuye, es decir el composite se torna más gris y pierde color.
- Cuando la superficie de un composite está mojada, el valor disminuye, así mismo el croma.

### Composites para esmalte (Cattaruzza, 2002):

El esmalte del diente parece ser la entidad óptica y cromáticamente más difícil de imitar.

- A veces la anatomía del diente humano y la natural estratificación del esmalte sobre la dentina, guían al clínico al uso incondicionado de un esmalte sobre el composite utilizado como dentina. **El composite no es el esmalte dental.** Dado que ningún material composite se comporta óptica y cromáticamente como el esmalte dental, una restauración exclusivamente anatómica puede llevar a cometer errores, por lo tanto, la utilización de los composites para la reproducción del esmalte dental debe seguir valoraciones diferentes y no sólo las anatómicas.
- Se deberán utilizar cuando el esmalte natural del diente constituya no sólo una entidad anatómica, sino también, un elemento tangible y significativo en la variabilidad cromática del diente.
- **Translucidez y opalescencia**, es decir, la interacción de la luz con la materia acromática, condicionan fuertemente el color de los materiales composites, por lo tanto, debemos evaluar la translucidez u opalescencia del esmalte.
- **La dentina es color, el esmalte es luz.** Un esmalte denso y reflejante produce un diente más luminoso, más “blanco” y no reduce el croma dentinario. Un esmalte delgado y translúcido deja más visible el croma fuerte dentinario, pero no baja el valor, es decir, vuelve menos luminoso al diente mismo, por lo tanto, debemos evaluar el grado de luminosidad del esmalte.
- En la utilización de esmaltes coloreados (gris, violeta, azul) debemos considerar el color de la dentina de abajo, para no provocar variaciones de tinte no deseados. La estratificación de un esmalte transparente o translúcido sobre la dentina se traduce en una mezcla sustractiva de los dos colores.
- Pueden ser utilizados para desaturar el croma dentinario (esmalte opalescente).
- Pueden ser utilizados para disminuir el valor (esmalte transparente).
- Pueden ser utilizados para aumentar el valor (esmalte opalescente).
- Pueden ser utilizados para devolver el efecto de la **translucidez gris-azul incisal**, sin la utilización de un opaco como fondo.
- Son necesarios siempre en asociación con una dentina opaca de valor alto dado que, por efecto de su translucidez, reducen el valor de la dentina y, a través de fenómenos de forma y reflexión de superficie, aumentan la percepción de profundidad.
- No son indispensables con una dentina translúcida, dado que una dentina translúcida puede simular el efecto de un esmalte dentario, utilizando una capa muy delgada y translúcida.

En la figura 28 se encuentran algunas muestras de composites, comúnmente utilizados como composites dentinarios, de espesores de un milímetro, posicionados sobre dos líneas negras. Se observa las muestras de composites Z 100, Z (3M), del Herculite Enamel, H (Kerr), del Enamel Pluss HFO, E (Micerium), del Synergy, Sy (Coltene), del Tetric Ceram, T (Vivadent) (Cattaruzza, 2002).

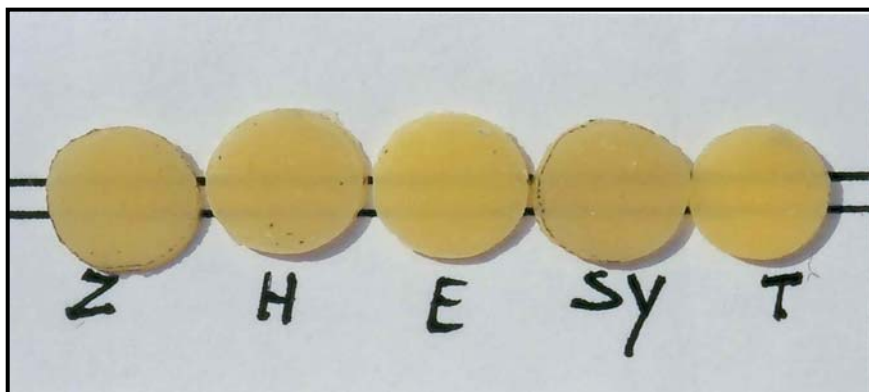


Figura 28.

Podemos observar como los composites representados son más translúcidos que la dentina humana, más parecidos al esmalte que a la dentina, incluso los de tipo relativamente opalescentes. En todos los casos, es perceptible la continuidad de la línea negra, de modo ligeramente esfumado, pero todavía claramente (Cattaruzza, 2002).

Los composites condensables, como el Prodigy Condensable, PC (Kerr) (fig. 29), el P 60 (3M) (fig. 30), o el Surefill (Dentsply) (fig. 31) muestran características de opalescencia más próxima a la dentina (Cattaruzza, 2002).

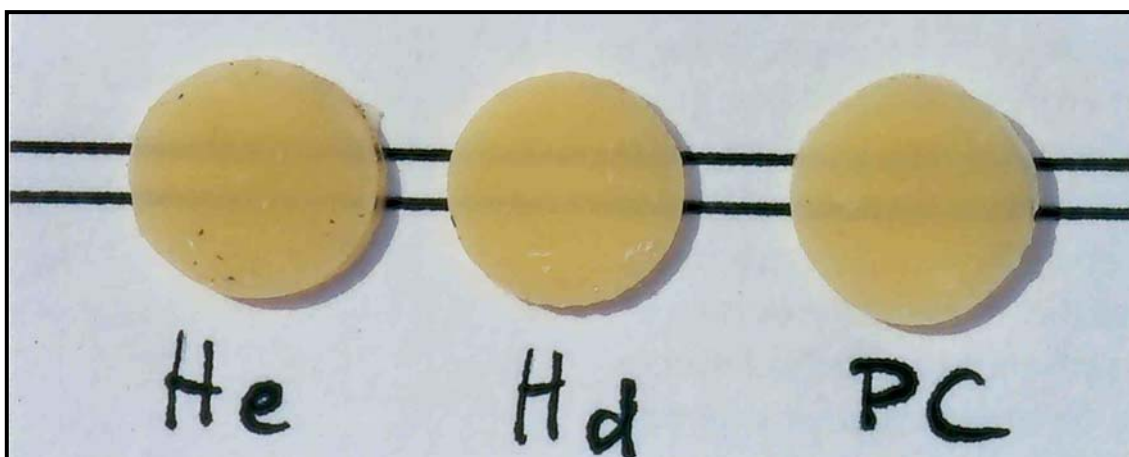


Figura 29. Opalescencia composites condensables: Herculite Enamel (He), Herculite Dentin (Hd) Prodigy Condensable, PC (Kerr).

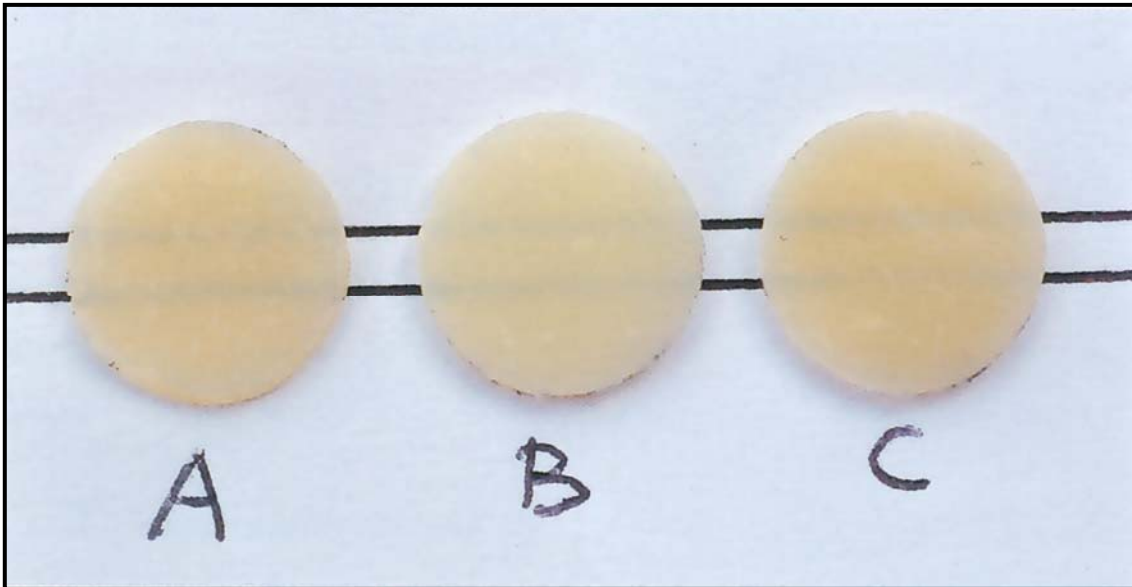


Figura 30. Opalescencia composite condensable P 60 (3M).

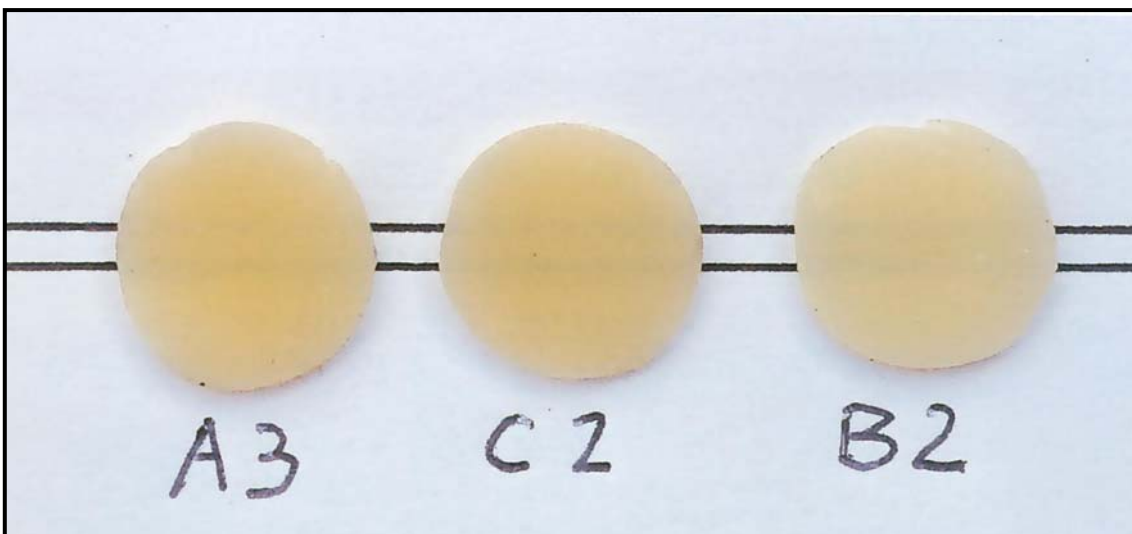


Figura 31. Opalescencia composite condensable Surefill (Dentsply).

En la figura 29 podemos notar el aumento de opacidad, presente en el Prodigy Condensable (PC) respecto al Herculite Enamel (He) y al Herculite Dentin (Hd) (Kerr). En la figura 32 observamos el aumento de opacidad del P 60 respecto al Z100 y Z250 (3M) (Cattaruzza, 2002).

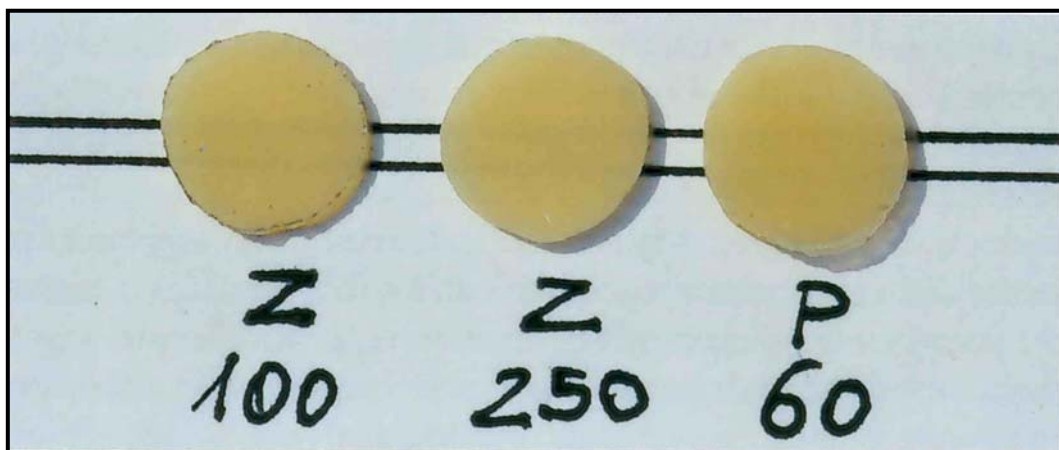


Figura 32. Comparación opacidades composites Filtek Z100, Z250 y P60 (3M).

También podemos observar la característica de translucidez bastante elevada del Point 4 (Kerr) (fig. 33), del Pyramid (Bisco) (fig. 34) y del Esthet-X (Dentsply) (fig. 35) (Cattaruzza, 2002).

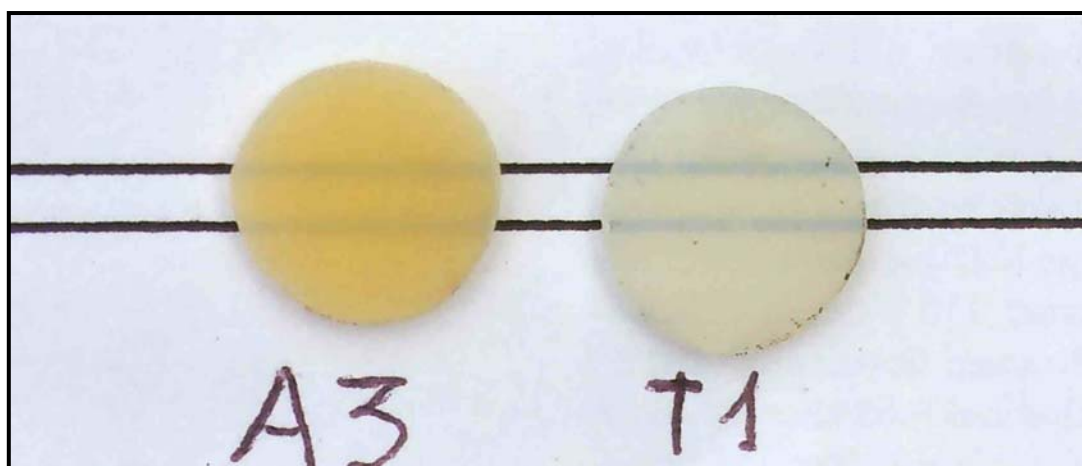


Figura 33. Translucidez composite Point 4 (Kerr), tonos A3 y T1.

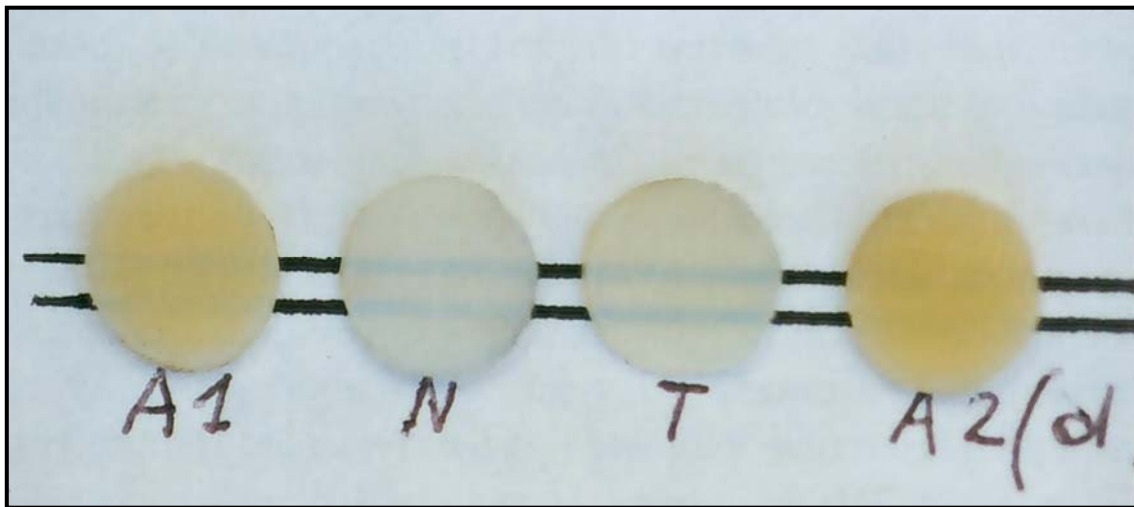


Figura 34. Translucidez composite Pyramid (Bisco).

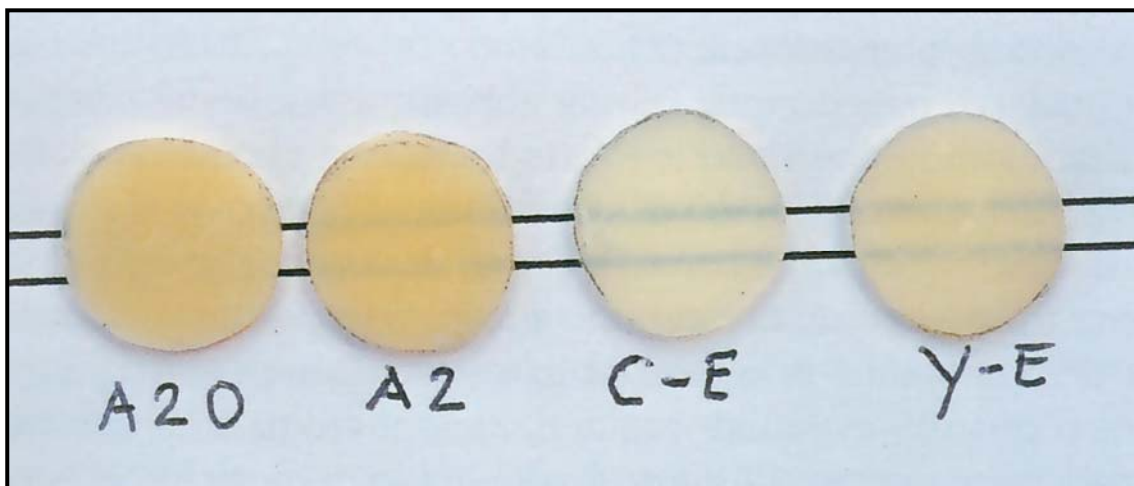


Figura 35. Translucidez composite Esthet-X (Dentsply).

Un milímetro de composite sobre un fondo blanco adquiere mucho más color (croma fuerte) que cuando se presentan dos milímetro de composite sobre un fondo gris. El fenómeno es más sensible para un composite translúcido, que es más transparente (esmalte), que para un material más opaco (dentina). Esto es debido a que el blanco por su naturaleza refleja la luz, a diferencia del color negro o gris, que la absorbe (Cattaruzza, 2002).



Figura 36.

En la figura 36 se muestran algunos composites de 1 y 2 mm de espesor, color A3 Vita, sobre un fondo blanco (H, Herculite; Z, Z100; E, Enamel Pluss; S, Spectrum). En la figura 37 se observan las mismas muestras sobre un fondo gris (Cattaruzza, 2002).



Figura 37.

## **HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**

### **HIPÓTESIS:**

Las Resinas Compuestas comercializadas actualmente en Chile poseen una translucidez diferente entre ellas.

### **OBJETIVOS:**

#### **1. Objetivo General:**

- Evaluar la translucidez de las Resinas Compuestas comercializadas actualmente en Chile.

#### **2. Objetivos Específicos:**

- Evaluar la translucidez de las Resinas Compuestas comercializadas actualmente en Chile.
- Evaluar la translucidez de las Resinas Compuestas indicadas por el fabricante para restaurar dentina.
- Evaluar la translucidez de las Resinas Compuestas indicadas por el fabricante para restaurar esmalte.
- Evaluar la translucidez de las Resinas Compuestas indicadas por el fabricante como multipropósito (para restaurar esmalte y dentina).
- Evaluar la translucidez de las Resinas Compuestas según la casa comercial que las fabrica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Tabla III. Resinas compuestas a evaluar:

Nº	FABRICANTES	MARCAS	TONOS
1	Ivoclar-Vivadent	4 Seasons	Enamel A1
2	Ivoclar-Vivadent	4 Seasons	Enamel A3
3	Ivoclar-Vivadent	4 Seasons	Dentin A1
4	Ivoclar-Vivadent	4 Seasons	Dentin A3,5
5	Ivoclar-Vivadent	4 Seasons	Dentin A3
6	Ivoclar-Vivadent	4 Seasons	Clear Trans (CT)
7	Ivoclar-Vivadent	4 Seasons	Super Clear (SC)
8	Ivoclar-Vivadent	4 Seasons	Medium Value (MV)
9	Ivoclar-Vivadent	In Ten-S	A3
10	Ivoclar-Vivadent	Heliomolar HB	A3
11	Ivoclar-Vivadent	Tetric Ceram	A3
12	Ivoclar-Vivadent	Tetric Ceram	Dentin A3,5
13	Ivoclar-Vivadent	Tetric Ceram	T
14	Dentsply	EsthetX	A1
15	Dentsply	EsthetX	A2
16	Dentsply	EsthetX	Y-E
17	Dentsply	EsthetX	C-E
18	Sdi	Glacier	Enamel A2
19	Sdi	Glacier	Enamel A3
20	Sdi	Glacier	Dentin OA2
21	Sdi	Glacier	Dentin OA3
22	Sdi	Ice	Enamel Incisal
23	3M	Filtek Supreme	Enamel A2
24	3M	Filtek Supreme	Dentin B3
25	3M	Filtek Supreme	Yellow Translucent (YT)
26	3M	Filtek Supreme	Body A3
27	3M	Filtek A110	Dentin A3
28	Voco	Arabesk Top	A2
29	Voco	Arabesk Top	A3
30	Voco	Arabesk Top	I
31	Voco	Admira	A2
32	Voco	Admira	A3
33	Kerr	Point 4	A3
34	Kerr	Point 4	T1
35	Ultradent	Permaflo	A2
36	Ultradent	Permaflo	A3
37	Ultradent	Permaflo	Translucent (T)
38	Ultradent	Amelogen Universal	A2
39	Ultradent	Amelogen Universal	A3
40	Ultradent	Amelogen Universal	Trans Yellow (TY)
41	Ultradent	Amelogen Universal	Pearl Frost (PF)

42	Ultradent	Vitaescence	A2
43	Ultradent	Vitaescence	A3
44	Ultradent	Vitaescence	Trans Ice (TI)
45	Ultradent	Vitaescence	Trans yellow (TY)
46	Ultradent	Vitaescence	TF
47	Ultradent	Vitaescence	Pearl Frost (PF)
48	Coltène	Miris	Enamel Neutral Regular (NR)
49	Coltène	Brilliant	Enamel A3
50	Coltène	Brilliant	Dentin A3
51	Coltène	Brilliant	Incisal (I)
52	Coltène	Synergy	Transparent (T)

### Resinas compuestas separadas según tejido a restaurar:

Tabla IV. **Composites dentina:**

Nº	MARCAS	TONOS
1	4 Seasons	Dentin A1
2	4 Seasons	Dentin A3,5
3	4 Seasons	Dentin A3
4	Tetric Ceram	Dentin A3,5
5	Glacier	Dentin OA2
6	Glacier	Dentin OA3
7	Filtek Supreme	Dentin B3
8	Filtek Supreme	Body A3
9	Filtek A110	Dentin A3
10	Brilliant	Dentin A3

Tabla V. **Composites esmalte:**

Nº	MARCAS	TONOS
1	4 Seasons	Enamel A1
2	4 Seasons	Enamel A3
3	4 Seasons	Clear Trans (CT)
4	4 Seasons	Super Clear (SC)
5	4 Seasons	Medium Value (MV)
6	Tetric Ceram	T
7	EsthetX	Y-E
8	EsthetX	C-E
9	Glacier	Enamel A2
10	Glacier	Enamel A3
11	Ice	Enamel Incisal
12	Filtek Supreme	Enamel A2
13	Filtek Supreme	Yellow Translucent (YT)
14	Arabesk Top	I

15	Point 4	T1
16	Permaflo	Translucent (T)
17	Amelogen Universal	Trans Yellow (TY)
18	Amelogen Universal	Pearl Frost (PF)
19	Vitaescence	Trans Ice (TI)
20	Vitaescence	Trans yellow (TY)
21	Vitaescence	TF
22	Vitaescence	Pearl Frost (PF)
23	Miris	Enamel Neutral Regular (NR)
24	Brilliant	Enamel A3
25	Brilliant	Incisal (I)
26	Synergy	Transparent (T)

Tabla VI. **Composites multipropósito:**

Nº	MARCAS	TONOS
1	In Ten-S	A3
2	Heliomolar HB	A3
3	Tetric Ceram	A3
4	EsthetX	A1
5	EsthetX	A2
6	Arabesk Top	A2
7	Arabesk Top	A3
8	Admira	A2
9	Admira	A3
10	Point 4	A3
11	Permaflo	A2
12	Permaflo	A3
13	Amelogen Universal	A2
14	Amelogen Universal	A3
15	Vitaescence	A2
16	Vitaescence	A3

## METODOLOGÍA

La metodología utilizada para esta investigación fue básicamente de Observación, Experimentación y Registro de datos.

### PROCESO METODOLÓGICO

En su desarrollo se consigna lo siguiente:

- Recopilación de **52 resinas compuestas** para restaurar esmalte y dentina (tejidos diferenciados) de distintos fabricantes, marcas y tonos, las cuales se comercializan actualmente en Chile.
- Diseño y elaboración especial de una **matriz metálica** de 31 mm. de largo, 22 mm. de ancho y 0,6 mm. de espesor. Esta matriz presenta en el centro un orificio rectangular de bordes redondeados para evitar la retención de la muestra en la matriz. El orificio mide 10 mm. de largo, 6 mm. de ancho y 0,6 mm. de espesor, de esta forma se uniformaron los tamaños de las muestras.



Figura 38. Matriz metálica.

- Realización de 4 **muestras rectangulares** de bordes redondeados (10 mm. de largo, 6 mm. de ancho y 0,6 mm. de espesor) de cada una de las 52 resinas compuestas, obteniendo como resultado final 208 muestras sobre las que se efectuó el análisis.
- Se realizó un período de entrenamiento y prueba en la elaboración de las muestras, donde se realizaron cuerpos de prueba con los diferentes materiales para depurar la técnica y agregar la estandarización en su confección.
- Confección de **cuerpos de prueba**:
  1. Matriz metálica sobre vidrio.
  2. Se sobre rellenó levemente el interior del orificio de la matriz con resina compuesta y se condensó el material, utilizando siempre el mismo condensador para composite.
  3. Se posicionó el vidrio de un porta objeto sobre el material, con el objeto de evitar la capa inhibida y lograr superficies perfectamente pulidas, se presionó el vidrio hasta que quedara en contacto con el metal, se mantuvo en esta posición y se polimerizó por 40 segundos, luego se dio vuelta y se polimerizó por el otro lado.
  4. Se retiraron los vidrios, se retiró la muestra y se eliminaron los pequeños excesos.
  5. Se comprobó el grosor de la muestra con un calibrador de metales, si la muestra medía 0,6 mm y no poseía fallas (burbujas o poros), se guardaba en el interior de un sobre con un código (a cada código le correspondía una determinada resina compuesta).
  6. El proceso de confección de los cuerpos de prueba fue realizado siempre por la misma persona, con el fin de obtener una calibración adecuada.



Figura 39.  
Calibrador de Metales.

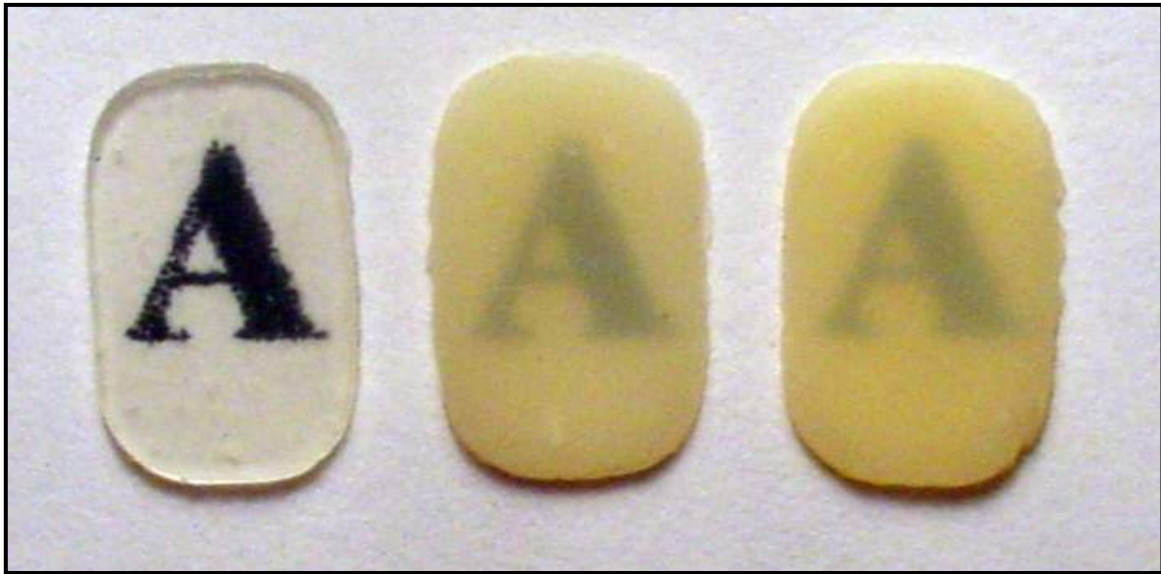


Figura 40. Muestras de resinas compuestas.

- Para la polimerización de las muestras se utilizó una **lámpara de fotocurado** marca 3M, modelo Curing Light 2500, cuya potencia quedó registrada en  $470 \text{ Mw/ cm}^2$ , la que era chequeada al finalizar cada serie de muestras.
- Para la realización de las mediciones de las muestras se utilizó un **Espectrofotómetro** de Absorción marca **Perkin Elmer**, modelo Lambda 11, utilizado para medir “*Transmitancia*” y “*Absorción*” en sustancias sólidas, líquidas y gaseosas. El instrumento consta en su interior de dos lámparas, la primera emite luz en un rango de 350 a 900 nm y la segunda lámpara emite luz ultravioleta.
- El espectrofotómetro se encuentra conectado a un computador que registra la lectura de la medición del instrumento con la forma de un gráfico donde el eje Y corresponde a la Transmitancia o Absorción y el eje X a la Longitud de onda, medida en nanómetros (nm). Este Instrumento fue facilitado por el Profesor Víctor Vargas Cortés, Profesor en Física, Magister en Ciencias con mención en Química y Académico de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile.



Figura 41. Espectrofotómetro UV/VIS de Absorción Perkin Elmer, modelo Lambda 11.

- Para efectos de esta investigación, en la medición de muestras, sólo se mantuvo encendida la lámpara de luz visible, cuyo haz atravesaba la muestra ubicada en un **porta muestra**, éste, fue confeccionado en acrílico rosado de autopolimerización, con un orificio rectangular de bordes redondeados con ranuras, para la ubicación fija de la muestra en su interior, y comprobando con la prueba de un haz de luz verde (550 nm) el paso de éste por el centro de la muestra.

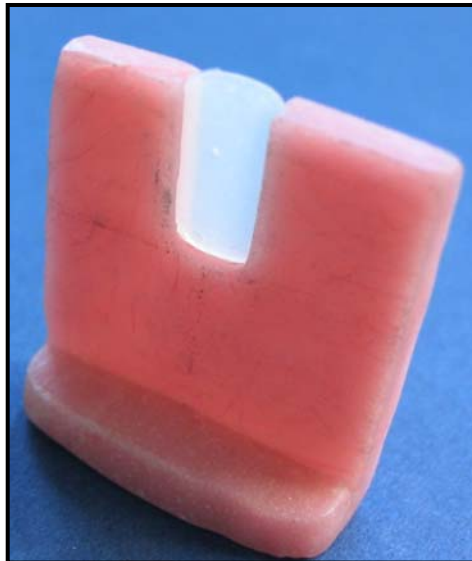


Figura 42. Porta muestra con muestra de composite en su interior.

- Una vez posicionada la muestra y previo a la medición, se cerró la tapa del instrumento quedando hermético a la entrada de luz, para no crear interferencias y lecturas erróneas. En ese momento se determinaron los parámetros de medición: “**Transmitancia**” (cuociente entre la luz incidente y la luz transmitida), lámpara encendida con un rango de luz desde los 400 a 700 nm (luz visible) e identificación de la muestra. Las mediciones detectadas por el fototubo fueron traspasadas a un archivo de computador.



Figura 43. Espectrofotómetro Perkin Elmer, modelo Lambda 11. Compartimento de ubicación de muestras con su tapa abierta.

- Por limitaciones del instrumento de medición, el valor de translucidez se presenta como una razón entre dos materiales distintos, en este caso se elige el más translúcido como patrón.
- Las muestras de las resinas compuestas fueron evaluadas en relación al composite “**Vitaescence Trans Yellow (TY)**”, el cual fue seleccionado como el más translúcido de los composites, por inspección visual en una primera instancia, después de la colocación de las 52 muestras de la primera serie de composites sobre un papel blanco impreso con letras “A” de tinta negra, posteriormente se procedió a definir este composite como línea base o autocero, lo que significó que esta muestra determinaba el 100% de Transmitancia.
- Para la comprobación de que el composite elegido era el más translúcido, se realizó la medición de todos los composites de la primera serie otorgando como resultados porcentajes de Transmitancia menores al 100%.

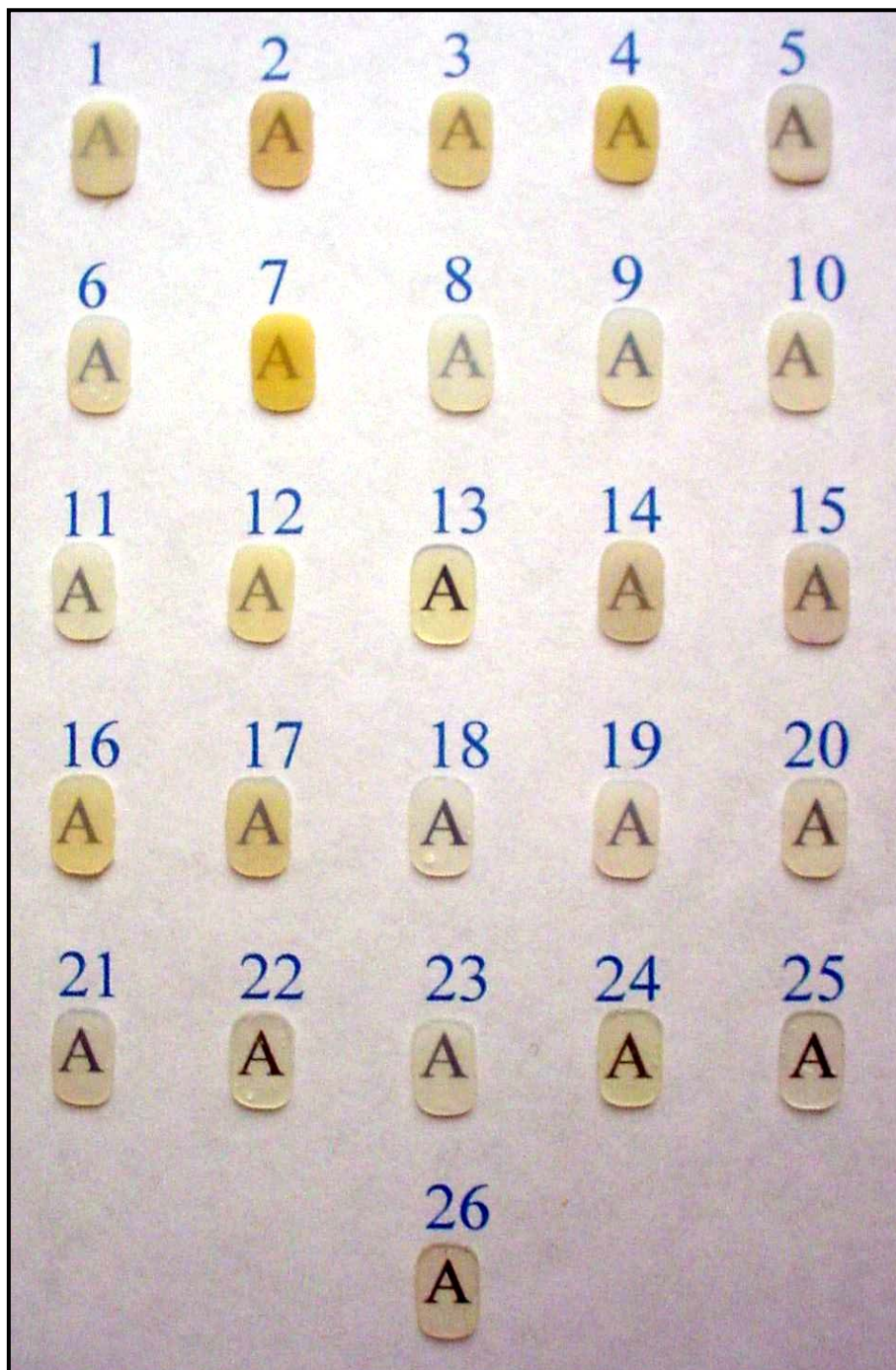


Figura 44. Muestras de composite sobre un fondo impreso con letras "A". El número 26 corresponde al composite **Vitaescence TY**.

Una vez obtenidas todas las mediciones, se procedió al análisis de los gráficos entregados por el espectrofotómetro.

Las mediciones realizadas con el instrumento (espectrofotómetro) entregan como resultado una curva de translucidez en función de la longitud de onda de la luz. Por “translucidez” se entiende el porcentaje del total de luz incidente a la muestra que llega finalmente al receptor.

Para la evaluación de la translucidez de todos los composites en relación al composite Vitalescence TY se analizaron los gráficos de cada uno de ellos mediante el Software Computacional Origin 6.0, para obtener mediante cálculo diferencial los datos de: área bajo la curva, peak, ancho y alto. Como los tres últimos datos son insuficientes por sí solos para establecer una conclusión, se utilizó el dato área bajo la curva “Área”, valor sin unidad, que corresponde a la translucidez total.

Una vez obtenidos los datos de áreas se procedió al cálculo de la **mediana** entre las cuatro muestras de cada tipo de resina compuesta, mediante el análisis estadístico descriptivo. Recordemos que en el caso de tener cuatro elementos, la mediana es el promedio entre los dos elementos que no son el mínimo o el máximo. De hecho, la fórmula para la mediana para este caso puede escribirse como:

$$\text{Mediana} = (A + B + C + D - \max(A,B,C,D) - \min(A,B,C,D)) \div 2$$

Para saber cuan significativa es la diferencia de translucidez de las resinas compuestas evaluadas, se utilizó el análisis a través del **test-t de Student** para cada par de grupos. El test-t es aplicado a cada par de grupos, esto es, al grupo “dentina” contra el grupo “esmalte”, luego al grupo “dentina” contra el grupo “multipropósito” y finalmente al grupo “esmalte” contra el grupo “multipropósito”. Esto permite verificar si cada grupo es significativamente distinto al resto.

El test-t entrega la probabilidad de que dos conjuntos de mediciones provengan de la misma fuente, tomando en cuenta para ello el promedio y la desviación estándar de las mediciones. Si la probabilidad calculada es pequeña podemos decir que las muestras son significativamente diferentes. En la práctica, es aceptado que un valor de probabilidad menor al 1% indica una diferencia significativa.

Además de aplicarlo a los grupos, se incluye el resultado de aplicar el test-t entre el grupo “multipropósito” y la unión entre “dentina” y “esmalte”. Esto permite constatar si el grupo de materiales compuestos de multipropósito es significativamente distinto al total de los materiales.

## RESULTADOS

### Resultados de Translucidez de las Resinas Compuestas evaluadas.

Tabla VII. Áreas de translucidez, medianas y percentiles de todas las Resinas Compuestas evaluadas. Notemos que se obtienen mediciones con valores negativos, probablemente debido a errores propios del instrumento de medición.

Nº	Resinas Compuestas	Área A	Área B	Área C	Área D	Mediana	Percentil
1	Heliomolar HB A3	2,53	2,06	1,73	1,84	1.9	2
2	4 Seasons Dentin A3	6,38	3,91	4,29	4,83	4.6	4
3	Filtek Supreme Dentin B3	9,23	6,79	-40,74	5,84	6.3	6
4	Vitalescence A2	9,53	12,52	14,70	18,09	13.6	8
5	4 Seasons Dentin A3,5	14,67	13,28	11,86	14,24	13.8	10
6	4 Seasons Dentin A1	14,52	40,38	14,95	11,76	14.7	12
7	Filtek A110 Dentin A3	20,06	15,08	-32,33	15,78	15.4	14
8	Filtek Supreme Body A3	23,06	21,71	-20,97	12,54	17.5	16
9	Esthet X A1	17,98	16,96	15,94	18,22	17.5	16
10	Glacier Dentin OA3	17,67	15,95	21,14	18,86	18.3	18
11	Tetric Ceram A3	15,64	18,35	18,70	20,52	18.5	20
12	Glacier Dentin OA2	18,90	19,73	27,45	14,84	19.3	22
13	Tetric Ceram Dentin A3,5	25,09	17,45	12,17	23,13	20.5	24
14	Tetric Ceram T	21,69	20,17	19,36	26,95	20.9	26
15	Brilliant Dentin A3	36,62	24,61	-4,00	19,44	22.0	28
16	Vitalescence A3	21,83	23,48	26,85	21,28	22.7	30
17	Esthet X A2	26,64	22,06	33,23	20,45	24.4	32
18	Filtek Supreme Enamel A2	25,50	24,69	-20,35	29,60	25.1	34
19	In Ten S A3	25,98	26,74	23,54	27,37	26.4	36
20	Glacier Enamel A2	22,03	31,81	-6,65	31,33	26.7	38
21	Glacier Enamel A3	36,71	33,15	-10,14	28,11	30.6	40
22	4 Seasons Enamel A3	44,13	43,54	39,82	44,93	43.8	42
23	Esthet X YE	56,45	45,98	47,23	53,79	50.5	44
24	Brilliant Enamel A3	55,04	32,17	51,26	67,83	53.2	46
25	Amelogen Universal PF	49,54	61,65	54,17	64,90	57.9	48
26	Point 4 A3	53,08	51,94	69,59	66,80	59.9	50
27	Amelogen Universal A2	55,02	64,91	66,53	40,93	60.0	52
28	Esthet X CE	71,73	64,94	56,17	39,25	60.6	54
29	Ice Enamel I	37,62	60,80	70,33	66,24	63.5	56
30	4 Seasons Trans Clear	68,59	62,43	63,42	68,78	66.0	58
31	Admira A2	84,14	71,87	47,41	65,53	68.7	60
32	4 Seasons Enamel A1	80,21	58,48	86,19	66,55	73.4	62
33	Amelogen Universal A3	77,02	78,90	61,15	69,98	73.5	64
34	Arabesk Top A2	87,26	64,78	98,57	55,79	76.0	66
35	Filtek Supreme YT	82,22	79,12	60,78	74,97	77.0	68
36	Admira A3	78,19	81,91	91,84	57,65	80.1	70
37	Brilliant Incisal	88,54	86,47	82,24	70,56	84.4	72
38	Perma Flo A3	97,49	99,06	75,89	70,77	86.7	74
39	Arabesk Top A3	92,35	63,12	97,69	89,54	90.9	76

40	4 Seasons Value Medium	106,8	81,95	78,89	110,03	94.4	78
41	Miris Enamel NR	93,02	113,48	77,38	104,38	98.7	80
42	Perma Flo A2	121,6	100,02	116,67	98,84	108.3	82
43	Point 4 T1	111,8	115,05	127,74	125,85	120.5	84
44	Perma Flo T	123,5	142,61	125,33	131,00	128.2	86
45	Vitaescence PF	125,0	142,73	66,31	142,60	133.8	88
46	Arabesk Top I	205,6	172,63	165,84	176,91	174.8	90
47	Synergy Transparent	175,7	175,63	178,62	216,30	177.2	92
48	Amelogen Universal TY	187,9	163,93	208,24	168,20	178.1	94
49	Vitaescence TF	151,3	184,65	183,43	173,14	178.3	96
50	4 Seasons Super Clear	177,5	237,05	263,68	269,13	250.4	98
51	Vitaescence TI	281,5	283,26	287,78	279,32	282.4	100

**Resultados de Translucidez de las Resinas Compuestas divididas en grupos según la aplicación sugerida por el fabricante.**

Tabla VIII. Áreas de translucidez y medianas de **Resinas Compuestas Dentina**.

Nº	Composite Dentina	Área A	Área B	Área C	Área D	Mediana
1	4 Seasons Dentin A3	6,38	3,91	4,29	4,83	4.6
2	Filtek Supreme Dentin B3	9,23	6,79	-40,74	5,84	6.3
3	4 Seasons Dentin A3,5	14,67	13,28	11,86	14,24	13.8
4	4 Seasons Dentin A1	14,52	40,38	14,95	11,76	14.7
5	Filtek A110 Dentin A3	20,06	15,08	-32,33	15,78	15.4
6	Filtek Supreme Body A3	23,06	21,71	-20,97	12,54	17.1
7	Glacier Dentin OA3	17,67	15,95	21,14	18,86	18.3
8	Glacier Dentin OA2	18,90	19,73	27,45	14,84	19.3
9	Tetric Ceram Dentin A3,5	25,09	17,45	12,17	23,13	20.3
10	Brilliant Dentin A3	36,62	24,61	-4,00	19,44	22.0

Tabla IX. Áreas de translucidez y medianas de **Resinas Compuestas Multipropósito**.

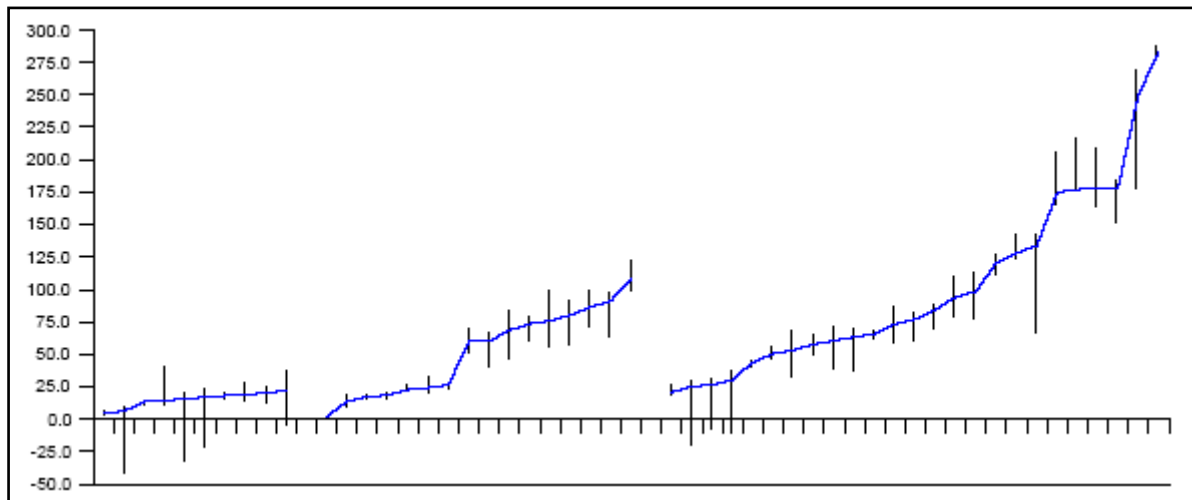
Nº	Composite Multipropósito	Área A	Área B	Área C	Área D	Mediana
1	Heliomolar HB A3	2,53	2,06	1,73	1,84	1.9
2	Vitaescence A2	9,53	12,52	14,70	18,09	13.6
3	Esthet X A1	17,98	16,96	15,94	18,22	17.5
4	Tetric Ceram A3	15,64	18,35	18,70	20,52	18.5
5	Vitaescence A3	21,83	23,48	26,85	21,28	22.7
6	Esthet X A2	26,64	22,06	33,23	20,45	24.4
7	In Ten S A3	25,98	26,74	23,54	27,37	26.4
8	Point 4 A3	53,08	51,94	69,59	66,80	59.9
9	Amelogen Universal A2	55,02	64,91	66,53	40,93	60.0
10	Admira A2	84,14	71,87	47,41	65,53	68.7
11	Amelogen Universal A3	77,02	78,90	61,15	69,98	73.5

12	Arabesk Top A2	87,26	64,78	98,57	55,79	76.0
13	Admira A3	78,19	81,91	91,84	57,65	80.1
14	Perma Flo A3	97,49	99,06	75,89	70,77	86.7
15	Arabesk Top A3	92,35	63,12	97,69	89,54	90.4
16	Perma Flo A2	121,63	100,02	116,67	98,84	108.3

Tabla X. Áreas de translucidez y medianas de **Resinas Compuestas Esmalte**.

N°	Composite Esmalte	Área A	Área B	Área C	Área D	Mediana
1	Tetric Ceram T	21,69	20,17	19,36	26,95	20.9
2	Filtek Supreme Enamel A2	25,50	24,69	-20,35	29,60	25.1
3	Glacier Enamel A2	22,03	31,81	-6,65	31,33	26.7
4	Glacier Enamel A3	36,71	33,15	-10,14	28,11	30.6
5	4 Seasons Enamel A3	44,13	43,54	39,82	44,93	43.8
6	Esthet X YE	56,45	45,98	47,23	53,79	50.5
7	Brilliant Enamel A3	55,04	32,17	51,26	67,83	53.2
8	Amelogen Universal PF	49,54	61,65	54,17	64,90	57.9
9	Esthet X CE	71,73	64,94	56,17	39,25	60.6
10	Ice Enamel I	37,62	60,80	70,33	66,24	63.5
11	4 Seasons Trans Clear	68,59	62,43	63,42	68,78	66.0
12	4 Seasons Enamel A1	80,21	58,48	86,19	66,55	73.4
13	Filtek Supreme YT	82,22	79,12	60,78	74,97	77.0
14	Brilliant Incisal	88,54	86,47	82,24	70,56	84.4
15	4 Seasons Value Medium	106,80	81,95	78,89	110,03	94.4
16	Miris Enamel NR	93,02	113,48	77,38	104,38	98.7
17	Point 4 T1	111,82	115,05	127,74	125,85	120.5
18	Perma Flo T	123,58	142,61	125,33	131,00	128.2
19	Vitaescence PF	125,02	142,73	66,31	142,60	133.8
20	Arabesk Top I	205,69	172,63	165,84	176,91	174.8
21	Synergy Transparent	175,72	175,63	178,62	216,30	177.2
22	Amelogen Universal TY	187,98	163,93	208,24	168,20	178.1
23	Vitaescence TF	151,35	184,65	183,43	173,14	178.3
24	4 Seasons Super Clear	177,52	237,05	263,68	269,13	250.4
25	Vitaescence TI	281,54	283,26	287,78	279,32	282.4

Gráfico 1. Translucidez de Resinas Compuestas agrupadas por tipo (dentina, multipropósito y esmalte). Se muestra la mediana y como barras de error la medición máxima y mínima.



Las variables estadísticas generales, medidas para cada grupo y para el total, son las siguientes:

Tabla XI. Variables estadísticas generales.

	Dentina	Multipropósito	Esmalte	Dentina + Esmalte	Total
<b>Promedio</b>	15.18	51.82	102.01	77.20	69.24
<b>Desviación Estándar</b>	5.74	33.37	70.44	71.38	62.67
<b>Número de muestras</b>	10	16	25	35	51

Tabla XII. Test-t para **Dentina v/s Esmalte**.

<b>Estadística t:</b>	<b>-6.11</b>
<b>Probabilidad:</b>	<b>0.0001%</b>

Tabla XIII. Test-t para **Dentina v/s Multipropósito**.

<b>Estadística t:</b>	<b>-4.29</b>
<b>Probabilidad:</b>	<b>0.027%</b>

Tabla XIV. Test-t para **Esmalte v/s Multipropósito**

<b>Estadística t:</b>	<b>-3.06</b>
<b>Probabilidad:</b>	<b>0.203%</b>

Tabla XV. Test-t para **Multipropósito v/s Esmalte más Dentina**.

<b>Estadística t:</b>	<b>-1.73</b>
<b>Probabilidad:</b>	<b>4.49%</b>

**Resultados de Translucidez de Resinas Compuestas agrupados por empresas. Se muestra la mediana y percentil:**

Tabla XVI. Fabricante **Ivoclar- Vivadent**.

<b>N°</b>	<b>Nombre Composite</b>	<b>Mediana</b>	<b>Percentil</b>
<b>1</b>	Heliomolar HB A3	1.9	7.69
<b>2</b>	4 Seasons Dentin A3	4.6	15.38
<b>3</b>	4 Seasons Dentin A3,5	13.8	23.07
<b>4</b>	4 Seasons Dentin A1	14.7	30.76
<b>5</b>	Tetric Ceram A3	18.5	38.45
<b>6</b>	Tetric Ceram Dentin A3,5	20.3	46.14
<b>7</b>	Tetric Ceram T	20.9	53.83
<b>8</b>	In Ten S A3	26.4	61.52
<b>9</b>	4 Seasons Enamel A3	43.8	69.21
<b>10</b>	4 Seasons Trans Clear	66.0	76.90
<b>11</b>	4 Seasons Enamel A1	73.4	84.59
<b>12</b>	4 Seasons Value Medium	94.4	92.28
<b>13</b>	4 Seasons Super Clear	250.4	99.97

Tabla XVII. Fabricante **Voco**.

<b>N°</b>	<b>Nombre Composite</b>	<b>Mediana</b>	<b>Percentil</b>
<b>1</b>	Admira A2	68.7	20
<b>2</b>	Arabesk Top A2	76.0	40
<b>3</b>	Admira A3	80.1	60
<b>4</b>	Arabesk Top A3	90.9	80
<b>5</b>	Arabesk Top I	174.8	100

Tabla XVIII. Fabricante **Ultradent**.

Nº	Nombre Composite	Mediana	Percentil
1	Vitalescence A2	13.6	8.33
2	Vitalescence A3	22.7	16.66
3	Amelogen Universal PF	57.9	24.99
4	Amelogen Universal A2	60.0	33.32
5	Amelogen Universal A3	73.5	41.65
6	Perma Flo A3	86.7	49.98
7	Perma Flo A2	108.3	58.31
8	Perma Flo T	128.2	66.64
9	Vitalescence PF	133.8	74.97
10	Amelogen Universal TY	178.1	83.3
11	Vitalescence TF	178.3	91.63
12	Vitalescence TI	282.4	99.96

Tabla XIX. Fabricante **Dentsply**.

Nº	Nombre Composite	Mediana	Percentil
1	Esthet X A1	17.5	25
2	Esthet X A2	24.4	50
3	Esthet X YE	50.5	75
4	Esthet X CE	60.6	100

Tabla XX. Fabricante **3M**.

Nº	Nombre Composite	Mediana	Percentil
1	Filtek Supreme Dentin B3	6.3	20
2	Filtek A110 Dentin A3	15.4	40
3	Filtek Supreme BodyA3	17.5	60
4	Filtek Supreme Enamel A2	25.1	80
5	Filtek Supreme YT	77.0	100

Tabla XXI. Fabricante **SDI**.

Nº	Nombre Composite	Mediana	Percentil
1	Glacier Dentin OA3	18.3	20
2	Glacier Dentin OA2	19.3	40
3	Glacier Enamel A2	26.7	60
4	Glacier Enamel A3	30.6	80
5	Ice Enamel I	63.5	100

Tabla XXII. Fabricante **Kerr**.

Nº	Nombre Composite	Mediana	Percentil
1	Point 4 A3	59.9	50
2	Point 4 T1	120.5	100

Tabla XXIII. Fabricante **Coltène**.

Nº	Nombre Composite	Mediana	Percentil
1	Brilliant Dentin A3	22.0	20
2	Brilliant Enamel A3	53.2	40
3	Brilliant Incisal	84.4	60
4	Miris Enamel NR	98.7	80
5	Synergy Transparent	177.2	100

Tabla XXIV. **Variables estadísticas generales, medidas para cada fabricante y para el total.** También se muestra la aplicación del Test-t para translucidez de fabricantes v/s translucidez del total.

	Ivoclar- Vivadent	Voco	Ultradent	Dentsply	3M	SDI	Kerr	Coltène	Total
<b>Cantidad</b>	13	5	12	4	5	5	2	5	51
<b>Promedio</b>	49.9	98.1	110.3	38.3	28.3	31.7	90.2	87.1	69.2
<b>Desviación</b>	66.0	43.6	76.2	20.6	28.1	18.5	42.9	58.4	62.8
<b>Test-t (%)</b>	<b>17.87</b>	<b>11.40</b>	<b>5.21</b>	<b>2.44</b>	<b>1.30</b>	<b>0.33</b>	<b>30.64</b>	<b>27.30</b>	

Gráfico 2. Translucidez Resinas Compuestas Ivoclar-Vivadent.

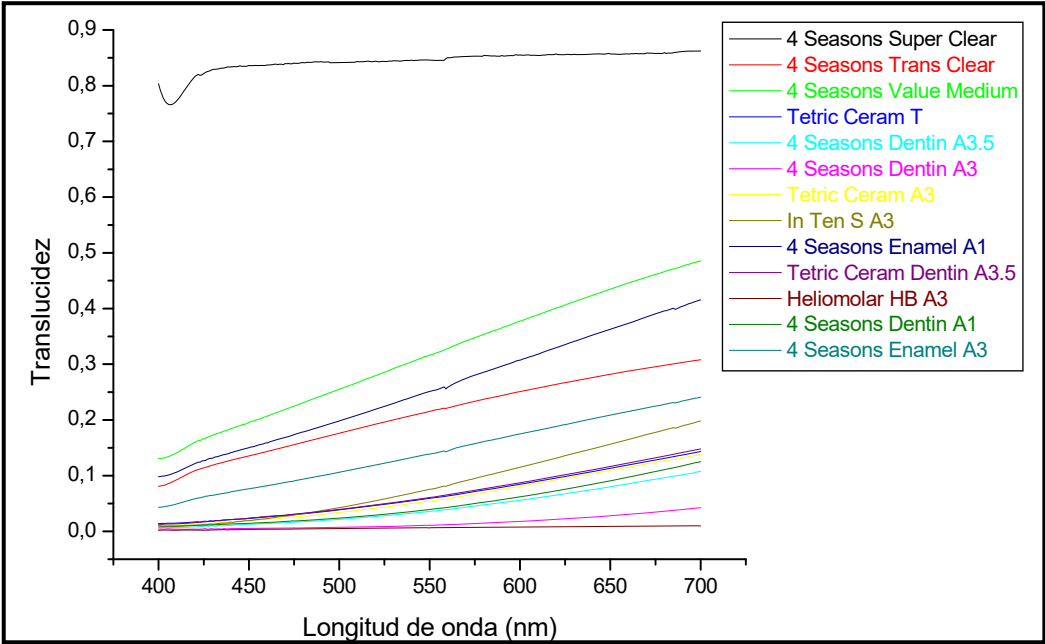


Gráfico 3. Translucidez Resinas Compuestas Voco.

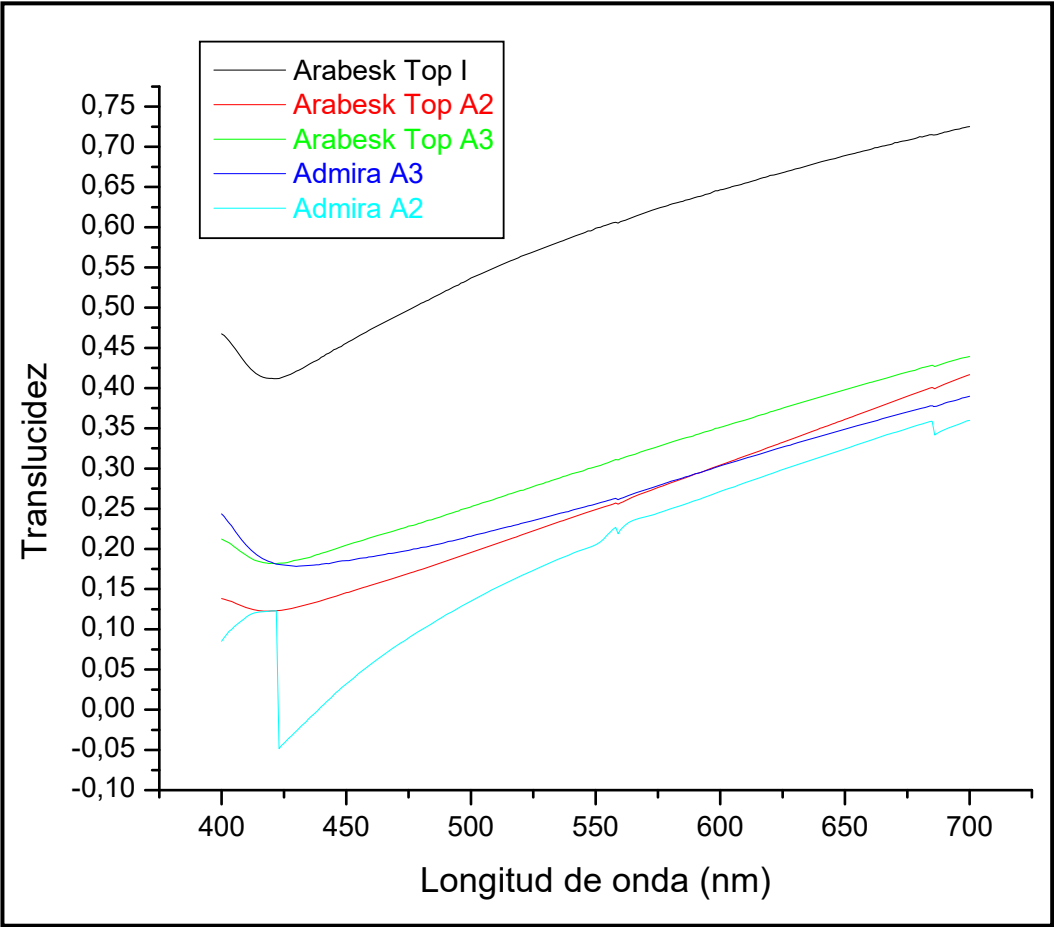


Gráfico 4. Translucidez Resinas Compuestas **Ultradent**.

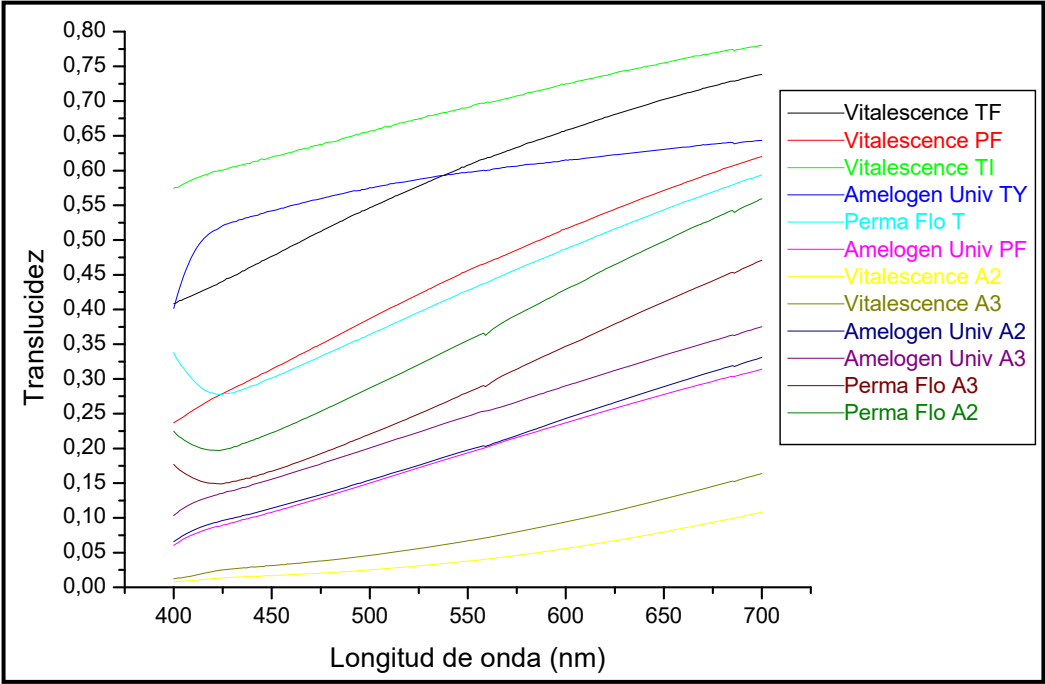


Gráfico 5. Translucidez Resinas Compuestas **Dentsply**.

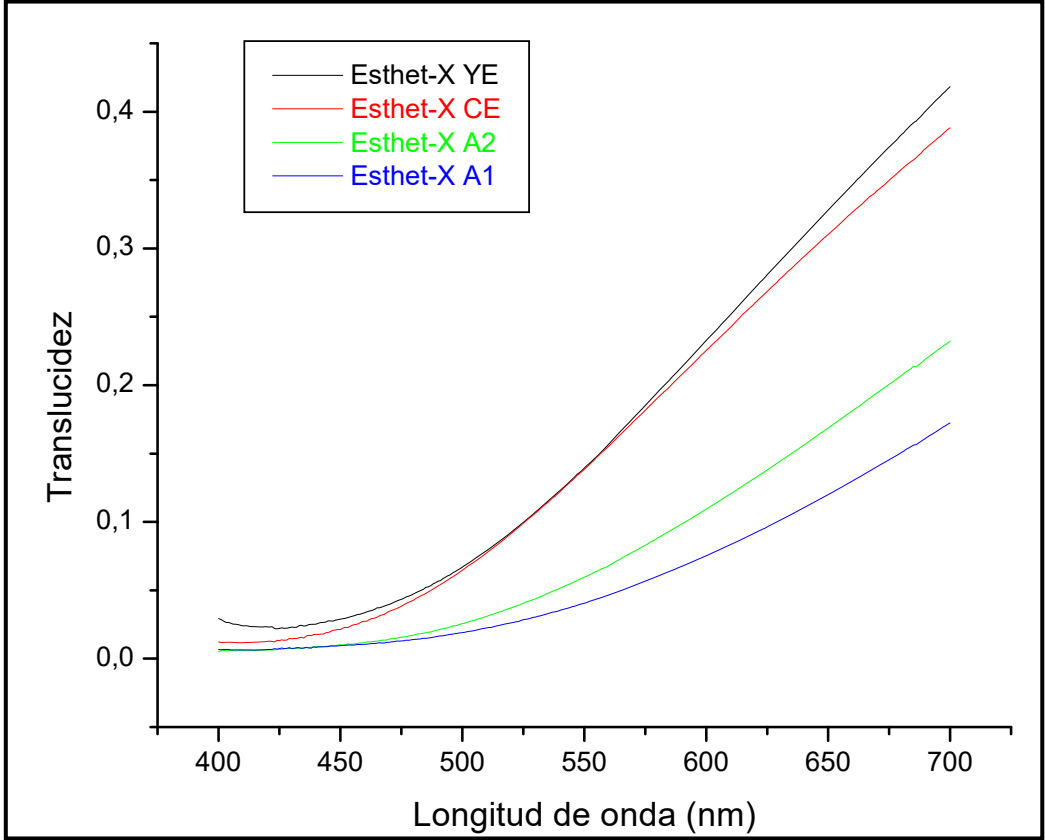


Gráfico 6. Translucidez Resinas Compuestas 3M.

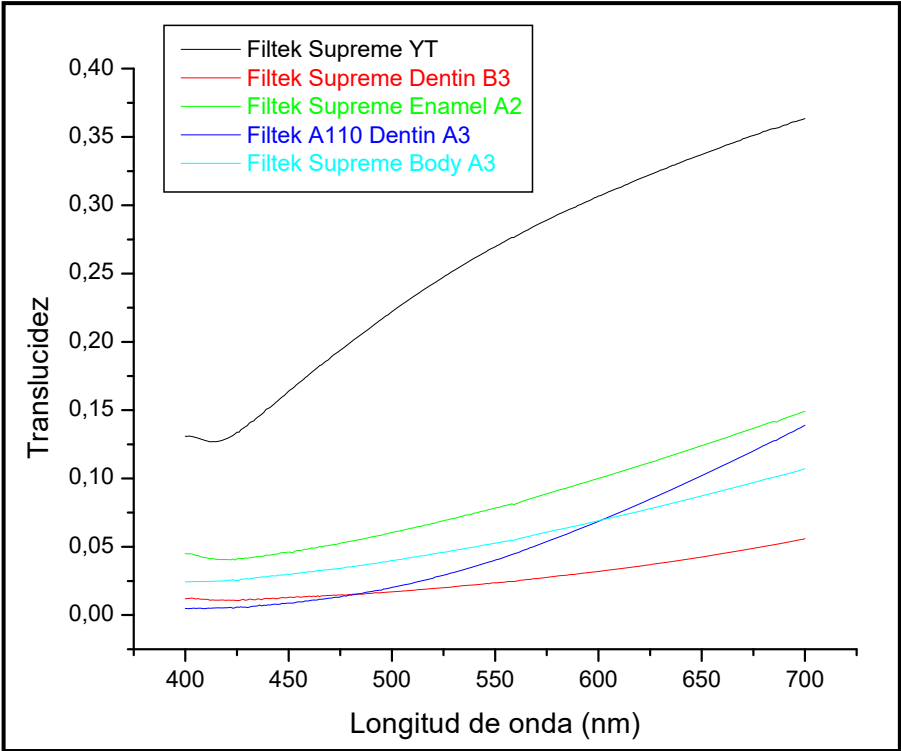


Gráfico 7. Translucidez Resinas Compuestas SDI.

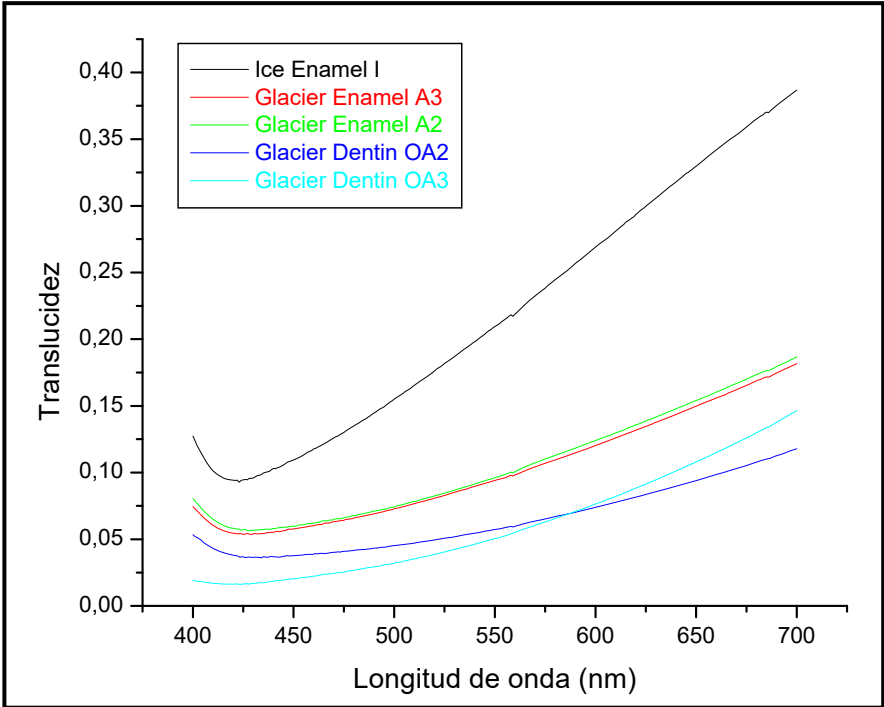


Gráfico 8. Translucidez Resinas Compuestas **Kerr**.

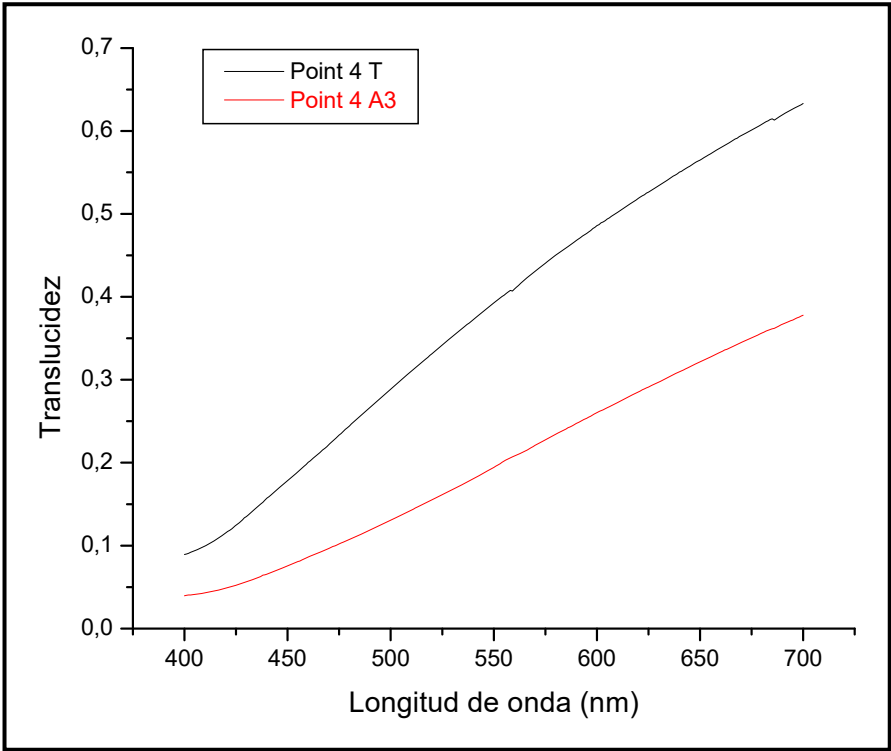
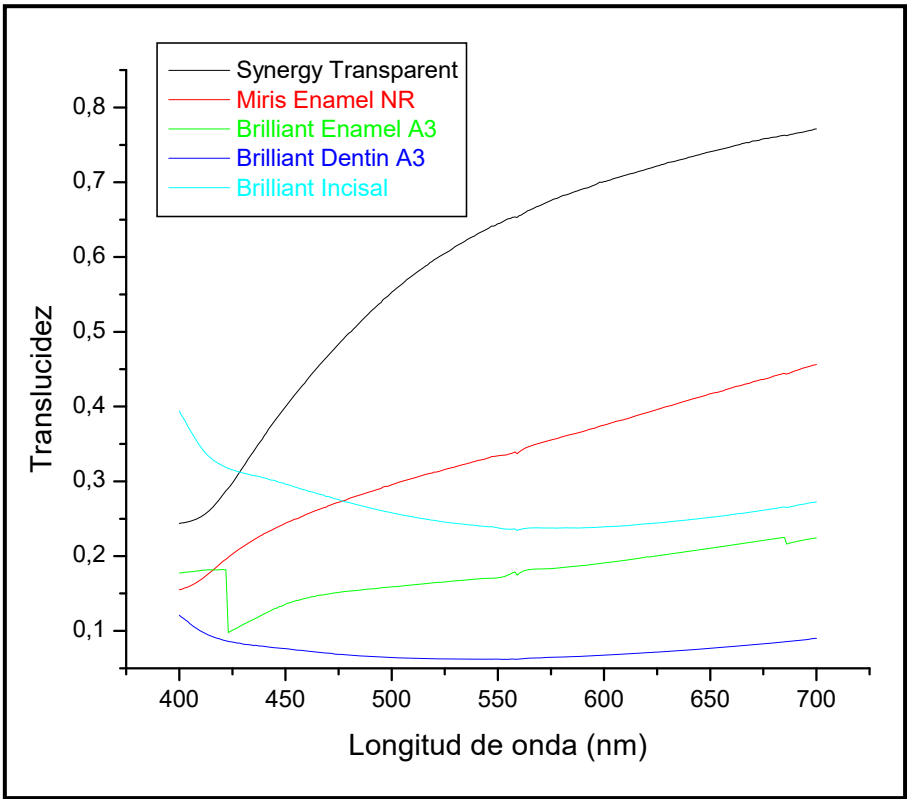


Gráfico 9. Translucidez Resinas Compuestas **Coltène**.



## DISCUSIÓN

Considerando la falta de estudios relacionados con la evaluación de la Translucidez de la Resinas Compuestas, surge la necesidad de constituir el primer intento de evaluación de esta propiedad óptica.

Actualmente en el mercado existe una amplia gama de resinas compuestas comercializadas, las cuales difieren en sus propiedades ópticas, presentando diferencias de translucidez entre ellas, lo cual debiera considerarse durante el proceso restaurativo. Este estudio adquiere importancia clínica en el momento de selección de las diferentes resinas compuestas a utilizar en las restauraciones de nuestros pacientes, para satisfacer las altas exigencias estéticas de ellos y obtener así restauraciones naturales e imperceptibles.

El esmalte del diente natural es un tejido con propiedades de translucidez bastante elevadas, especialmente en pacientes jóvenes en los cuales existe un esmalte relativamente intacto, que aún no ha sufrido el desgaste propio de la edad, por lo tanto, presentan un esmalte de mayor grosor y un borde incisal e interproximal identificable.

Las Resinas Compuestas: Vitalescence TY (Ultradent), Vitalescence TI (Ultradent), 4 Seasons Super Clear (Ivoclar-Vivadent), Vitalescence TF (Ultradent), Amelogen Universal TY (Ultradent), Synergy Transparent (Coltène), Arabesk Top I (Voco), Vitalescence PF (Ultradent), Perma Flo T (Ultradent), Point 4 TI (Kerr), Perma Flo A2 (Ultradent) y Miris Enamel NR (Coltène), presentan una **translucidez muy alta**, por lo que se recomendaría su uso en restauraciones de pacientes jóvenes que presenten bordes incisales e interproximales marcados, con una translucidez muy elevada. Pero, por otra parte, la utilización de estos materiales, según Cattaruzza (2002), estaría restringido a **pequeños espesores**, ya que aumentando el espesor se reduce levemente el valor y aumenta el croma, por lo tanto, la aplicación de composites altamente translúcidos, en espesores cavitarios relativamente grandes, podría atorgar un resultado final inadecuado, obteniéndose una restauración de color demasiado gris.

El uso inadecuado de estos materiales puede otorgar un efecto de excesiva transparencia más que de translucidez. Necesariamente deberíamos considerar la afirmación sustentada por Cattaruzza (2002), que explicaría que el esmalte puede proporcionar un aspecto diverso, de relativa translucidez o de opalescencia, pero muy rara vez de **absoluta transparencia**, sólo en espesores muy delgados, como son los observados en los bordes incisales de pacientes jóvenes donde apreciamos un efecto incisal gris-azulado.

Dentro de este grupo, los composites Vitalescence TY (Ultradent), Vitalescence TI (Ultradent) y 4 Seasons Super Clear (Ivoclar-Vivadent), poseen los grados más elevados de translucidez. Debido a sus propiedades ópticas más cercanas a la transparencia, no indicaríamos su uso. Como afirma Cattaruzza (2002): “el **esmalte no es transparente**, y si lo fuese, no habría razón de cubrir la dentina con algo transparente, es decir, no visible”.

Las Resinas Compuestas: 4 Seasons Value Medium (Ivoclar-Vivadent), Arabesk Top A3 (Voco), Perma Flo A3 (Ultradent), Brilliant Incisal (Coltène), Admira A3 (Voco), Filtek Supreme YT (3M), Arabesk Top A2 (Voco), Amelogen Universal A3 (Ultradent), 4 Seasons Enamel A1 (Ivoclar-Vivadent) y Admira A2 (Voco), presentan una **translucidez alta**, por lo que se recomendaría su uso en restauraciones de pacientes jóvenes que presenten bordes

incisales e interproximales, con una translucidez alta. Coincidiendo con lo citado por Sekine y cols. (1975), en relación a la clasificación de translucidez, estarían indicado para restaurar dientes pertenecientes a la clasificación tipo C.

Debe evaluarse cuidadosamente el sustrato sobre el cual se aplican estos materiales, debido al hecho, de que por sus características de marcada translucidez, se representa fuertemente el color del fondo sobre el cual viene estratificado. Explicado por Cattaruzza (2002), este fenómeno es más sensible para un composite translúcido, que es más transparente (esmalte), antes que para un material opaco (dentina).

Las Resinas Compuestas: 4 Seasons Trans Clear (Ivoclar-Vivadent), Ice Enamel I (SDI), Esthet X CE (Dentsply), Amelogen Universal A2 (Ultradent), Point 4 A3 (Kerr), Amelogen Universal PF (Ultradent), Brilliant Enamel A3 (Coltène), Esthet X YE (Dentsply), 4 Seasons Enamel A3 (Ivoclar-Vivadent) y Glacier Enamel A3 (SDI), presentan una **translucidez media**. Según Merriam Webster (1995), la *semitransparencia* y *semiopacidad* se conocen como translucidez, por lo tanto, se recomendaría el uso de estos composites en restauraciones de pacientes cuyos dientes presenten una translucidez intermedia. Podrían ser utilizados en una técnica de estratificación sin la necesidad de una última capa de composite translúcido, es decir, pueden ser aplicados como un material único, variando solamente los tonos y el espesor en relación a la zona del diente a restaurar, debido a que, composites opalescentes pueden otorgar efecto de translucidez si están en espesores delgados (Cattaruzza, 2002). Según lo citado por Sekine y cols. (1975), estos composites estarían indicados para restauraciones de dientes clasificados como tipo B.

Las Resinas Compuestas: Glacier Enamel A2 (SDI), In Ten S A3 (Ivoclar-Vivadent), Filtek Supreme Enamel A2 (3M), Esthet X A2 (Dentsply), Vitalescence A3 (Ultradent), Brilliant Dentin A3 (Coltène), Tetric Ceram T (Ivoclar-Vivadent), Tetric Ceram Dentin A3,5 (Ivoclar-Vivadent), Glacier Dentin OA2 (SDI) y Tetric Ceram A3 (Ivoclar-Vivadent), poseen una **translucidez baja**. En el caso de la utilización de estos composites en pacientes jóvenes, se recomienda necesariamente la aplicación de una capa final de composite de alta translucidez, para la reproducción natural de bordes incisales e interproximales. En restauraciones de pacientes de mayor edad, se recomienda su uso considerando siempre si es necesario o no, la utilización de una capa final de resina compuesta de mayor translucidez. De acuerdo a la clasificación de translucidez propuesta por Sekine y cols. (1975), este grupo de resinas compuestas se aplicarían a los dientes tipo A.

La aplicación de los diferentes grados de translucidez de las resinas compuestas estudiadas, debe complementarse por lo sugerido por Touati (2000), considerando los datos no sólo de la extensión de las áreas translúcidas, sino también de su tonalidad y la evaluación de la translucidez general del esmalte dental en las superficies vestibular y lingual.

Las Resinas Compuestas: Glacier Dentin OA3 (SDI), Esthet X A1 (Dentsply), Filtek Supreme Body A3 (3M), Filtek A110 Dentin A3 (3M), 4 Seasons Dentin A1 (Ivoclar-Vivadent), 4 Seasons Dentin A3,5 (Ivoclar-Vivadent), Vitalescence A2 (Ultradent), Filtek Supreme Dentin B3 (3M), 4 Seasons Dentin A3 (Ivoclar-Vivadent) y Heliomolar HB A3 (Ivoclar-Vivadent), presentan una **translucidez muy baja**. Se recomendaría su aplicación en restauraciones de gran espesor cavitario, como composite dentinario, dado que, como lo explica Cattaruzza (2002), un composite menos translúcido, que posee un relleno mayor, consiente una reproducción más próxima del color del diente. Siguiendo con la estratificación, sería

indispensable la utilización de una delgada capa de composite más translúcido, para reducir el valor aumentado, producto de la utilización previa del composite “dentinario” de valor alto. También se sugeriría la aplicación de estas resinas compuestas de mayor opacidad para enmascarar un “fondo” cromático significativo, es decir, decoloraciones de la dentina (dentina esclerótica, teñida por amalgama) y en cavidades clase IV, donde se observa la presencia directa del fondo oscuro de la boca, entre otros. Cattaruzza (2002) válida esta proposición, afirmando que estas situaciones alteran por síntesis sustractiva el color del composite, proporcionalmente a su translucidez, haciendo necesaria la utilización de un composite opaco.

Los materiales de restauración estética, deberían permitir a los Odontólogos imitar fielmente las propiedades ópticas de los tejidos naturales proporcionalmente a su espesor, por lo tanto, se requiere que los fabricantes suministren materiales de dentina, esmalte y caracterizaciones cuyos colores y niveles de translucidez estén coordinados entre sí y con los tejidos dentarios. El Odontólogo debería tener en consideración las diferencias de translucidez existentes entre resinas compuestas indicadas para restaurar dentina y esmalte y según el fabricante que las comercializa.

En este estudio encontramos composites clasificados como Esmalte con elevado grado de opacidad, más próximos al grupo de composites Dentina, como son el Tetric Ceram T (Ivoclar –Vivadent), Filtek Supreme Enamel A2 (3M), Glacier Enamel A2 (SDI) y Glacier Enamel A3 (SDI). Lo que se contrapone con el uso recomendado por el fabricante y a lo expresado por Cattaruzza (2002): “Los composites Dentina son más opalescentes porque poseen más relleno y los composites Esmalte son más translúcidos porque poseen un relleno menor”.

Observamos que el composite Tetric Ceram T del fabricante Ivoclar-Vivadent, indicado como translúcido, posee una baja translucidez en relación a materiales de última generación del mismo fabricante como es el 4 Seasons Super Clear y el 4 Seasons Value Médium, esto puede deberse al desarrollo de nuevas tecnologías en la fabricación de Resinas Compuestas, es decir, los composites más modernos como afirma Dietschi (2001), poseen una translucidez y opalescencia esencial para reproducir las reflexiones típicas del tercio incisal, predominante en pacientes jóvenes.

En documentación científica de la empresa Ivoclar-Vivadent, encontramos que el composite 4 Seasons Super Clear (última generación), es evaluado como el composite con mayor porcentaje de translucidez dentro de su línea de productos, lo que concuerda con lo expuesto en este estudio.

Los resultados obtenidos en relación a la translucidez de las resinas compuestas indicadas por el fabricante como multipropósito, indican que este grupo presenta en promedio una translucidez mayor que las resinas compuestas del grupo dentina. Dentro de este grupo destaca la alta translucidez que presentan los composites; Arabesk Top A3 (Voco), Perma Flo A3 (Ultradent), Admira A3 (Voco), Arabesk Top A2 (Voco), Amelogen Universal A3 (Ultradent) y Admira A2 (Voco), y la translucidez muy alta que presenta el composite Perma Flo A2 (Ultradent).

Para ejemplificar lo inesperado de estos resultados podríamos señalar al composite multipropósito Arabesk Top A3 (Voco), el cual presenta una translucidez mayor que el composite Brilliant Incisal (Ultradent), indicado para restauraciones de esmalte.

Dentro de este estudio, también apreciamos diferencias de translucidez de las Resinas Compuestas según el fabricante que las comercializa, encontrando que las Resinas Compuestas comercializadas por Dentsply, 3M y SDI poseen en promedio una translucidez menor que el promedio de translucidez de los composites de los otros fabricantes evaluados. Estos resultados no significarían que las resinas compuestas de estos fabricantes sean inadecuadas, sino, que debieran ser correctamente utilizadas, evaluando el espesor y el tejido dentario a restaurar. La falta de translucidez de las resinas compuestas no es necesariamente una desventaja, como sí lo es la falta de fluorescencia de estos materiales.

Dentro de las limitaciones en la realización de este estudio, se encuentran errores propios del instrumento de medición (espectrofotómetro), como fue la presencia de valores negativos de translucidez, que se pueden calificar como lecturas “falsas”. Para corregir esta falencia propia del instrumento se realizaron varias mediciones por cada resina compuesta evaluada, para obtener finalmente resultados válidos.

Dentro de las dificultades en la realización de este estudio fue la inexistencia de estudios previos de evaluación de la translucidez de las resinas compuestas, por lo cual, no contamos con publicaciones válidas que guiaran este estudio, como parámetro de comparación en relación a nuestros resultados, por este motivo, contamos principalmente con información proporcionada por los mismos fabricantes de las resinas compuestas. Por lo tanto, el diseño de este estudio se basó principalmente según la metodología del Profesor Víctor Vargas, especialista en Óptica.

Otra dificultad encontrada en la realización de este estudio fue la imposibilidad de utilizar el instrumento de corte dentario (existente en el laboratorio de Investigación de la Facultad de Odontología, de la Universidad de Valparaíso), lo cual nos hubiera permitido obtener cortes dentarios adecuados, netos y calibrados, para la posterior evaluación de su translucidez, y de esta forma, haber contrareestado con los resultados de las resinas compuestas.

## CONCLUSIONES

Las Resinas Compuestas comercializadas actualmente en Chile poseen diferentes grados de translucidez, como describiremos a continuación.

Las Resinas Compuestas: Vitaescence TY (Ultradent), Vitaescence TI (Ultradent), 4 Seasons Super Clear (Ivoclar-Vivadent), Vitaescence TF (Ultradent), Amelogen Universal TY (Ultradent), Synergy Transparent (Coltène), Arabesk Top I (Voco), Vitaescence PF (Ultradent), Perma Flo T (Ultradent), Point 4 TI (Kerr), Perma Flo A2 (Ultradent) y Miris Enamel NR (Coltène), presentan una **translucidez muy alta**, encontrándose sobre el **80%** del total de los composites evaluados.

Las Resinas Compuestas: 4 Seasons Value Medium (Ivoclar-Vivadent), Arabesk Top A3 (Voco), Perma Flo A3 (Ultradent), Brilliant Incisal (Coltène), Admira A3 (Voco), Filtek Supreme YT (3M), Arabesk Top A2 (Voco), Amelogen Universal A3 (Ultradent), 4 Seasons Enamel A1 (Ivoclar-Vivadent) y Admira A2 (Voco), presentan una **translucidez alta**, encontrándose entre el **60-80%** del total de los composites evaluados.

Las Resinas Compuestas: 4 Seasons Trans Clear (Ivoclar-Vivadent), Ice Enamel I (SDI), Esthet X CE (Dentsply), Amelogen Universal A2 (Ultradent), Point 4 A3 (Kerr), Amelogen Universal PF (Ultradent), Brilliant Enamel A3 (Coltène), Esthet X YE (Dentsply), 4 Seasons Enamel A3 (Ivoclar-Vivadent) y Glacier Enamel A3 (SDI), presentan una **translucidez media**, encontrándose entre el **40-60%** del total de los composites evaluados.

Las Resinas Compuestas: Glacier Enamel A2 (SDI), In Ten S A3 (Ivoclar-Vivadent), Filtek Supreme Enamel A2 (3M), Esthet X A2 (Dentsply), Vitaescence A3 (Ultradent), Brilliant Dentin A3 (Coltène), Tetric Ceram T (Ivoclar-Vivadent), Tetric Ceram Dentin A3,5 (Ivoclar-Vivadent), Glacier Dentin OA2 (SDI) y Tetric Ceram A3 (Ivoclar-Vivadent), poseen una **translucidez baja**, encontrándose entre el **20-40%** del total de los composites evaluados.

Las Resinas Compuestas: Glacier Dentin OA3 (SDI), Esthet X A1 (Dentsply), Filtek Supreme Body A3 (3M), Filtek A110 Dentin A3 (3M), 4 Seasons Dentin A1 (Ivoclar-Vivadent), 4 Seasons Dentin A3,5 (Ivoclar-Vivadent), Vitaescence A2 (Ultradent), Filtek Supreme Dentin B3 (3M), 4 Seasons Dentin A3 (Ivoclar-Vivadent) y Heliomolar HB A3 (Ivoclar-Vivadent), presentan una **translucidez muy baja**, encontrándose bajo el **20%** del total de los composites evaluados.

En este estudio las Resinas Compuestas fueron divididas en tres grupos según la aplicación sugerida por el fabricante:

- **Resinas Compuestas dentina:** 4 Seasons Dentin A3 (Ivoclar-Vivadent), Filtek Supreme Dentin B3 (3M), 4 Seasons Dentin A3,5 (Ivoclar-Vivadent), 4 Seasons Dentin A1 (Ivoclar-Vivadent), Filtek A110 Dentin A3 (3M), Filtek Supreme Body A3 (3M), Glacier Dentin OA3 (SDI), Glacier Dentin OA2 (SDI), Tetric Ceram Dentin A3,5 (Ivoclar-Vivadent), Brilliant Dentin A3 (Coltène).

- **Resinas Compuestas esmalte:** Tetric Ceram T (Ivoclar-Vivadent), Filtek Supreme Enamel A2 (3M), Glacier Enamel A2 (SDI), Glacier Enamel A3 (SDI), 4 Seasons Enamel A3

(Ivoclar-Vivadent), Esthet-X YE (Dentsply), Brilliant Enamel A3 (Ultradent), Amelogen Universal PF (Ultradent), Esthet-X CE (Dentsply), Ice Enamel I (SDI), 4 Seasons Trans Clear (Ivoclar-Vivadent), 4 Seasons Enamel A1 (Ivoclar-Vivadent), Filtek Supreme YT (3M), Brilliant Incisal (Coltène), 4 Seasons Value Medium (Ivoclar-Vivadent), Miris Enamel NR (Coltène), Point 4 T1 (Kerr), Perma Flo T (Ultradent), Vitalescence PF (Ultradent), Arabesk Top I (Voco), Synergy Transparent (Coltène), Amelogen Universal TY (Ultradent), Vitalescence TF (Ultradent), 4 Seasons Super Clear (Ivoclar-Vivadent), Vitalescence TI (Ultradent), Vitalescence TY (Ultradent).

- **Resinas Compuestas multipropósito:** Heliomolar HB A3 (Ivoclar-Vivadent), Vitalescence A2 (Ultradent), Esthet-X A1 (Dentsply), Tetric Ceram A3 (Ivoclar-Vivadent), Vitalescence A3 (Ultradent), Esthet-X A2 (Dentsply), In Ten S A3 (Ivoclar-Vivadent), Point 4 A3 (Kerr), Amelogen Universal A2 (Ultradent), Admira A2 (Voco), Amelogen Universal A3 (Ultradent), Arabesk Top A2 (Voco), Admira A3 (Voco), Perma Flo A3 (Ultradent), Arabesk Top A3 (Voco), Perma Flo A2 (Ultradent).

En relación a lo anterior, podemos concluir que las tres distribuciones son significativamente diferentes en cuanto a su promedio de translucidez, es decir, las resinas compuestas propuestas por los fabricantes presentan en promedio, una translucidez que es significativamente diferente según el uso especificado por el fabricante.

Las resinas compuestas esmalte poseen una **translucidez mayor** que las resinas compuestas indicadas como dentina y multipropósito. Las resinas compuestas dentina poseen una **translucidez menor** que las resinas compuestas multipropósito.

Con respecto a la comparación entre las resinas compuestas multipropósito y la unión de las resinas compuestas para dentina y esmalte, los resultados indican que no son significativamente diferentes en su promedio, es decir, las resinas compuestas propuestas por los fabricantes para todo propósito presentan, en promedio, una **translucidez similar** a la del conjunto de todas las resinas compuestas, sin importar su propósito recomendado.

Las Resinas Compuestas evaluadas de los fabricantes: **SDI** (Glacier y Ice), **3M** (Filtek Supreme y Filtek A110) y **Dentsply** (Esthet-X) presentan, en promedio, una translucidez significativamente **menor** al promedio de la translucidez del total de las resinas compuestas evaluadas.

Los fabricantes: **Kerr** (Point 4), **Coltène** (Brilliant, Miris y Synergy), **Ivoclar-Vivadent** (Heliomolar, In Ten S, 4 Seasons y Tetric Ceram), **Voco** (Admira y Arabesk) y **Ultradent** (Amelogen Universal, Perma Flo y Vitalescence), no presentaron diferencias significativas del promedio de translucidez de sus resinas compuestas comparadas con la translucidez promedio de todas las resinas compuestas evaluadas.

En la evaluación de la translucidez de las Resinas Compuestas por fabricante, los resultados indican que composite esmalte poseen mayor translucidez que composite dentina, indicado por el fabricante que los comercializa. A su vez, los composite multipropósito poseen una mayor translucidez que los composite dentina.

**Finalmente podemos concluir que la hipótesis es probada.**

## SUGERENCIAS

El presente trabajo de investigación puede servir de referencia y guía para la realización de nuevos estudios relacionados con el tema.

Sería interesante realizar un estudio que compare la translucidez de las resinas compuestas con la translucidez de los tejidos dentarios, esmalte y dentina, In Vitro e In Vivo, para lo cual sería necesario contar con instrumentos, que permitan la realización de cortes dentarios exactos y que estén disponibles para futuras investigaciones.

También sería importante establecer si existen o no diferencias de translucidez en las resinas compuestas según su consistencia (fluidas, media y empacables).

Es necesario un estudio exhaustivo de evaluación de las propiedades físicas de las resinas compuestas translúcidas, analizando su formulación y combinación de relleno-resina, para así verificar si únicamente varían sus propiedades ópticas y conservan sus propiedades de manipulación, físicas y químicas.

Es indispensable que los fabricantes de resinas compuestas, entreguen valores reales de las propiedades ópticas (translucidez, fluorescencia y color), elaborados por laboratorios externos e independientes. De esta forma obtendríamos valores estandarizados.

Finalmente sería valiosa la realización de un estudio evaluando si existen diferencias de translucidez entre los diferentes tonos de resinas compuestas.

## RESUMEN

La creciente demanda de restauraciones estéticas y la búsqueda de materiales de restauración imperceptibles han conducido a un gran desarrollo de los materiales de composites en los últimos años. Los fabricantes dentales han desarrollado modernos materiales de resinas compuestas que pretenden imitar las características ópticas del diente natural. Debido a este motivo y a la falta de estudios previos, surge la necesidad de un estudio acabado de la **Translucidez** de las resinas compuestas comercializadas actualmente en Chile.

En este estudio se recolectaron 52 Resinas Compuestas de diferentes fabricantes, marcas y tonos, de las cuales se confeccionaron muestras estándar, para el análisis de su translucidez, mediante el uso de un espectrofotómetro. Las Resinas Compuestas fueron evaluadas entre sí y separadas en grupos según la indicación de uso del fabricante (composite esmalte, dentina y multipropósito) y su casa comercial.

Los resultados obtenidos indicaron que las Resinas Compuestas actualmente comercializadas en Chile poseen diferentes grados de Translucidez entre ellas. Las resinas compuestas esmalte poseen una translucidez mayor que las resinas compuestas indicadas como dentina y multipropósito. Las resinas compuestas dentina poseen una translucidez menor que las resinas compuestas multipropósito.

Las resinas compuestas de los fabricantes SDI, 3M y Dentsply presentan, en promedio, una translucidez significativamente menor al promedio de la translucidez del total de las resinas compuestas evaluadas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayer, W.A.; Moser, J.B.; Naleway, C.A.; y Wozniak, W.T. (1985). Color vision in dentistry: A survey Journal of American Dental Association; 110: 509-510.
- Baratieri, L.; Chain, M. Restauraciones estéticas con resinas compuestas en dientes posteriores. Brasil: Sao Paulo: Artes Médicas, 2001; pp. 12-20.
- Barry, G.D; Kenneth, W.A. Fundamentos de Estética. En: Odontología Estética. Diorki. Madrid: Ediciones Harcourt, 2002; pp. 27-31.
- Boencke, K.M.; Hemmendinger, H.; O'Brien, W.J. (1997). Color distribution of three regions of extracted human teeth. Dent Mater; 13: 179-185.
- Boencke, K.M.; Groh, C.L.; O'Brien, W.J. (1991). Coverage errors of two shade guides. J. Prosthodont; 4: 45-50.
- Calvo, B; Cueto, R; García del Amo, D; García, E.; y Vladimirovich, E. Luminiscencia. Universidad Politécnica de Madrid. 1996. Disponible en: [http://edison.upc.es/curs/llum/luz\\_vision/luz.html](http://edison.upc.es/curs/llum/luz_vision/luz.html)
- Castro, M. Propagación de la Luz. 1999 [consultado 12/04/2004] Disponible en: [http://members.tripod.com/~Mauve\\_Ciel/propagacion.html](http://members.tripod.com/~Mauve_Ciel/propagacion.html)
- Cattaruzza, M. Il Colore. En: Odontoiatria Conservativa Restauri Adesivi Diretti Fondamenti sul Colore e sue Applicazioni. Italia: Promoden, 2002; pp.112-189.
- Chevitarese, O.; Fernandez, C.P. (1991). The orientation and direction of rods in dental enamel. J. Prosthet. Dent; 65:793-800.
- Craig, G. Propiedades ópticas, térmicas y eléctricas. En: Materiales de Odontología Restauradora. España: Madrid: Harcourt - Brace, 1998; pp.30-38.
- Dietschi, D. (2001). Layering concepts in anterior composite restorations. J. Adhes. Dent.; 3:71-80.
- Dos Santos, P; Conti, E; Fernando, U; Salet, M. Princípios Físicos e Ópticos da luz aplicados aos Dentes Naturais. Revista Dentística On Line [revista electrónica] 2001 Oct-Dic [consultado 20/04/2004]. Disponible en: <http://www.ufsm.br/dentisticaonline>
- Eisenmann, D.R. (1998). Enamel structure. In: Oral Histology. Development, Structure and Function. AR Ten Cate editor. St Louis: Mosby, pp. 218-235.
- Engel, E.; Setz, J. (1994). Klinische untersuchungen zur Fabstabilitat von Verblendkunststoffen. Deutsche Zahnarztl; 49: 735-7.

- Ferreira, D.; Monard, L. (1991). Measurements of espectral reflectance and colorimetric properties of Vita shade guides. J Dent Assoc. South Africa; 46: 63-65.
- García, J. El Proceso Visual y sus Características. 2000 [consultado 19/05/2004]. Disponible en: [http://edison.upc.es/curs/lum/luz\\_vision/p\\_visual.html](http://edison.upc.es/curs/lum/luz_vision/p_visual.html)
- González, M. Dispersión de la luz. Facultad de Física Universidad de Sevilla. 2000 [consultado 10/05/2004]. Disponible en: <http://www.us.es/fisica/dispersionluz.htm>
- González, S.; Haro, P. Opalescencia, Translucidez y Fluorescencia. 2002 [consultado 20/08/2004]. Disponible en: [http://www .tecnicadental.com/articulos/100902.asp](http://www.tecnicadental.com/articulos/100902.asp)
- Halliday, D; Kenneth, S.; Resnick, R. Óptica. En: Física. Wiley, J. Ciudad de México: Editorial Continental, 2002, pp 347-479.
- Hasegawa, A.; Ikeda, I.; Kawaguchi, S. (2000). Color and translucency of in vivo natural central incisors. J. Prosthet Dent.; 83: 418-23.
- Henríquez, B. La luz sin llamas: breve historia de la luminiscencia. 1997 [consultado 09/05/2004]. Disponible en: <http://eyt.cubasolar.cu/energia/Energia14/HTML/articulo07.htm>
- Kim, C.W.; Lee, Y.K.; Lim, C.W.; y Powers, J.M. (2001). Comparison of color of Resin Composites of white and translucent shades with two shade guides. J. Esthet Restor Dent.; 13:179-186.
- Loh, T.; Salazar, C.; Wu, K. The Optics. 2000 [consultado 06/06/2004]. Disponible en: [http://library.thinkquest.org/c003776/español/book/cl\\_preliminares.htm](http://library.thinkquest.org/c003776/español/book/cl_preliminares.htm)
- Mayekar, S.M. (2001). Shades of a Color, Ilusion or reality. Dental Clinics of North America; 45: 155-172.
- Merriam-Webster. Merriam-Webster's Collegiate Dictionary 10th Edition. Springfield, MA, USA. 1995 [consultado 20/06/2004]. Disponible en: <http://www.noteaccess.com>
- Miara, P.; Nathanson, D.; Touati, B. Odontología estética y restauraciones cerámicas. España: Masson, 2000; pp. 40-67.
- Miranda, E. Manual de Óptica. 2002 [consultado 22/08/2004]. Disponible en: [http://www .soko.com.ar/Fisica/luz.htm](http://www.soko.com.ar/Fisica/luz.htm)
- Phillips, I.W.; Ralph, W. Propiedades físicas de los materiales dentales. En: La ciencia de los materiales dentales de Skinner. México, D.F.: Interamericana, 1998; pp.16-44.
- Poblete Pérez Andrea; Rubio Aguilar Rodrigo. Evaluación del efecto de Fluorescencia en Resinas Compuestas. Tesis (Título de Cirujano-Dentista). Valparaíso. Chile. Universidad de Valparaíso. Facultad de Odontología. 2003; p. 44.
- Ruiz, J. Dispersión de la luz. Instituto Julio Rey Pastor (Albacete) 1999 [consultado 21/04/2004]. Disponible en: <http://acacia.pntic.mec.es/~jrui27/dispersion/arcoiris.html>

- Ruiz, J. Naturaleza de la luz. Instituto Julio Rey Pastor (Albacete) 1999 [consultado 21/04/2002]. Disponible en: <http://acacia.pntic.mec.es/~jruiz27/interf/young.htm>
- Ruiz, J. Reflexión de la luz: Ley de Snell. Instituto Julio Rey Pastor (Albacete) 1999 [consultado 21/04/2004]. Disponible en: <http://acacia.pntic.mec.es/~jruiz27/light/refracciones.html>
- Schroeder, H.E. (1991). Oral Structural Biology New York: Thieme.
- Sim, C.P.; Teo, J.; Yap, A.U. (2001). Color perception among different dental personnel. J. Operative Dentistry; 26: 435-439.
- Sproull, R.C. (1974). Color matching in dentistry. Color control. J. Prosthet. Dent; 31: 146-154
- Steenbecker, O. Óptica, color y colorimetría en Odontología Restauradora Estética Directa. Oct 1998.
- Torneck, C.D. (1998). Dentin pulp complex. In: Oral Histology. Development, Structure and Function. AR Ten Cate. St. Louis: Mosby, pp. 150-196.
- Uchida, H.; Vaidyanathan, J.; Vaidyanathan, T.; Viswanadham, T. (1998). Color stability of dental composites as a function of shade. J. Prosthet Dent; 79: 372-7.
- Vanini, L. (1996): Light and color in anterior composite restorations. Practical Periodont & Aesthet Dent; 8: 673-682.



# **ANEXOS**

## **ANEXO I.**

### **ANÁLISIS ESTADÍSTICO.**

#### **Informe Estadístico Translucidez Resinas Compuestas Aplik S.A.**

Informe preparado por Aplik S.A. para Daniela Cvitanic y Paulina Finsterbusch.

#### **Tabla de Contenidos**

1. Introducción
2. Observaciones iniciales.
  - 2.1. Relevancia de los resultados.
  - 2.2. Descripción de las mediciones.
  - 2.3. Descripción de los datos.
3. Resultados
  - 3.1. Datos entregados.
  - 3.2. Diferencias entre grupos.
    - 3.2.1. Variables estadísticas de cada grupo.
    - 3.2.2. Test-t para dentina v/s esmalte.
    - 3.2.3. Test-t para dentina v/s multipropósito.
    - 3.2.4. Test-t para esmalte v/s multipropósito.
    - 3.2.5. Test-t para multipropósito v/s esmalte más dentina.
    - 3.2.6. Conclusiones Test-t.

#### **Índice de Tablas**

- Tabla 1. Variables estadísticas generales.  
Tabla 2. Listado de mediciones agrupados por tipo.

## **1. Introducción**

Este informe muestra el resultado de varias pruebas estadísticas a los datos obtenidos por la medición de translucidez en resinas compuestas.

## **2. Observaciones Iniciales**

### **2.1. Relevancia de los resultados**

La relevancia de los resultados presentados en este informe esta influida directamente por la validez de los datos entregados.

Los puntos más relevantes son los siguientes:

- Los datos de translucidez entregados para las resinas compuestas fueron correctamente obtenidos, utilizando un procedimiento confiable y repetible.

### **2.2. Descripción de las mediciones**

Las mediciones realizadas con el instrumento entregan como resultado una curva de translucidez en función de la longitud de onda de la luz. Para cada resina compuesta se obtiene una curva diferente.

Por “translucidez” en este informe se entiende el porcentaje del total de luz incidente a la muestra que llega finalmente al receptor.

Por limitaciones del instrumento de medición, el valor de translucidez se presenta como una razón entre dos materiales distintos, en este caso se elige el más translúcido como patrón.

A continuación se obtiene un valor numérico, la translucidez total, que corresponde al área bajo la curva de translucidez.

Para cada tipo de resina compuesta se obtuvieron cuatro muestras, y a partir de cada una de estas muestras se obtuvo una medición independiente.

### **2.3. Descripción de los datos**

Los datos de resinas compuestas se dividen en tres grupos según la aplicación que se sugiere por el fabricante: las resinas utilizadas para el esmalte, las resinas utilizadas para la dentina y las resinas de propósito múltiple.

El propósito de este informe es comparar la translucidez de los tres grupos de resinas, determinando si son significativamente diferentes.

### 3. Resultados

Este capítulo describe los análisis realizados sobre los datos entregados para las resinas compuestas.

#### 3.1. Datos entregados

La tabla 2, muestra los resultados para cada una de las muestras, separados por grupo y ordenados de menor a mayor translucidez.

Para cada resina se pueden ver las mediciones para cada una de las cuatro muestras, luego el máximo y mínimo de las cuatro mediciones y finalmente la mediana.

Recordemos que en el caso de tener cuatro elementos, la mediana es el promedio entre los dos elementos que no son el mínimo o el máximo. De hecho, la fórmula para la mediana para este caso puede escribirse como:

$$\text{Mediana} = (A + B + C + D - \max(A,B,C,D) - \min(A,B,C,D)) \div 2$$

La figura 1, muestra un gráfico de la translucidez obtenido de la tabla anterior. En este gráfico se muestra la mediana y como barras de error la medición máxima y mínima.

Notemos que en las mediciones se tienen resultados negativos para algunas muestras. Esto corresponde probablemente a errores en el instrumento de medición.

#### 3.2. Diferencia entre grupos

A partir de la figura 1, podemos concluir visualmente que los materiales compuestos tienen distinta translucidez según el uso especificado por el fabricante.

Para saber cuán significativa es esta diferencia, podemos ocupar varios tipos de análisis. En este caso se entregan los resultados del **test-t de Student** para cada par de grupos.

El test-t entrega la probabilidad de que dos conjuntos de mediciones provengan de la misma fuente, tomando en cuenta para ello el promedio y la desviación estándar de las mediciones. Si la probabilidad calculada es pequeña podemos decir que las muestras son significativamente diferentes. En la práctica, es aceptado que un valor de probabilidad menor al 1% indica una diferencia significativa.

El test-t es aplicado a cada par de grupos, esto es, al grupo “dentina” contra el grupo “esmalte”, luego al grupo “dentina” contra el grupo “multipropósito” y finalmente al grupo “esmalte” contra el grupo “multipropósito”. Esto permite verificar si cada grupo es significativamente distinto al resto.

Además de aplicarlo a los grupos, se incluye el resultado de aplicar el test-t entre el grupo “multipropósito” y la unión entre “dentina” y “esmalte”. Esto permite constatar si el grupo de materiales compuestos de multipropósito es significativamente distinto al total de los materiales.

### 3.2.1. Variables estadísticas de cada grupo

Las variables estadísticas generales, medidas para cada grupo y para el total, son las siguientes:

	<b>Dentina</b>	<b>Multip.</b>	<b>Esmalte</b>	<b>D+E</b>	<b>Total</b>
Promedio	15.18	51.82	102.01	77.20	69.24
Desviación Estándar	5.74	33.37	70.44	71.38	62.77
Número de Muestras	10	16	25	35	51

*Tabla 1: Variables estadísticas generales*

### 3.2.2. Test-t para dentina v/s esmalte

En este caso, el resultado es el siguiente:

Estadística t:	-6.11
Probabilidad:	0.0001%

### 3.2.3. Test-t para dentina v/s multipropósito

En este caso, el resultado es el siguiente:

Estadística t:	-4.29
Probabilidad:	0.027%

### 3.2.4. Test-t para esmalte v/s multipropósito

En este caso, el resultado es el siguiente:

Estadística t:	-3.06
Probabilidad:	0.203%

### 3.2.5. Test-t para multipropósito v/s esmalte más dentina

En este caso, el resultado es el siguiente:

Estadística t:	-1.73
Probabilidad:	4.49%

### 3.2.6. Conclusiones Test-t

A partir de los resultados anteriores se puede concluir que las tres distribuciones son significativamente diferentes en cuanto a su promedio de translucidez, lo que valida la siguiente tesis:

*Las resinas propuestas por los fabricantes presentan, **en promedio**, una translucidez que es significativamente diferente según su uso recomendado.*

Con respecto a la comparación entre las resinas con propósito múltiple y la unión de las resinas para dentina y esmalte, la probabilidad indica que no son significativamente diferentes en su promedio, lo que indica lo siguiente:

*Las resinas propuestas por los fabricantes para todo propósito presentan, **en promedio**, una translucidez que es similar a la del conjunto de todas las resinas compuestas sin importar su propósito recomendado.*

Notemos que todos estos resultados presentan estadísticas con respecto al promedio del valor de la translucidez, no corresponden a un análisis de cada uno de los valores por separados.

<b>Tipo</b>	<b>Nombre Composite</b>	<b>Área A</b>	<b>Área B</b>	<b>Área C</b>	<b>Área D</b>	<b>Max</b>	<b>Min</b>	<b>Mediana</b>
Dentina	4 Seasons Dentin A3	6.4	3.9	4.3	4.8	6.4	3.9	4.6
Dentina	Filtek Supreme B3D	9.2	6.8	-40.7	5.8	9.2	-40.7	6.3
Dentina	4 Seasons Dentin A3,5	14.7	13.3	11.9	14.2	14.7	11.9	13.8
Dentina	4 Seasons Dentin A1	14.5	40.4	14.9	11.8	40.4	11.8	14.7
Dentina	Filtek A110 A3D	20.1	15.1	-32.3	15.8	20.1	-32.3	15.4
Dentina	Filtek Supreme A3B	23.1	21.7	-21.0	12.5	23.1	-21.0	17.1
Dentina	Glacier Dentin OA3	17.7	15.9	21.1	18.9	21.1	15.9	18.3
Dentina	Glacier Dentin OA2	18.9	19.7	27.5	14.8	27.5	14.8	19.3
Dentina	Tetric Ceram Dentin A3,5	25.1	17.5	12.2	23.1	25.1	12.2	20.3
Dentina	Brilliant Dentin A3	36.6	24.6	-4.0	19.4	36.6	-4.0	22.0

<b>Multi</b>	<b>Heliomolar HB A3</b>	2.5	2.1	1.7	1.8	2.5	1.7	1.9
<b>Multi</b>	<b>Vitaescence A2</b>	9.5	12.5	14.7	18.1	18.1	9.5	13.6
<b>Multi</b>	<b>Esthet X A1</b>	18.0	17.0	15.9	18.2	18.2	15.9	17.5
<b>Multi</b>	<b>Tetric Ceram A3</b>	15.6	18.3	18.7	20.5	20.5	15.6	18.5
<b>Multi</b>	<b>Vitaescence A3</b>	21.8	23.5	26.8	21.3	26.8	21.3	22.7
<b>Multi</b>	<b>Esthet X A2</b>	26.6	22.1	33.2	20.5	33.2	20.5	24.4
<b>Multi</b>	<b>In Ten S A3</b>	26.0	26.7	23.5	27.4	27.4	23.5	26.4
<b>Multi</b>	<b>Point 4 A3</b>	53.1	51.9	69.6	66.8	69.6	51.9	59.9
<b>Multi</b>	<b>Amelogen Universal A2</b>	55.0	64.9	66.5	40.9	66.5	40.9	60.0
<b>Multi</b>	<b>Admira A2</b>	84.1	71.9	47.4	65.5	84.1	47.4	68.7
<b>Multi</b>	<b>Amelogen Universal A3</b>	77.0	78.9	61.2	70.0	78.9	61.2	73.5
<b>Multi</b>	<b>Arabesk Top A2</b>	87.3	64.8	98.6	55.8	98.6	55.8	76.0
<b>Multi</b>	<b>Admira A3</b>	78.2	81.9	91.8	57.6	91.8	57.6	80.1
<b>Multi</b>	<b>Perma Flo A3</b>	97.5	99.1	75.9	70.8	99.1	70.8	86.7
<b>Multi</b>	<b>Arabesk Top A3</b>	92.4	63.1	97.7	89.5	97.7	63.1	90.9
<b>Multi</b>	<b>Perma Flo A2</b>	121.6	100.0	116.7	98.8	121.6	98.8	108.3

<b>Esmalte</b>	<b>Tetric Ceram T</b>	21.7	20.2	19.4	26.9	26.9	19.4	20.9
<b>Esmalte</b>	<b>Filtek Supreme A2E</b>	25.5	24.7	-20.4	29.6	29.6	-20.4	25.1
<b>Esmalte</b>	<b>Glacier Enamel A2</b>	22.0	31.8	-6.6	31.3	31.8	-6.6	26.7
<b>Esmalte</b>	<b>Glacier Enamel A3</b>	36.7	33.1	-10.1	28.1	36.7	-10.1	30.6
<b>Esmalte</b>	<b>4 Seasons Enamel A3</b>	44.1	43.5	39.8	44.9	44.9	39.8	43.8
<b>Esmalte</b>	<b>Esthet X YE</b>	56.5	46.0	47.2	53.8	56.5	46.0	50.5
<b>Esmalte</b>	<b>Brilliant Enamel A3</b>	55.0	32.2	51.3	67.8	67.8	32.2	53.2
<b>Esmalte</b>	<b>Amelogen Universal PF</b>	49.5	61.6	54.2	64.9	64.9	49.5	57.9
<b>Esmalte</b>	<b>Esthet X CE</b>	71.7	64.9	56.2	39.3	71.7	39.3	60.6
<b>Esmalte</b>	<b>Ice Enamel I</b>	37.6	60.8	70.3	66.2	70.3	37.6	63.5

<b>Esmalte</b>	<b>4 Seasons Trans Clear</b>	68.6	62.4	63.4	68.8	68.8	62.4	66.0
<b>Esmalte</b>	<b>4 Seasons Enamel A1</b>	80.2	58.5	86.2	66.6	86.2	58.5	73.4
<b>Esmalte</b>	<b>Filtek Supreme YT</b>	82.2	79.1	60.8	75.0	82.2	60.8	77.0
<b>Esmalte</b>	<b>Brilliant Incisal</b>	88.5	86.5	82.2	70.6	88.5	70.6	84.4
<b>Esmalte</b>	<b>4 Seasons Value Medium</b>	106.8	82.0	78.9	110.0	110.0	78.9	94.4
<b>Esmalte</b>	<b>Miris Enamel NR</b>	93.0	113.5	77.4	104.4	113.5	77.4	98.7
<b>Esmalte</b>	<b>Point 4 T1</b>	111.8	115.1	127.7	125.9	127.7	111.8	120.5
<b>Esmalte</b>	<b>Perma Flo T</b>	123.6	142.6	125.3	131.0	142.6	123.6	128.2
<b>Esmalte</b>	<b>Vitalescence PF</b>	125.0	142.7	66.3	142.6	142.7	66.3	133.8
<b>Esmalte</b>	<b>Arabesk Top I</b>	205.7	172.6	165.8	176.9	205.7	165.8	174.8
<b>Esmalte</b>	<b>Synergy Transparent</b>	175.7	175.6	178.6	216.3	216.3	175.6	177.2
<b>Esmalte</b>	<b>Amelogen Universal TY</b>	188.0	163.9	208.2	168.2	208.2	163.9	178.1
<b>Esmalte</b>	<b>Vitalescence TF</b>	151.3	184.6	183.4	173.1	184.6	151.3	178.3
<b>Esmalte</b>	<b>4 Seasons Super Clear</b>	177.5	237.0	263.7	269.1	269.1	177.5	250.4
<b>Esmalte</b>	<b>Vitalescence TI</b>	281.5	283.3	287.8	279.3	287.8	279.3	282.4

Tabla 2: Listado de mediciones, agrupadas por tipo.

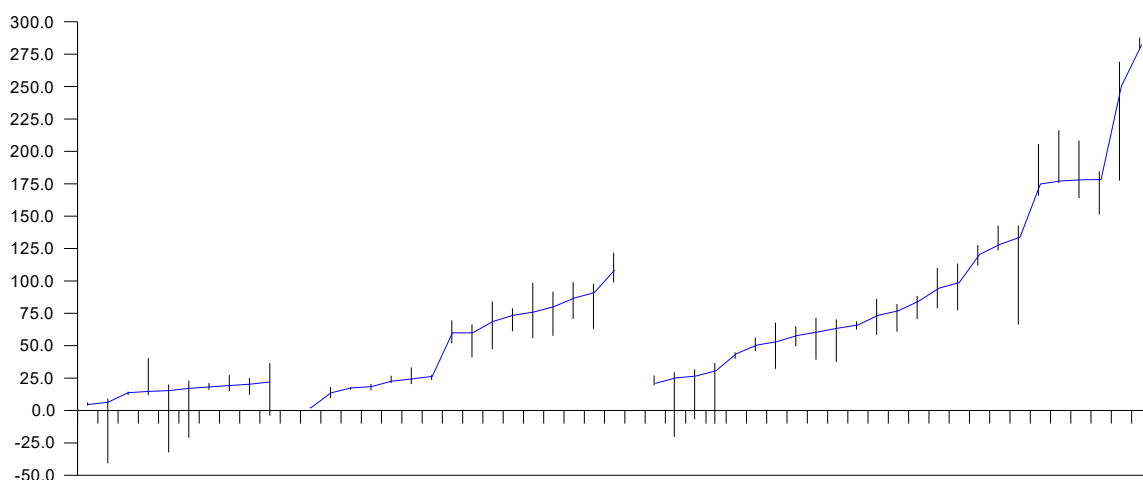


Figura 1: Gráfico de mediana, mínimo y máximo para la translucidez de las resinas compuestas, agrupadas por tipo.

## **ANEXO II.**

### **FOTOGRAFÍAS DE TRANSLUCIDEZ.**

En las siguientes imágenes se muestran las muestras de las 52 Resinas Compuestas evaluadas en este estudio, clasificadas según uso indicado por el fabricante (composites Esmalte, Multipropósito y Dentina), respectivamente.

El diseño y elaboración de las muestras se realizó en una matriz metálica de 31 mm. de largo, 22 mm. de ancho y 0,6 mm. de espesor. Esta matriz presenta en el centro un orificio rectangular de bordes redondeados de 10 mm. de largo, 6 mm. de ancho y 0,6 mm. de espesor, obteniendo muestras uniformes de este tamaño.

Para la realización de las fotografías se posicionó cada muestra sobre un papel blanco impreso con letras "A" de tinta negra (Times New Roman, tamaño 20), luego se procedió a tomar la foto con una cámara Sony Cyber Shot (2.1 Mega Pixels).

Figura 1. **Muestras de Resinas Compuestas Esmalte.** Se muestran ordenadas de menor a mayor grado de translucidez: Tetric Ceram T (1), Filtek Supreme Enamel A2 (2), Glacier Enamel A2 (3), Glacier Enamel A3 (4), 4 Seasons Enamel A3 (5), Esthet X YE (6), Brilliant Enamel A3 (7), Amelogen Universal PF (8), Esthet X CE (9), Ice Enamel I (10), 4 Seasons Trans Clear (11), 4 Seasons Enamel A1 (12), Filtek Supreme YT (13), Brilliant Incisal (14), 4 Seasons Value Médium (15), Miris Enamel NR (16), Point 4 T1 (17), Perma Flo T (18), Vitaescence PF (19), Arabesk Top I (20), Synergy Transparent (21), Amelogen Universal TY (22), Vitaescence TF (23), 4 Seasons Super Clear (24), , Vitaescence TI (25) y Vitaescence TY (26).

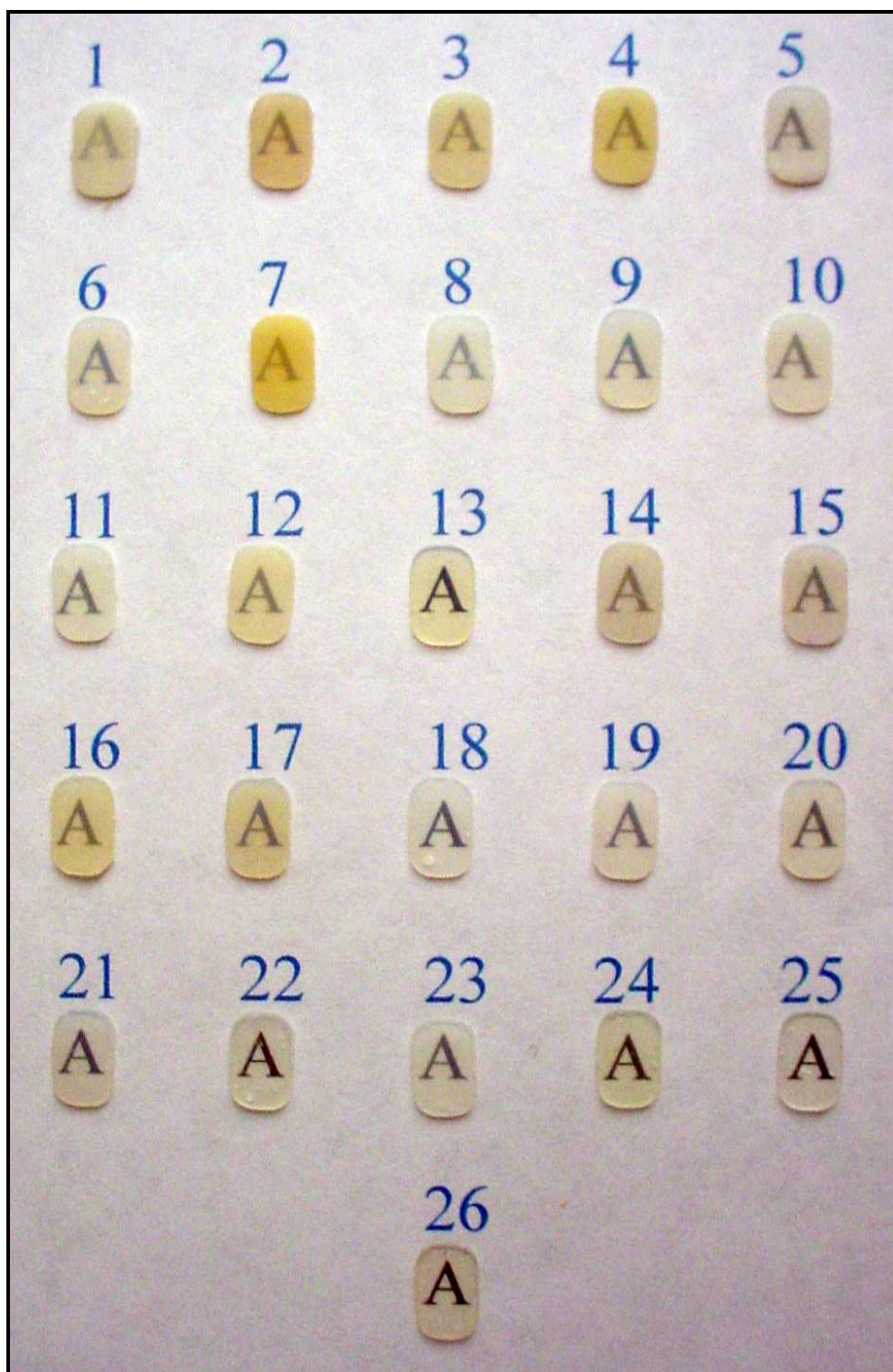


Figura 2. **Muestras de Resinas Compuestas Multipropósito.** Se muestran ordenadas de menor a mayor grado de translucidez: Heliomolar HB A3 (1), Vitalescence A2 (2), Esthet X A1 (3), Tetric Ceram A3 (4), Vitalescence A3 (5), Esthet X A2 (6), In Ten S A3 (7), Point 4 A3 (8), Amelogen Universal A2 (9), Admira A2 (10), Amelogen Universal A3 (11), Arabesk Top A2 (12), Admira A3 (13), Perma Flo A3 (14), Arabesk Top A3 (15) y Perma Flo A2 (16).

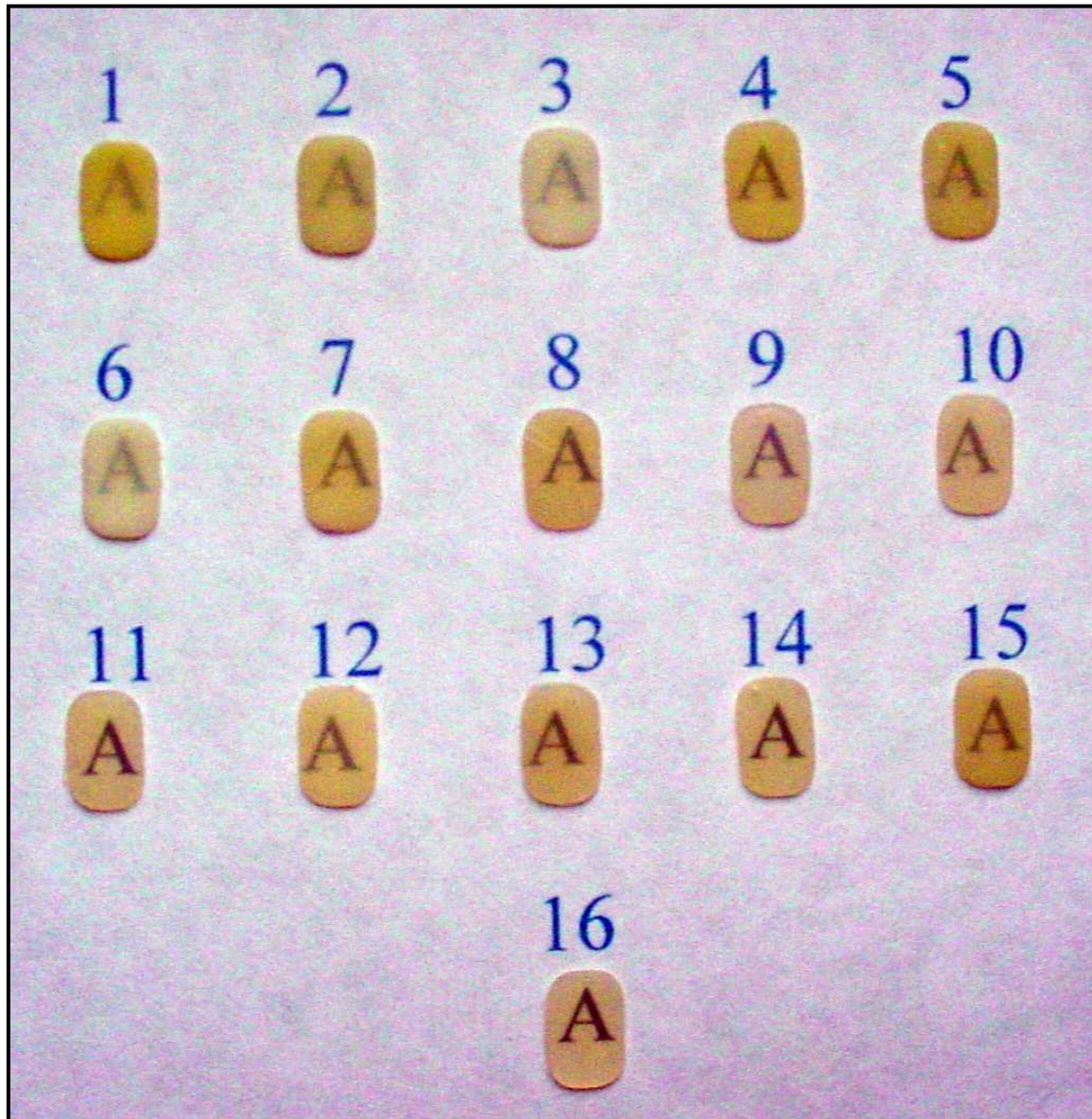
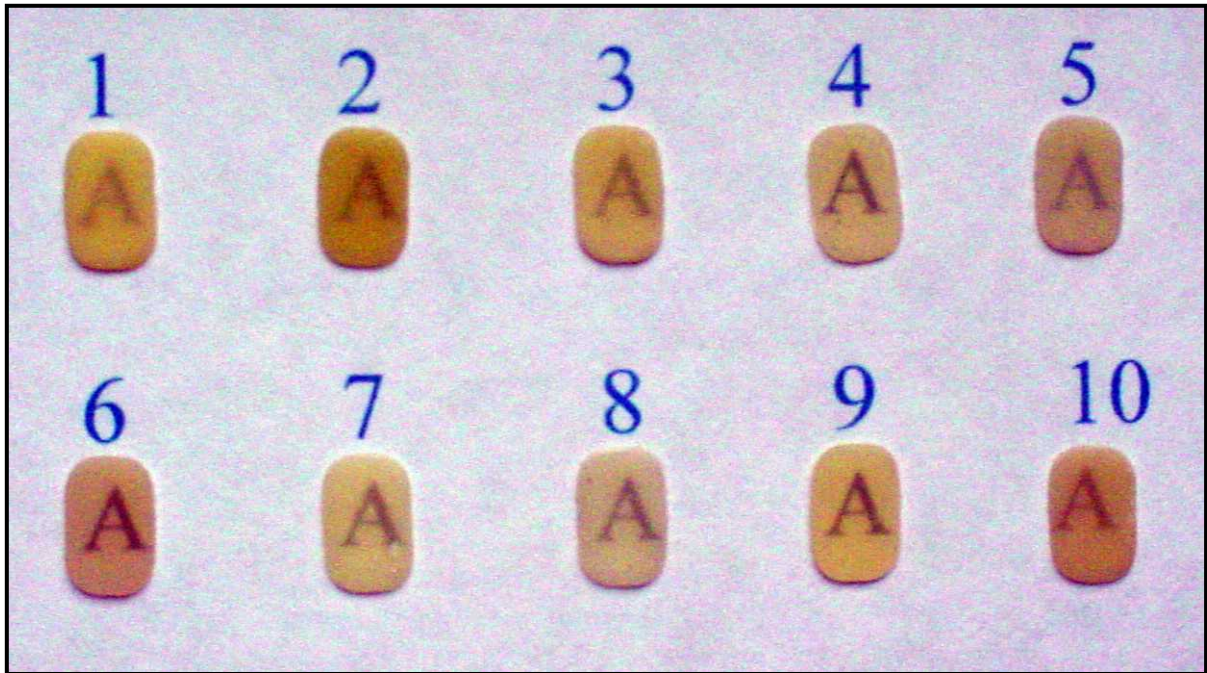


Figura 3. **Muestras de Resinas Compuestas Dentina.** Se muestran ordenadas de menor a mayor grado de translucidez: 4 Seasons Dentin A3 (1), Filtek Supreme Dentin B3 (2), 4 Seasons Dentin A3.5 (3), 4 Seasons Dentin A1 (4), Filtek A110 Dentin A3 (5), Filtek Supreme Body A3 (6), Glacier Dentin OA3 (7), Glacier Dentin OA2 (8), Tetric Ceram Dentin A3.5 (9) y Brilliant Dentin A3 (10).



### ANEXO III.

### GRÁFICOS RESINAS COMPUESTAS AGRUPADAS SEGÚN FABRICANTE.

Gráfico 1. Fabricante Ivoclar-Vivadent.

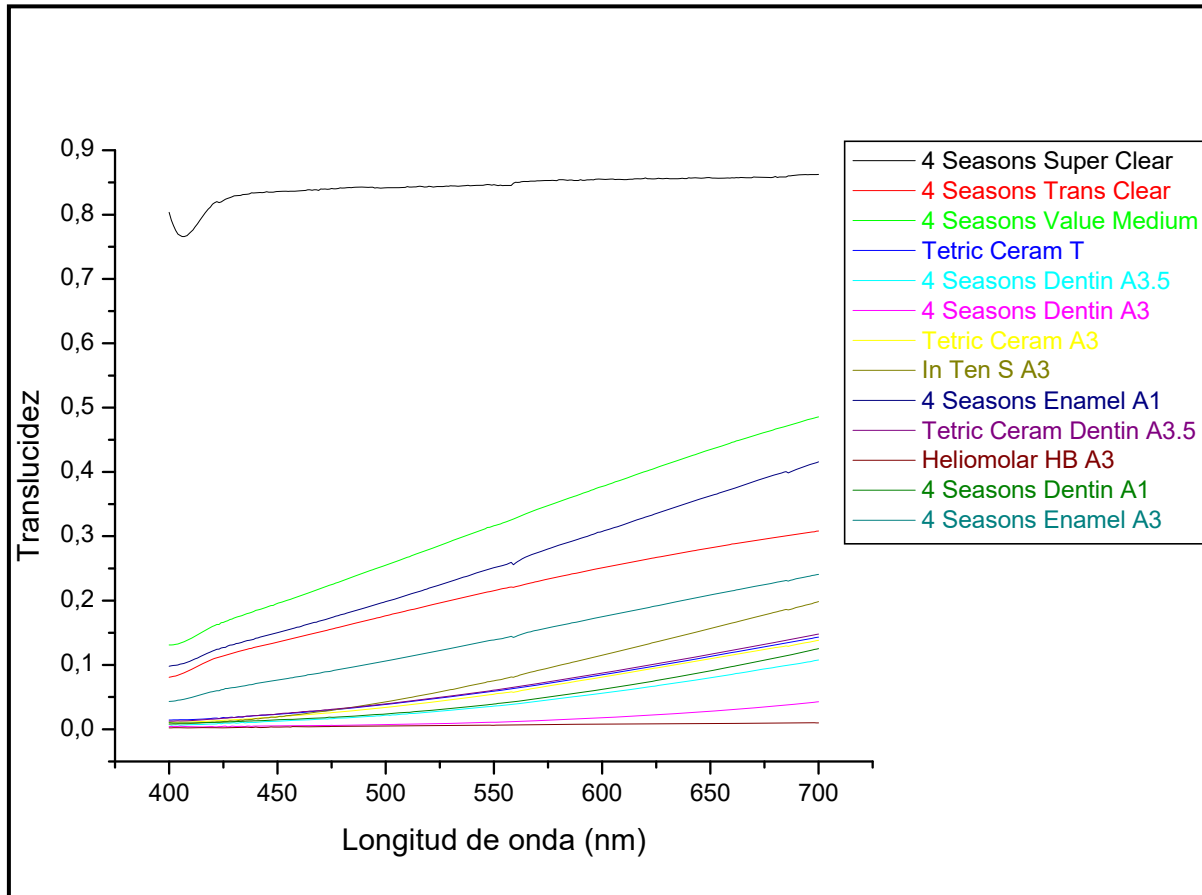


Gráfico 2. Fabricante **Voco**.

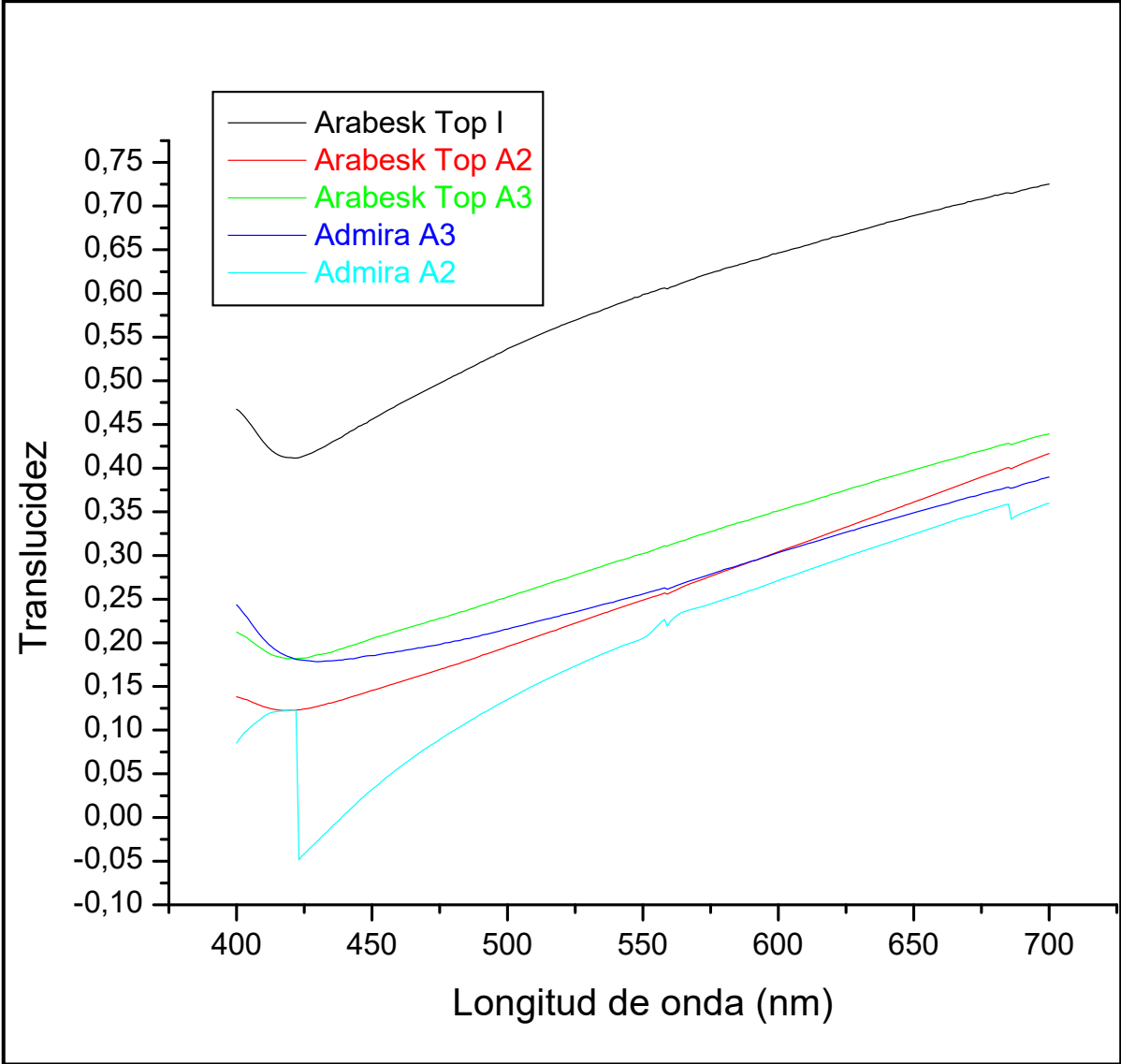


Gráfico 3. Fabricante **Ultradent**.

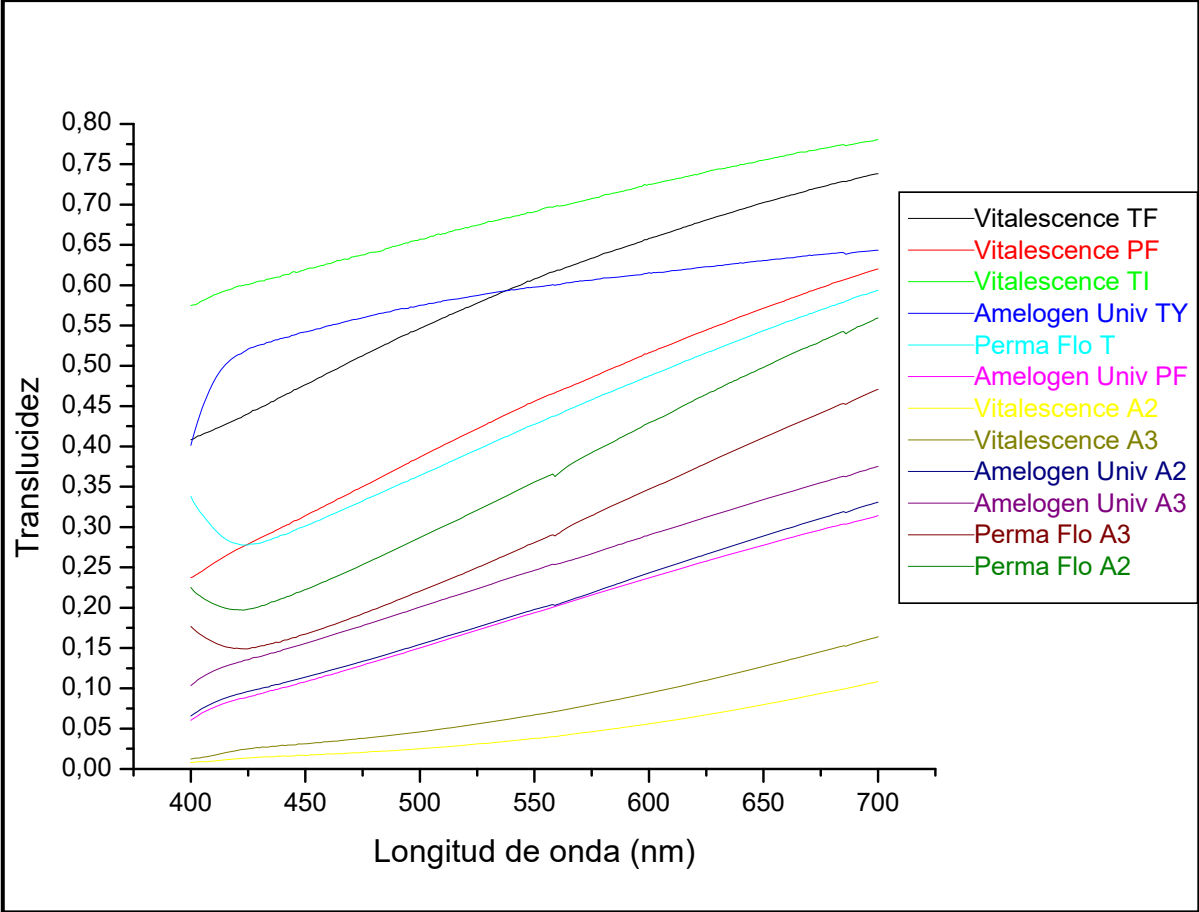


Gráfico 4. Fabricante **Dentsply**.

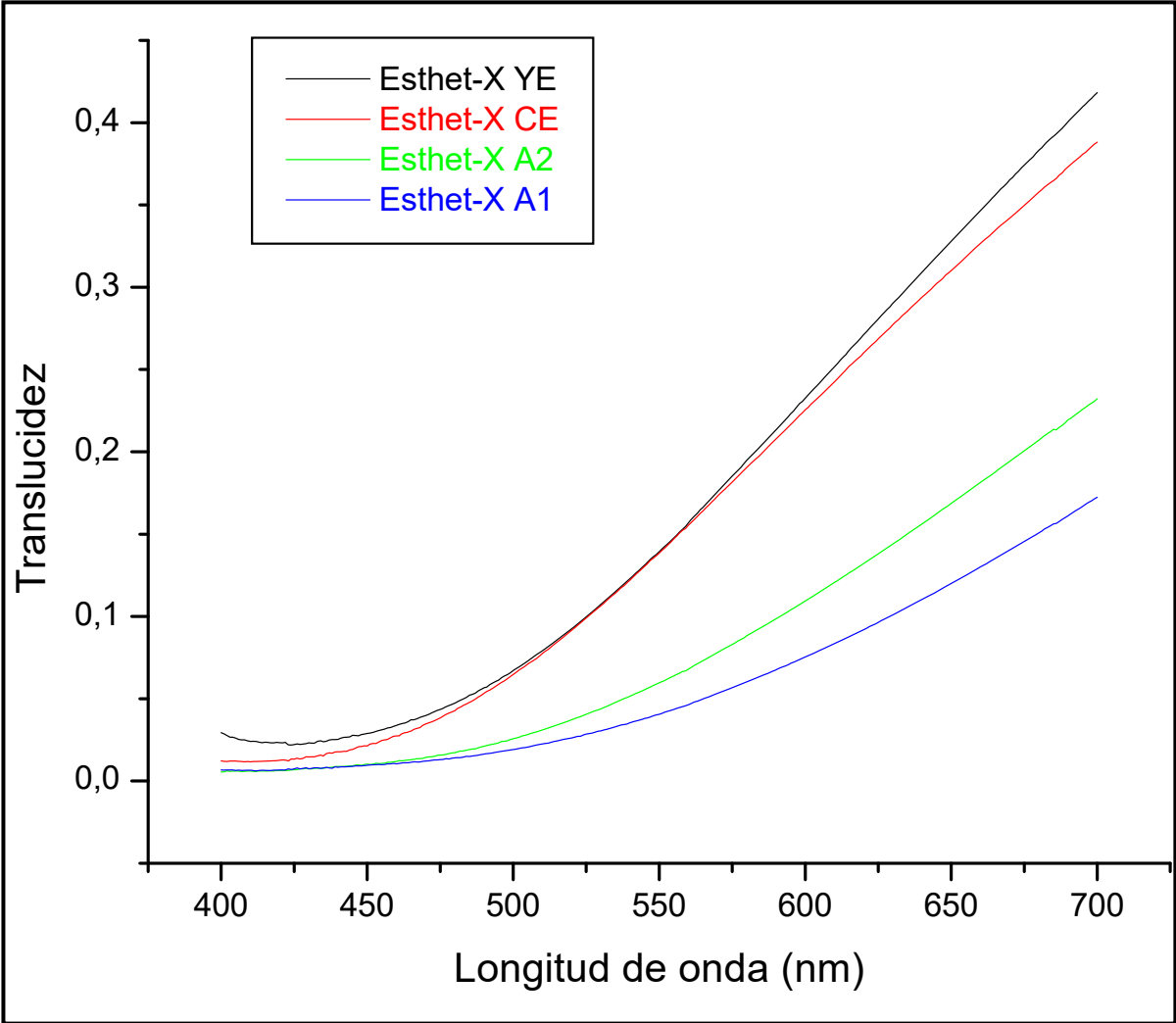


Gráfico 5. Fabricante 3M.

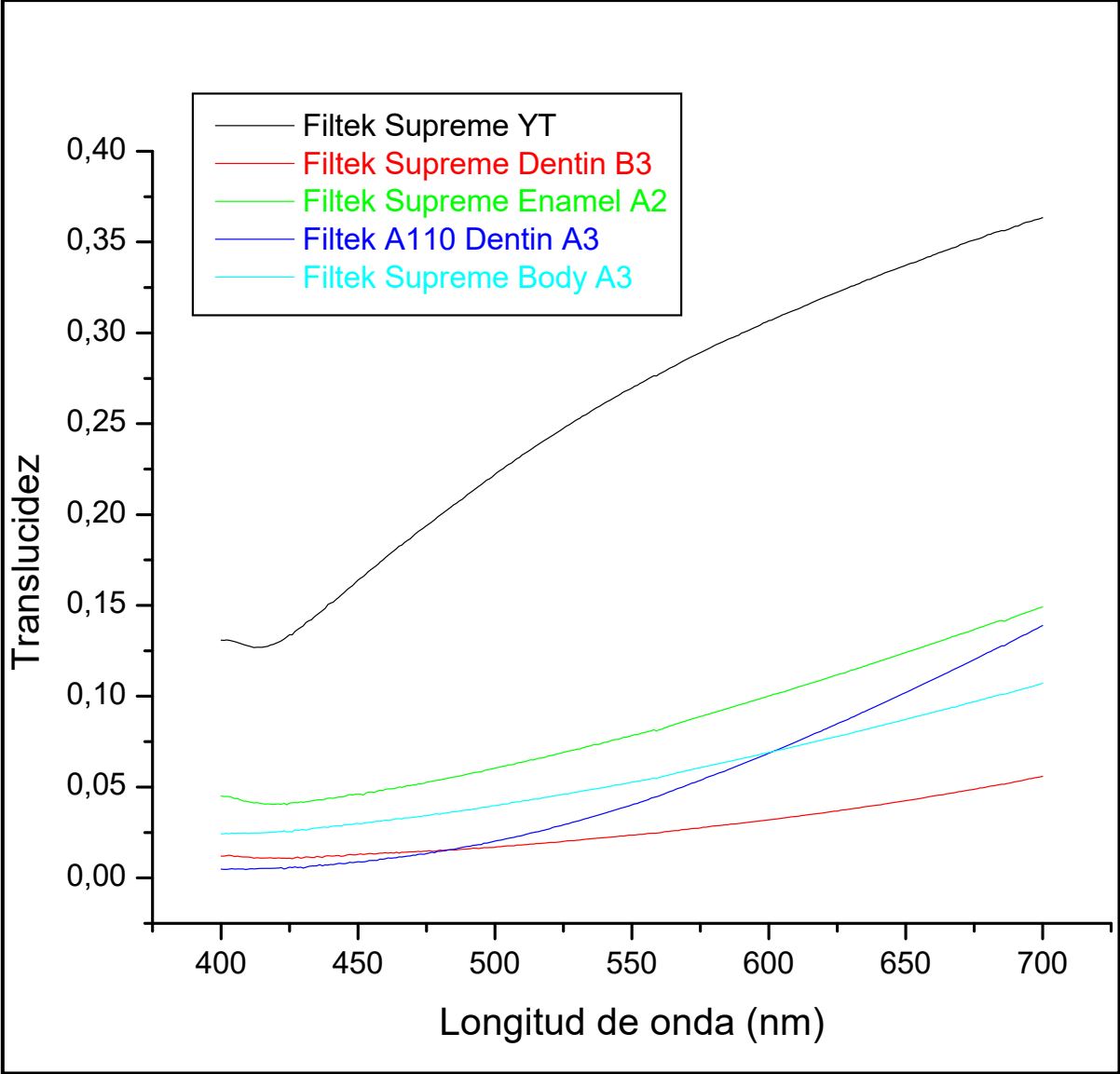


Gráfico 6. Fabricante SDI.

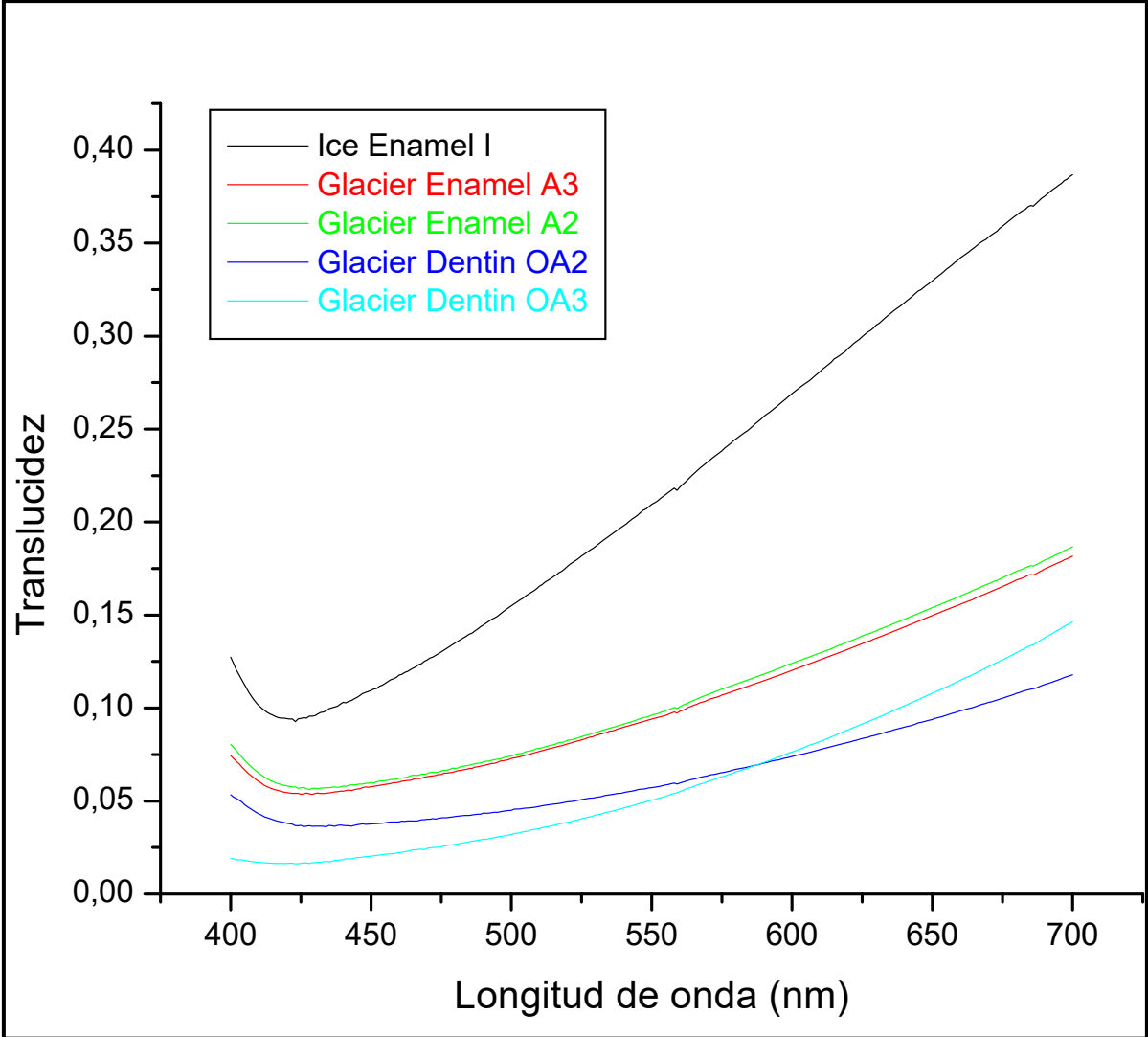


Gráfico 7. Fabricante **Kerr**.

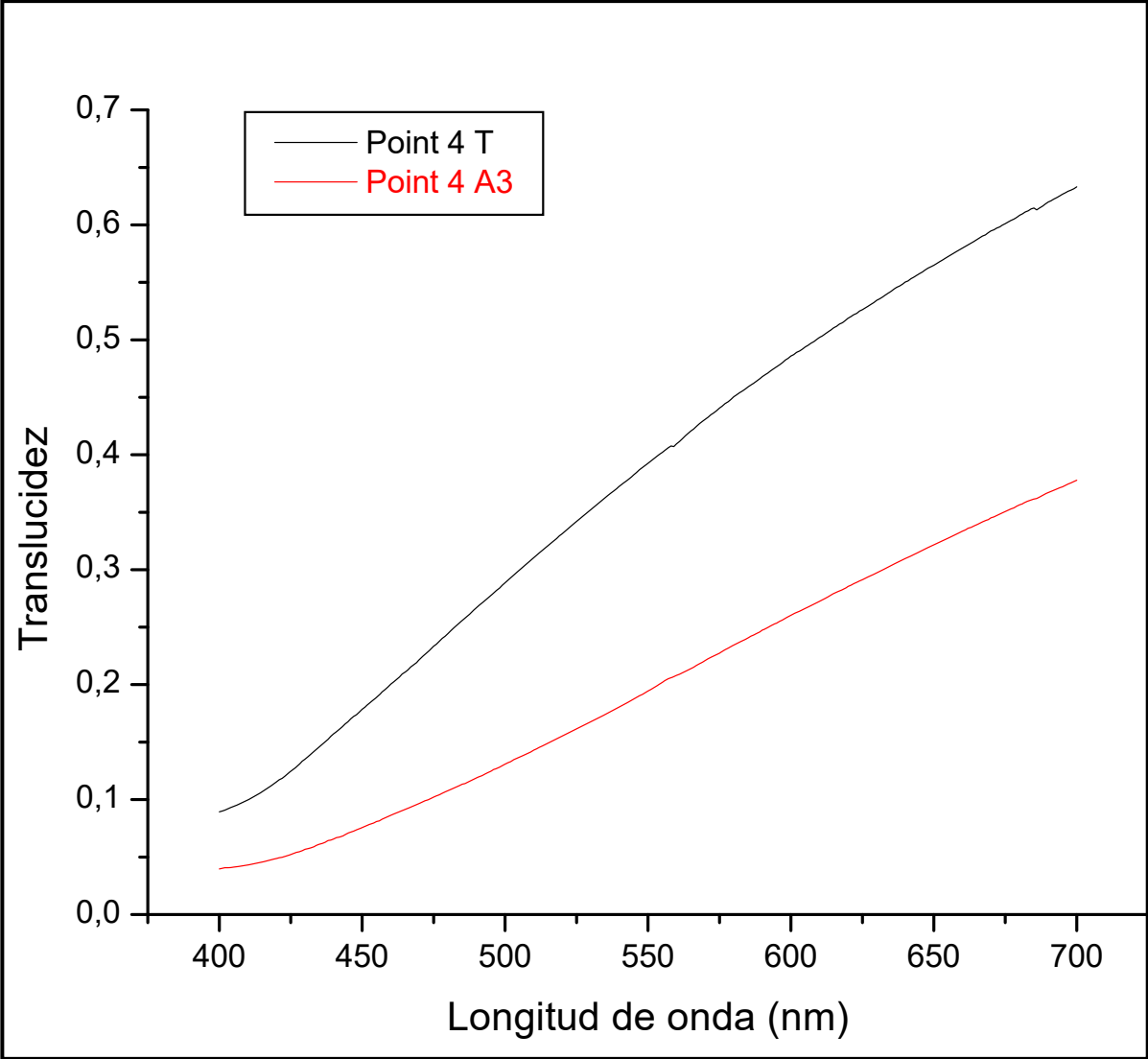


Gráfico 8. Fabricante **Coltène**.

