

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA
FACULTAD DE MEDICINA
DOCTORADO EN CIRUGÍA Y ODONTOESTOMATOLOGÍA



**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**

**ANÁLISIS DE LAS ALTERACIONES VISUALES
EN LA TOMA DEL COLOR DENTAL MEDIANTE
ESPECTROFOTOMETRÍA Y GUÍAS DENTALES**

TESIS DOCTORAL

EVA LOZANO GARCÍA

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA
FACULTAD DE MEDICINA
DOCTORADO EN CIRUGÍA Y ODONTOESTOMATOLOGÍA



**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**

**ANÁLISIS DE LAS ALTERACIONES VISUALES EN
LA TOMA DEL COLOR DENTAL MEDIANTE
ESPECTROFOTOMETRÍA Y GUÍAS DENTALES**

AUTORA

EVA LOZANO GARCÍA

DIRECTORES

ALFONSO ALVARADO LORENZO

MARIO ALBERTO ALVARADO LORENZO

MÓNICA CANO ROSÁS

2018



**VNIVERSIDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

Alfonso Alvarado Lorenzo, Profesor Asociado de Ortodoncia del Departamento de Cirugía, Facultad de Medicina de la Universidad de Salamanca.

Mario Alberto Alvarado Lorenzo, Profesor Ayudante Doctor de Cirugía Bucal de la Facultad de Odontología de la Universidad Europea Miguel de Cervantes.

Mónica Cano Rosás, Profesor Ayudante Doctor de Ortodoncia del departamento de Cirugía, Facultad de Medicina de la Universidad de Salamanca.

CERTIFICA:

Que la Tesis Doctoral que presenta al superior juicio del Tribunal, que designe la Universidad de Salamanca, Dña. Eva Lozano García, **“ANÁLISIS DE LAS ALTERACIONES VISUALES EN LA TOMA DEL COLOR DENTAL MEDIANTE ESPECTROFOTOMETRÍA Y GUÍAS DENTALES”**, ha sido realizada bajo nuestra supervisión, siendo expresión de la capacidad científica de su autor, que le hacen acreedor del título de Doctor, siempre que así lo considere el citado Tribunal.

Salamanca, a 10 de octubre junio de 2018.

Fdo.: Prof. Dr. Alfonso Alvarado Lorenzo

Fdo.: Prof. Dr. Mario Alberto Alvarado Lorenzo

Fdo.: Prof. Dr. Mónica Cano Rosás



**UNIVERSIDAD
DE SALAMANCA**

DEPARTAMENTO DE CIRUGÍA
ÁREA DE ESTOMATOLOGÍA

El Profesor Dr. D. Francisco Lozano Sánchez, Director del Departamento de Cirugía de la Universidad de Salamanca.

CERTIFICA:

Que la presente Memoria de Tesis Doctoral, elaborada por Dña. Eva Lozano García para optar al Título de Doctor por la Universidad de Salamanca, con el título **“ANÁLISIS DE LAS ALTERACIONES VISUALES EN LA TOMA DEL COLOR DENTAL MEDIANTE ESPECTROFOTOMETRÍA Y GUÍAS DENTALES”** realizada bajo la dirección de los Profes. Dres. Alfonso Alvarado Lorenzo, Mario Alberto Alvarado Lorenzo y Mónica Cano Rósas, reúne los requisitos necesarios para su presentación y defensa ante el Tribunal Calificador para poder optar al Título de Doctor por la Universidad de Salamanca.

Y para que conste, expide y firma la presente certificación

Salamanca, a 10 de Octubre de 2018.

Fdo. Prof. Dr. Francisco Lozano Sánchez.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Mario Alvarado Lorenzo por su ayuda, dedicación y dirección en la elaboración de este proyecto.

Al Dr. Alfonso Alvarado Lorenzo por apoyar mi proyecto desde el primer momento.

A la Dra. Mónica Cano Rosás por su tiempo y ayuda.

A Javier Lozano Sánchez por su apoyo incondicional y su ánimo constante.

A Gustavo Cano Posadas y David Picón Llamas por la realización del análisis estadístico.

A la casa VITA por prestar los medios necesarios para realizar la investigación de este estudio.

A los alumnos de la Universidad Europea Miguel de Cervantes por participar en el estudio de forma desinteresada.

A la Universidad Europea Miguel de Cervantes por prestar las instalaciones para realizar este estudio.

ÍNDICE

ÍNDICE DE IMÁGENES.....	12
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	13
ÍNDICE DE TABLAS.....	14
RESUMEN.....	19
ABSTRACT.....	21
1. INTRODUCCIÓN.....	23
1.1 REVISIÓN HISTÓRICA.....	24
1.2 FISIOLÓGÍA DEL SISTEMA VISUAL.....	26
1.3 ERRORES DE REFRACCIÓN.....	33
1.4 PERCEPCIÓN DEL COLOR.....	39
1.4.1 FOTORRECEPTORES.....	40
1.4.2 MÉTODOS ADITIVOS Y SUSTRATIVOS DE PERCEPCIÓN DE COLOR.....	51
1.4.3 MECANISMOS DE ADAPTACIÓN VISUAL.....	52
1.5 CLASIFICACIÓN DE LOS DEFECTOS DE LA VISIÓN CROMÁTICA.....	54
1.5.1 ALTERACIONES CONGÉNITAS DE LA VISIÓN.....	55
1.5.2 ALTERACIONES ADQUIRIDAS DE LA VISIÓN.....	58
1.6 PRUEBAS PARA EVALUAR LA VISIÓN DEL COLOR.....	62
1.7 TEORÍA DEL COLOR.....	67
1.8 PERCECIÓN DEL COLOR DENTAL.....	69

1.9 SELECCIÓN DEL COLOR DENTAL.....	74
1.10 SISTEMAS DE ORDENACIÓN DE COLOR.....	76
1.11 SISTEMAS DE SELECCIÓN DEL COLOR DENTAL.....	81
2. JUSTIFICACIÓN.....	89
3. OBJETIVOS.....	92
4. MATERIAL Y MÉTODOS.....	94
4.1 TÉCNICAS EMPLEADAS PARA LA MEDICIÓN DE COLOR.....	96
4.2 MÉTODO PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS.....	101
4.3 MÉTODO ESTADÍSTICO.....	103
5. RESULTADOS.....	105
5.1 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA.....	106
5.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA.....	106
5.1.2 DATOS ÓPTICOS.....	110
5.1.3 ANÁLISIS DE ACIERTOS GENERALES.....	114
5.2 ESTADÍSTICA INFERENCIAL.....	124
5.2.1 RELACIÓN ENTRE LAS ALTERACIONES REFRACTIVAS Y EL SEXO.....	124
5.2.2 RELACIÓN ENTRE EL USO DE LENTES Y LA VISION DEL COLOR.....	126
5.2.2.1 ESTUDIO DEL TONO.....	127
5.2.2.2 ESTUDIO DE LA INTENSIDAD.....	132

5.2.2.3	ESTUDIO DE LA CLARIDAD.....	137
5.2.3	RELACIÓN ENTRE LA MIOPIA Y LA VISIÓN DEL COLOR.....	140
5.2.3.1	ESTUDIO DEL TONO.....	141
5.2.3.2	ESTUDIO DE LA INTENSIDAD.....	144
5.2.3.3	ESTUDIO DE LA CLARIDAD.....	148
5.2.4	RELACIÓN ENTRE EL ASTIGMATISMO Y LA VISIÓN DEL COLOR.....	150
5.2.4.1	ESTUDIO DEL TONO.....	150
5.2.4.2	ESTUDIO DE LA INTENSIDAD.....	155
5.2.4.3	ESTUDIO DE LA CLARIDAD.....	159
5.2.5	RELACIÓN ENTRE LA HIPERMETROPÍA Y LA VISIÓN DEL COLOR.....	160
5.2.5.1	ESTUDIO DEL TONO.....	160
5.2.5.2	ESTUDIO DE LA INTENSIDAD.....	165
5.2.5.3	ESTUDIO DE LA CLARIDAD.....	169
5.2.6	RELACIÓN ENTRE EL DALTONISMO Y LA VISIÓN DEL COLOR.....	170
5.2.6.1	ESTUDIO DEL TONO.....	171
5.2.6.2	ESTUDIO DE LA INTENSIDAD.....	175
5.2.6.3	ESTUDIO DE LA CLARIDAD.....	179
6.	DISCUSIÓN.....	181

7. CONCLUSIONES.....	187
8. BIBLIOGRAFÍA.....	189
ANEXO.....	201
1. PLANTILLA DE RECOGIDA DE DATOS.....	202
ÍNDICE TEMÁTICO.....	205

ÍNDICE DE IMÁGENES

<i>Imagen 1: Esquema anatómico del ojo humano.....</i>	<i>27</i>
<i>Imagen 2: Esquema de la estructura histológica de la retina.....</i>	<i>31</i>
<i>Imagen 3: Magnificación de la fovea.....</i>	<i>32</i>
<i>Imagen 4: Esquema cerebral de dónde percibimos las imágenes.....</i>	<i>33</i>
<i>Imagen 5: Ejemplo de un ojo emétrope.....</i>	<i>34</i>
<i>Imagen 6: Ejemplo de un ojo miope.....</i>	<i>35</i>
<i>Imagen 7: Ejemplo de un ojo hipermétrope.....</i>	<i>36</i>
<i>Imagen 8: Ejemplo de un ojo astigmático.....</i>	<i>38</i>
<i>Imagen 9: Espectro visible.....</i>	<i>40</i>
<i>Imagen 10: Tipos de visión según la cantidad de luz.....</i>	<i>42</i>
<i>Imagen 11: Diagrama anatómico de los fotorreceptores conos y bastones.....</i>	<i>43</i>
<i>Imagen 12: Conos y bastones bajo el microscopio.....</i>	<i>45</i>
<i>Imagen 13: Esquema de la disposición de los conos y bastones, células bipolares y ganglionares.....</i>	<i>47</i>
<i>Imagen 14: Tipos de células de la corteza visual.....</i>	<i>48</i>
<i>Imagen 15: Sensaciones experimentadas ante diferentes longitudes de onda visibles por un observador común y tres personas con defectos en la visión del color.....</i>	<i>59</i>
<i>Imagen 16: Lámina del test de Ishihara.....</i>	<i>63</i>
<i>Imagen 17: Lámina del test de Ishihara.....</i>	<i>63</i>

<i>Imagen 18: Lámina del test de Ishihara.....</i>	<i>64</i>
<i>Imagen 19: Lámina del test de Ishihara.....</i>	<i>64</i>
<i>Imagen 20: Lámina del test de Ishihara.....</i>	<i>65</i>
<i>Imagen 21: De izquierda a derecha, opalescencia tipo 1, tipo 2, tipo3 y tipo 4.....</i>	<i>72</i>
<i>Imagen 22: Representación del sistema de Munsell.....</i>	<i>78</i>
<i>Imagen 23: Diagrama cromático CIE.....</i>	<i>79</i>
<i>Imagen 24: Guía VITA Clásica.....</i>	<i>84</i>
<i>Imagen 25: Guía VITA 3D.....</i>	<i>86</i>
<i>Imagen 26: Espectrofotómetro de VITA.....</i>	<i>87</i>
<i>Imagen 27: Guía VITA Clásica.....</i>	<i>96</i>
<i>Imagen 28: Uso de la guía VITA 3D, primer paso.....</i>	<i>98</i>
<i>Imagen 29: Uso de la guía VITA 3D, segundo paso.....</i>	<i>98</i>
<i>Imagen 30: Uso de la guía VITA 3D, tercer paso.....</i>	<i>99</i>
<i>Imagen 31: Espectrofotómetro de VITA.....</i>	<i>100</i>
<i>Imagen 32: Gabinete en donde se realizaron las tomas de color.....</i>	<i>102</i>

ÍNDICE DE GRÁFICAS

<i>Gráfica 1: Distribución de la muestra por sexo.....</i>	<i>107</i>
<i>Gráfica 2: Distribución de la muestra por lugares de nacimiento.....</i>	<i>108</i>

<i>Gráfica 3: Distribución de la muestra según edades de los sujetos.....</i>	<i>108</i>
<i>Gráfica 4: Distribución de la muestra según si utilizan lentes o no.....</i>	<i>110</i>
<i>Gráfica 5: Distribución del uso de gafas o no según errores de refracción.....</i>	<i>111</i>
<i>Gráfica 6: Distribución de los errores de refracción según sexos.....</i>	<i>111</i>
<i>Gráfica 7: Distribución de la muestra según si son daltónicos o no.....</i>	<i>114</i>
<i>Gráfica 8: Total de aciertos de mujeres y varones.....</i>	<i>115</i>
<i>Gráfica 9: Total de aciertos de los diferentes grupos de edades.....</i>	<i>117</i>
<i>Gráfica 10: Total de aciertos de los diferentes grupos de edades de mujeres.....</i>	<i>118</i>
<i>Gráfica 11: Total de aciertos de los diferentes grupos de edades de varones.....</i>	<i>119</i>
<i>Gráfica 12: Total de aciertos según lugares de nacimiento.....</i>	<i>120</i>
<i>Gráfica 13: Comparación de aciertos entre emétopes y alumnos con errores de refracción.....</i>	<i>121</i>
<i>Gráfica 14: Comparación de aciertos con dos guías entre emétopes y alumnos con errores de refracción.....</i>	<i>122</i>
<i>Gráfica 15: Aciertos de daltónicos y no daltónicos.....</i>	<i>123</i>
<i>Gráfica 16: Aciertos de daltónicos y no daltónicos según las guías usadas.....</i>	<i>123</i>

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Resumen de los tipos de alteraciones de la visión del color.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 2: Criterios de inclusión y exclusión de la muestra.....</i>	<i>95</i>

<i>Tabla 3: Distribución por lugar de nacimiento.....</i>	<i>107</i>
<i>Tabla 4: Distribución de la muestra según edades de los sujetos.....</i>	<i>109</i>
<i>Tabla 5: Máximo, mínimo y media de las edades de los sujetos.....</i>	<i>109</i>
<i>Tabla 6: Distribución de la muestra según la edad media de hombres y de mujeres... </i>	<i>109</i>
<i>Tabla 7: Distribución del uso de gafas o no según errores de refracción.....</i>	<i>111</i>
<i>Tabla 8: Distribución según frecuencia y porcentaje de uso de lentes, daltonismo y errores de refracción.....</i>	<i>112</i>
<i>Tabla 9: Estudio de la frecuencia de la miopía, mínimo, máximo, media y desviación típica de las dioptrías recogidas.....</i>	<i>112</i>
<i>Tabla 10: Estudio de la frecuencia del astigmatismo, mínimo, máximo, media y desviación típica de las dioptrías recogidas.....</i>	<i>113</i>
<i>Tabla 11: Estudio de la frecuencia de la hipermetropía, mínimo, máximo, media y desviación típica de las dioptrías recogidas.....</i>	<i>113</i>
<i>Tabla 12: Distribución de la muestra según si son daltónicos o no.....</i>	<i>114</i>
<i>Tabla 13: Total de aciertos de mujeres y varones.....</i>	<i>115</i>
<i>Tabla 14: Aciertos en vita clásica de hombres y de mujeres.....</i>	<i>116</i>
<i>Tabla 15: Aciertos en vita 3D de hombres y de mujeres.....</i>	<i>116</i>
<i>Tabla 16: Aciertos según grupos de edades.....</i>	<i>117</i>
<i>Tabla 17: Aciertos según grupos de edades de mujeres.....</i>	<i>118</i>
<i>Tabla 18: Aciertos según grupos de edades de varones.....</i>	<i>119</i>
<i>Tabla 19: Aciertos según lugares de nacimiento.....</i>	<i>120</i>

<i>Tabla 20: Aciertos de daltónicos y no daltónicos según las guías usadas.....</i>	<i>124</i>
<i>Tabla 21: Relación entre las alteraciones refractivas y el sexo.....</i>	<i>124</i>
<i>Tabla 22: Relación entre astigmatismo y el sexo.....</i>	<i>125</i>
<i>Tabla 23: Relación entre los errores de refracción y la edad.....</i>	<i>126</i>
<i>Tabla 24: Relación entre la miopía y el uso de lentes.....</i>	<i>126</i>
<i>Uso de lentes:</i>	
<i>Tabla 25: Análisis de aciertos en tono con vita clásica para cada diente.....</i>	<i>128</i>
<i>Tabla 26: Análisis de aciertos en tono con vita clásica.....</i>	<i>129</i>
<i>Tabla 27: Análisis de aciertos en tono con vita 3D para cada diente.....</i>	<i>130</i>
<i>Tabla 28: Análisis de aciertos en tono con vita 3D.....</i>	<i>131</i>
<i>Tabla 29: Análisis de aciertos en intensidad con vita clásica para cada diente.....</i>	<i>134</i>
<i>Tabla 30: Análisis de aciertos en intensidad con vita clásica.....</i>	<i>135</i>
<i>Tabla 31: Análisis de aciertos en intensidad con vita 3D para cada diente.....</i>	<i>136</i>
<i>Tabla 32: Análisis de aciertos en intensidad con vita 3D.....</i>	<i>137</i>
<i>Tabla 33: Análisis de aciertos en claridad con vita 3D para cada diente.....</i>	<i>139</i>
<i>Tabla 34: Análisis de aciertos en claridad con vita 3D.....</i>	<i>140</i>
<i>Miopía:</i>	
<i>Tabla 35: Análisis de aciertos en tono con vita clásica para cada diente.....</i>	<i>141</i>
<i>Tabla 36: Análisis de aciertos en tono con vita clásica.....</i>	<i>142</i>
<i>Tabla 37: Análisis de aciertos en tono con vita 3D para cada diente.....</i>	<i>143</i>

<i>Tabla 38: Análisis de aciertos en tono con vita 3D.....</i>	<i>144</i>
<i>Tabla 39: Análisis de aciertos en intensidad con vita clásica para cada diente.....</i>	<i>145</i>
<i>Tabla 40: Análisis de aciertos en intensidad con vita clásica.....</i>	<i>146</i>
<i>Tabla 41: Análisis de aciertos en intensidad con vita 3D para cada diente.....</i>	<i>147</i>
<i>Tabla 42: Análisis de aciertos en intensidad con vita 3D.....</i>	<i>148</i>
<i>Tabla 43: Análisis de aciertos en claridad con vita 3D para cada diente.....</i>	<i>149</i>
<i>Tabla 44: Análisis de aciertos en claridad con vita 3D.....</i>	<i>150</i>
<i>Astigmatismo:</i>	
<i>Tabla 45: Análisis de aciertos en tono con vita clásica para cada diente.....</i>	<i>151</i>
<i>Tabla 46: Análisis de aciertos en tono con vita clásica.....</i>	<i>152</i>
<i>Tabla 47: Análisis de aciertos en tono con vita 3D para cada diente.....</i>	<i>153</i>
<i>Tabla 48: Análisis de aciertos en tono con vita 3D.....</i>	<i>154</i>
<i>Tabla 49: Análisis de aciertos en intensidad con vita clásica para cada diente.....</i>	<i>155</i>
<i>Tabla 50: Análisis de aciertos en intensidad con vita clásica.....</i>	<i>156</i>
<i>Tabla 51: Análisis de aciertos en intensidad con vita 3D para cada diente.....</i>	<i>157</i>
<i>Tabla 52: Análisis de aciertos en intensidad con vita 3D.....</i>	<i>158</i>
<i>Tabla 53: Análisis de aciertos en claridad con vita 3D para cada diente.....</i>	<i>159</i>
<i>Tabla 54: Análisis de aciertos en claridad con vita 3D.....</i>	<i>160</i>
<i>Hipermetropía:</i>	
<i>Tabla 55: Análisis de aciertos en tono con vita clásica para cada diente.....</i>	<i>161</i>

<i>Tabla 56: Análisis de aciertos en tono con vita clásica.....</i>	<i>162</i>
<i>Tabla 57: Análisis de aciertos en tono con vita 3D para cada diente.....</i>	<i>163</i>
<i>Tabla 58: Análisis de aciertos en tono con vita 3D.....</i>	<i>164</i>
<i>Tabla 59: Análisis de aciertos en intensidad con vita clásica para cada diente.....</i>	<i>165</i>
<i>Tabla 60: Análisis de aciertos en intensidad con vita clásica.....</i>	<i>166</i>
<i>Tabla 61: Análisis de aciertos en intensidad con vita 3D para cada diente.....</i>	<i>167</i>
<i>Tabla 62: Análisis de aciertos en intensidad con vita 3D.....</i>	<i>168</i>
<i>Tabla 63: Análisis de aciertos en claridad con vita 3D para cada diente.....</i>	<i>169</i>
<i>Tabla 64: Análisis de aciertos en claridad con vita 3D.....</i>	<i>170</i>
<i>Daltonismo:</i>	
<i>Tabla 65: Análisis de aciertos en tono con vita clásica para cada diente.....</i>	<i>171</i>
<i>Tabla 66: Análisis de aciertos en tono con vita clásica.....</i>	<i>172</i>
<i>Tabla 67: Análisis de aciertos en tono con vita 3D para cada diente.....</i>	<i>173</i>
<i>Tabla 68: Análisis de aciertos en tono con vita 3D.....</i>	<i>174</i>
<i>Tabla 69: Análisis de aciertos en intensidad con vita clásica para cada diente.....</i>	<i>175</i>
<i>Tabla 70: Análisis de aciertos en intensidad con vita clásica.....</i>	<i>176</i>
<i>Tabla 71: Análisis de aciertos en intensidad con vita 3D para cada diente.....</i>	<i>177</i>
<i>Tabla 72: Análisis de aciertos en intensidad con vita 3D.....</i>	<i>178</i>
<i>Tabla 73: Análisis de aciertos en claridad con vita 3D para cada diente.....</i>	<i>179</i>
<i>Tabla 74: Análisis de aciertos en claridad con vita 3D.....</i>	<i>180</i>

RESUMEN

Introducción: Cuando la luz incide en los fotorreceptores, envían una señal eléctrica que llega hasta la corteza visual. Estos fotorreceptores se encuentran en la cara externa de la retina y hay de dos tipos, conos y bastones. Los conos proporcionan la visión completa del color ya que se activan cuando hay mucha luz, y los bastones proporcionan la visión con poca luz. Se dice que una persona es daltónica cuando tiene alterada la visión del color. Una de las pruebas más sencillas para saber si una persona es daltónica o no, es el test de Ishihara, consta de unas láminas basadas en los colores opuestos.

Podemos distinguir tres parámetros del color, la intensidad es la cantidad de gris que tiene un color, el tono corresponde con la longitud de onda dominante y el brillo determina lo claro u oscuro que es un color.

Para determinar correctamente el color, debemos tener en cuenta varios parámetros, como el ambiente, el observador o la fuente de luz. Hay dos formas de tomar el color, de forma objetiva o subjetiva. La forma objetiva consiste en tomar el color dental con un espectrofotómetro. Para tomar el color de forma subjetiva se utilizan guías de colores, como son la guía VITA Clásica o la guía VITA 3D Master.

Objetivo: El objetivo de este estudio es saber si la miopía, el astigmatismo, la hipermetropía o el daltonismo afecta a la visión del color dental.

Material y métodos: El estudio que realizamos es observacional transversal. Los alumnos de la Universidad Europea Miguel de Cervantes realizaron un test de Ishihara para comprobar si eran daltónicos o no, e indicaron si tenían miopía, astigmatismo o hipermetropía. Tomaron el color de los dientes con las guías VITA Clásica y VITA 3D Master y después, se compararon estos resultados con los obtenidos con el espectrofotómetro VITA Easyshade.

Resultados: En nuestro estudio han participado 73 personas, de los cuales 40 fueron mujeres y 33 hombres, y hemos registrado el color de 607 dientes. Las mujeres obtuvieron un 49'2% de aciertos al tomar el color dental, los hombres un 43'9%. También vimos que los alumnos obtienen mejores resultados a la hora de tomar el color con la guía 3D Master, tanto si no tienen dioptrías, como si tienen miopía o astigmatismo.

Comprobamos que las personas que llevan gafas aciertan tres veces más que los que no lo son al determinar el tono y la intensidad del incisivo central superior izquierdo y derecho, respectivamente con la guía VITA Clásica.

Las personas que tienen miopía, aciertan 3 veces más al escoger el tono del incisivo central superior izquierdo y 1'69 veces más al escoger la intensidad en el lado derecho en VITA Clásica. Los alumnos que no tienen astigmatismo acertaron 5'55 veces más al escoger el tono del canino superior izquierdo con la VITA Clásica. Las personas con hipermetropía fallan más que los que no lo son tanto en tono como en claridad en VITA 3D Master, y los daltónicos aciertan más en tono con ambas guías, aunque no tenemos datos suficientes para afirmarlo.

Conclusiones: Todos los odontólogos deberíamos usar espectrofotómetro en nuestra consulta debido a que los aciertos en la toma de color subjetiva no llegan ni al 50%. Los miopes aciertan tres veces más que los que no lo son al elegir tono e intensidad con guía VITA Clásica. Las personas que no tienen astigmatismo aciertan 5'55 veces más el tono del canino superior izquierdo con VITA Clásica.

ABSTRACT

Introduction: When the light impact on the photoreceptors, they send an electrical signal that reaches the visual cortex. These photoreceptors are on the outer side of the retina and there are two types, cones and rods. The cones provide full color vision since they are activated when there is a lot of light, and the rods provide vision in low light. It is said that a person is color blind when he has altered his vision of color. One of the simplest tests to know if a person is color blind or not, is the Ishihara test, consists of some sheets based on the opposite colors.

We can distinguish three color parameters, the intensity, that is the amount of gray that has a color, the tone, that corresponds to the dominant wavelength and the brightness, that determines how light or dark a color is.

To correctly determine the color, we must take into account several parameters, such as the environment, the observer or the light source. There are two ways of taking color, objectively or subjectively. The objective way is to take the dental color with a spectrophotometer. To take the color subjectively, color guides are used, such as the VITA Classic guide or the VITA 3D Master guide.

Objective: The objective of this study is to know if myopia, astigmatism, hypermetropia or color blindness affect the vision of tooth color.

Materials and method: The study we perform is cross-sectional observational. The students of the European University Miguel de Cervantes carried out an Ishihara test to check if they were color blind or not, and they indicated whether they had myopia, astigmatism or hyperopia. They took the color of the teeth with the VITA Classical and VITA 3D Master guides and then, these results were compared with those obtained with the VITA Easyshade spectrophotometer.

Results: In our study 73 people participated, of which 40 were women and 33 men, and we registered the color of 607 teeth. Women obtained 49.2% of correct answers when taking the dental color, men obtained 43.9%. We also saw that students get better results when taking the color with the 3D Master guide, whether they do not have diopeters, as if they have myopia or astigmatism.

We verified that people who wear glasses get three times more correct than those who are not glasses when determining the tone and intensity of the upper left and right central incisor, respectively with the VITA Classic guide.

The people who have myopia, guess three times more when choosing the tone of the upper left central incisor and 1'69 times more when choosing the intensity on the right side in Classic VITA. Students who do not have astigmatism guessed 5'55 times more when choosing the tone of the upper left canine with the Classic VITA. People with hyperopia fail more than those who are not, just as much in tone as in clarity in VITA 3D Master, and the color blind guess more in tone with both guides, although we do not have enough data to affirm it.

Conclusions: All dentists should use spectrophotometer in our practice because the correct answers in the subjective color are even fewer 50%. The short-sighted guess three times more than those who are not when choosing tone and intensity with VITA Classic guide. The people who do not have astigmatism get the right colour 5'55 times more the tone of the upper left canine with VITA Classical.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 REVISIÓN HISTÓRICA

No somos conscientes del papel tan fundamental que tiene el color en nuestras vidas, en la vida cotidiana. El color influye en nuestro estado de ánimo, lo tenemos presente en los animales, en la vegetación, en el cielo... por todos lados. Hacemos uso de nuestra percepción del color para elegir la ropa que nos ponemos cada mañana o para decidir si un alimento tiene buen aspecto y por tanto queremos comprarlo. Pero la importancia del color también va más allá, afectándonos incluso en las relaciones con las demás personas. Tener una sonrisa bonita, una sonrisa blanca, es hoy por hoy una de las características faciales más buscadas por todos. (1)

El color no sólo ha sido importante en nuestras vidas hoy en día, sino que, en tiempos prehistóricos, se usaban los colores para teñir el cuero o para pintar en las paredes. (2)

Los tintes que se empleaban eran naturales, obtenidos de plantas o animales. Los tintes orgánicos sintéticos, se conocen también desde hace muchos años, puesto que se cree que los egipcios fueron los primeros en utilizar este tipo de tintes, como el Azul de Alejandría. (2)

Hasta mediados del siglo XIX, las telas eran coloreadas con tintes naturales, y puesto que éstos son bastante inestables, se fueron desarrollando métodos de tinción más complejos, como la combinación de los pigmentos naturales con agentes fijadores del color. Los fijadores que más se utilizaban eran las sales metálicas de hierro, estaño, cromo, cobre o aluminio. Estos complejos son insolubles, por lo que también eran más resistentes a los lavados. Entre los tintes naturales más importantes, está el índigo, de tinte azul, obtenido de ciertas plantas. (2)

Probablemente, el primer tinte sintético fue el ácido pírico, sintetizado por primera vez en 1771, tratando el índigo con ácido nítrico. (2)

El origen de la industria de los tintes sintéticos se atribuye a William H Perkin por su descubrimiento en 1856 de un tinte púrpura al que denominó púrpura de anilina. En la primera mitad del siglo XX continuaron descubriéndose nuevos grupos químicos de pigmentos orgánicos. El descubrimiento más importante fue el de las ftalocianinas, que conseguían tintes azules y verdes. (2)

Dejando a un lado la industria, hasta el siglo III, no se conocía el aspecto físico del color, y no fue hasta el siglo XIII cuando el color se empezó a considerar como una entidad tridimensional. Aristóteles escribió sobre el arco iris y sobre su teoría del espectro de colores. (3)

En cuanto al primer sistema de ordenación de color, lo creó Aristóteles alrededor del año 350 a.C. Era una ordenación tridimensional con el blanco situado en el lado opuesto al negro. Leonardo da Vinci pintó secuencias en que los colores relacionados estaban muy cerca unos de otros. Newton ordenó todos los tonos en un círculo, con los tonos complementarios situados en posiciones opuestas y el blanco en el centro. (4)

A partir de los colores primarios, Thomas Young, desarrolló la primera teoría importante sobre la visión de los colores, que más tarde, Helmholtz, amplió y fundamentó una base experimental. La teoría de Young-Helmholtz describía la existencia de tres tipos de conos que respondían a longitudes de onda distintas. (3)

A partir de 1900, aparecen los atlas de colores, los primeros tenían la finalidad de servir a los naturalistas. En 1905, Albert Munsell, desarrolló un sistema de ordenación de color que lleva su nombre y que hoy en día sigue vigente. (4)

En odontología, Clark fue el primero en someter a algunos dientes naturales al estudio del color, llegando a la conclusión de que el análisis de las tres dimensiones del color es un requisito imprescindible en la ciencia colorimétrica. (3)

1.2 FISIOLÓGÍA DEL SISTEMA VISUAL

1.2.1 EL OJO HUMANO

Antes de explicar el complejo sistema visual, vamos a hacer una pequeña mención a la anatomía del ojo humano y que hace posible que podamos percibir diferentes objetos y colores.

El sistema visual está compuesto por varios elementos: el globo ocular, los anejos y músculos extraoculares y la vía óptica (conexiones entre el ojo y el cerebro). (5)

GLOBO OCULAR

Estructura situada en la cavidad orbitaria con forma más o menos esférica. Consta de tres capas, la capa externa formada por la córnea más anterior y la esclera posterior, la capa media o úvea formada por el iris, cuerpo ciliar y el coroides y la capa interna o retina.

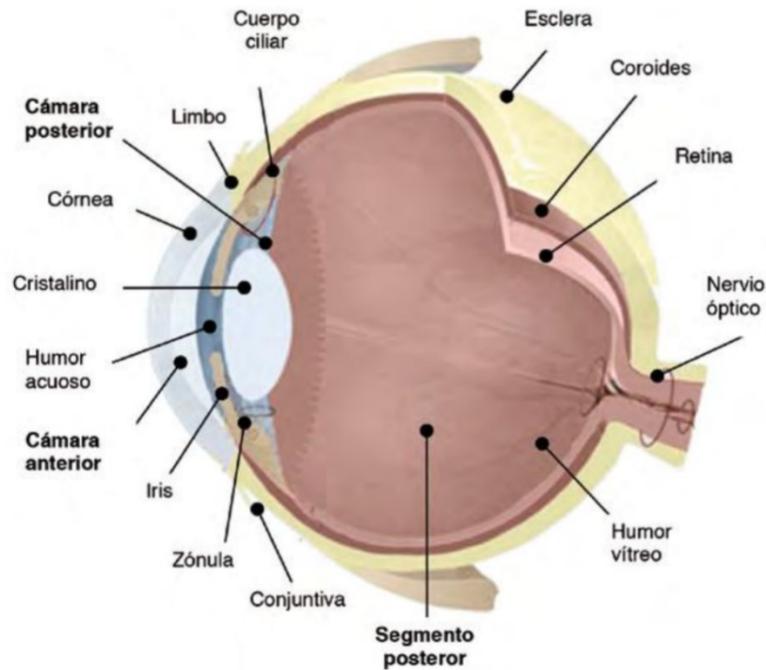


Imagen 1: Esquema anatómico del ojo humano. (5)

CAPA EXTERNA

CÓRNEA

Es la porción anterior transparente de la cubierta externa del ojo. Sirve de barrera protectora frente a agentes externos, aunque tiene una función principalmente óptica. (5)

La córnea tiene cinco capas: (6)

- Epitelio: es la más externa y está en contacto con la película lagrimal, por lo que tiene la función de limpiar el ojo. Además, presenta gran capacidad de regeneración y es una barrera contra los agentes externos. (7)

- Membrana de Bowman: capa acelular homogénea, formada por colágeno, sobre la que asienta el epitelio. Se encarga de estabilizar la conexión entre el epitelio y el estroma. (5)
- Estroma: es la capa más gruesa y está compuesta fundamentalmente por fibras de colágeno dispuestas en forma regular paralelas entre sí. (5)
- Membrana de Descemet: sobre la que asienta el endotelio. (5)
- Endotelio: capa celular que tapiza la cara interna de la córnea y está en contacto con el humor acuoso. Se encarga de mantener la transparencia de la córnea bombeando el exceso de agua. No tiene capacidad regenerativa. (5)

ESCLERA

Es la porción posterior de la cubierta externa del ojo. Proporciona soporte al globo ocular y sirve de inserción a los músculos extraoculares al tener una consistencia firme.

CAPA MEDIA

IRIS

Estructura circular que separa el segmento anterior del ojo en cámara anterior y posterior. Constituye un diafragma que regula la cantidad de luz que entra por el ojo al aumentar o disminuir el tamaño de la pupila. Esto se consigue gracias al músculo esfínter pupilar (produce el cierre de la pupila o miosis) y al músculo dilatador pupilar (que produce la apertura de la pupila o midriasis). (5)

CUERPO CILIAR

Formado por: (5)

- Procesos ciliares: se encargan de la producción del humor acuoso. En ellos además se insertan las fibras de la zónula formadas por haces de colágeno que mantienen el cristalino en su posición.
- Músculo ciliar: es responsable de la acomodación, mecanismo mediante el cual el ojo puede modificar el poder dióptrico del cristalino. Para enfocar objetos cercanos el músculo ciliar se contrae, se reduce la tensión sobre las fibras de la zónula y el cristalino adopta una forma más esférica, con lo que aumenta su poder refractivo.

COROIDES

Tejido muy vascularizado. (8) Es la porción más posterior. Consta de una fina capa de tejido conectivo que cubre los 5/6 posteriores del globo ocular, situada entre la esclera y la retina. Además, posee una gran cantidad de melanocitos muy pigmentados que son los responsables de la densa coloración característica de esta capa. Su función es nutrir a las capas de la retina que están más cerca de ella, así como mantener una temperatura estable en el globo ocular adecuada para su buen funcionamiento. (5)

CAPA INTERNA

RETINA (5)

Actúa como receptor del estímulo luminoso convirtiéndolo en un impulso nervioso que es enviado al cerebro a través del nervio óptico. Para ello la retina presenta una estructura compleja formada por distintos tipos de células:

- Células epiteliales pigmentadas: situadas en la parte más externa. Intervienen en el metabolismo de los fotorreceptores, ayudando a eliminar los desechos tóxicos. Además, favorecen el intercambio de moléculas y gases entre el fotorreceptor y la coroides.
- Neuronas: se diferencian 3 tipos:
 - Fotorreceptores: son neuronas especializadas capaces de transformar la energía lumínica en un impulso nervioso. Se localizan en la parte externa de la retina.
Existen dos tipos:
 - Bastones.
 - Conos.
 - Células ganglionares: sus axones forman el nervio óptico al reunirse en la papila óptica. Se localizan en la parte interna de la retina.
 - Células bipolares: conectan las células fotorreceptoras con las células ganglionares.
- Células de sostén para el resto de las células de la retina.

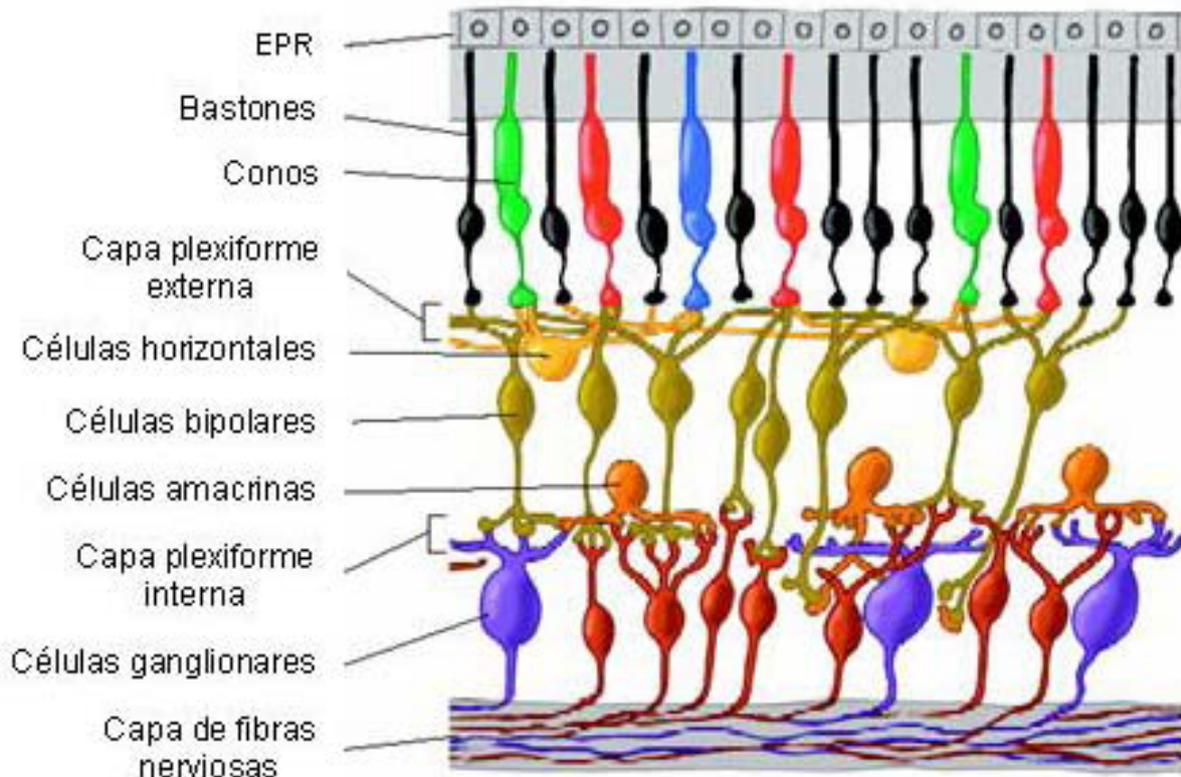


Imagen 2: Esquema de la estructura histológica de la retina. (Fuente:

<http://prevenirlaceguera.blogspot.com/2010/08/retina-histologia-fotoreceptores.html>)

En el centro de la retina se localiza la mácula, estructura oval en cuyo interior la retina se adelgaza formando una pequeña depresión que es la fovea. Este es el área de la retina donde se enfocan los rayos luminosos y se encuentra especialmente capacitada para la visión de más alta resolución y precisión, puesto que aquí los únicos fotorreceptores existentes son los conos. Hacia la parte nasal de la mácula se encuentra la papila óptica o disco óptico que representa la porción más anterior del nervio óptico y en ella convergen las fibras nerviosas de la retina (axones de las células ganglionares).

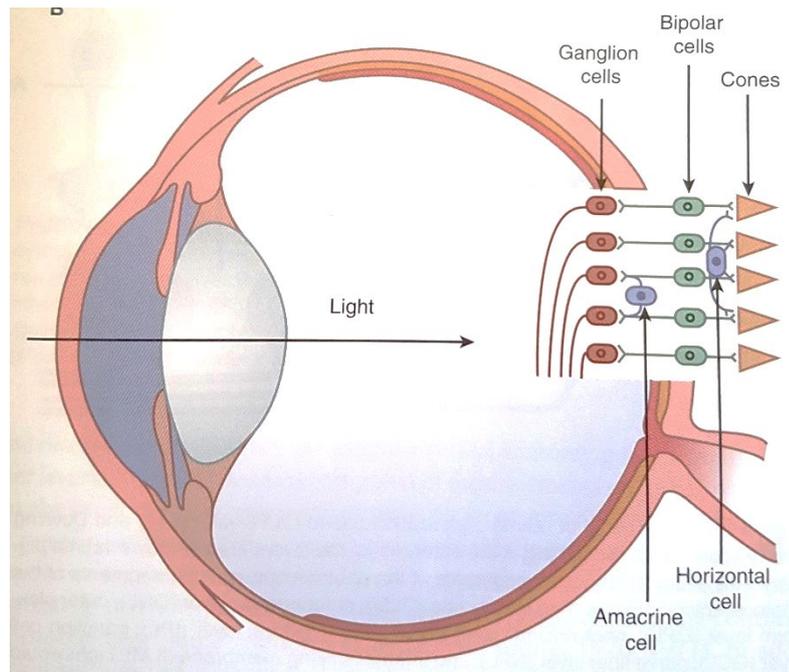


Imagen 3: Magnificación de la fovea. (9)

ANEJOS Y MÚSCULOS EXTRAOCULARES (5)

Los músculos extraoculares, son los encargados de movilizar el globo ocular. Son seis músculos: cuatro rectos (superior, inferior, interno o medial y externo o lateral) y dos oblicuos (inferior o menor y superior o mayor).

En cuanto a los anejos oculares, podemos encontrar: el párpado, que se encarga de proteger al ojo de las irritaciones externas y de distribuir de forma uniforme la lágrima por toda la superficie. También en este apartado tenemos el aparato lagrimal, que nutre el epitelio corneal, facilita el arrastre y la eliminación de cuerpos extraños y tiene una función antiséptica al contener inmunoglobulinas y enzimas con capacidad antibacteriana. Y por último nos encontramos con la conjuntiva, que proporciona una función de revestimiento y defensa.

VÍA ÓPTICA (5)

La vía óptica se encarga de conducir los impulsos neuronales del ojo al cerebro. Los dos nervios ópticos se reúnen en el quiasma óptico, donde se cruzan las fibras de la retina nasal pasando a la cintilla óptica del lado contrario, mientras que las fibras procedentes de la retina temporal continúan por la cintilla óptica del mismo lado. Las cintillas ópticas llegan al cuerpo geniculado externo de donde parten las fibras nerviosas que forman las radiaciones ópticas y acaban en la corteza cerebral occipital.

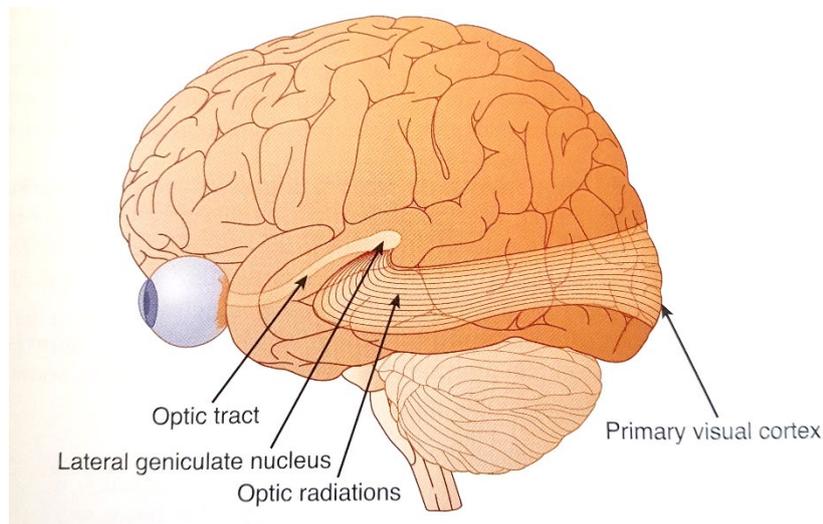


Imagen 4: Esquema cerebral de dónde percibimos las imágenes. (9)

1.3 ERRORES DE REFRACCIÓN

Se conoce como emetropía al estado de refracción normal, en el que los rayos luminosos que llegan al ojo se enfocan exactamente en la retina en estado de reposo, dando una imagen nítida del objeto. Al contrario, se llama ametropía, si los rayos no enfocan

directamente sobre la retina, sino delante o detrás. Esto tiene como consecuencia que no se consigue una imagen nítida. (5) Hay varias clases:

- Esférica
 - Miopía
 - Hipermetropía
- No esférica
 - Astigmatismo

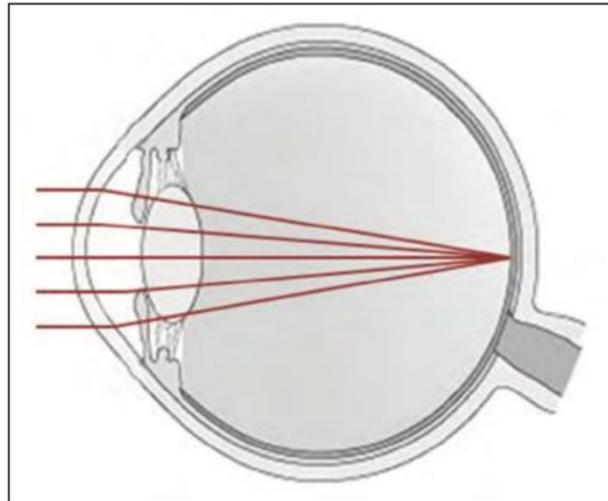


Imagen 5: Ejemplo de un ojo emétopo. (5)

1.3.1 MIOPIA

Ametropía que se debe a una curvatura excesiva del cristalino que hace que las imágenes de los objetos se formen un poco antes de llegar a la retina. El síntoma más llamativo es la mala visión de lejos. (10)

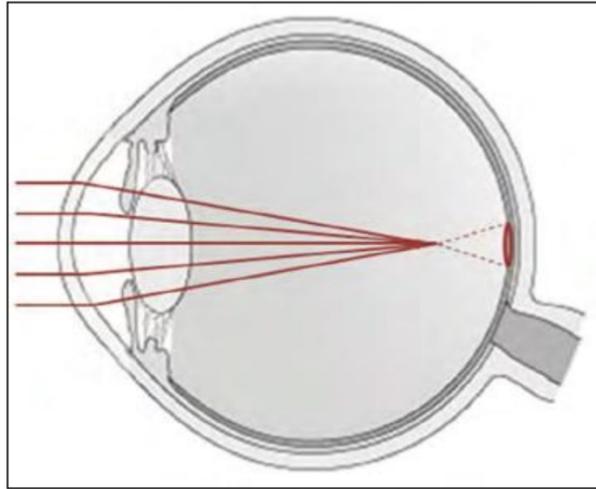


Imagen 6: Ejemplo de un ojo miope. (5)

Desde el punto de vista clínico se puede considerar que existen dos tipos de miopía: (5)

- Simple: Comienza en torno a la adolescencia, aumenta discretamente y se estabiliza. No suele asociar patología ocular.
- Patológica o degenerativa: Es una miopía elevada superior a -6 D, de aparición en la infancia y con un carácter hereditario. Su progresión es acentuada por el crecimiento desmesurado del eje anteroposterior del ojo. Se acompaña de una importante pérdida visual y cambios degenerativos que afectan a la periferia de la retina, a la mácula y al vítreo.

Desde el punto de vista óptico, la miopía puede ser: (5)

- Axial: Debido a un aumento del eje anteroposterior del ojo. Es el tipo más frecuente.
- De curvatura: Por un aumento de la curvatura de la córnea y/o del cristalino.

- De índice: Por aumento del índice de refracción de alguna parte del sistema óptico del ojo, como en el caso de las cataratas.

1.3.2 HIPERMETROPÍA

Anomalía o defecto del ojo que consiste en la imposibilidad de ver con claridad los objetos próximos y se debe a un defecto de convergencia del cristalino, que hace que los rayos luminosos converjan más allá de la retina. No suele ponerse de manifiesto hasta la tercera o cuarta década de vida. Si aumenta antes suele relacionarse con otras patologías.

(10)

El síntoma principal es la visión borrosa en las distancias cortas.

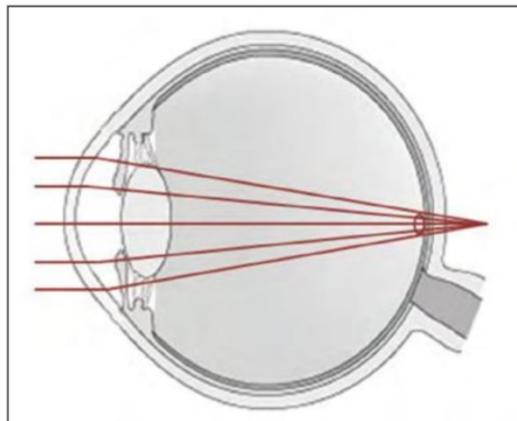


Imagen 7: Ejemplo de un ojo hipermetrope. (5)

Desde el punto de vista clínico se puede considerar que existen dos tipos de hipermetropía: (5)

- Simple: Producida por variaciones biológica normales.

- Patológica: Por alteraciones congénitas o adquiridas fuera de las variaciones normales.

Desde el punto de vista óptico, la hipermetropía puede ser: (5)

- Axial: Debido a un acortamiento del eje anteroposterior del ojo. Es la más frecuente.
- De curvatura: Por una disminución de la curvatura de la córnea o cristalino.
- De índice: Por disminución del índice de refracción de alguna parte del sistema óptico.

1.3.3 ASTIGMATISMO

Anomalía o defecto del ojo que consiste en una curvatura irregular de la córnea, lo que provoca que se vean algo deformadas las imágenes y poco claro el contorno de las cosas. En la mayor parte de los casos tiene un origen congénito. Se ha encontrado un patrón hereditario, autosómica dominante. (10)

Es un defecto de refracción en el que no se forma un foco puntual de luz en la retina, sino dos líneas focales, pues el sistema óptico no tiene la misma capacidad refractiva en todos los meridianos. Un punto objeto no produce un punto imagen, sino dos líneas focales. La agudeza visual no es buena ni de lejos ni de cerca, pero dependerá de si es miópico o hipermetrópico. (5)

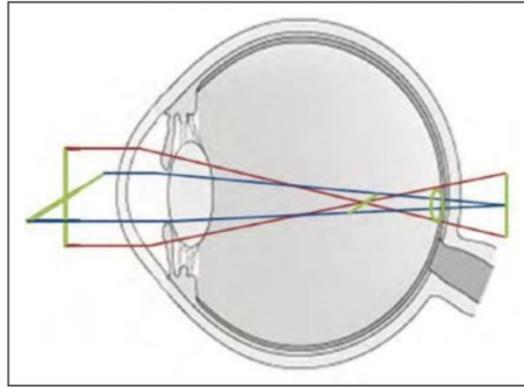


Imagen 8: Ejemplo de un ojo astigmático. (5)

Según la regularidad del defecto, el astigmatismo se clasifica en: (5)

- Regular: Los meridianos principales son perpendiculares y la potencia a lo largo de cada uno de ellos es constante:
 - Simple: Un punto focal recae sobre la retina delante de la retina (astigmatismo miópico simple) o detrás (hipermetrónico simple).
 - Compuesto: Los dos puntos focales caen por delante de la retina (astigmatismo miópico compuesto) o detrás (hipermetrónico compuesto).
 - Mixto: Un foco queda por delante y otro por detrás de la retina.
- Irregular: Los meridianos principales no son perpendiculares y la potencia a lo largo de todos o parte de los meridianos no es constante.

Según el origen el astigmatismo se clasifica en: (5)

- Corneal: El más frecuente y originado por la cara anterior de la córnea.
- Interno: Producido por el cristalino y/o cara posterior de la córnea.

1.4 PERCEPCIÓN DEL COLOR

Isaac Newton, fue el primero en establecer los principios del color. Hizo pasar un rayo de luz a través de un prisma de cristal, y vio cómo la luz se descomponía en diferentes colores. Así, concluyó que la luz blanca que hizo pasar por aquel prisma estaba compuesta por todos los colores. (11)

La percepción del color no es más que una sensación que cada individuo obtiene de diferente manera (12), y eso es debido a que percibimos los colores gracias al conjunto de tres elementos: (13)

- Las propiedades de la luz que incide en el objeto.
- Las propiedades químicas del objeto que van a hacer que absorba o refleje la luz de una manera u otra.
- El sistema visual humano. De él dependerá cómo percibimos esos estímulos físicos y cómo se traducen en nuestro cerebro. Por este motivo, no todos los observadores perciben el mismo objeto con las mismas condiciones de luz, de la misma manera.

La luz es estudiada en física con las mismas leyes con las que se estudia otro tipo de radiaciones u ondas electromagnéticas, pero se añade alguna característica a mayores, como es la longitud de onda y la frecuencia. (14)

Las longitudes de onda que son apreciadas por el ojo humano se encuentran entre 360 y 780nm, por debajo de este valor se encuentra la región ultravioleta, y por encima la región infrarroja. (2)

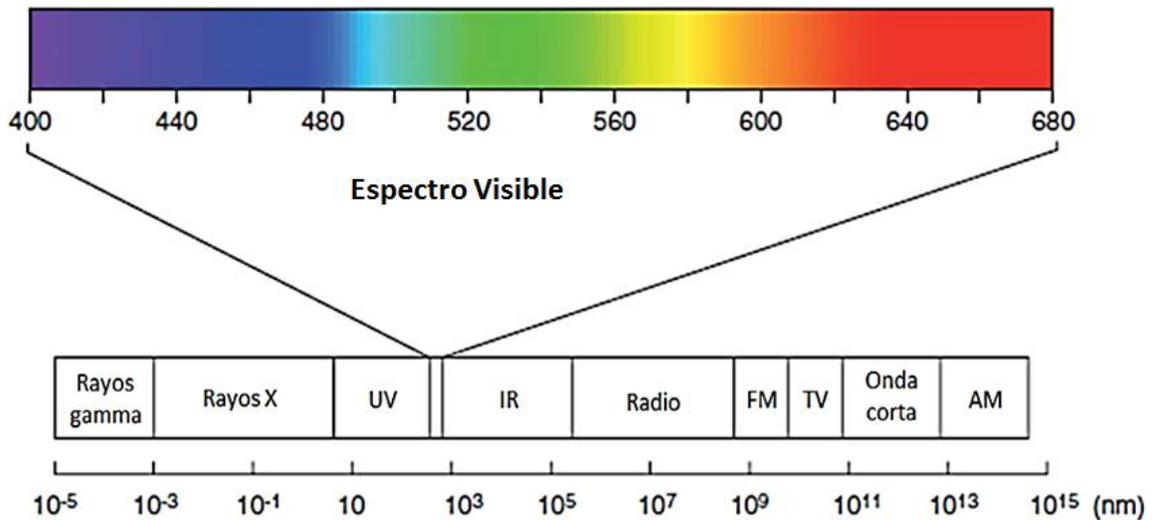


Imagen 9: Espectro visible. (9)

Dentro de los colores del espectro visible, diferenciamos los tres colores primarios, rojo, verde y azul. Estos tres colores componen el denominado sistema RGB. Los colores secundarios se obtienen con la mezcla de los primarios (teoría aditiva del color). Sin embargo, según la teoría sustractiva, hay que restar luz eliminando longitudes de onda determinadas mediante filtros o absorción y dispersión de la luz. (15, 16)

1.4.1 FOTORRECEPTORES

En el ojo humano, son los encargados de traducir la imagen óptica en un patrón de actividad nerviosa que es transmitido al cerebro a través de las fibras del nervio óptico. (2)

Percibir una determinada escena es el resultado final de un proceso que resulta complejo y en el que pueden distinguirse diferentes fases o etapas: (17)

- Fase óptica. La que la luz proveniente de la escena es focalizada sobre la retina. El resultado final es la formación de una imagen óptica sobre la retina conocida como la imagen retiniana.

- Fase fotoquímica. Los fotorreceptores de la retina transforman la señal luminosa en una serie de respuestas neurales, respuestas eléctricas. O, dicho de otra manera, la imagen retiniana se codifica en señales eléctricas.
- Fase de representación interna. La combinación de las respuestas de los fotorreceptores (entre ellos en cada ojo y entre ambos ojos) da lugar a una serie de representaciones internas y a partir de ellas se construye la última fase.
- Fase de interpretación. El sistema visual extrae una interpretación de la escena.

El resultado final de todo este proceso visual es la interpretación del mundo exterior, y por supuesto, de los colores. (18)

Hasta mediados del siglo XX, se pensaba que de alguna manera existía en la corteza visual un mapa retiniano único de la imagen realizado punto a punto y que la información correspondiente a cada punto (color, forma, movimiento, profundidad) se transmitiría de manera conjunta por la misma vía. Sin embargo, los estudios desarrollados durante la segunda mitad del siglo XX mostraron que esto no sucede así. La información correspondiente al color, forma, movimiento, etc. viaja y se procesa por caminos diferentes. Al menos 32 áreas corticales están involucradas en el procesado de la información visual. (17)

La luz que incide sobre un fotorreceptor provoca un cambio de su actividad, de manera que cuando se alcanza un valor mínimo o umbral, se dispara el mecanismo nervioso y si no se alcanza dicho umbral no se dispara la respuesta de la célula. La señal eléctrica generada pasa a la célula bipolar a la que esté conectada ese fotorreceptor, y de esta llega a una célula ganglionar en el núcleo geniculado lateral, y así hasta alcanzar la corteza visual. (17)

Como hemos visto, los fotorreceptores se dividen en dos grandes grupos, los bastones y los conos.

Los bastones permiten diferenciar colores con baja luz en blanco y negro, y los conos, permiten la percepción de colores con más luz. (16)

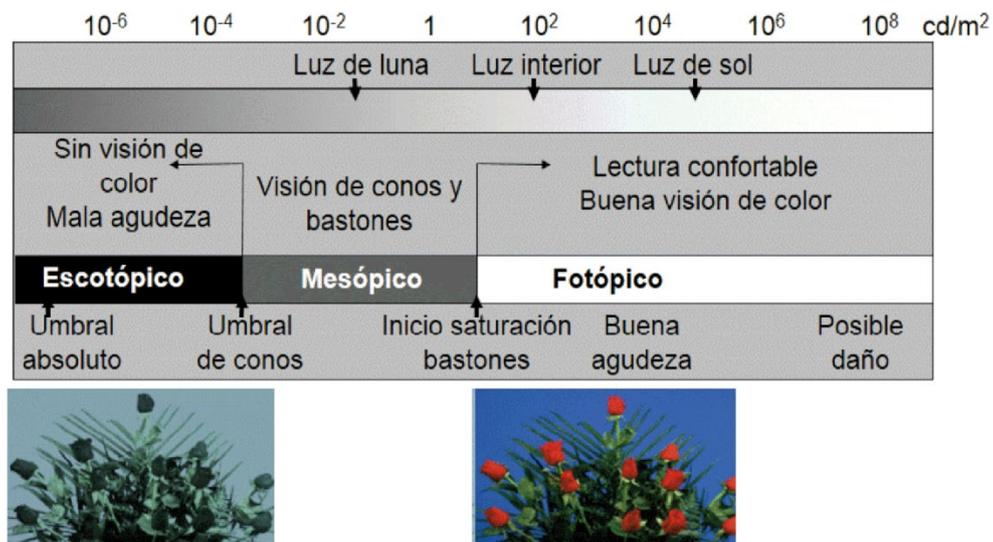


Imagen 10: Tipos de visión según la cantidad de luz. (17)

Están localizados en la capa más externa de la retina. Hay más de 100 millones de fotorreceptores en la retina, de los cuales 7 millones son conos y el resto son los bastones.

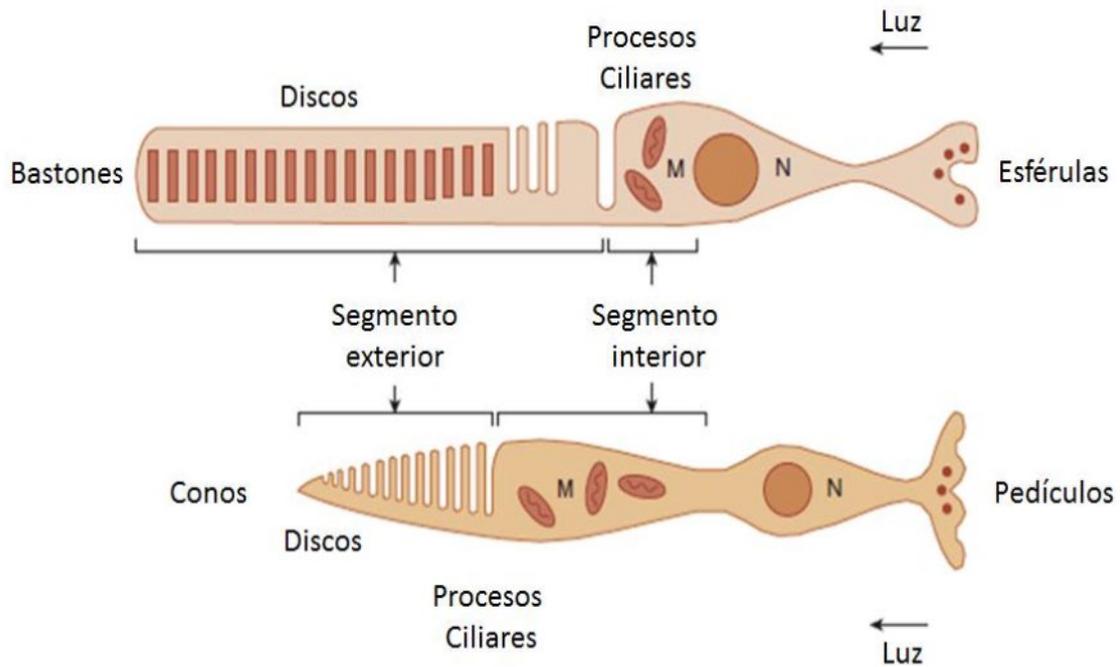


Imagen 11: Diagrama anatómico de los fotorreceptores conos y bastones. (9)

Los bastones presentan solo un tipo de pigmento fotosensible, por lo que los denominamos acromáticos. (18) Éste es un fotopigmento denominado rodopsina, que es entre 10 y 30 veces más sensible a la luz que los fotopigmentos de los conos. La rodopsina es generada continuamente en el ojo y destruida a la exposición de la luz. Con poca iluminación, esta destrucción se lleva a cabo a una velocidad baja, por lo que los bastones tienen suficiente rodopsina para ser sensibles a la luz. Por ello, la visión nocturna o con baja iluminación nos la dan los bastones. (2)

La opsina es el fotorreceptor que aparece en los conos, son menos sensibles a la luz por lo que actúan mejor si hay un ambiente iluminado. Cuando los bastones están inactivos por mucha luz, la visión viene proporcionada por los conos, ya que su fotorreceptor no se destruye con la luz. Los conos son los encargados de proporcionar una visión completa del color, además de percibir también la claridad y la oscuridad. (2, 18)

Según el tipo de pigmento que se encuentre en cada cono, diferenciaremos tres tipos de conos, azules, verdes y rojos (también llamados S, M y L respectivamente). (19)

El descubrimiento de los tres tipos de conos dio base fisiológica a la teoría tricromática de la percepción del color. Esta teoría se basa en que cualquier color puede ser conseguido con la mezcla de tres longitudes de onda primarias (azul, verde y rojo) modificando las intensidades de cada una de ellas. (19)

Los conos azules tienen una sensibilidad diez veces menor que los conos verdes y rojos. Los receptores más sensibles a la luz y que por tanto se saturan con facilidad son los bastones. Al haber mucha luminosidad, los bastones se saturan y se activan los conos, siendo éstos últimos los responsables de la visión de los colores. (19) Pero antes de que la luz llegue a los conos y bastones, tiene que pasar a través de células nerviosas, y sólo el 20% de la luz llega a los fotorreceptores, mientras que el resto no se percibe. (16)

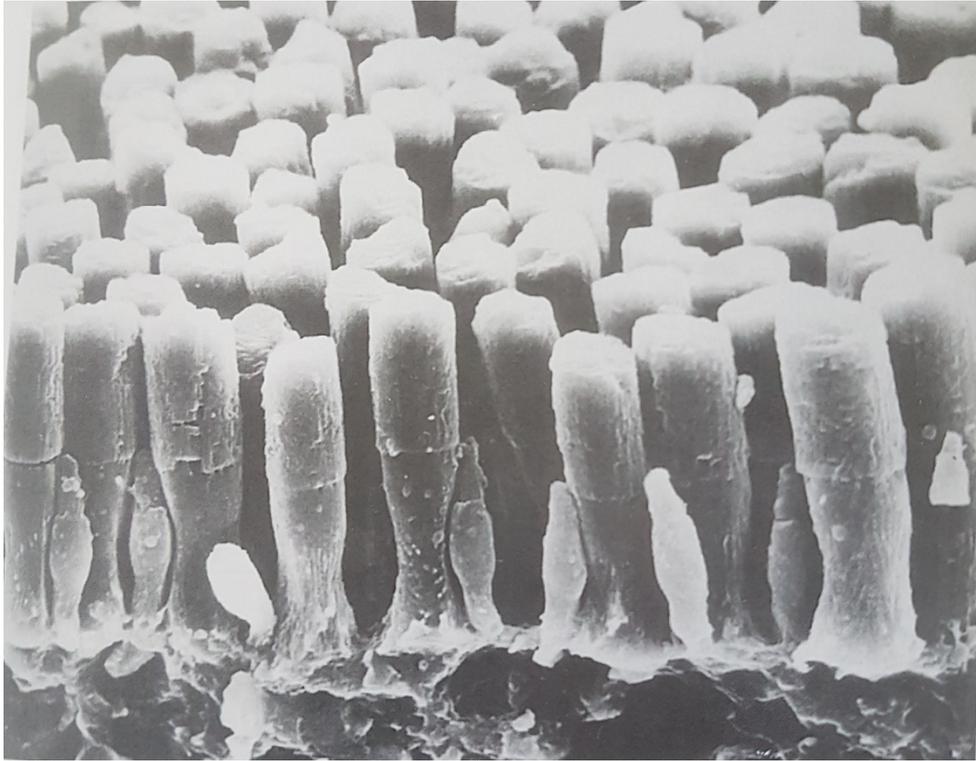


Imagen 12: Conos y bastones bajo el microscopio. (9)

Los conos y los bastones establecen conexiones con las células horizontales y bipolares. Mientras que las células horizontales y las amacrinas establecen conexiones en un plano transversal, las bipolares y las ganglionares conectan en la vertical, que es la dirección principal de transmisión.

Las células bipolares y las células ganglionares son de diferente tipo en función de su morfología y su fisiología. Se distinguen tres subtipos de células bipolares: en brocha, aplanadas y enanas: (17)

- Células bipolares en brocha (están conectadas con muchos bastones).
- Células bipolares aplanadas (están conectadas con conos extrafoveales).
- Células bipolares enanas (están conectadas a un único cono foveal).

Las células bipolares establecen conexiones con las células ganglionares, de las que existen dos tipos celulares: (17)

- Células ganglionares difusas, que están conectadas con muchas bipolares.
- Células ganglionares enanas, que conectan con una sola bipolar enana.

Además, de acuerdo con su tamaño, se pueden clasificar en tres tipos celulares que se mantienen a lo largo de la vía visual y van a demostrar diferentes propiedades: son las células Magno (de gran tamaño), las células Parvo (pequeñas) y las células Konio (de tamaño variable). Las células Magno (M) y Parvo (P) constituyen el 80% de las células ganglionares. El resto son células Konio (K), cuyas propiedades no han sido puestas de manifiesto en igual medida que el resto. (17)

Las células P son selectivas a la longitud de onda y a frecuencias espaciales altas, con respuesta sostenida (respuesta tónica). Las células M no son selectivas a la longitud de onda, pero sí a las frecuencias espaciales bajas, tienen una respuesta transitoria (respuesta fásica) y alta velocidad de conducción de la señal. Finalmente, las células K son selectivas a la longitud de onda. (17)

Las propiedades de estas neuronas marcan las funciones de las áreas visuales a las que están conectadas y a las que por tanto va a llegar la información que transportan.

Las células ganglionares, presentan largos axones que abandonan la retina a través del nervio óptico y establece sinapsis en los núcleos geniculados laterales izquierdo y derecho. El LGN actúa como una estación intermedia en la ruta de la información hacia el córtex visual, pero no modifica esta información. (17)

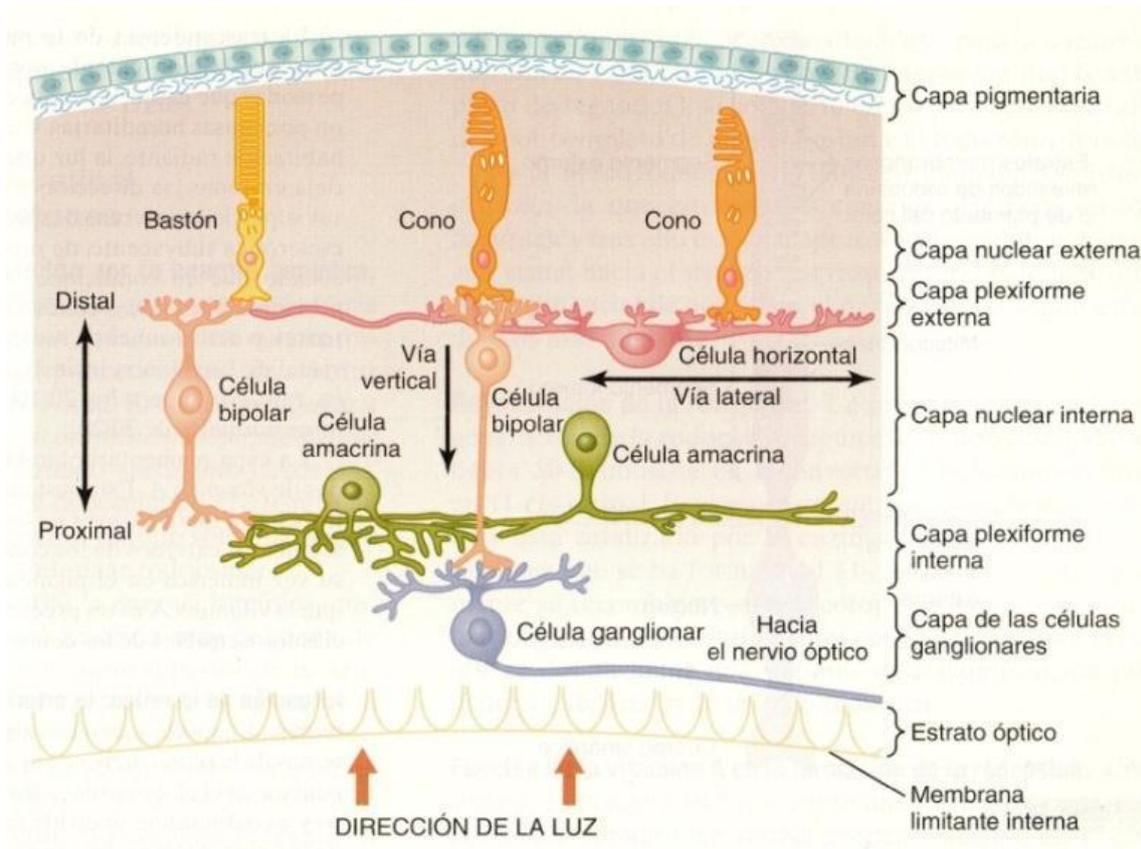


Imagen 13: Esquema de la disposición de los conos y bastones, células bipolares y ganglionares. (18)

De la misma forma que los axones de las células ganglionares proyectan una representación espacial precisa de la retina sobre el LGN, éste proyecta una representación similar sobre la corteza visual, en el lóbulo occipital. Anatómicamente toda la corteza visual está estructurada en varias capas. (17)

Fisiológicamente, las células de la corteza visual se clasifican de la siguiente manera, en función de su respuesta: (17)

- Células estrelladas: reciben entradas desde varias células del LGN y la información proviene de un sólo ojo. Sus campos receptivos son circulares de tipo ON/OFF.

- Células simples: reciben entradas de las células estrelladas y tienen campos receptivos centro-periferia más alargados que en las anteriores. Responden con mayor intensidad a una línea recta con una orientación determinada. Responden también a límites o bordes generados por contraste de colores, aunque no codifican información del color.
- Células complejas: reciben entradas de las células simples y desde ambos ojos, son las primeras células que reciben información binocular. Tienen campos receptivos mayores y no diferencian demasiado el lugar donde aparece la línea, a diferencia de las simples. Responden por tanto a una línea con orientación determinada y en movimiento con un sentido determinado.
- Células hipercomplejas: responden a estímulos más elaborados, como bordes y esquinas. Se distinguen varios tipos, las hipercomplejas de primer orden que responden a estímulos en forma de barra con una longitud, orientación, velocidad y un sentido de movimiento determinados (son las células tipo Reichardt), y las hipercomplejas de segundo orden que responden a estímulos formados por dos barras colocadas a 90°, por lo que representarían detectores de esquinas.

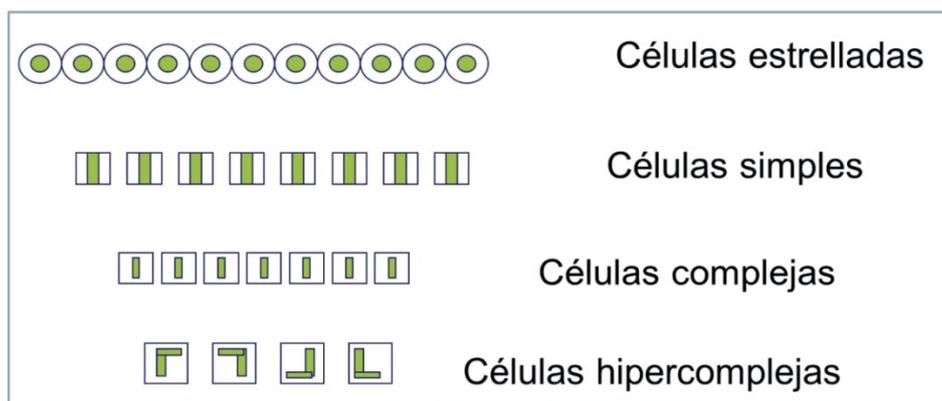


Imagen 14: Tipos de células de la corteza visual. (17)

Esta organización fisiológica es la base para la hipótesis de que el proceso visual está jerarquizado, de modo que cada nivel celular responde a estímulos cada vez un poco más complejos que el anterior.

Podemos hablar de dos clasificaciones de los campos receptivos en función de cómo responden a la luz según el punto de entrada del estímulo y según el color de ese estímulo:

(17)

Campos receptivos en función de la luminancia

Los campos receptivos se pueden clasificar respecto a la luminancia, como campos antagónicos y campos no antagónicos. Se dice que una célula presenta un campo no antagónico cuando su respuesta ante un estímulo luminoso es siempre de tipo excitatorio (células ON), o siempre de tipo inhibitorio (célula OFF), independientemente de la zona del campo iluminada.

En el campo receptivo no antagónico, la respuesta es siempre uniforme y la intensidad dependerá del tamaño de área iluminada. A mayor área iluminada, mayor respuesta. Los campos receptivos antagónicos corresponden a células que responden de una determinada manera (excitación) cuando el estímulo luminoso se produce en una zona particular del campo visual, el centro del campo receptivo. Pero si ese mismo estímulo luminoso se localiza en una zona periférica cercana, se produce la respuesta opuesta (inhibición). En este caso, en el que el centro del campo receptivo es excitatorio y la periferia inhibitoria se habla de campos receptivos con centro ON. También existen células con un funcionamiento contrario, en el que el centro es inhibitorio y la periferia excitatoria. Éstas son las células con campo receptivo con centro OFF.

La explicación fisiológica del funcionamiento del campo receptivo antagónico se encuentra en los procesos de inhibición que ocurren a nivel de las células horizontales de

la retina. Una sola célula horizontal contactaría con las células del centro (on) y de la periferia (off). Cuando la luz incide en la periferia, los conos periféricos se excitan, la célula horizontal recoge estas señales y a su vez envía una señal inhibitoria a los conos centrales. Como resultado de ello disminuye la actividad en la célula ganglionar (Inhibición). Este mecanismo de retroinhibición, contribuye a la detección de los bordes de diferentes objetos en una escena visual.

Campos receptivos en función del espectro

Teniendo en cuenta la longitud de onda del estímulo, los campos receptivos se pueden clasificar como oponentes y no oponentes.

- Se dice que la célula es no oponente cuando la respuesta es del mismo tipo – excitatoria o inhibitoria– para todas las longitudes de onda.
- Se dice que una célula es oponente cuando la respuesta es excitatoria para una parte del espectro e inhibitoria para el resto. La longitud de onda en la que se produce la transición de un tipo a otro de respuesta se denomina punto neutro. Iluminando un campo receptivo con la correspondiente luz del punto neutro, la célula no dará ninguna respuesta.

Una manera de cuantificar la sensibilidad espectral de los fotorreceptores es a través de su absortancia, que es el cociente entre los fotones que se absorben y los fotones que inciden sobre el detector. Cuando hablamos del sistema visual, tenemos que tener en cuenta que no toda la luz que incide en la cara anterior de la córnea alcanza a los fotorreceptores, parte de esa luz se pierde. Esas pérdidas son selectivas a la longitud de onda y, por lo tanto, conviene definir una absortancia efectiva como el cociente entre los fotones que se absorben en el detector y los fotones que inciden en la córnea. (4)

1.4.2 MÉTODOS ADITIVOS Y SUSTRATIVOS DE PERCEPCIÓN DEL COLOR

Podemos considerar al sistema visual como un sistema aditivo que integra o suma sobre tres canales espectrales diferentes todos los componentes espectrales de la luz visible que incide sobre la córnea.

En cuanto a la reproducción del color, existen dos métodos, los aditivos y los sustractivos.

MÉTODOS ADITIVOS

Podemos definir la mezcla aditiva de colores como aquella en la que cada primario añade luz. Se utiliza, por ejemplo, en monitores de ordenador. (20)

Selecciona colores primarios ya que la mezcla aditiva de las luces o colores primarios proporcionan el blanco, las mezclas binarias dan el cian, el magenta y el amarillo, pero, sobre todo, la mezcla de todos da el color negro. Hay varios tipos: (4)

- Método por parpadeo: aplicable al cine y a la televisión. En tiempos extremadamente cortos que no podemos notarlos, la presentación muy rápida de dos estímulos cromáticos da lugar a su mezcla aditiva.
- Método por mosaico: a distancias lejanas, nuestro sistema óptico forma imágenes retinianas bastante menores de las imágenes reales, por lo que dos colores pueden aparecer tan juntos que son captados por el mismo fotorreceptor. Este fotorreceptor no puede distinguir los dos estímulos, por lo que codificará una mezcla aditiva de las dos luces que inicialmente incidirían de forma separada sobre la córnea si el objeto estuviera más cerca.
- Método lenticular: es una variación de la anterior. En vez de estar la estructura del mosaico formada por puntos, lo está por tiras o líneas.

- Método de imagen virtual: la superposición de las imágenes virtuales RGB (red: rojo, green: verde, blue: azul) de la escena mediante espejos semirreflectantes consigue también una mezcla aditiva RGB de la escena original.
- Método por difracción: las tres imágenes RGB se superponen de forma modulada mediante tres redes de difracción.

MÉTODOS SUSTRATIVOS

Definimos mezcla sustractiva de colores como aquella en la que cada primario resta luz.

Se utiliza, por ejemplo, en impresoras convencionales. (20)

Se basa en utilizar colores primarios que controles de forma selectiva, sobre todo por absorción, la cantidad de luz RGB que incidirá sobre nuestros ojos. En la mayoría de los casos, se mezclan métodos sustractivos con métodos aditivos. (4)

1.4.3 MECANISMOS DE ADAPTACION VISUAL

El sistema visual es capaz de discernir entre dos estímulos blancos que difieren en luminancia un 1% con iluminaciones fotópicas o incluso menos con luminancias más bajas, o es capaz de diferenciar entre dos estímulos monocromáticos de la misma luminancia que difieren en longitud de onda solo dos o tres nanómetros. La mínima diferencia que es capaz de percibir el sistema visual humano, se le llama umbral diferencial o umbral incremental según que los dos estímulos que se desea discriminar se coloquen uno al lado del otro o uno sobre el otro. (4)

Para llevar a cabo una percepción visual completa y nítida, el sistema visual tiene que recurrir a veces a algunos mecanismos de adaptación visual, los cuales son:

Blanqueo y regeneración de pigmentos:

Cuando el pigmento de un fotorreceptor tiene todas sus moléculas excitadas, se dice que está saturado o blanqueado, no puede dar respuesta, aunque reciba más luz. En esas condiciones de gran cantidad de luz, hasta que las moléculas no se regeneren, el fotorreceptor no es capaz de volver a dar señal, y habrá por lo tanto una pérdida de sensibilidad. (17)

Contracción/dilatación pupilar:

La iluminación retiniana varía con el diámetro pupilar. Ante un aumento brusco de luminancia, la primera respuesta visual para intentar mantener la iluminación retiniana constante consistirá en reducir el tamaño de la pupila de entrada. El mecanismo no es igual de rápido en un sentido u otro: la dilatación completa de la pupila al pasar de luz a oscuridad tarda cerca de un minuto, mientras que, en el caso contrario, de oscuridad a luz, el proceso es muchísimo más rápido y se reduce a tan sólo tres o cuatro segundos. (17)

Control de la ganancia de los fotorreceptores:

Al variar el nivel de iluminación de una escena, la retina se adapta progresivamente a esa nueva situación. El estado de adaptación de un observador ante un estímulo luminoso puede variar con el período de tiempo que lleve dicha persona viendo el estímulo, ya que los fotorreceptores ajustan su sensibilidad a la luz de forma tal que nos parecen igual de luminosos un objeto observado en una habitación con luz artificial que cuando se ilumina con luz natural. (17)

1.5 CLASIFICACIÓN DE LOS DEFECTOS DE LA VISIÓN CROMÁTICA

Se puede definir daltónico como una persona con una alteración en la visión del color de uno de los siguientes tipos: protanopia, protanomalia, deuteranopia o deuteranomalia.

(20)

John Dalton fue el primero en hablar sobre alteraciones de la visión cromática, quedándose su nombre relacionado con la clasificación de dichos defectos.

Como ya hemos dicho, nuestro cerebro crea colores cromáticos cuando la retina recibe distintos tipos de luz y, muy importante, el cerebro es capaz de detectarlos en base a comparar la respuesta de los tres tipos de conos.

Ya en el siglo XVIII se sabía que los casos que hoy denominamos daltonismo se concentran en ciertas familias, el propio Dalton tenía un hermano daltónico. Por otra parte, los estudios realizados a principios del siglo XX permiten establecer la conexión existente entre la presencia de alteraciones en los cromosomas X y el daltonismo, lo que permitió explicar la menor incidencia en mujeres. (20)

Cuando hay un defecto en la percepción del color, se dice que la persona padece una discromatopsia, que suelen ser congénitas y por alteraciones en la síntesis de fotopigmentos. La discromatopsia será mayor o menor según el grado de afectación (puede haber fotopigmentos insensibles a la luz o que se vea su sensibilidad disminuida) y el número de pigmentos que se vean afectados. (19)

Existen dos grupos en donde dividiremos los defectos de la visión. Estos dos grupos son: alteraciones congénitas o adquiridas. Las alteraciones congénitas suelen ser estables durante toda la vida y afectan más a los hombres, ya que se presentan en el cromosoma

X con carácter recesivo, es decir, para que una mujer se vea afectada necesita presentar dos cromosomas X con dicha alteración, sin embargo, el hombre, al tener un solo cromosoma X, si este está afectado, desarrollará la deficiencia rojo-verde. Por el contrario, las patologías adquiridas tienen mayor repercusión en el sujeto, ya que se deben a una patología ocular o sistémica, fármacos, etc. (10)

1.5.1 ALTERACIONES CONGÉNITAS DE LA VISIÓN

Hay tres tipos de alteraciones congénitas dependiendo del número de fotopigmentos presentes en el ojo. Por lo que tener dos fotopigmentos normales y uno alterado se denomina tricromata anómalo. La presencia de dos tipos de fotopigmento se describe como dicromata y nos referimos a monocrómatas a tener sólo uno o ninguno de ellos.

Los términos protan, deutan y tritan son los asignados para referirse al fotopigmento que está afectado. Si el fotopigmento afectado es el rojo, nos referiremos a él con el prefijo protan, si es el verde, deutan y si es el azul, tritan. Mientras que el sufijo *omalía* indicaría la presencia de tricromatismo anómalo y *opia* de dicromatismo. (10)

- **TRICROMATISMO ANÓMALO**

Suele estar causada por la alteración en la sensibilidad de alguno de los conos, no por la falta de alguno de ellos. (21) Estos sujetos se clasifican en función del color confundido:

- Protanomalia: daltonismo y tipo de tricromatismo anómalo. El protanómalo tiene tres tipos de conos. Sus protoconos tienen la curva de respuesta espectral desplazada, y por ello, más próxima a la de los deuteracónos. (20) Es decir, aquellos sujetos que en comparación con

un sujeto normal necesitan mayor cantidad de luz roja para obtener el color amarillo estándar. También presentan una sensibilidad fotópica para las longitudes de onda del rojo disminuidas. (10)

- Deuteranomalía: daltonismo y tipo de tricromatismo anómalo. Persona con tres tipos de conos. Sus deuteraconos tienen la curva de respuesta espectral desplazada y, por ello, más próxima a la de los protoconos. (20) Es decir, presentan sensibilidad fotópica normal y al compararlo con un sujeto normal, necesita mayor cantidad de luz verde para obtener el color amarillo estándar. (10)
- Tritanomalía: tipo de tricromatismo anómalo no incluido entre los daltonismos. El tritanómalo tiene alterado de alguna manera el funcionamiento de sus tritaconos (los sensibles a las longitudes de onda más cortas). (20) Es decir, sensibilidad fotópica normal y necesita mayor luz azul que un sujeto normal para conseguir el color cian estándar al mezclar el azul y el verde. (10)

- DICROMATISMO

Aquellos sujetos que tienen uno de los tres conos ausentes y por tanto solo pueden utilizar dos colores para realizar las igualaciones de color. (21, 22)

- Protanopía: daltonismo y tipo de dicromatismo. El protánope solo tiene dos tipos de conos funcionales (deuteraconos y tritaconos). Sus protoconos contienen deuteropigmento y, por tanto, actúan a todos los efectos como deuteraconos. (20) Es decir, defecto cromático que posee una sensibilidad fotópica para las longitudes de onda rojas

disminuidas. Los rojos, naranjas, amarillos y verdes son frecuentemente confundidos. (10)

- Deuteranopía: sensibilidad fotópica prácticamente normal con una desviación en la posición del mínimo de discriminación en la parte amarilla del espectro. Los colores rojos, naranjas, amarillos y verdes son frecuentemente confundidos. (10)
- Tritanopía: tipo de dicromatismo no incluido entre los daltonismos. El tritanope carece de conos sensibles a las longitudes de onda más cortas (tritaconos). (20) Es decir, espectro de sensibilidad fotópica normal y tienen reducida la sensibilidad de longitudes de onda cortas al final del espectro. (10)

- ACROMATOPSIA

Sujetos que presentan uno o ninguno de los tres fotopigmentos de los conos (monocrómatas). No discriminan colores, lo ven todo como si fuera una escala de grises. (21) Hay dos tipos: (10)

- Monocromatismo de bastones: la más habitual. Los bastones se presentan en menor número y con forma diferente a la de personas con visión cromática normal.
- Monocromatismo de conos: el defecto en la visión del color puede ser debido a una alteración en los fotopigmentos en algunos individuos y en otros a una alteración postreceptoral.

1.5.2 ALTERACIONES ADQUIRIDAS DE LA VISIÓN CROMÁTICA

Se altera la capacidad de nombrar correctamente el color de un objeto familiar. La agudeza visual está a menudo reducida y frecuentemente se presentan defectos en el campo visual.

Hay tres tipos: (10)

- Deficiencias rojo-verde tipo I: alteración progresiva a lo largo del eje rojo-verde, déficit de agudeza visual, cambio en la luminosidad fotópica que finalmente afecta a la luminosidad escotópica (bastones).
- Deficiencias rojo-verde tipo II: no presenta cambio en la luminosidad con una alteración moderada o severa a lo largo del eje rojo-verde con pérdida leve en azul-amarillo.
- Deficiencias azul-amarillo tipo III: alteración progresiva a lo largo del eje azul-amarillo acompañada de déficit en la agudeza visual.

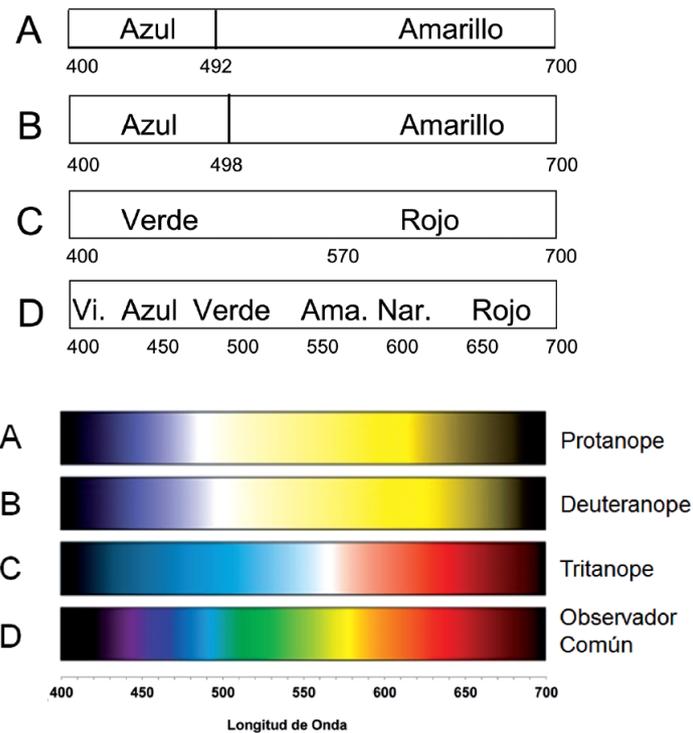


Imagen 15: Sensaciones experimentadas ante diferentes longitudes de onda visibles por un observador común y tres personas con defectos en la visión del color. (20)

En la imagen se indican los tonos experimentados por observadores comunes. Los resultados recogidos en los tres recuadros anteriores se obtuvieron pidiendo a dicromáticos monoculares que mirasen luces de distintas longitudes de onda usando solo su ojo daltónico, para después seleccionar la que les parecía similar mirando con el otro ojo. Como podemos ver, tanto el ojo pronátope como para el dueteránope, muchas experiencias cromáticas desaparecen y son sustituidas por las del azul y el amarillo, y para el ojo tritánope, la sensación es la del rojo. En esta figura también se especifica otro aspecto en el que ambos daltónicos dicrómatas se diferencian de los tritanopes, la ubicación del punto neutro. Se denomina punto neutro a la longitud de onda que marca la frontera entre las dos sensaciones cromáticas correspondientes a cada dicromatismo, y que estas personas ven de color blanco. Su valor se ubica sobre los 500 nm para los dicrómatas y en 600 nm para los tritanopes. Los dicrómatas ven blancas las luces que los

observadores comunes ven verdeazuladas, mientras que las luces que ven blancas los tritanopes son amarillas para los observadores comunes. (20)

Denominación	¿Es daltonismo?	Causa	Número primarios y denominación	Dif. sexual	Descripción visión
Monocromatismo por ausencia de conos.	No.	Retina sin conos (sólo bastones).	1 (monocromatismo).	Igual en hombres y mujeres.	Visión borrosa (no ven detalles) en gamas de grises.
Monocromatismo monocónico.	No.	Sólo un tipo de conos.	1 (monocromatismo).	Igual en hombres y mujeres.	Visión en gamas de grises.
<i>Protanopia.</i>	<i>Sí.</i>	<i>Sólo dos tipos de conos.</i>	<i>2 (dicromatismo).</i>	<i>Más en hombres..</i>	<i>Visión con pocos tonos.</i>
<i>Deuteranopia.</i>	<i>Sí.</i>	<i>Sólo dos tipos de conos.</i>	<i>2 (dicromatismo).</i>	<i>Más en hombres..</i>	<i>Visión con pocos tonos.</i>
Tritanopia.	No.	Sólo dos tipos de conos.	2 (dicromatismo).	Igual en hombres y mujeres.	Visión con pocos tonos.
<i>Protanomalia.</i>	<i>Sí.</i>	<i>Tres tipos de conos, pero uno alterado.</i>	<i>3 (tricromático anómalo).</i>	<i>Más en hombres.</i>	<i>Visión con colores alterados.</i>
<i>Deuteranomalia.</i>	<i>Sí.</i>	<i>Tres tipos de conos, pero uno alterado.</i>	<i>3 (tricromático anómalo).</i>	<i>Más en hombres.</i>	<i>Visión con colores alterados.</i>
Tritanomalia retiniana.	No.	Tres tipos de conos, pero uno alterado.	3 (tricromático anómalo).	Igual en hombres y mujeres.	Visión con colores alterados.
Tritanomalia por envejecimiento.	No.	Envejecimiento ocular (cristalino amarillento).	3 (tricromático anómalo).	Igual en hombres y mujeres.	Visión con colores alterados.

Tabla 1: Resumen de los tipos de alteraciones de la visión del color. (20)

Las anomalías en la visión del color debidas al envejecimiento, no se dan por la alteración de algún tipo de cono, sino porque según nos vamos haciendo mayores, el cristalino se va volviendo más amarillento y menos transparente, por lo que el filtrado de la luz a través del cristalino reduce la energía de longitud de onda corta (violetas y azules), y, por tanto, aquella a la que más responden los tritaconos. (20)

Pero no sólo las alteraciones genéticas o el envejecimiento son las causantes de las alteraciones en la visión cromática, éstas pueden deberse también a otras patologías orgánicas, lesiones intracraneales, efectos secundarios de medicamentos o al envejecimiento. (20)

PATOLOGÍAS QUE AFECTAN A LA VISIÓN DEL COLOR (10)

LESIONES EN LA RETINA CENTRAL

En las distrofias de conos progresivas (como la enfermedad de Stargardt) y en las distrofias del epitelio pigmentario de la retina son frecuentes las alteraciones de la visión cromática.

En la degeneración macular asociada con la edad podemos encontrar lesiones tipo III severas, pudiendo haber diferencias de color entre ambos ojos.

LESIONES EN LA RETINA PERIFÉRICA

Retinitis pigmentosa: caracterizada por provocar ceguera nocturna y disminución del campo visual, no es hasta estadios más avanzados cuando se produce una afectación de la visión cromática. Puede presentar una lesión severa tipo III.

Glaucoma: por las lesiones que aparecen en el nervio óptico, llevan a desarrollar una lesión tipo III, aunque no sea un parámetro que analizar cuando se quiera saber cómo es la progresión de la enfermedad.

Retinopatía diabética: puede llegar a afectar al 50% de las personas diabéticas y es una lesión tipo III.

Lesiones del nervio óptico: pueden provocar lesiones cromáticas de tipo II además de gran pérdida de agudeza visual y campos visual. Los pacientes con esclerosis múltiple

pueden sufrir ataques de neuritis óptica, o personas con un consumo excesivo de tabaco, por ejemplo, pueden sufrir neuritis tóxica.

Lesiones secundarias a uso de fármacos: como los glucósidos digitálicos (usados en patologías cardíacas) que tienen efectos secundarios a nivel ocular que desaparecen una vez se haya suspendido el tratamiento. El etambutol, usado para el tratamiento de la tuberculosis, produce el desarrollo de una neuritis óptica en pacientes que además sean diabéticos o tengan un consumo excesivo de alcohol. Las tioridazinas, usadas en el tratamiento de algunas patologías psiquiátricas pueden provocar retinopatía pigmentaria.

Déficit de vitamina A: puede provocar ceguera nocturna y alteraciones de la visión cromática de tipo III.

Parkinson: se produce una reducción de la sensibilidad de los fotorreceptores debido al déficit de dopamina en el cuerpo, que incrementa el efecto inhibitorio en los conos azules.

1.6 PRUEBAS PARA EVALUAR LA VISIÓN DEL COLOR

Disponemos de varias pruebas para determinar si un individuo presenta algún tipo de variación en la visión del color. El anomaloscopio, es considerado como el Gold estándar en lo que a este tipo de pruebas se refiere. (23, 24)

Sin embargo, no es el más utilizado debido a su alto coste.

Por otro lado, tenemos las láminas pseudoisocromáticas, que consiste en un conjunto de láminas con puntos que forman figuras basadas en la teoría de los opuestos. Es un método rápido, fácil y de bajo coste. Están pensadas para el diagnóstico de alteraciones

congénitas, por lo que el diagnóstico de las alteraciones adquiridas puede verse comprometido con este método. (25, 26)

El ejemplo más conocido de este tipo de láminas es el test de Ishihara. Este test, no está diseñado para diagnosticar las deficiencias de tipo tritán, pero sí las deficiencias rojo-verde. El test completo consta de 38 láminas, la mayoría presentan números y otras presentan caminos para aquellas personas que no conozcan los números. (27)

Debido a que en nuestro estudio queríamos hacer partícipes al mayor número de personas, tuvimos que utilizar un test de Ishihara simplificado que constaba de 15 láminas. La serie de láminas utilizada fue la siguiente:

- N°1: todos los sujetos, tanto los que tienen visión normal de los colores como los que la tienen deficitaria, pueden ver el número 15. Esta lámina se utiliza para explicar cómo va a ser la dinámica del test.

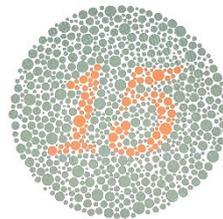


Imagen 16: Lámina del test de Ishihara.

- N°2: los sujetos con visión normal leen 6, pero los sujetos con deficiencias rojo-verde, ven solo un punto en el interior del 6.

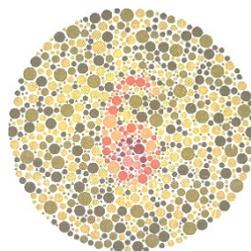


Imagen 17: Lámina del test de Ishihara.

- N°3: los sujetos con visión normal leen 5, pero los sujetos con deficiencias rojo verde, ven solo un punto en el interior del 5.
- N°4: los sujetos con visión normal leen 10, pero los sujetos con deficiencias rojo verde, ven solo un punto en el interior del 0.
- N°5: los sujetos con visión normal leen 23, pero los sujetos con deficiencias rojo verde, ven solo el número 3.

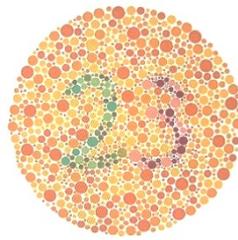


Imagen 18: Lámina del test de Ishihara.

- N°6: los sujetos con visión normal leen 62, pero los sujetos con deficiencias rojo verde, ven solo el número 2.
- N°7: los sujetos con visión normal leen 31, pero los sujetos con deficiencias rojo verde, ven solo el número 1.
- N°8: los sujetos con visión normal leen 53, pero los sujetos con deficiencias rojo verde, ven solo el número 3.
- N°9: los sujetos con visión normal leen 4, pero es ilegible o difícil de leer para aquellos sujetos que tengan deficiencias rojo-verde.

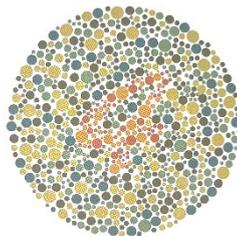


Imagen 19: Lámina del test de Ishihara.

- N°10: los sujetos con visión normal leen 11, pero es ilegible o difícil de leer para aquellos sujetos que tengan deficiencias rojo-verde.
- N°11: los sujetos con visión normal leen 9, pero es ilegible o difícil de leer para aquellos sujetos que tengan deficiencias rojo-verde.
- N°12: los sujetos con visión normal y aquellos con deficiencias leves de rojo-verde pueden leer 51. Los sujetos con pronatopia y protanoomelia fuertes solo leen el 1, y los sujetos con deuteranopia y deuteranomalia fuertes solo leen el 5.

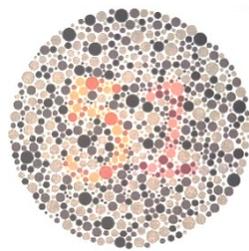


Imagen 20: Lámina del test de Ishihara.

- N°13: los sujetos con visión normal y aquellos con deficiencias leves rojo-verde leen 36. Los sujetos con pronatopia y protanoomelia fuertes solo leen el 6, y los sujetos con deuteranopia y deuteranomalia fuertes solo leen el 3.
- N°14: siguiendo las líneas curvas entre las dos X, el sujeto con visión normal logra seguir las dos líneas, púrpura y roja. En caso de protanopia y protanomalia fuertes, el sujeto logra seguir sólo la línea púrpura. En caso de protanomalia leve, el sujeto logra seguir las dos líneas, pero la línea púrpura resulta más fácil de seguir. En caso de deuteranopia y deuteranomalia fuertes, el sujeto logra seguir solo la línea roja. En caso de deuteranomalia leve, el sujeto puede seguir las dos líneas, pero la línea roja le resulta más fácil.

- N°15: siguiendo la línea curva entre las dos X, tanto los sujetos con visión normal como los sujetos con deficiencia en la visión de los colores son capaces de seguir la línea.

Las láminas están diseñadas para ser utilizadas en un ambiente alumbrado con la luz del día. Si utilizamos el test con la luz directa del sol o con luz artificial, puede producir alguna discrepancia en los resultados dado que debido al tipo de luz puede cambiar el matiz de los colores. Las láminas deben colocarse a una distancia de 70 cm aproximadamente y de forma inclinada, de modo que la visión de la lámina sea de forma perpendicular. El sujeto debe dar una respuesta de forma rápida, en menos de 3 segundos.

La evaluación de las lecturas de las tablas de 1 a 11, determina la normalidad o un defecto en la visión de los colores.

Si se leen más de 10 láminas con normalidad, la visión de los colores se considera normal.

Si se leen 7 o menos láminas bien, la visión se considera deficitaria. Es raro encontrar sujetos que lean correctamente 8 o 9 láminas, en estos casos es necesario el uso de otros test de visión cromática.

Poco más de la mitad de los sujetos normales leen a la perfección la serie de 38 láminas.

Hay veces que se comenten errores parciales confundiendo el número 5 con el número 6, por ejemplo. Pero estos pequeños errores no dejan lugar a duda sobre el diagnóstico, ya que un sujeto con la visión cromática alterada tiene errores más evidentes a la hora de diferenciar los números de cada lámina. (28)

1.7 TEORÍA DEL COLOR

En 1704, Isaac Newton, publicó su teoría sobre la composición de la luz. Cuando un rayo de luz incide en un objeto, pueden ocurrir diferentes posibilidades de interacción: (29)

- **Reflexión:** todos los cuerpos reflejan una parte de la luz que les llega. Se necesita que se les ilumine para que la podamos ver. Si la superficie del objeto está pulida, reflejará la luz nítidamente, y si la superficie es rugosa, la reflejará en todas las direcciones produciendo una reflexión difusa.
- **Refracción:** es el cambio de dirección que sufre la luz al penetrar un cuerpo translúcido o transparente a menos que la luz incida de forma perpendicular. (30)
Depende de la densidad del medio y de la longitud de onda del haz de luz incidente. La refracción se valora mediante el índice de refracción., que es el cociente entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en un medio a estudiar. Un índice de refracción alto dispersa la luz, y un índice de refracción bajo dará una máxima translucidez. Debido a que la densidad de las capas del diente es diferente, tendrán distinto índice de refracción cada una de ellas, siendo el esmalte el material con mayor translucidez y opalescencia y la pulpa todo lo contrario.
- **Absorción:** los cuerpos que reciben la luz impiden que una parte de los rayos lumínicos regresen al medio del que proceden. Este principio ocasiona el fenómeno de la visión.
- **Difracción:** es un fenómeno que tiene lugar cuando las ondas que forman la luz atraviesan un orificio estrecho, ya que estas se deforman y a partir de ese

punto no avanzarán en forma de haz; sino que “se abrirán” como los faros de un coche en mitad de la noche debido a que el orificio actúa como un nuevo emisor.

Los objetos que son translúcidos dispersan, transmiten y absorben la luz, mientras que un objeto opaco, lo que hace es absorberla y reflejarla, pero no transmitirla. Los pigmentos que posee un objeto son los encargados de la reflexión cromática de la luz, absorbiendo selectivamente una parte del espectro visible., produciéndose así la visión de un color.

(31, 32)

Al igual que el ojo humano cuando ve un objeto puede distinguir el alto, el ancho y la profundidad, cuando ve un color, puede distinguir tres parámetros, matiz, brillo y saturación.

1.7.1 SATURACIÓN, INTENSIDAD O CROMA

Se refiere a la viveza o palidez de un color. Los colores puros del espectro están completamente saturados. También podemos definir el concepto de saturación como la cantidad de gris que contiene un color, cuanto más gris tenga, menos brillante será. (33)

Otra forma de describir la saturación es como el grado en que los colores se agrisan con sus complementarios, es una medida de pureza o intensidad de un color. (16)

1.7.2 MATIZ, TONO O TINTE

El matiz nos permite distinguir entre colores, entre el rojo y el azul, por ejemplo, es un atributo asociado con la longitud de onda dominante en la mezcla de las ondas luminosas.

Mezclando los tres matices primarios, rojo, verde y azul, podremos obtener los demás matices. (33)

También lo podemos definir como atributo de una sensación visual de acuerdo con el cual un área parece ser similar a uno de los colores percibidos (rojo, amarillo, verde y azul o a una combinación de dos de ellos). (4)

1.7.3 VALOR, BRILLO O LUMINOSIDAD

Lo usamos para describir lo claro y oscuro que es un color. Los colores claros tienen un valor más alto, y los oscuros tienen un valor más bajo. A medida que a un color se le agrega más negro, éste se irá haciendo más oscuro, justo al revés pasa si vamos añadiendo blanco. (16, 33) Por esto mismo, se puede entender que dos objetos con dos tonos diferentes pueden tener el mismo valor. (34)

En cuanto a odontología se refiere, el valor es el parámetro más importante a la hora de tomar el color, ya que es el error más evidente a la hora de hacer una restauración estética. (35)

1.8 PERCEPCIÓN DEL COLOR DENTAL

Las propiedades ópticas describen el comportamiento de un material antes radiaciones electromagnéticas. La respuesta de un material ante una determinada radiación depende de la estructura de la materia sobre la que incide y la longitud de onda de esa radiación. (36)

Un diente sano presenta diferencias de color desde gingival hacia incisal y de mesial a distal, esto debido a los distintos espesores de los tejidos que conforman la corona del diente. Esta característica policromática del diente se debe a la opacidad de la dentina y

al espesor y el grado de translucidez del esmalte que recubre la corona. De esta manera encontramos que la zona más oscura es la zona gingival porque el espesor del esmalte a ese nivel es mínimo o inexistente. Los niños tienen una gran cantidad de esmalte en comparación con la cantidad de dentina primaria y secundaria, además de su cámara pulpar amplia, esto se manifiesta en un color más claro. El paso de los años es un elemento que influye en el cambio de color debido a la desaparición de los bordes incisales, la disminución de la capa de esmalte, el aumento de la cantidad de dentina secundaria y la incorporación de colorantes que se hallan en los alimentos. (37)

Entre los factores que inciden en la percepción del color, nos encontramos:

1.8.1 TRANSLUCIDEZ

La translucidez se puede definir como la zona intermedia entre los cuerpos transparentes que permiten el completo paso de la luz, y los opacos como los objetos bloquean el paso de la luz. (38, 39)

El tono, valor y saturación, se consideran parámetros insuficientes a la hora de conseguir una óptima restauración dental, por lo que se puede llegar a considerar en este campo de la odontología estética, la translucidez como la cuarta dimensión del color. (40)

El esmalte es translúcido debido a su composición mineralizada, sin embargo, si el esmalte está hipomineralizado, cuando, por ejemplo, presenta manchas blancas, se volverá opaco debido a la desviación de la luz. (41)

Podemos registrar la translucidez de un diente mediante una fotografía cuando el diente esté húmedo y colocando un fondo negro, así podremos comprobar si nuestro diente restaurado tiene la translucidez deseada. (42)

Cuanto más grosor tenga una restauración, menos translúcida será ésta, aunque es importante averiguar cuánto grosor necesita cada material de restauración para perder esa translucidez. (43) Además del grosor, otro factor que influye en la translucidez es la microtextura que presenta el diente en el esmalte. Gracias a esa superficie irregular, se crean áreas de reflexión difusa de la luz, disminuyendo así la translucidez. (44)

1.8.2 OPALESCENCIA

Fenómeno de refracción, difusión e interferencia luminosa simultánea en una suspensión, emitiendo coloraciones brillantes y vivas, variables según la incidencia de la luz. (45) Los dientes naturales producen un color azul al iluminarlos desde fuera y naranja al hacerlo desde dentro de la boca. (46, 47) Esta propiedad se puede ver de manera más obvia en el borde incisal de los incisivos centrales superiores. (48)

Debido a la gran importancia estética que tiene la opalescencia, hay algún autor que lo divide en 4 tipos: el tipo 1 es aquella que se encuentra en los bordes incisales que están estrechamente relacionados con los mamelones; en el tipo 2 el halo opalescente no se encuentra relacionado con los mamelones; en el tipo 3 se encuentra un halo opalescente difuso y en el tipo 4 el halo opalescente se encuentra acompañado de alguna pigmentación o caracterización. (49)



Imagen 21: De izquierda a derecha, opalescencia tipo 1, tipo 2, tipo3 y tipo 4. (50)

1.8.3 FLUORESCENCIA

Capacidad de absorber la luz por un material y la emisión espontánea de la misma en una longitud de onda ligeramente mayor, y, por lo tanto, con menos energía. (51)

Bajo la luz natural, la fluorescencia aporta al diente luminosidad y brillo. (52) El esmalte dental y la resina compuesta son materiales fluorescentes, pero no tienen por qué tener el mismo grado de fluorescencia, por eso, si hacemos una restauración parcial de un incisivo central con resina compuesta de diferente fluorescencia a la del esmalte, dicha restauración se verá más oscura. (47) La fluorescencia, no depende del grosor de nuestra resina compuesta al realizar una restauración, según el estudio que realizó Manauta & cols. (53)

1.8.4 METAMERISMO

Ocurre cuando dos materiales tienen idénticos colores bajo una misma luz, pero cambian de color bajo otra luz. (47, 54, 55) Este problema se puede evitar mediante la selección de un tono y confirmando que, bajo diferentes condiciones de iluminación, como la luz natural y la luz fluorescente, coinciden. (11) Este error suele darse si intentamos arreglar una cerámica con una resina compuesta, ya que son materiales de composición diferente. (56)

El diente está constituido por tres tejidos, el esmalte, la dentina y pulpa y su color natural depende del grosor, composición y estructura de estos tejidos. Cada uno de ellos tiene unas propiedades ópticas diferentes: (57)

- Pulpa dental: La pulpa está constituida por un 25% de materia orgánica y un 75% de agua. Tiene un color rojizo oscuro. En dientes más jóvenes, tiene mayor tamaño, lo que tiene influencia en el color, ya que da lugar a un tinte rosado, que se aprecia mejor en las caras linguales. El estrechamiento progresivo que se produce con los años (58) hace que su influencia sobre el valor del diente disminuya con la edad.
- Dentina: Es la responsable del tinte y de la intensidad dentaria. En su composición encontramos minerales (hidroxiapatita en un 70%), material orgánico (20%) y agua (10%). La opacidad relativa que muestra la dentina se puede explicar debido al bajo contenido mineral, comparado con el del esmalte, y a la elevada proporción de materia orgánica. Ciertos rayos de luz serán reflejados y otros absorbidos, debido a la difracción selectiva de la luz cuando atraviesa los túbulos de la dentina.
- Esmalte: Es el tejido más duro y mineralizado del organismo. Está constituido por un 95% de minerales y un 5% de agua y materia orgánica. El alto contenido

mineral y la naturaleza y disposición de los prismas que lo constituyen, hacen que el esmalte sea duro, brillante, translúcido, prácticamente acromático y radio-denso. La apariencia óptica del esmalte dental depende de su composición, estructura, grosor y textura superficial, parámetros que varían de una zona dentaria a otra y que evolucionan a lo largo de la vida. El esmalte es básicamente translúcido por su composición, pero su translucidez no es uniforme, sino que muestra un gradiente de opacidad, de manera que la mitad más externa es más translúcida que la interna al ser los prismas del esmalte más densos en esta región.

1.9 SELECCIÓN DEL COLOR DENTAL

La selección de los colores no sólo es importante en nuestra práctica profesional diaria, escogiendo los colores adecuados para las restauraciones de nuestros pacientes, sino que también es muy importante escoger bien los colores para el mobiliario o las paredes de nuestro espacio de trabajo. Una buena elección de colores en este aspecto puede provocar una reacción psicológica inapreciable pero existente a la hora de trabajar más a gusto o de que nuestros pacientes estén más cómodos en el gabinete. (59)

En un estudio realizado en España, se llega a la conclusión de que la percepción del color puede verse influenciada por varias razones, debidas a la naturaleza del diente, a la luz, al entorno o a los aspectos psicológicos del observador; por lo que tendremos que tener en cuenta todos ellos para que no haya cambios en la percepción del color. Si no es posible hacer la toma de color con luz natural, podremos usar lámparas de luz corregida que proporcionan una luz parecida a la luz natural, entre los 5500 y 6500°K. (60)

Como hemos dicho, en la selección del color dental, intervienen varios factores que pueden influir en la toma de color:

- Ambiente: cómo esté decorada o pintada las paredes de nuestra clínica, va a influir sobre cómo nosotros percibimos el color. Es recomendable que las paredes y los muebles, sean de colores claros y neutros. El paciente no debe llevar ropa de color muy llamativa o pintalabios. (61)
- Observador: el profesional debe estar a 60 cm del paciente cuando le tome el color para así percibirlo más correctamente. La toma de color debemos hacerla de forma rápida, entre 5 y 7 segundos, así nos evitaremos el cansancio visual. Además, la experiencia que tenga el observador a la hora de tomar el color puede ser significativa en cuanto se refiere a obtener mejores resultados. (61) También se ha comprobado que aquellos profesionales que cuenten con formación sobre la ciencia del color y los principios de la toma de color obtienen mejores resultados. (62)
- Fuente de luz: en la consulta debemos tener luces que se asemejen lo más posible a la luz natural, ya que, si no es así, muchos colores se verán influidos por una luz más blanca, por ejemplo, y eso nos complicaría la labor a la hora de seleccionar el color. Los fluorescentes acentúan el color azul-anaranjado, y los incandescentes resaltan los colores amarillo y rojo. (61) Por lo tanto, el tipo de luz ideal para la toma de color es la luz natural. (63)
- Guía de colores: a la hora de la toma de color, el odontólogo dispone de unas guías de colores que intentan simular los colores de los dientes. El inconveniente es que no son guías estandarizadas y cada profesional puede interpretarlas de forma diferente. Para sobrepasar estos problemas, se crearon los

espectrofotómetros, que facilitaban el proceso midiendo el reflejo espectral de un color y traduciéndolo en valores numéricos reconocidos internacionalmente. (61)

- Comunicación con el laboratorio: debe ser clara para evitar confusiones. Podemos enviar fotografías para que tengan una muestra de lo que queremos llegar a conseguir o usar mapas cromáticos del diente. (61)

El color del diente está influido por el resto de las estructuras que están a su alrededor.

El área del tercio medio e incisal son las zonas en donde se puede determinar de forma más precisa el color dental. (64)

1.10 SISTEMAS DE ORDENACIÓN DEL COLOR

Un sistema de ordenación del color es un criterio para ordenar los colores de acuerdo con sus atributos y un método de notación que permite la especificación del color. Se ordenan de forma que cuánto más parecidos sean dos colores, más cerca estarán en el sistema de ordenación del color.

Los criterios que se utilizan para ordenar los colores se pueden dividir en dos grupos, el primero utiliza criterios basados en los principios de percepción del color, denominándose sistemas de apariencia del color. El segundo criterio está basado en la variación sistemática de las cantidades de primarios, este segundo grupo se utiliza más en la industria gráfica. (4)

1.10.1 SISTEMA MUNSELL

Albert Munsell, intentó diseñar un sistema de ordenación de color que se asemejara lo máximo posible a cómo percibíamos el color. (65)

Fue publicado por primera vez en 1915. Está basado en experimentos de escalada visual de los tres atributos del color. Las variables que utilizó para describir los colores son el tinte, la claridad y el croma. Munsell representó en una esfera las propiedades de todos los colores. Esta esfera se divide en un tronco con los matices dispuestos verticalmente en secuencia alrededor de éste. Los colores más negros se disponen hacia la base y los colores más blancos hacia arriba. Los más saturados se disponen hacia la periferia de la esfera y los menos intensos hacia el tronco central. (60)

La claridad tiene unos valores de 0 (negro) a 10 (blanco). La escala de tonos es circular, los considerados colores primarios en el sistema Munsell son el rojo (R), amarillo (Y), verde (G), azul (B), y púrpura (P), que están espaciados alrededor del círculo y situados en este orden en el sentido de las agujas del reloj. El valor viene dado por la distancia del color respecto al eje de los colores acromáticos. Sabiendo todo esto, un color en el sistema Munsell se indica con la siguiente notación: tono-claridad-croma. Los colores neutros o acromáticos se nombran por N con el valor de claridad a continuación. (4)

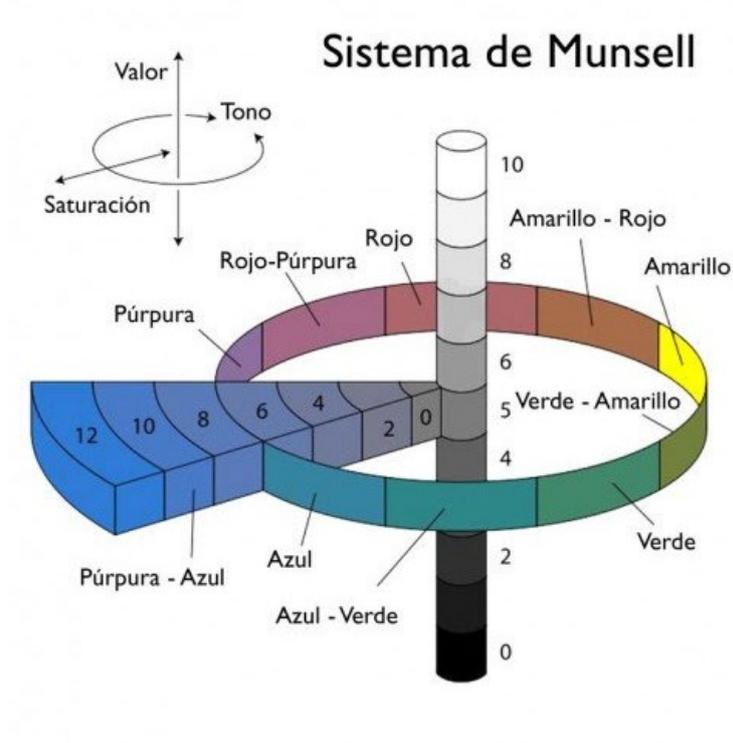


Imagen 22: Representación del sistema de Munsell. (9)

1.10.2 CIElab

En 1976, la CIE (Comisión Internacional de la Iluminación) creó el sistema CIElab. Representaban los colores en un espacio tridimensional formado por tres ejes que son L^* , a^* y b^* . El valor de L^* es una medida de la luminosidad de un objeto y se cuantifica en una escala en donde el negro perfecto tiene un valor L^* de cero y el blanco un valor L^* de 100. El valor de a^* es una medida de enrojecimiento (cuando a^* es positivo) o enverdecimiento (cuando a^* es negativo). El valor de b^* es una medida del amarillo (cuando b^* es positivo) o del azul (cuando b^* es negativo). Las coordenadas a^* b^* se aproximan a cero con los colores neutros (blanco, gris) y aumentan de magnitud con los colores más saturados o intensos. (66, 67)

La diferencia perceptible entre un color y otro se visualiza como la distancia entre las posiciones de ambos colores en el espacio cromático y se denomina ΔE .

Las coordenadas a y b se aproximan a cero para colores neutros (blanco) y aumentan su magnitud cuanto mayor intensidad del color.

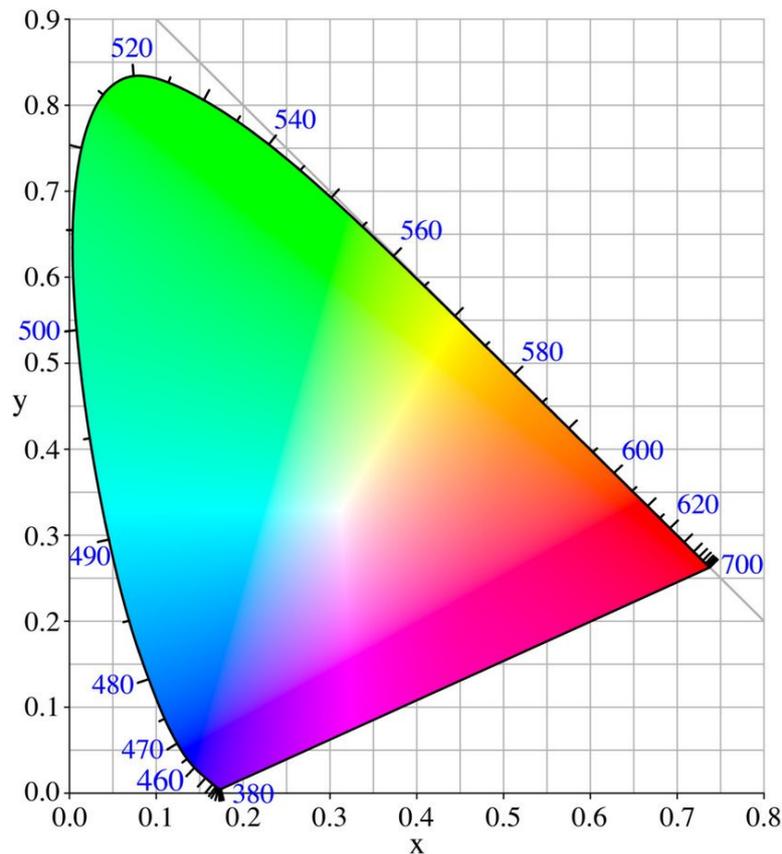


Imagen 23: Diagrama cromático CIE. (9)

1.11.1 OTROS SISTEMAS DE ORDENACIÓN DEL COLOR (4)

1. Sistema NCS: se basa en la teoría de colores oponentes. Los colores se describen en términos de las cantidades relativas de los seis colores elementales (blanco, negro, rojo, amarillo, azul y verde). Se utilizaron observadores que estimaron los

atributos del color con respecto a los colores elementales caracterizados mediante una definición verbal, sin ninguna referencia física.

2. Sistema CMYK: se basa en el porcentaje de cada uno de los colores primarios presentes en la muestra de color. Es un sistema utilizado en artes gráficas y empleado en los programas de ordenador en los que interviene el color.
3. Sistema Pantone: es un sistema ampliamente utilizado en la industria de artes gráficas y software. Consiste en una paleta de 747 colores.

1.10.4 VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS SISTEMAS DE ORDENACIÓN DEL COLOR (4)

Ventajas:

- Son fácilmente entendibles, ya que son muestras que se pueden ver.
- Son fáciles de usar. No necesitas usar ningún instrumento.
- El número y espaciado de las muestras de los atlas pueden ser adaptados para diferentes aplicaciones.
- La mayoría de los sistemas de ordenación del color están calibrados y por lo tanto puede ser un lenguaje universal de especificación del color.

Inconvenientes:

- No hay un único atlas universal, por lo que puede suponer problemas de comunicación.

- Existen saltos entre las muestras por lo que a veces es necesario realizar interpolaciones entre ellas.
- Las muestras son válidas si se utiliza un iluminante con la misma distribución espectral que el utilizado para la calibración del atlas del color.
- Las igualaciones visuales que se realizan pueden depender del observador.
- Pueden existir diferencias entre los colores del atlas utilizado y los colores originales debido al proceso de reproducción de estos o al deterioro del atlas.
- Algunos colores pueden hallarse fuera de la gama de colores de las muestras del atlas.
- La mayoría de los sistemas de ordenación de color no están pensados para colores autoluminosos.

1.11 SISTEMAS DE SELECCIÓN DEL COLOR

DENTAL

Hay una serie de principios básicos que debemos seguir a la hora de tomar el color dental. Debemos usar varios tipos de luz para seleccionar el color, también tenemos que adquirir experiencia con la guía de color que hayamos elegido utilizar para nuestro día a día y, por último, hay que utilizar un diente de referencia, contralateral o antagonista, que nos muestre características individuales de un diente intacto. (68)

Existen dos métodos para obtener un registro de color en la consulta dental, uno objetivo, y otro subjetivo.

En la percepción subjetiva del color, también influye en los resultados la iluminación con la que se tome el color. Según un estudio, hay diferencias significativas en los aciertos a la hora de tomar el color entre grupos que lo hacen con fluorescente de luz de día, fluorescentes convencionales o los fluorescentes de laboratorio, consiguiendo una mayor tasa de acierto en los casos en los que el color se tomaba con un fluorescente de luz de día. (69)

Resultados obtenidos por Paravina y cols. determinan que no hay diferencia a la hora de registrar el color dental de forma subjetiva entre hombres y mujeres ni depende tampoco de los años de experiencia que se tenga. (70)

1.11.1 SISTEMAS VISUALES

Es un método subjetivo de tomar de color, consiste en comparar nuestra referencia intraoral con unas muestras obtenidas de una guía de color concreta. Aunque sabemos que tomar el color mediante sistemas visuales es un método subjetivo, sigue siendo hoy la manera más utilizada a la hora de tomar en color en las clínicas dentales. (71) Hay muchas guías de colores dependiendo de la casa comercial que las fabrique: (4)

- Atlas colorímetros: son sistemas de ordenación del color que permiten la especificación de este. Un ejemplo de estos atlas son el sistema de Munsell o el NCS.
- Colorímetros visuales aditivos: es un dispositivo que permite igualar un color con otro formado por la mezcla aditiva de los tres colores primarios, mediante inspección visual. Utiliza filtros de color y la radiación se controla variando el área de cada filtro. Este sistema presenta algunos inconvenientes, como son la

precisión limitada de los tres filtros, variaciones según el observador o que hay colores que no se pueden igualar sólo con tres filtros.

- Colorímetros visuales sustractivos: se intenta igualar un color mediante la mezcla sustractiva de dos o tres primarios más un filtro de gris.

1.11.2 MEDIANTE DETERMINACIÓN DE SUS COORDENADAS CROMÁTICAS

Es un método objetivo, ya que no depende del observador. Es una forma de seleccionar el color del diente de una forma precisa, fiable y repetible. Uno de los aparatos más utilizados en odontología son los espectrofotómetros. (72)

- Espectrorradiómetro: aparato diseñado para medir cantidades radiométricas en función de la longitud de onda. Permite calcular las coordenadas cromáticas de una fuente o filtro. (4)
- Espectrofotómetro: aparato diseñado para medir los factores de reflectancia o transmitancia. A partir de los datos obtenidos, el aparato da directamente las coordenadas cromáticas del color en el sistema elegido gracias a la información que contiene su base de datos. (4)

Vamos a hablar con algo más de detalle sobre el sistema más usado de cada uno de estos dos grandes grupos en odontología.

GUÍA VITA CLÁSICA

Actualmente, la Vitapan® Classical, la Chromascop® y la Vita 3D-Master®, son consideradas las escalas cromáticas más populares. Entre las diferencias de las escalas, se destaca la diferencia en la disposición de las muestras cromáticas, las dos primeras escalas se encuentran por grupos de matices, en cuanto a la tercera se encuentra por grupos de valor. (71, 73)

La guía VITA Clásica es una de las guías más utilizadas. Se divide en cuatro grupos: A (tono marrón rojizo), B (amarillo rojizo), C (gris) y D (gris rojizo). A estos niveles de tonalidad, se le añaden diferentes niveles de cromatismo, representándolo con números del 1 al 4, siendo el 1 el menos saturado. Para utilizarla, primero escogeremos el tono y después la saturación. Esta guía consta de las siguientes tablillas: A1; A2; A3; A3,5; A4; B1; B2; B3; B4; C1; C2; C3; C4; D2; D3 y D4. El fabricante recomienda ordenar las 16 tablillas en orden decreciente de luminosidad para seleccionar el color de una forma más correcta, la secuencia sería: B1, A1, B2, D2, A2, C1, C2, D4, D3, A3, B3, A3.5, B4, C3, A4 y C4.



Imagen 24: Guía VITA Clásica. (Fuente: web VITA Zahnfabrik)

A pesar de ser la guía más ampliamente utilizada, presenta una serie de inconvenientes, como, por ejemplo, que no presenta el mismo grosor que llevaría la cerámica en una restauración, siendo casi 4 veces más el grosor de la guía que el de la cerámica. Otro inconveniente es que las tablillas no representan todos los posibles colores de los dientes, una desventaja que nos limita a la hora de seleccionar un color.

Los matices A y B de esa guía, representan la mayoría de los dientes naturales. (74, 75)

El ojo humano tiene mayor facilidad para detectar pequeñas variaciones en el valor que pequeñas variaciones en el croma o en el matiz, por eso hicieron al valor la principal dimensión de color en odontología restauradora, y aconsejan ordenar la guía VITA Clásica, según el valor. (73, 76)

GUÍA VITA 3D MASTER

En 1998, se desarrolló la guía VITA 3d-Master. Esta escala presenta mayor cobertura y uniformidad en la distribución de sus muestras, posibilitando mayor precisión y mayor facilidad en la selección del color. (77, 78)

Es una mejora de la guía VITA Clásica. Se divide en 5 grupos según la luminosidad, dentro de cada grupo se ordenan según el croma en vertical (1, 1'5, 2, 2'5, 3) y según el tono en horizontal (L amarillo, M medio y R rojizo). Esta mejoría de la guía tiene una serie de ventajas como son la mejor distribución de las muestras o la distribución sistemática de las tablillas en el espacio cromático que ocupan los dientes naturales.



Imagen 25: Guía VITA 3D. (Fuente: web VITA Zahnfabrik)

A pesar de que esta guía es más completa que la VITA Clásica, la 86 sigue sin ser la guía de color perfecta para la toma de color subjetiva en clínica, por lo que aún se sigue estudiando cómo mejorarlo. (79)

ESPECTROFOTÓMETRO

Los espectrofotómetros miden la cantidad de luz de la energía reflejada por un objeto en intervalos de 1 a 25 nm a lo largo del espectro visible. Una vez han recogido esos datos, son capaces de convertirlo en una señal que el profesional puede entender. Se ha demostrado que los espectrofotómetros, en comparación con la visión humana, son un 33% más precisos. (80)

El dispositivo contiene una fuente de radiación óptica, un medio de dispersión de luz, un sistema de medición óptico, un detector y un sistema para convertir la luz obtenida en una señal que puede ser analizada. (80)



Imagen 26: Espectrofotómetro de VITA. (Fuente: web VITA Zahnfabrik)

El registro obtenido por los espectrofotómetros es en las coordenadas tridimensionales del sistema CIELAB. (81) En ese sistema los colores son expresados en 3 ejes que se relacionan para determinar el color del objeto. El eje L^* indica la coordenada acromática o la luminosidad del objeto con valores de 0 (negro absoluto) a 100 (blanco absoluto). Los ejes a^* y b^* indican las coordenadas cromáticas que presentan la posición tridimensional del objeto en el espacio de color y su dirección. El eje a^* representa la cantidad de rojo (valor de a^* positivo), o de verde (valor de a^* negativo). El eje b^* representa la cantidad de amarillo (valor de b^* positivo) o azul (valor de b^* negativo). Cuando los valores de los ejes a^* y b^* se aproximan a cero, representan un área acromática, basada en la escala de valor. (82)

La selección del color requiere una determinación precisa y lo más objetiva posible de la luminosidad, la saturación, el tono, la caracterización y la translucidez del diente. El objetivo de los análisis digitales del color es ayudar a sustituir las sensaciones subjetivas del ojo humano para suministrar datos reproducibles de forma exacta. La utilización de sistemas informatizados puede contribuir a simplificar y estandarizar la comunicación entre el dentista y el laboratorio. Esta técnica también permite delegar la selección del color en personal no especializado. De esta forma, se pueden obtener resultados reproducibles independientemente del operador. (83)

El uso de estos aparatos nos ofrece ventajas como la objetividad en la selección del color o el ahorro de tiempo en consulta. (84)

Sin embargo y pese a todas las ventajas mencionadas, estos aparatos no les encontramos de forma habitual en las consultas dentales, debido a que tienen un alto coste en comparación con las guías de color. (85)

2. JUSTIFICACIÓN

La estética no sólo es importante en las relaciones personales, sino también en las profesionales, de ahí que cada vez vaya más en aumento la importancia de la estética en nuestra sociedad. (86) Esa preocupación incluye la sonrisa.

En la odontología estética actual, uno de los mayores retos que nos podemos encontrar es igualar una restauración al diente contralateral que se presenta sin rehabilitaciones. (87) Generalmente las expectativas del paciente son muy altas, sobre todo si se trata del sector anterosuperior. Por ello, la selección de color que utilicemos en nuestra rehabilitación o restauración es de vital importancia. Podemos hacer una restauración anterior con forma perfecta, pero si el color no es el adecuado, ni el paciente ni nosotros estaremos satisfechos con el resultado, por lo que elegir bien el color puede ser uno de los mayores problemas que se nos presenten en odontología estética y restauradora. (88)

Para resolver este problema, tenemos a nuestra disposición la toma de color objetiva, mediante el uso de un espectrofotómetro. (89) Este aparato, aparte de decirnos con exactitud de qué color son los dientes que queremos medir, lo hace de forma más rápida y con mayor tasa de acierto que si lo hiciéramos de forma subjetiva con guías de colores. (90) Simplifica la técnica de toma de color y gracias a su objetividad, se consiguen restauraciones directas e indirectas con mayor estética.

A pesar de disponer en el mercado del espectrofotómetro, los odontólogos seguimos tomando el color de manera subjetiva con guías dentales, y el espectrofotómetro apenas podemos encontrarlo en las clínicas debido a su alto coste.

La mayoría de las guías dentales están realizadas sobre una determinada población, no ajustándose así a todos los casos que nos podemos encontrar en nuestra consulta.

El odontólogo que realice la toma de color de forma subjetiva debería estar formado en colorimetría dental, ciencia que nos va a indicar las diferentes técnicas y métodos de toma de color. Esta formación nos va a ayudar a cometer menos errores en el resultado final de nuestro trabajo. Muchos fracasos estéticos de nuestras restauraciones se deben a desconocimiento por parte del odontólogo de la ciencia de color.

En todos los casos de rehabilitación dental, bien sea por ausencias, dientes rotados, dientes con forma anómala, etc., se necesita hacer un examen exhaustivo del paciente y conocer los resultados que él demanda.

Como hemos dicho, cada vez es más frecuente encontrar en nuestra práctica diaria pacientes que demandan estética en los procesos restauradores odontológicos. Debido al incremento en la preocupación en este campo, decidimos realizar este estudio. Sabemos, como ya hemos explicado, las variables que podemos controlar para que la medición subjetiva del color se vea lo menos influenciada posible. Podemos controlar el lugar de procedencia de la luz ambiental, en color de los muebles o paredes de alrededor, la formación del odontólogo en colorimetría, etc., pero hay variables que no podemos ajustar.

De ahí procede la justificación de este estudio. Trataremos de comprobar si hay diferencias en la toma de color según los errores de refracción que presenten los odontólogos, es decir, llegar a saber si un miope o un hipermetrope es capaz de ver el mismo color que una persona sin deficiencias visuales.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO PRINCIPAL

Determinar si influyen los defectos refractivos en la toma del color dental.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Estudiar los errores de refracción que presentan los alumnos de odontología.
2. Estudiar qué defectos de visión cromática presentan los estudiantes de odontología.
3. Evaluar las diferencias en la toma de color entre hombres y mujeres.
4. Evaluar las diferencias en la toma de color según diferentes grupos de edad.
5. Analizar las diferencias en la toma de color entre los diferentes lugares de nacimiento.
6. Comprobar la eficacia de la toma de color subjetiva frente a la toma de color objetiva.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

Este estudio se ha desarrollado en la clínica odontológica de la Universidad Europea Miguel de Cervantes. Los 73 alumnos de los cursos 4º y 5º del Grado en Odontología serán los participantes de dicho estudio, teniendo que tomarse el color de forma objetiva (con espectrofotómetro) y de forma subjetiva (con las guías de colores VITA Clásica y VITA 3D-Master).

La muestra que se recoge en el estudio serán dientes de la arcada superior, desde el incisivo central derecho hasta el segundo premolar derecho, ambos incluidos.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN
<ul style="list-style-type: none"> • Incisivo central superior izquierdo y derecho, incisivo lateral superior derecho e izquierdo, canino superior derecho e izquierdo, primer premolar superior derecho e izquierdo y segundo premolar superior derecho e izquierdo 	<ul style="list-style-type: none"> • Dientes con restauraciones, carillas o coronas. • Dientes endodonciados. • Dientes que presenten en la cara palatina retención ortodóncica. • Dientes blanqueados hace menos de 1 año. • Dientes con imposibilidad de tomar el color (dientes con brackets, por ejemplo).

Tabla 2: Criterios de inclusión y exclusión de la muestra.

Se desecharán del estudio todos aquellos dientes que presenten grandes restauraciones o endodonciados, debido a que pueden presentar variaciones importantes de color al haber retirado el tejido dentario.

Otro criterio de exclusión de la muestra es hacia los dientes blanqueados recientemente, debido a que un esmalte blanqueado está más deshidratado que uno sin tratar y por ello resulta más complicado llegar a medir el color del diente cuando el esmalte está en condiciones de deshidratación. Además, el color es más inestable que si fuera un diente sin blanquear.

4.1 TÉCNICAS EMPLEADAS PARA LA MEDICIÓN DEL COLOR

Recomendaciones para la toma de color subjetiva:

- Determinar el color con luz diurna o lámparas que se asemejen.
- El entorno de la consulta debe ser lo más discreto posible.
- Elegir el color con rapidez, no mirar la comparativa más de 5 segundos para que la vista no se fatigue.

4.1.1 GUÍA VITA CLÁSICA

Debemos sostener la guía a unos 25-30 cm del diente del paciente y tendremos que seleccionar que grupo de la muestra se asemeja más al diente de estudio (grupo A con un color rojizo pardo, grupo B rojizo amarillento, grupo C grisáceo y grupo D rojizo grisáceo).



Imagen 27: Guía VITA Clásica. (Fuente: web VITA Zahnfabrik)

Pizzamiglio describió en 1991 una secuencia de toma de color para esta guía: (92)

- Elección del tono: colocamos los 4 tonos de máxima saturación (A4, B4, etc.) sobre el canino, que es el diente más saturado. Descartaremos los tonos que no nos interesen.
- Elección de saturación: nos fijaremos en la parte central del diente.
- Elección del valor: aconseja utilizar una segunda guía ordenada de mayor a menos luminosidad, entrecerrando los ojos para sensibilizar a los bastones. También se puede tomar una fotografía en blanco y negro.

4.1.2 GUÍA VITA 3D-MASTER

Esta guía presenta cinco grandes grupos que a su vez se dividen en varios subgrupos. El número situado arriba indica el valor (del 1 al 5 en orden decreciente). El número que hay detrás de la letra representa la intensidad (1, 1'5, 2, 2'5, 3) y la letra determina el tinte (M medio, L amarillento y R rojizo). El grupo denominado 0, representa a los dientes blanqueados.

La secuencia de utilización de esta guía tal y como indica el fabricante es la siguiente:

- Determinación de la claridad. Escogeremos primero uno de los grandes grupos entre el 0 y el 5.

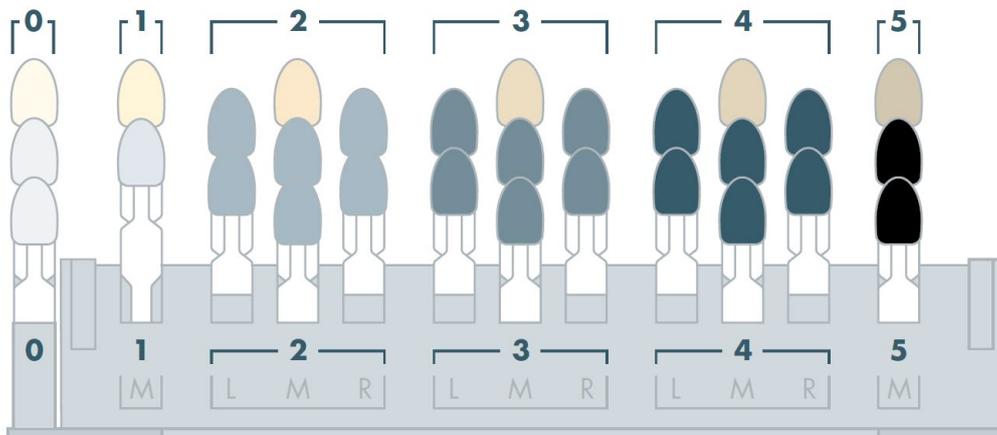


Imagen 28: Uso de la guía VITA 3D, primer paso. (Fuente: web VITA Zahnfabrik)

- Determinación de la intensidad cromática. Extraemos de la guía el nivel de claridad seleccionado con la tonalidad media y la desplegamos lateralmente, seleccionando una de las tres muestras.

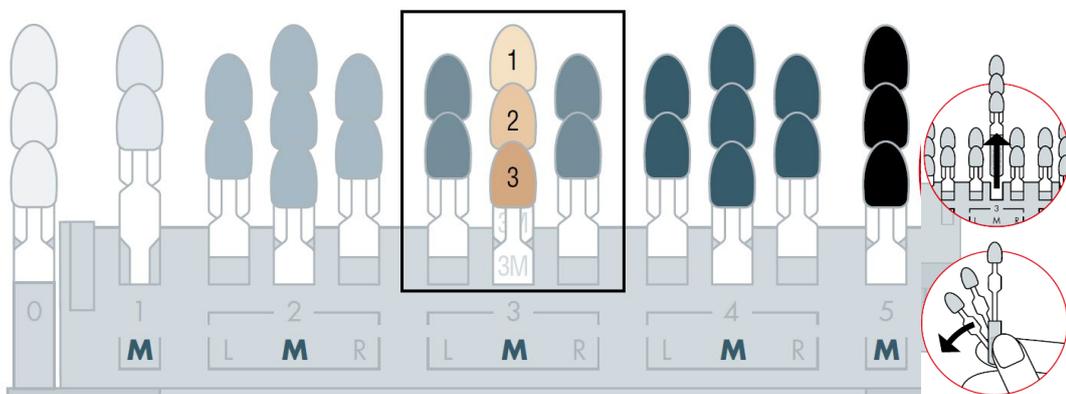


Imagen 29: Uso de la guía VITA 3D, segundo paso. (Fuente: web VITA Zahnfabrik)

- Determinación de la tonalidad cromática. Comprobamos si el diente natural es más amarillento o más rojizo que la muestra de color seleccionada.

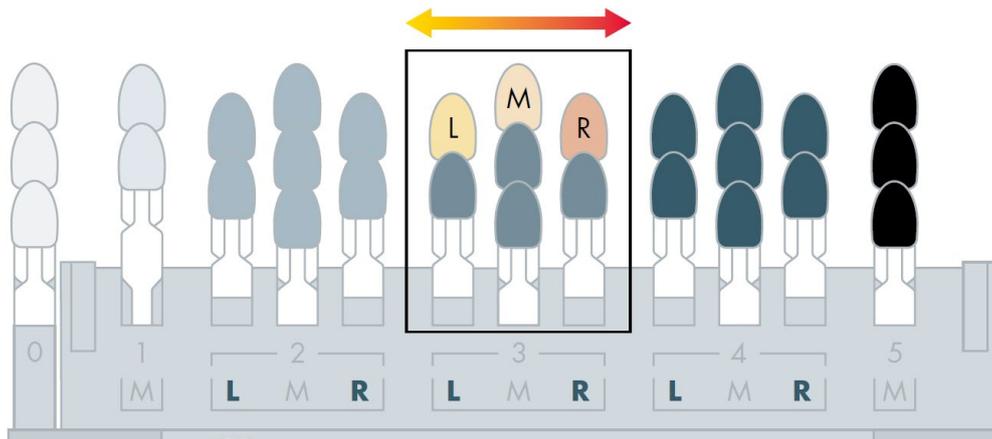


Imagen 30: Uso de la guía VITA 3D, tercer paso. (Fuente: web VITA Zahnfabrik)

4.1.3 ESPECTROFOTÓMETRO VITA EASYSHADE

Especificaciones técnicas:

Longitud: 20'5 cm.

Anchura: 8'5 cm.

Altura: 10'5 cm. Peso: 420 g sin cable de alimentación.

Conexión eléctrica: 100 V- 240 V, 50-60 Hz.

Consumo de potencia máxima: 5 W.

Bluetooth: Alcance: 10 m, aprox., sin obstáculos. Frecuencia de transmisión: de 2402 a 2480 MHz. Modulación FHSS/GFSK, 79 canales con intervalos de 1 MHz.

Codificación de 128 bits.

Rango de medición: 400-700 nm.

Temperatura de funcionamiento: entre 15°C y 40°C.

Pantalla: táctil en color OLED.

Ámbito de aplicación: autorizado únicamente para su uso en interiores.

Clasificaciones: EN 60601-1:2010

UL 60601-2:2012 (3.^a ed.)

CAN/CSA-C22.2 N.º 61010-12

Este aparato no está indicado para el uso con aplicación de un narcótico inflamable con aire o gas de la risa.



Imagen 31: Espectrofotómetro de VITA. (Fuente: web VITA Zahnfabrik)

4.1.4 MATERIAL COMPLEMENTARIO

Material fungible.

Separadores.

Plantilla de recogida de datos.

4.2 MÉTODO PARA LA OBTENCIÓN DE LOS DATOS

El método objetivo de clasificación del color consiste en utilizar instrumentos que sean capaces de asignarle a cada color un valor numérico, como hacen los espectrofotómetros. Sin embargo, el método subjetivo es el más utilizado en nuestra práctica diaria ya que es más económico y sencillo. Consiste en comparar el color del diente con unos patrones o guías de referencia. Este método, a diferencia del objetivo, depende del observador, lo que lleva a que surjan diferencias de opinión entre varios profesionales o incluso entre odontólogo y paciente, ante los mismos objetos a analizar.

En este estudio, se utilizarán los dos métodos de selección de color.

Previa a la recogida de datos, a los alumnos se les explicó cómo utilizar la guía VITA clásica y la guía VITA 3D Master.

La toma de color se realiza en la clínica universitaria, situada en una segunda planta. La sala en donde se van a llevar a cabo la recogida de datos tiene 7 metros de largo, 2'7 metros de altura y 6'44 metros de ancho. Además, se realizó bajo las condiciones de luz natural gracias a que la sala consta de dos ventanales de 3'04 metros de ancho y 1'96 metros de alto cada uno.



Imagen 32: Gabinete en donde se realizaron las tomas de color.

También medimos la temperatura de la luz de la sala con un fotómetro, que nos dio valores entre 5200 y 6500° K. El fotómetro utilizado fue el Sekonic dual spot 1-778.

El método que seguimos para la toma de color subjetiva se realizó siguiendo las indicaciones de la casa comercial, tal y como hemos descrito anteriormente en el apartado de cada guía.

En cuanto al espectrofotómetro, primero se realiza la calibración del aparato, después, lo colocamos en ángulo de 90° y en contacto con el diente que queremos estudiar, para así obtener el resultado de medir la calidad y cantidad de luz reflejada por el diente. Recogemos los datos obtenidos y desinfectamos el espectrofotómetro.

En la toma de colorimetría subjetiva y objetiva se realizaron tres mediciones en cada diente, tomando como válidas las coincidentes entre dos muestras de las tres tomadas. El periodo de espera entre la toma de muestras fue de 15 minutos.

4.3 MÉTODO ESTADÍSTICO

El estudio que realizamos para la obtención de los datos en esta tesis fue un estudio observacional transversal, porque no intervinimos en ninguno de los factores que estudiamos y obtuvimos los valores en un momento determinado.

Los parámetros obtenidos en la investigación fueron introducidos en una base de datos, en este caso con el programa de ordenador Microsoft Excel para Windows 10 y el análisis estadístico se realizó con el programa RStudio, software R-3.4.3 64-bit.

Para obtener los resultados, se utilizaron una serie de conceptos estadísticos que vamos a detallar:

- **Media aritmética:** es el valor promedio de las muestras y es independiente de las amplitudes de los intervalos. Se obtiene sumando todos los valores de las observaciones y dividiéndolas entre el número total de observaciones, haciendo esto para cada variable. Viene expresada en las mismas unidades que la variable de estudio. La fórmula utilizada es la siguiente:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

Siendo x_i la i -ésima correspondiente a la variable seleccionada para el estudio y n el tamaño muestral.

- Varianza: es una medida de dispersión definida. Es el promedio del cuadrado de las distancias entre cada observación y la media aritmética de todas las observaciones. A pesar de que tiene en cuenta todos los valores de la variable, tiene un inconveniente, y es que viene expresada en el cuadrado de las unidades de la variable.

$$s^2 = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}{n}$$

Siendo x_i el valor de las variables, \bar{x} la media y n el tamaño muestral.

- Desviación típica: es la más utilizada porque resuelve el problema de la varianza. Es el valor positivo de la raíz cuadrada de la varianza.

$$s = +\sqrt{\frac{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

- Chi cuadrado: es una prueba de hipótesis que compara la distribución observada de los datos con una distribución esperada de esos datos.
- ODDS-Ratio: indica la fortaleza de relación entre dos variables.

Las variables del estudio fueron el sexo, la edad, el tipo de diente, el tipo de error de refracción que presentaban los participantes o si eran daltónicos o no.

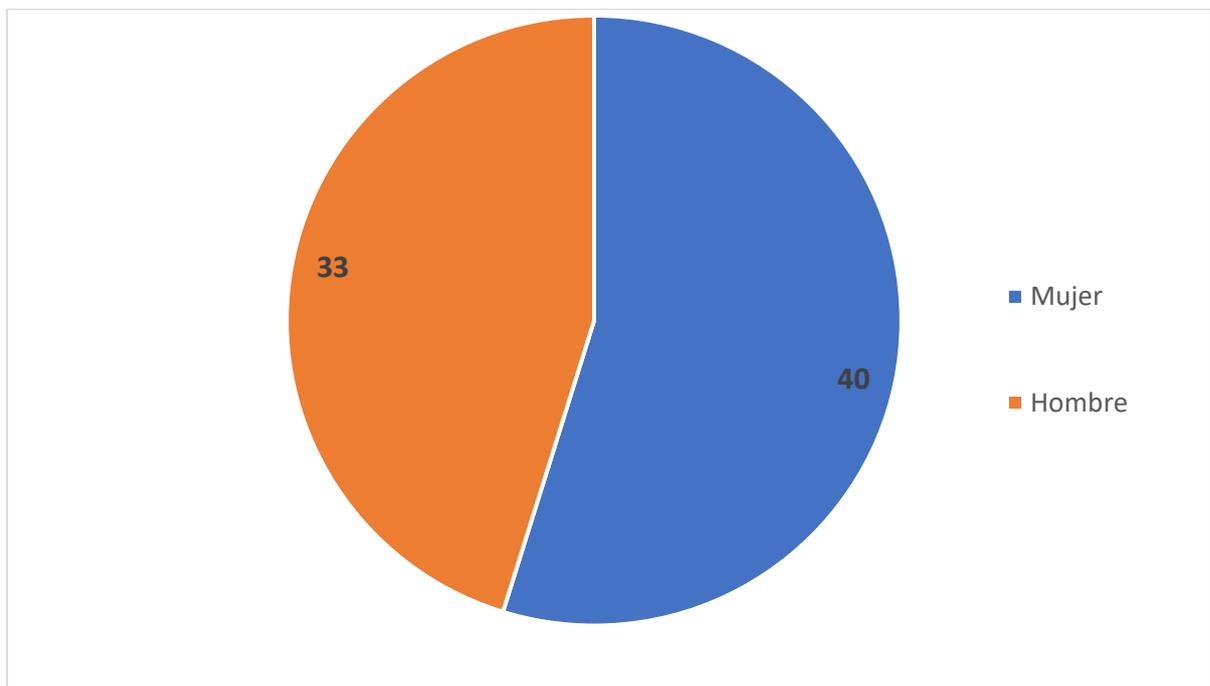
5. RESULTADOS

5.1 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

5.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Para realizar este estudio, la toma de color con los diferentes sistemas la realizaron 73 personas. La suma de todos los dientes de los que se ha registrado el color con las diferentes guías y con el espectrofotómetro, asciende a 607 dientes en total.

De esas 73 personas, 40 fueron mujeres y 33 hombres, por lo que el 54'8% de los sujetos eran mujeres y el 45'2% eran hombres.

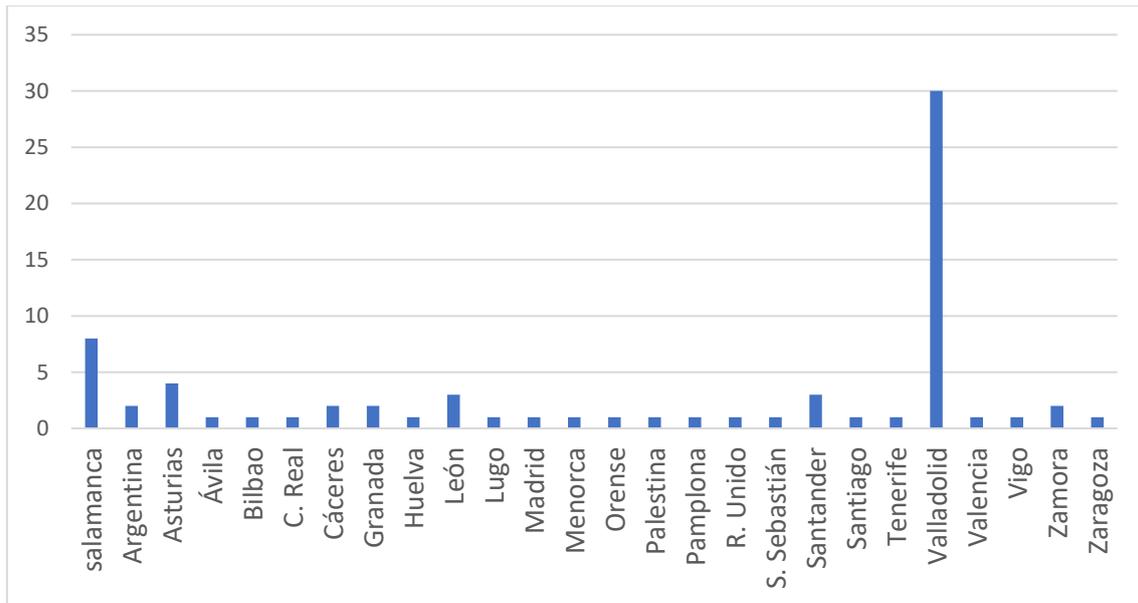


Gráfica 1: Distribución de la muestra por sexo.

Dentro de la muestra, podemos ver que la mayoría de las personas han nacido en Valladolid, seguido de Salamanca y Asturias.

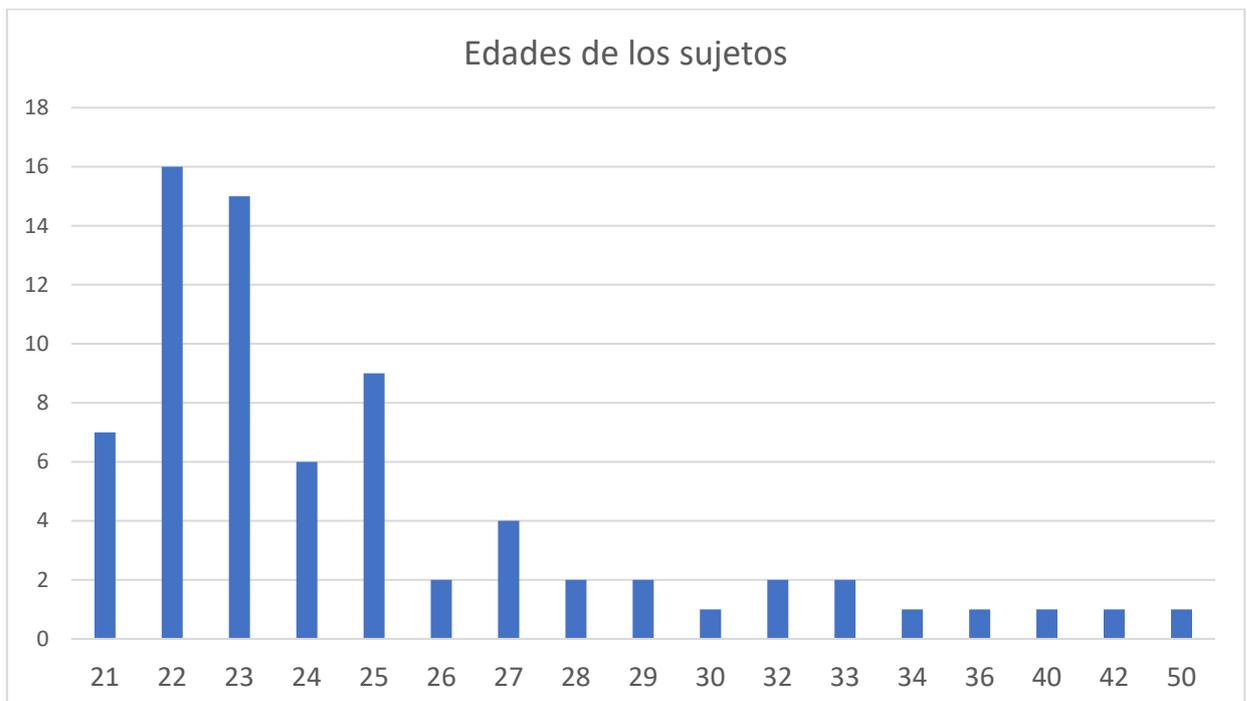
Lugar de nacimiento	Frecuencia
Salamanca	8
Argentina	2
Asturias	4
Ávila	1
Bilbao	1
C. Real	1
Cáceres	2
Granada	2
Huelva	1
León	3
Lugo	1
Madrid	1
Menorca	1
Orense	1
Palestina	1
Pamplona	1
R. Unido	1
S. Sebastián	1
Santander	3
Santiago	1
Tenerife	1
Valladolid	30
Valencia	1
Vigo	1
Zamora	2
Zaragoza	1
Total	73

Tabla 3: Distribución por lugar de nacimiento.



Gráfica 2: Distribución de la muestra por lugares de nacimiento.

En cuanto a las edades de los sujetos que realizaron el estudio, hay gran variedad, sin embargo, la edad más frecuente es 22 años. La media de edad de todos los sujetos fue 25'3 años, sin embargo, la media de edad de las mujeres fue 25'2 años y la de los hombres fue 25'5 años.



Gráfica 3: Distribución de la muestra según edades de los sujetos.

Edades	Frecuencia
21	7
22	16
23	15
24	6
25	9
26	2
27	4
28	2
29	2
30	1
32	2
33	2
34	1
36	1
40	1
42	1
50	1
Total	73

Tabla 4: Distribución de la muestra según edades de los sujetos

Estudio general	Total
Edad media	25,3
Edad mínima	21
Edad máxima	50

Tabla 5: Máximo, mínimo y media de las edades de los sujetos.

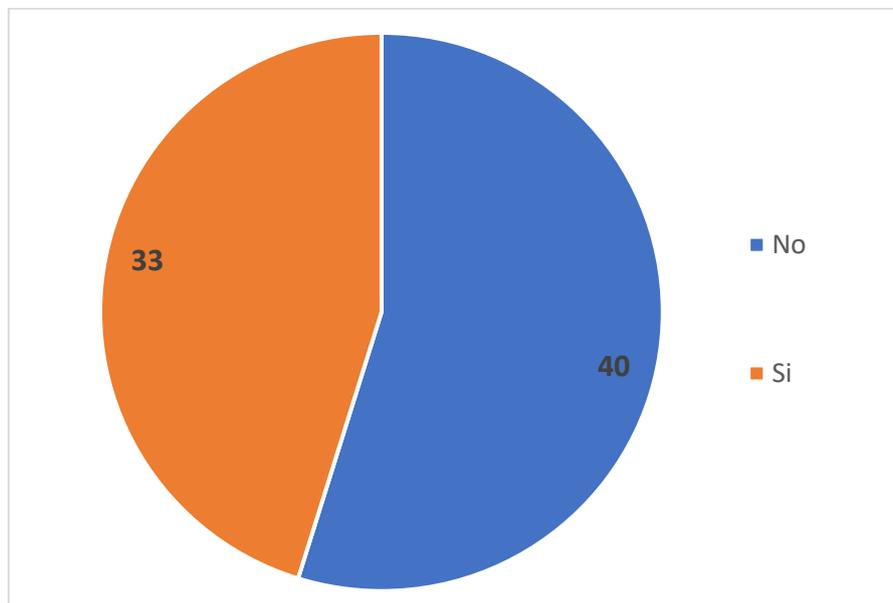
	Mujeres	Hombres
Edad media	25,2	25,5

Tabla 6: Distribución de la muestra según la edad media de hombres y de mujeres.

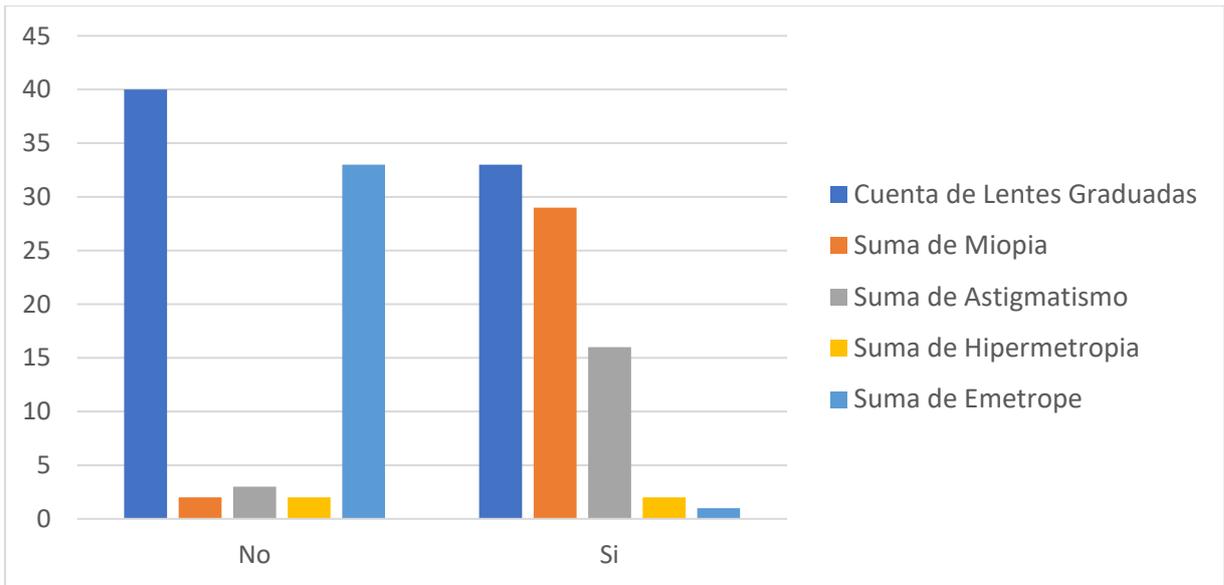
5.1.2 DATOS ÓPTICOS

De los 73 alumnos que participaron el estudio, 33 de ellos usaban gafas, es decir el 45'2% de los sujetos utilizan lentes. Aun así, hay 2 personas con miopía, 2 con hipermetropía y 3 con astigmatismo que no utilizan gafas.

Según sexos, hay más mujeres emétopes, miopes y astigmáticas que hombres, y, sin embargo, hay más hombres hipermétropes que mujeres.



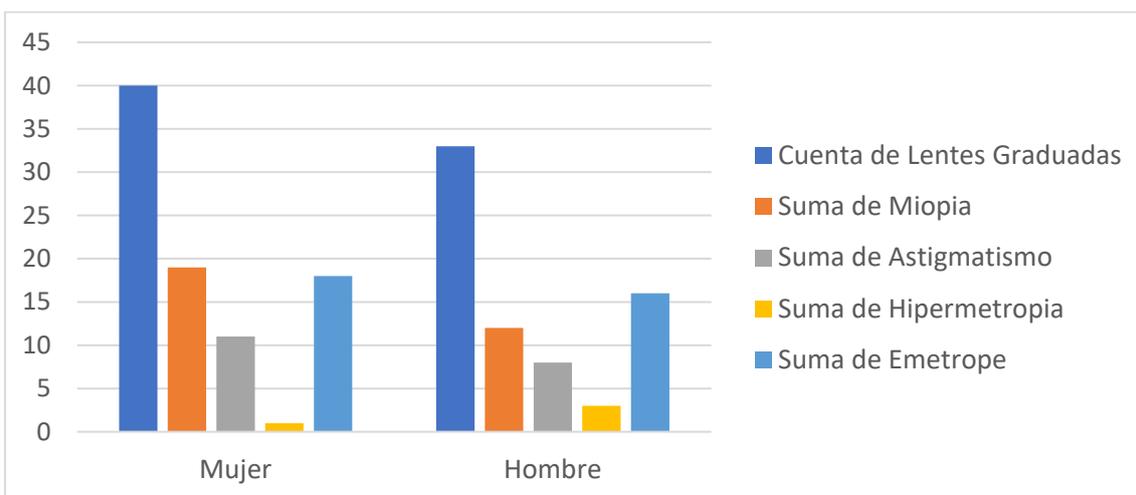
Gráfica 4: Distribución de la muestra según si utilizan lentes o no.



Gráfica 5: Distribución del uso de gafas o no según errores de refracción.

Uso de lentes	Cuenta de Lentes Graduadas	Suma de Miopía	Suma de Astigmatismo	Suma de Hipermetropía	Suma de Emétrope
No	40	2	3	2	33
Si	33	29	16	2	0
Total	73	31	19	4	33

Tabla 7: Distribución del uso de gafas o no según errores de refracción.



Gráfica 6: Distribución de los errores de refracción según sexos.

En nuestra muestra, dentro de los errores de refracción, son más frecuentes en orden de mayor a menor, la miopía, el astigmatismo, la miopía junto al astigmatismo y por último lo que menos se presenta es la hipermetropía.

	Frecuencia	Porcentaje
Lentes graduadas	33	45,2%
Daltonismo	2	2,7%
Miopía	31	42,5%
Astigmatismo	19	26,0%
Hipermetropía	4	5,5%
Miopía con astigmatismo	13	17,8%

Tabla 8: Distribución según frecuencia y porcentaje de uso de lentes, daltonismo y errores de refracción.

La media de dioptrías de miopía que tenían los sujetos en el ojo derecho es de 2'01 y en el ojo izquierdo es de 2'51. También comprobamos que presentan mayor frecuencia de dioptrías en el ojo derecho, pero sin embargo la media de dioptrías es mayor en el ojo izquierdo.

Estudio miopía	Frecuencia	Mínimo Dp	Máximo Dp	Media Dp	Desv. Típica
Ojo derecho	31	0,25	7	2,01	1,68
Ojo izquierdo	26	0,5	13	2,51	2,70

Tabla 9: Estudio de la frecuencia de la miopía, mínimo, máximo, media y desviación típica de las dioptrías recogidas.

La media de dioptrías de astigmatismo en el ojo derecho es de 0'8 y en el ojo izquierdo es de 0'97. En este caso, vemos que la frecuencia de dioptrías de astigmatismo es igual tanto en el ojo derecho como en el izquierdo.

Estudio astigmatismo	Frecuencia	Mínimo Dp	Máximo Dp	Media Dp	Desv. Típica
Ojo derecho	16	0,25	2	0,80	0,56
Ojo izquierdo	16	0,25	2,75	0,97	0,75

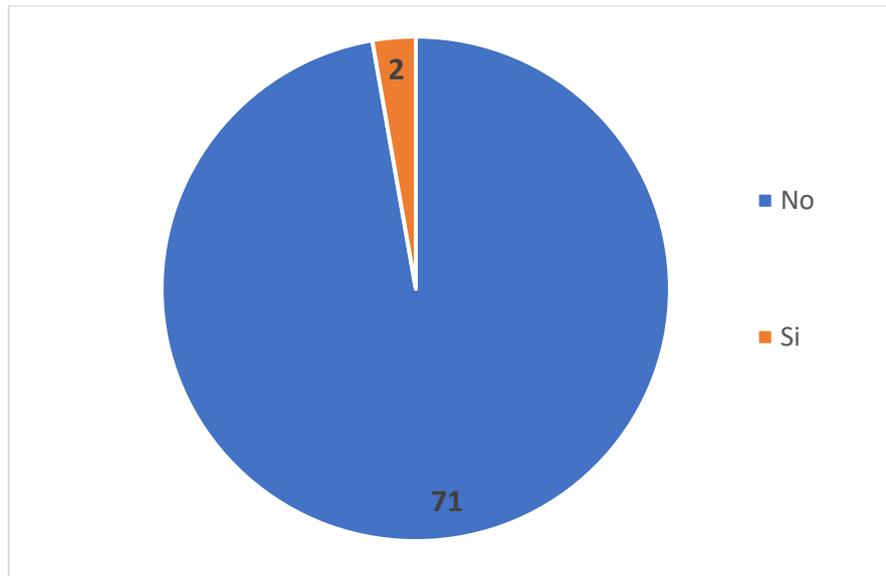
Tabla 10: Estudio de la frecuencia del astigmatismo, mínimo, máximo, media y desviación típica de las dioptrías recogidas.

La media de dioptrías de hipermetropía en el ojo derecho es de 0'44 y en el ojo izquierdo es de 0'25. Aquí también comprobamos que la frecuencia de dioptrías es igual en el ojo derecho como en el izquierdo.

Estudio hipermetropía	Frecuencia	Mínimo Dp	Máximo Dp	Media Dp	Desv. Típica
Ojo derecho	4	0,25	0,5	0,44	0,11
Ojo izquierdo	4	0,25	0,25	0,25	0,00

Tabla 11: Estudio de la frecuencia de la hipermetropía, mínimo, máximo, media y desviación típica de las dioptrías recogidas.

Dentro de las personas que participaron en el estudio, encontramos 2 daltónicos, es decir, un 2'7% de nuestra muestra eran daltónicos.



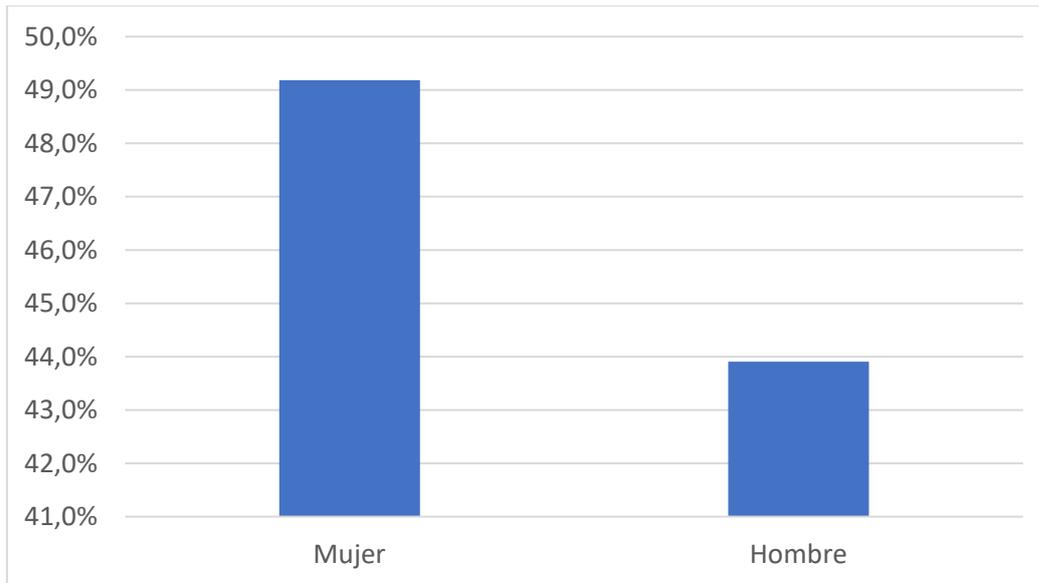
Gráfica 7: Distribución de la muestra según si son daltónicos o no.

Etiquetas de fila	Cuenta de Daltónico
No	71
Si	2
Total	73

Tabla 12: Distribución de la muestra según si son daltónicos o no.

5.1.3 ANÁLISIS DE ACIERTOS GENERALES

Comprobamos la cantidad de aciertos en cuanto a tono, claridad e intensidad según las guías usadas (VITA Clásica y VITA 3D) entre hombres y mujeres.



Gráfica 8: Total de aciertos de mujeres y varones.

<i>Sexo</i>	<i>% aciertos</i>
<i>Mujer</i>	<i>49,2%</i>
<i>Hombre</i>	<i>43,9%</i>

Tabla 13: Total de aciertos de mujeres y varones.

Las mujeres que participaron en el estudio tienen un porcentaje de aciertos algo mayor que el de los hombres.

En cuanto a los aciertos según las guías utilizadas, vemos que en la VITA Clásica las mujeres obtuvieron un porcentaje mayor de aciertos que los hombres. Más concretamente, vemos que hay menos diferencia de porcentaje de aciertos en cuanto al tono que en cuanto a la intensidad. Los hombres fallan más al escoger la intensidad del diente que las mujeres, pero en cuanto al tono los porcentajes están bastante igualados.

VITA CLÁSICA	Mujer	Hombre	Total	% aciertos M	% aciertos H
Tono	113	109	222	50,9%	49,1%
Intensidad	175	137	312	56,1%	43,9%
% aciertos por sexo	53,9%	46,1%			

Tabla 14: Aciertos en vita clásica de hombres y de mujeres.

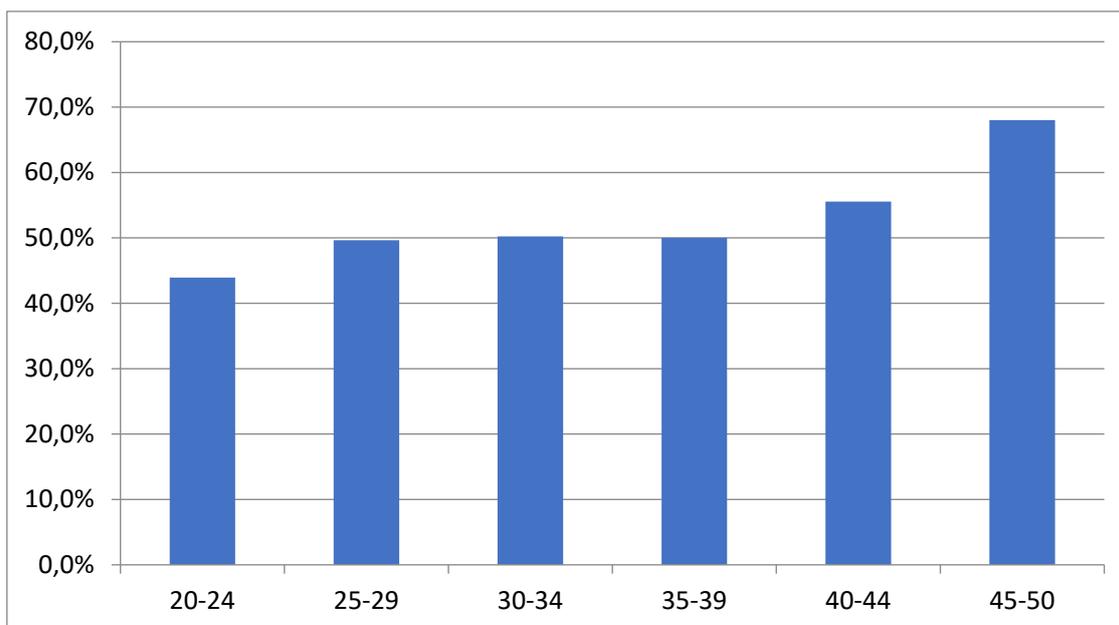
En la VITA 3D, las mujeres también obtienen porcentajes de aciertos mayores que las de los hombres (56'9% frente al 43'1%). A diferencia de la otra guía, en esta los hombres no están tan lejos del porcentaje de aciertos de las mujeres en cuanto a la intensidad, pero sí el porcentaje de aciertos de las mujeres en claridad y tono despunta en relación con el porcentaje de acierto de los hombres.

VITA 3D	Mujer	Hombre	Total	% aciertos M	% aciertos H
Claridad	203	154	357	56,9%	43,1%
Tono	203	162	365	55,6%	44,4%
Intensidad	120	83	203	59,1%	40,9%
% aciertos por sexo	56,9%	43,1%			

Tabla 15: Aciertos en vita 3D de hombres y de mujeres.

Analizamos también el porcentaje de aciertos según los grupos de edades que hemos seleccionado, ya que nuestra muestra, presenta edades comprendidas entre los 21 y 50 años.

El grupo de edades comprendidas entre los 45 y los 50 años, obtuvieron mayor porcentaje de aciertos, sin embargo, la diferencia de los porcentajes no es demasiado grande, por lo que no podemos decir que los estudiantes de menor edad obtienen muchos más fallos que los alumnos más mayores.



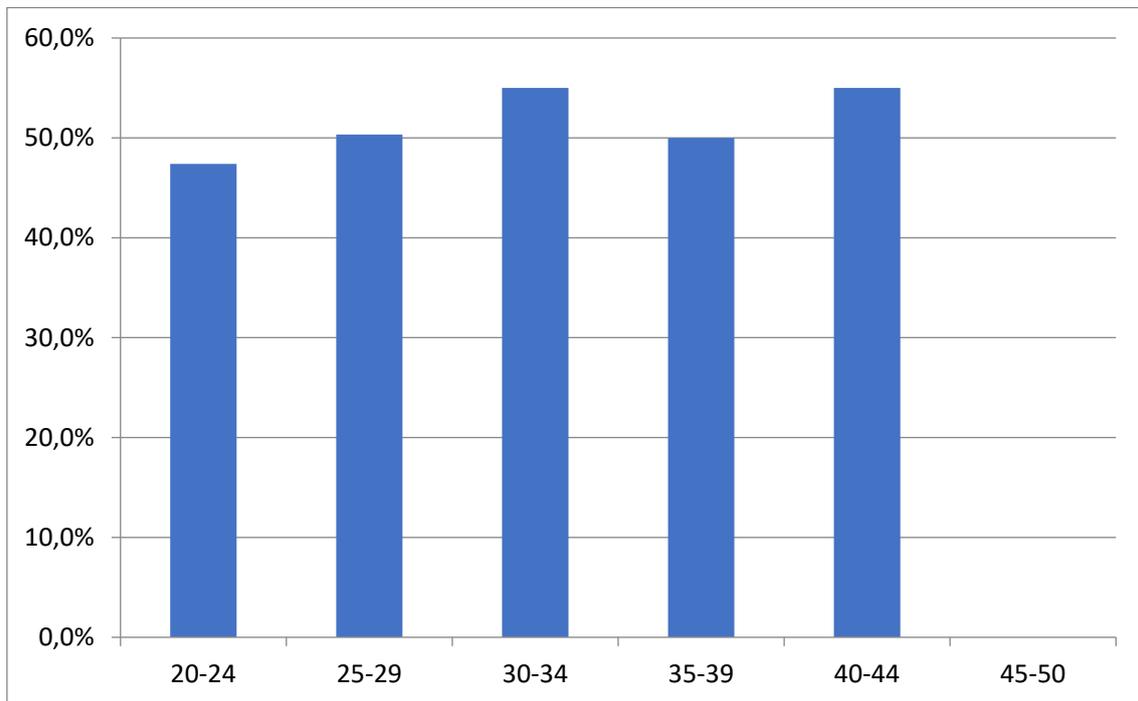
Gráfica 9: Total de aciertos de los diferentes grupos de edades.

Grupo	Aciertos	Ensayos	% aciertos
20-24	828	1.885	43,9%
25-29	409	824	49,6%
30-34	113	225	50,2%
35-39	25	50	50,0%
40-44	50	90	55,6%
45-50	34	50	68,0%

Tabla 16: Aciertos según grupos de edades.

En las mujeres, no hay gran diferencia entre los aciertos de unos grupos de edades y otros, por lo que no es estadísticamente significativo. En hombres, despuntan un poco el grupo entre 45 y 50 años, aunque no de forma significativa, así que como en el análisis general,

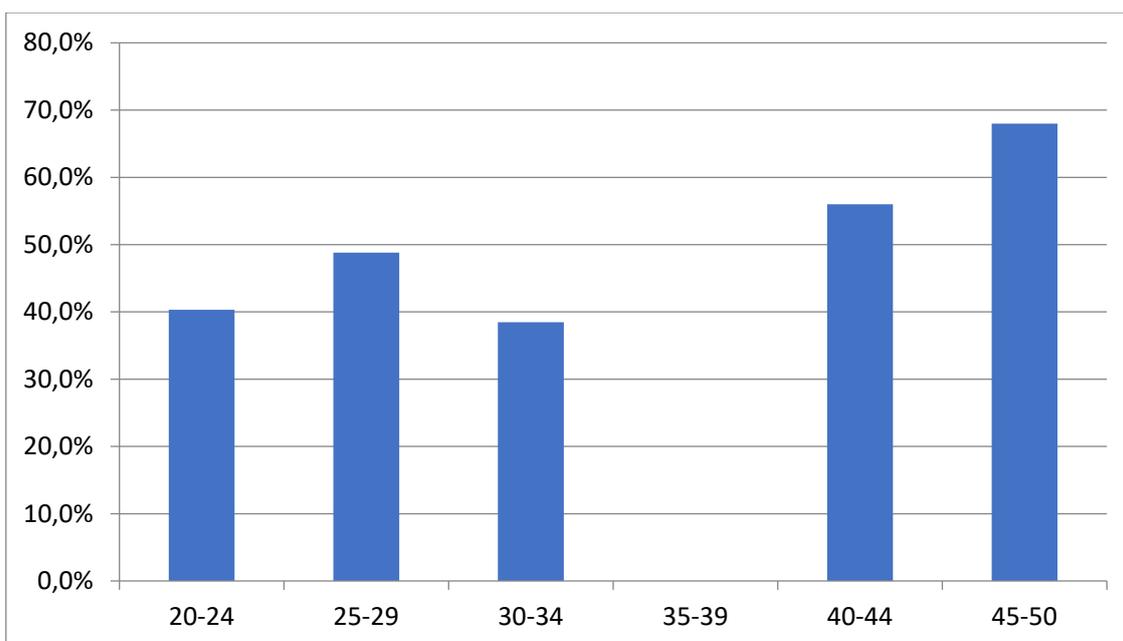
no podemos decir que los estudiantes varones de menor edad obtengan muchos más fallos que los alumnos varones más mayores.



Gráfica 10: Total de aciertos de los diferentes grupos de edades de mujeres.

Grupo	Aciertos	Ensayos	% aciertos
20-24	455	960	47,4%
25-29	224	445	50,3%
30-34	88	160	55,0%
35-39	25	50	50,0%
40-44	22	40	55,0%
45-50	0	0	0%

Tabla 17: Aciertos según grupos de edades de mujeres.

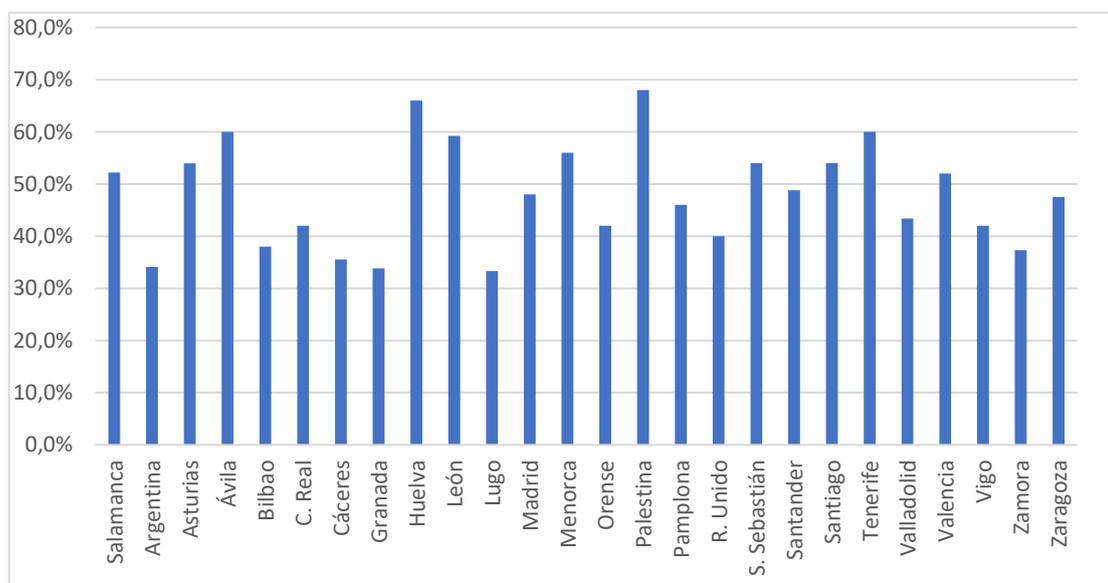


Gráfica 11: Total de aciertos de los diferentes grupos de edades de hombres.

Grupo	Aciertos	Ensayos	% aciertos
20-24	373	925	40,3%
25-29	185	379	48,8%
30-34	25	65	38,5%
35-39	0	0	0,0%
40-44	28	50	56,0%
45-50	34	50	68,0%

Tabla 18: Aciertos según grupos de edades de varones.

Estudiamos los porcentajes de aciertos según los lugares de nacimiento de los alumnos. El lugar con menor porcentaje de aciertos es Lugo, y el mayor porcentaje de aciertos viene de Huelva si hablamos de España. El resto de las provincias de España se encuentra con porcentajes de aciertos similares.

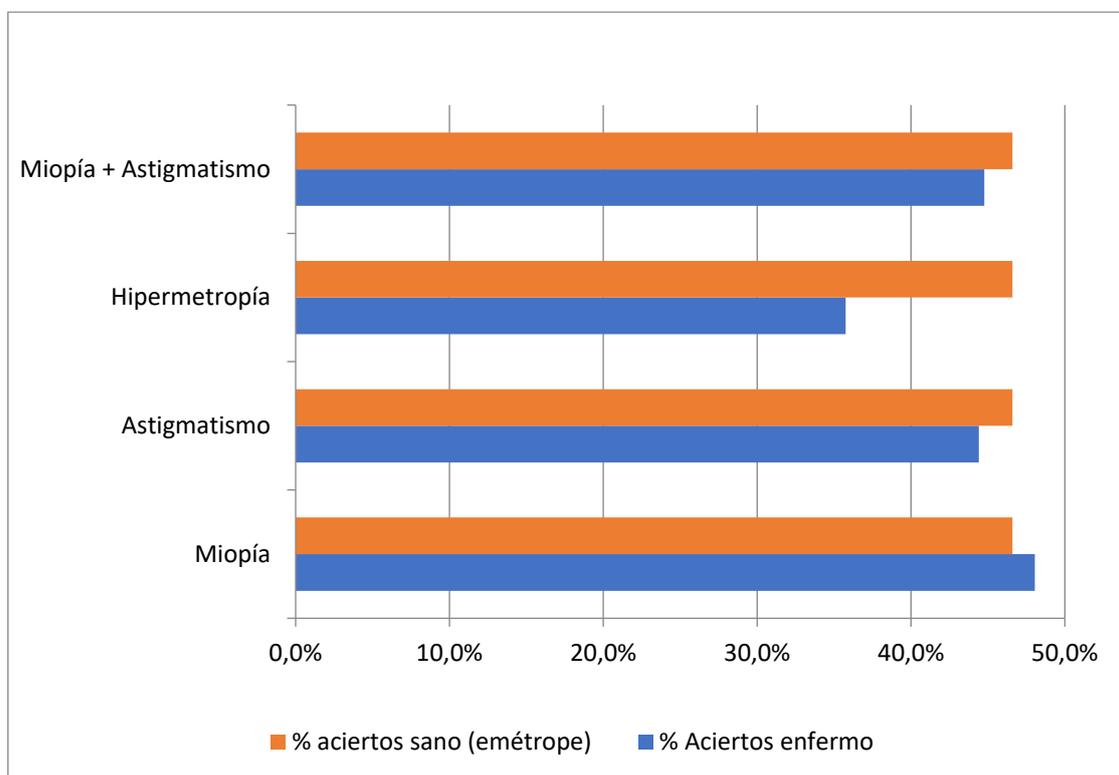


Gráfica 12: Total de aciertos según lugares de nacimiento.

Lugar nacimiento	% aciertos
Salamanca	52,2%
Argentina	34,1%
Asturias	54,0%
Ávila	60,0%
Bilbao	38,0%
C. Real	42,0%
Cáceres	35,6%
Granada	33,8%
Huelva	66,0%
León	59,2%
Lugo	33,3%
Madrid	48,0%
Menorca	56,0%
Orense	42,0%
Palestina	68,0%
Pamplona	46,0%
R. Unido	40,0%
S. Sebastián	54,0%
Santander	48,8%
Santiago	54,0%
Tenerife	60,0%
Valladolid	43,4%
Valencia	52,0%
Vigo	42,0%
Zamora	37,3%
Zaragoza	47,5%

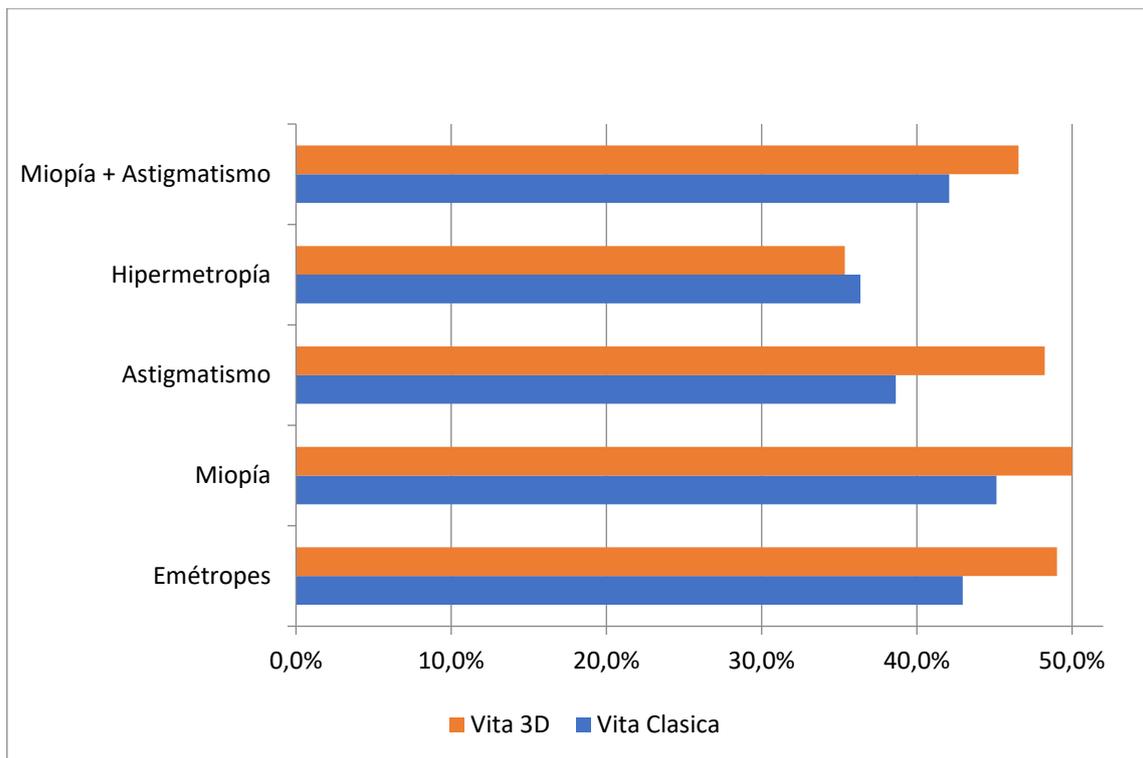
Tabla 19: Aciertos según lugares de nacimiento.

En cuanto a los porcentajes de aciertos generales entre alumnos emétopes y alumnos con algún error de refracción, se ha sacado la siguiente gráfica. Como podemos ver, en los casos en los que comparamos a los emétopes con los hipermétropes, los astigmáticos y los miopes que presentan también astigmatismo, son los individuos sanos los que obtienen mayor porcentaje de aciertos, siendo la discrepancia algo más evidente al compararlos con los hipermétropes. Sin embargo, también comprobamos que, aún que, con una diferencia casi insignificante, los miopes obtienen mayor porcentaje de aciertos que los emétopes.



Gráfica 13: Comparación de aciertos entre emétopes y alumnos con errores de refracción.

Atendiendo a los aciertos según la guía de color utilizada, obtenemos los siguientes resultados.

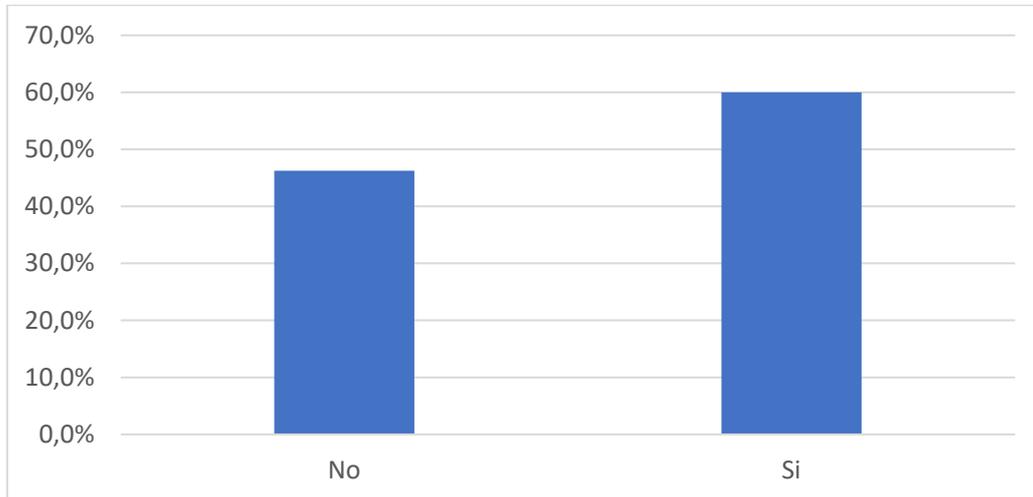


Gráfica 14: Comparación de aciertos con dos guías entre emétopes y alumnos con errores de refracción.

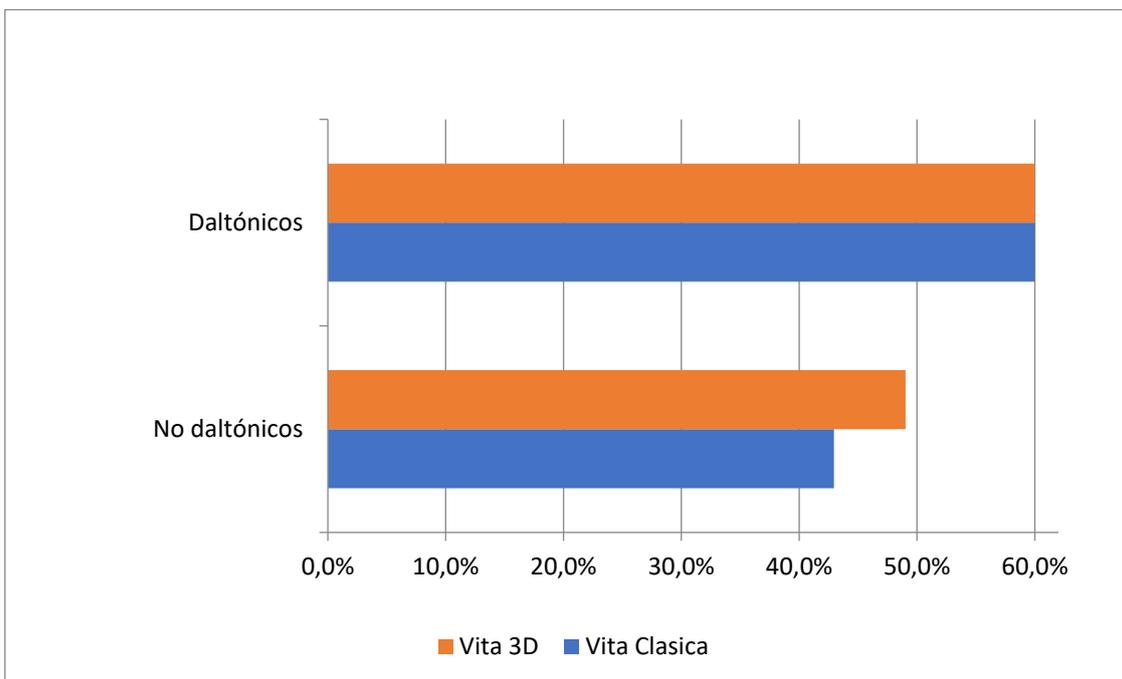
Vemos como en todos los casos, los alumnos obtienen mayor porcentaje de aciertos utilizando la guía VITA 3D Master, excepto en el caso de los hipermétropes, que, con poca diferencia, obtienen mejores resultados utilizando la guía VITA Clásica. En esta gráfica también, comprobamos que los miopes obtienen mejores porcentajes de aciertos que los emétopes, siendo poca la diferencia en cuanto a la guía VITA 3D Master y un poco más evidente en la guía VITA Clásica.

Además, se puede observar que, en ningún caso, se superan el 50% de aciertos con ninguna de las guías.

Si estudiamos las diferencias de aciertos entre los daltónicos y los que no lo son, vemos como los daltónicos obtienen un mayor porcentaje de aciertos. Un 60% de aciertos para los daltónicos y un 46'3% para los no daltónicos.



Gráfica 15: Aciertos de daltónicos y no daltónicos.



Gráfica 16: Aciertos de daltónicos y no daltónicos según las guías usadas.

% ACIERTOS	<i>No daltónicos</i>	<i>Daltónicos</i>
<i>Vita Clásica</i>	43,0%	60,0%
<i>Vita 3D</i>	49,0%	60,0%

Tabla 20: Aciertos de daltónicos y no daltónicos según las guías usadas.

Si comparamos esos aciertos según las guías utilizadas, vemos que para los daltónicos obtenemos el mismo porcentaje de aciertos en las dos guías y para los no daltónicos, obtenemos mejores resultados al utilizar la guía VITA 3D Master. Los daltónicos obtienen un 17% más de aciertos que los no daltónicos en la VITA Clásica y un 11% en la guía VITA 3D Master.

5.2 ESTADÍSTICA INFERENCIAL

5.2.1 RELACIÓN ENTRE LAS ALTERACIONES REFRACTIVAS Y EL SEXO

Analizamos las diferentes alteraciones refractivas en relación al sexo de los sujetos.

	Sexo	N	Media	T de Student	p-valor	Significación
Ojo derecho miopía	Hombre	33	0.7575758	-0.49713	0.6207	P>0'05
	Mujer	40	0.93125			
Ojo izquierdo miopía	Hombre	33	0.7045455	-0.75884	0.4507	P>0'05
	Mujer	40	1.05			
Ojo derecho astigmatismo	Hombre	33	0.090909	-1.6588	0.103	P>0'05
	Mujer	40	0.24375			
Ojo izquierdo astigmatismo	Hombre	33	0.090909	-1.9122	0.06139	P>0'05
	Mujer	40	0.3125			
Ojo derecho hipermetropía	Hombre	33	0.0378788	1	0.322	P>0'05
	Mujer	40	0.0125			
Ojo izquierdo hipermetropía	Hombre	33	0.022727	1.1637	0.2504	P>0'05
	Mujer	40	0.00625			

Tabla 21: Relación entre las alteraciones refractivas y el sexo.

Ninguna alteración refractiva parece ser significativamente mayor en grado por distinto sexo, sin embargo, en el caso del astigmatismo se obtienen p-valores curiosamente cercanos a 0.05, por lo que se decide realizar el mismo análisis, pero teniendo en cuenta el grado de únicamente individuos que sufran de astigmatismo.

	Sexo	N	Media	T de Student	p-valor	Significación
Ojo derecho astigmatismo	Hombre	8	0.375	-2.1853	0.04582	P<0'05
	Mujer	11	0.88636			
Ojo izquierdo astigmatismo	Hombre	8	0.375	-2.5251	0.0231	P<0'05
	Mujer	11	1.136364			

Tabla 22: Relación entre astigmatismo y el sexo.

Se puede observar como ahora el p-valor sí que es menor de 0.05, lo que indica que hay diferencia significativa entre el grado de astigmatismo de los hombres y el de las mujeres, teniendo en cuenta que el análisis se ha realizado sin los individuos que no sufren de astigmatismo. Se ve una gran diferencia entre hombres y mujeres, siendo este último grupo el que posee mayor grado de astigmatismo.

También se ha estudiado si la edad podría ser un factor que tener cuenta para cada una de las alteraciones refractivas, construyendo para ello un modelo lineal para cada alteración refractiva en el que las variables miopía, astigmatismo e hipermetropía son tomadas como dicotómicas y la edad como variable continua, obteniendo para todos los casos p-valores elevados que indican que no hay influencia de la edad a la hora de sufrir cualquiera de las alteraciones refractivas descritas.

MIOPÍA	p-valor de la edad = 0.4679	Valor del R-cuadrado= 0.0074 de variabilidad explicada
ASTIGMATISMO	p-valor de la edad = 0.3303	Valor del R-cuadrado= 0.0133 de variabilidad explicada
HIPERMETROPIA	p-valor de la edad = 0.269	Valor del R-cuadrado= 0.0031 de variabilidad explicada

Tabla 23: Relación entre los errores de refracción y la edad.

Es evidente que la edad no es un factor influyente y no se tomará en cuenta a partir de ahora en la construcción de modelos y realización de contrastes.

5.2.2 RELACIÓN ENTRE EL USO DE LENTES Y LA VISIÓN DEL COLOR

Vamos a estudiar ahora si hay relación entre llevar gafas o no y los diferentes errores de refracción.

Miopía:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.05000	0.01931	2.589	0.01 *
Lentes	0.82879	0.02872	28.855	<2e-16 ***

Tabla 24: Relación entre la miopía y el uso de lentes.

Al ser el p-valor < 0.05 , la variable 'Lentes' es significativa a la hora de explicar la variable 'Miopía', con una variabilidad explicada superior al 70%. Lo mismo ocurre para las variables 'Hipermetropía' y 'Astigmatismo', aunque explican una variabilidad menor debido al reducido número de individuos que sufren de estas dos alteraciones refractivas en comparación con la 'Miopía'.

Por tanto, y dado que la variable 'Lentes' está fuertemente relacionada con tener miopía, como hipermetropía y astigmatismo, en el análisis que se explica a continuación se va a utilizar la variable 'Lentes', ya que puede tomarse como un componente principal que explica razonablemente bien las tres alteraciones refractivas.

5.2.2.1 ESTUDIO DEL TONO

El tono es una variable categórica que puede tomar los valores A, B, C o D en la guía VITA Clásica, y L, M o R en la guía VITA 3D.

En este análisis se va a comparar el acierto o el fallo del tono descrito en Vita Clásica y en Vita 3D con el tono medido con el espectrofotómetro, dando de este modo una medida del error cometido, y el nivel de significancia de este error.

Se va a realizar para dos tipos de individuos distintos, comparando las medidas del error cometido de los individuos que usan lentes y los que no.

Igualmente, el estudio también se va a subclasificar para cada pieza dental y lado izquierdo y derecho, logrando así un análisis muy completo y detallado.

Para este análisis se va a utilizar el estadístico Chi-Cuadrado, dado que se trata de tablas de contingencia 2x2.

VITA Clásica

Empezamos con la comparativa de la selección del tono con VITA Clásica y el espectrofotómetro.

	Lado	ODDS Ratio	ODDS. Intervalo Inferior	ODDS. Intervalo Superior	p-valor Test Chi-Cuadrado	Significac
Incisivo Central Superior	Derecho	0.5454545	0.1715032	1.734782	0.3014	$p > 0.05$
	Izquierdo	3.183673	1.022036	9.917243	0.04179	$p < 0.05$
Incisivo Lateral Superior	Derecho	0.6175439	0.2150192	1.773611	0.369	$p > 0.05$
	Izquierdo	0.8928571	0.3142098	2.537139	0.8315	$p > 0.05$
Canino superior	Derecho	0.4454545	0.1515539	1.309301	0.1376	$p > 0.05$
	Izquierdo	0.8380567	0.2948078	2.382362	0.7402	$p > 0.05$
Primer premolar superior	Derecho	0.9285714	0.3460578	2.491621	0.883	$p > 0.05$
	Izquierdo	0.55	0.1714223	1.764648	0.3117	$p > 0.05$
Segundo premolar superior	Derecho	0.9954751	0.3550707	2.790911	0.9931	$p > 0.05$
	Izquierdo	2	0.7293662	5.484214	0.1758	$p > 0.05$

Tabla 25: Análisis de aciertos en tono con vita clásica para cada diente.

Si nos fijamos en la tabla anterior, comprobamos que en el incisivo central superior, el intervalo de la ODDS-Ratio no contiene al 1, y el p-valor del test Chi-Cuadrado es < 0.05 , tomando $\alpha = 0.05$, por lo que se rechaza que haya igualdad de aciertos entre los que llevan lentes y los que no, siendo que la tasa de acierto es como mínimo un 2% superior en el caso de los que llevan lentes y como máximo un 991%. La ODDS-Ratio toma un valor de 3.18, es decir, aciertan 3 veces más los que llevan lentes que los que no.

En el resto de los dientes, el intervalo de la ODDS-Ratio contiene al 1, y el p-valor del test Chi-Cuadrado es > 0.05 , tomando alfa = 0.05, por lo que no se puede rechazar que haya igualdad de aciertos entre los que llevan lentes y los que no. Es decir, no hay diferencia significativa entre tener lentes y no tenerlas.

Para finalizar este apartado se procede a realizar un análisis con el conjunto de piezas dentales para cada lado.

	ODDS Ratio	ODDS. Intervalo Inferior	ODDS. Intervalo Superior	p-valor Test Chi-Cuadrado	Significac
Lado derecho	0.6951872	0.4360285	1.10838	0.1259	$p>0'05$
Lado izquierdo	1.218391	0.7626084	1.946577	0.4084	$p>0'05$

Tabla 26: Análisis de aciertos en tono con vita clásica.

En ambos lados, el intervalo de la ODDS-Ratio contiene al 1, y el p-valor del test Chi-Cuadrado es > 0.05 , tomando alfa = 0.05, por lo que no se puede rechazar que haya igualdad de aciertos entre los que llevan lentes y los que no. Es decir, no hay diferencia significativa entre tener lentes y no tenerlas para el conjunto de piezas dentales y el lado derecho e izquierdo.

Como conclusión para este apartado, podemos decir que no hay diferencia significativa en la tasa de acierto entre los individuos que tienen lentes y los que no las tienen, tanto para el lado derecho como para el izquierdo y tanto para el conjunto de piezas dentales como por separado, a excepción de la pieza dental Incisivo Central Superior del lado

izquierdo, la cual sí que presentó una diferencia significativa en la tasa de acierto, siendo un 318% mayor en los que tienen lentes que en los que no tienen.

VITA 3D

En la siguiente tabla comprobamos si hay diferencia entre personas con gafas y sin ellas a la hora de percibir el tono con la guía VITA 3D.

	Lado	ODDS Ratio	ODDS. Intervalo Inferior	ODDS. Intervalo Superior	p-valor Test Chi-Cuadrado	Significac
Incisivo Central Superior	Derecho	0.5769231	0.2045229	1.627399	0.2968	p>0'05
	Izquierdo	1.125	0.373219	3.391106	0.8342	p>0'05
Incisivo Lateral Superior	Derecho	1.217391	0.4302817	3.444352	0.7107	p>0'05
	Izquierdo	1.679012	0.5864878	4.80672	0.3326	p>0'05
Canino superior	Derecho	0.8571429	0.3213262	2.286443	0.7581	p>0'05
	Izquierdo	0.7536232	0.274127	2.071842	0.5832	p>0'05
Primer premolar superior	Derecho	0.4347826	0.1574791	1.200387	0.1051	p>0'05
	Izquierdo	1.368421	0.4854724	3.857225	0.5525	p>0'05
Segundo premolar superior	Derecho	0.5092593	0.184382	1.406564	0.1908	p>0'05
	Izquierdo	1.371429	0.508591	3.698092	0.5321	p>0'05

Tabla 27: Análisis de aciertos en tono con vita 3D para cada diente.

En todos los dientes, el intervalo de la ODDS-Ratio contiene al 1, y el p-valor del test Chi-Cuadrado es > 0.05 , tomando alfa = 0.05, por lo que no se puede rechazar que haya igualdad de aciertos entre los que llevan lentes y los que no. Es decir, no hay diferencia significativa entre tener lentes y no tenerlas.

Para finalizar este apartado se procede a realizar un análisis con el conjunto de piezas dentales para cada lado:

	ODDS Ratio	ODDS. Intervalo Inferior	ODDS. Intervalo Superior	p-valor Test Chi-Cuadrado	Significac
Lado derecho	0.6671159	0.4263008	1.043966	0.07592	$p>0'05$
Lado izquierdo	1.201517	0.7595369	1.900689	0.4325	$p>0'05$

Tabla 28: Análisis de aciertos en tono con vita 3D.

En el lado derecho, el p-valor del test Chi-Cuadrado es > 0.05 , tomando alfa = 0.05. Se encuentra próximo, por lo que no se puede rechazar que haya igualdad de aciertos entre los que llevan lentes y los que no pero tampoco se puede afirmar que haya igualdad ya que el p-valor es 0.07.

El valor de ODDS-Ratio refuerza lo explicado, ya que, aunque es cierto que el intervalo contiene al 1, lo hace por poca diferencia, siendo el intervalo de la ODDS-Ratio (0.42, 1.04) lo que puede indicar que la tasa de aciertos es mayor para los que no utilizan lentes para el lado derecho.

En el lado izquierdo, el intervalo de la ODDS-Ratio contiene al 1, y el p-valor del test Chi-Cuadrado es > 0.05 , tomando $\alpha = 0.05$, por lo que no se puede rechazar que haya igualdad de aciertos entre los que llevan lentes y los que no. Es decir, no hay diferencia significativa entre tener lentes y no tenerlas para el lado izquierdo.

Como conclusión, podemos decir que no hay diferencia significativa en la tasa de acierto entre los individuos que tienen lentes y los que no las tienen tanto para el lado derecho como para el izquierdo y tanto para el conjunto de piezas dentales como por separado.

No obstante, cabe resaltar que, para el conjunto de piezas dentales, la tasa de aciertos es mayor para los que no utilizan lentes para el lado derecho, aunque no es posible afirmarlo con rotundidad debido a que el p-valor del test Chi-Cuadrado es ligeramente mayor de 0.05 y el intervalo de la ODDS-Ratio contiene al 1, siendo el intervalo superior ligeramente superior a 1.

5.2.2.2 ESTUDIO DE LA INTENSIDAD

La intensidad es una variable categórica que puede tomar los valores 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5 y 4 en el caso de Vita Clásica y los valores 1, 1.5, 2, 2.5 y 3 en el caso de Vita 3D.

Aunque pueda parecer que se trata de una variable numérica, y de hecho podría tratarse como tal, no es conveniente tomarla de este modo ya que se trata de una variable discreta con tan solo 7 posibles valores en el caso de Vita Clásica y 5 en el caso de Vita 3D. Por esta escasa variedad de posibles valores se decide en este estudio tomar la variable intensidad como categórica, y se procederá del mismo modo que en el análisis del tono.

En este análisis se va a comparar el acierto o el fallo de la intensidad descrita en Vita Clásica y en Vita 3D con la intensidad medida del espectrofotómetro, dando de este modo una medida del error cometido, y el nivel de significancia de este error.

Se va a realizar para dos tipos de individuos distintos, comparando las medidas del error cometido de los individuos que usan lentes y los que no las usan.

Igualmente, el estudio también se va a subclasificar para cada tipo de pieza dental, separando por parte izquierda y parte derecha de la boca.

Para este análisis se va a utilizar el estadístico Chi-Cuadrado, dado que se trata de tablas de contingencia 2x2.

VITA Clásica

Vamos a comparar la selección de la intensidad con VITA Clásica y el espectrofotómetro.

	Lado	ODDS Ratio	ODDS. Intervalo Inferior	ODDS. Intervalo Superior	p-valor Test Chi-Cuadrado	Significac
Incisivo Central Superior	Derecho	0.9	0.3121348	2.595033	0.8454	p>0'05
	Izquierdo	0.9142857	0.3162099	2.643555	0.8686	p>0'05
Incisivo Lateral Superior	Derecho	2.793333	1.023658	7.915933	0.04643	p<0'05
	Izquierdo	1.727273	0.6158412	4.844546	0.2974	p>0'05
Canino superior	Derecho	1.895604	0.6998018	5.134762	0.2064	p>0'05
	Izquierdo	1.4	0.5181912	3.782387	0.5065	p>0'05
Primer premolar superior	Derecho	1.210084	0.4556777	3.213463	0.7018	p>0'05
	Izquierdo	0.6747405	0.2477858	1.837372	0.4407	p>0'05
Segundo premolar superior	Derecho	1.266667	0.4643417	3.45531	0.6441	p>0'05
	Izquierdo	0.7692308	0.2742362	2.157687	0.6178	p>0'05

Tabla 29: Análisis de aciertos en intensidad con vita clásica para cada diente.

En el incisivo lateral superior derecho, el intervalo de la ODDS-Ratio no contiene al 1, y el p-valor del test Chi-Cuadrado es < 0.05 , tomando $\alpha = 0.05$, por lo que se rechaza que haya igualdad de aciertos entre los que llevan lentes y los que no, siendo que la tasa de acierto es como mínimo un 2% superior en el caso de los que llevan lentes y como

máximo un 791%. La ODDS-Ratio toma un valor de 2.79, es decir, aciertan 2.79 veces más los que llevan lentes que los que no.

En el resto de los dientes, el intervalo de la ODDS-Ratio contiene al 1, y el p-valor del test Chi-Cuadrado es > 0.05 , tomando alfa = 0.05, por lo que no se puede rechazar que haya igualdad de aciertos entre los que llevan lentes y los que no. Es decir, no hay diferencia significativa entre tener lentes y no tenerlas.

Para finalizar, se procede a realizar un análisis con el conjunto de piezas dentales, para cada lado:

	ODDS Ratio	ODDS. Intervalo Inferior	ODDS. Intervalo Superior	p-valor Test Chi-Cuadrado	Significac
Lado derecho	1.462277	0.9376562	2.280425	0.09322	$p>0.05$
Lado izquierdo	1.014403	0.6475856	1.589001	0.9502	$p>0.05$

Tabla 30: Análisis de aciertos en intensidad con vita clásica.

En ambos lados, el intervalo de la ODDS-Ratio contiene al 1, y el p-valor del test Chi-Cuadrado es > 0.05 , tomando alfa = 0.05, por lo que no se puede rechazar que haya igualdad de aciertos entre los que llevan lentes y los que no. Es decir, no hay diferencia significativa entre tener lentes y no tenerlas para el conjunto de piezas dentales y el lado derecho e izquierdo.

En conclusión, no hay diferencia significativa en la tasa de acierto entre los individuos que tienen lentes y los que no, tanto para el lado derecho como para el izquierdo y tanto para el conjunto de piezas dentales como por separado, a excepción de la pieza dental

Incisivo Lateral Superior Derecho, la cual sí que presentó una diferencia significativa en la tasa de acierto, siendo un 279% mayor en los que tienen lentes que en los que no tienen.

VITA 3D

Analizaremos ahora la diferencia de aciertos con la guía VITA 3D.

	Lado	ODDS Ratio	ODDS. Intervalo Inferior	ODDS. Intervalo Superior	p-valor Test Chi-Cuadrado	Significac
Incisivo Central Superior	Derecho	0.48	0.1648855	1.397333	0.1752	p>0'05
	Izquierdo	0.7184874	0.2482486	2.079465	0.5415	p>0'05
Incisivo Lateral Superior	Derecho	1.22549	0.432678	3.471002	0.7017	p>0'05
	Izquierdo	1.184615	0.4182767	3.354989	0.7497	p>0'05
Canino superior	Derecho	1.196172	0.4212514	3.396613	0.7365	p>0'05
	Izquierdo	1.666667	0.565923	4.908402	0.352	p>0'05
Primer premolar superior	Derecho	0.7211538	0.2188631	2.376202	0.5902	p>0'05
	Izquierdo	1.117647	0.407261	3.06716	0.829	p>0'05
Segundo premolar superior	Derecho	1.414966	0.4409035	4.540969	0.5587	p>0'05
	Izquierdo	1.136364	0.3651865	3.536063	0.8253	p>0'05

Tabla 31: Análisis de aciertos en intensidad con vita 3D para cada diente.

En todos los dientes, el intervalo de la ODDS-Ratio contiene al 1, y el p-valor del test Chi-Cuadrado es > 0.05, tomando alfa = 0.05, por lo que no se puede rechazar que haya

igualdad de aciertos entre los que llevan lentes y los que no. Es decir, no hay diferencia significativa entre tener lentes y no tenerlas.

	ODDS Ratio	ODDS. Intervalo Inferior	ODDS. Intervalo Superior	p-valor Test Chi-Cuadrado	Significac
Lado derecho	0.9155523	0.5646962	1.484402	0.7204	$p > 0.05$
Lado izquierdo	1.115908	0.6977516	1.784661	0.6471	$p > 0.05$

Tabla 32: Análisis de aciertos en intensidad con vita 3D.

En el análisis conjunto de todas las piezas dentales para cada lado, vemos que el intervalo de la ODDS-Ratio contiene al 1, y el p-valor del test Chi-Cuadrado es > 0.05 , tomando alfa = 0.05, por lo que no se puede rechazar que haya igualdad de aciertos entre los que llevan lentes y los que no. Es decir, no hay diferencia significativa entre tener lentes y no tenerlas para el lado derecho e izquierdo.

Concluimos entonces, que no hay diferencia significativa en la tasa de acierto entre los individuos que tienen lentes y los que no tanto para el lado derecho como para el izquierdo y tanto para el conjunto de piezas dentales como por separado.

5.2.2.3 ESTUDIO DE LA CLARIDAD

La claridad es una variable categórica que puede tomar los valores 1, 2, 3, 4 y 5 y que solo es medida en el caso de Vita 3D.

Al igual que en el caso de la Intensidad, la claridad puede parecer una variable numérica, pero al igual que el caso anterior, no es conveniente tomarla de este modo ya que se trata

de una variable discreta con tan solo 5 posibles valores. Por esta escasa variedad de posibles valores se decide en este estudio tomar la variable claridad como categórica, y se procederá del mismo modo que en los análisis anteriores, comparando el error cometido de los individuos que usan lentes y los que no en la percepción de claridad de los distintos dientes.

Al igual que en los casos anteriores, el estadístico empleado es el Test Chi-Cuadrado, dado que se trata de tablas de contingencia 2x2.

VITA 3D

	Lado	ODDS Ratio	ODDS. Intervalo Inferior	ODDS. Intervalo Superior	p-valor Test Chi-Cuadrado	Significac
Incisivo Central Superior	Derecho	1.416667	0.5144051	3.901486	0.4998	p>0'05
	Izquierdo	1.7	0.598371	4.82978	0.3177	p>0'05
Incisivo Lateral Superior	Derecho	0.9208333	0.3279842	2.58529	0.8756	p>0'05
	Izquierdo	0.7652174	0.2630192	2.226292	0.623	p>0'05
Canino superior	Derecho	1.041322	0.3808645	2.847081	0.9371	p>0'05
	Izquierdo	1.066667	0.3939061	2.888449	0.899	p>0'05
Primer premolar superior	Derecho	1.770833	0.6586145	4.761284	0.2558	p>0'05
	Izquierdo	1.524064	0.5514428	4.212172	0.4156	p>0'05
Segundo premolar superior	Derecho	0.5986842	0.2189126	1.637287	0.3162	p>0'05
	Izquierdo	0.8333333	0.3093963	2.244515	0.7183	p>0'05

Tabla 33: Análisis de aciertos en claridad con vita 3D para cada diente.

En todos los dientes estudiados, el intervalo de la ODDS-Ratio contiene al 1, y el p-valor del test Chi-Cuadrado es > 0.05 , tomando alfa = 0.05, por lo que no se puede rechazar que haya igualdad de aciertos entre los que llevan lentes y los que no. Es decir, no hay diferencia significativa entre tener lentes y no tenerlas.

	ODDS Ratio	ODDS. Intervalo Inferior	ODDS. Intervalo Superior	p-valor Test Chi-Cuadrado	Significac
Lado derecho	1.064729	0.6811545	1.664303	0.7832	p>0'05
Lado izquierdo	1.112986	0.7070397	1.752006	0.6437	p>0'05

Tabla 34: Análisis de aciertos en claridad con vita 3D.

En cuanto al análisis del conjunto de piezas, no hay diferencia significativa en la percepción de la claridad entre tener lentes y no tenerlas tanto para el lado derecho como para el izquierdo.

Por lo tanto, no hay diferencia significativa en la tasa de acierto entre los individuos que tienen lentes y los que no, tanto para el lado derecho como para el izquierdo y tanto para el conjunto de piezas dentales como por separado en la percepción de la claridad.

5.2.3 RELACIÓN ENTRE LA MIOPIA Y LA VISIÓN DEL COLOR

Se procede a comparar el error cometido en la diferenciación del tono entre los individuos que tienen miopía y los que no.

5.2.3.1 ESTUDIO DEL TONO

VITA Clásica

Analizamos si hay diferencia en la percepción del tono entre los sujetos con miopía y los que no la tienen.

	Lado	ODDS Ratio	ODDS. Intervalo Inferior	ODDS. Intervalo Superior	p-valor Test Chi-Cuadrado	Significac
Incisivo Central Superior	Derecho	0.6545455	0.2055453	2.084357	0.4719	p>0'05
	Izquierdo	3.208333	1.031912	9.975075	0.0401	p<0'05
Incisivo Lateral Superior	Derecho	0.7529412	0.2610198	2.171944	0.5992	p>0'05
	Izquierdo	0.84	0.2912496	2.422664	0.7469	p>0'05
Canino superior	Derecho	0.3928571	0.1291338	1.19517	0.09503	p>0'05
	Izquierdo	0.7619048	0.2634137	2.203754	0.6154	p>0'05
Primer premolar superior	Derecho	0.9882353	0.3662778	2.666307	0.9814	p>0'05
	Izquierdo	0.7142857	0.2224439	2.29363	0.5711	p>0'05
Segundo premolar superior	Derecho	1.241026	0.4399514	3.500715	0.683	p>0'05
	Izquierdo	1.5	0.5501422	4.089851	0.4274	p>0'05

Tabla 35: Análisis de aciertos en tono con vita clásica para cada diente.

El intervalo de la ODDS-Ratio en el caso del incisivo central superior izquierdo, no contiene al 1, y el p-valor del test Chi-Cuadrado es < 0.05 , tomando alfa = 0.05, por lo que se rechaza que haya igualdad de aciertos entre los que tienen miopía y los que no, siendo que la tasa de acierto es como mínimo un 3% superior en el caso de los que tienen miopía y como máximo un 997%. La ODDS-Ratio toma un valor de 3.20, es decir, aciertan 3 veces más los que tienen miopía que los que no.

Para el resto de los dientes, no hay diferencia significativa entre tener Miopía y no tenerlas.

	ODDS Ratio	ODDS. Intervalo Inferior	ODDS. Intervalo Superior	p-valor Test Chi-Cuadrado	Significac
Lado derecho	0.7712698	0.4820493	1.234017	0.2783	$p>0'05$
Lado izquierdo	1.170492	0.7296961	1.877564	0.5137	$p>0'05$

Tabla 36: Análisis de aciertos en tono con vita clásica.

Para el conjunto de piezas dentales, vemos que no hay diferencia significativa entre tener miopía y no tenerla tanto para el lado derecho como para el izquierdo.

En conclusión, no hay diferencia significativa en la tasa de acierto entre los individuos que tienen miopía y los que no tienen tanto para el lado derecho como para el izquierdo y tanto para el conjunto de piezas dentales como por separado, a excepción de la pieza dental Incisivo Central Superior con el lado izquierdo, la cual sí que presentó una diferencia significativa en la tasa de acierto, siendo 3.2 veces mayor en los que tienen miopía que en los que no tienen.

VITA 3D

	Lado	ODDS Ratio	ODDS. Intervalo Inferior	ODDS. Intervalo Superior	p-valor Test Chi-Cuadrado	Significac
Incisivo Central Superior	Derecho	0.8057851	0.2856559	2.272978	0.683	p>0'05
	Izquierdo	2.290909	0.6926896	7.576647	0.1691	p>0'05
Incisivo Lateral Superior	Derecho	0.9955556	0.3496364	2.834748	0.9933	p>0'05
	Izquierdo	1	0.3507629	2.850929	1	p>0'05
Canino superior	Derecho	0.8717949	0.3241545	2.344642	0.7857	p>0'05
	Izquierdo	0.6066667	0.2184112	1.685099	0.3361	p>0'05
Primer premolar superior	Derecho	0.5357143	0.1960325	1.463991	0.2216	p>0'05
	Izquierdo	1.333333	0.4676839	3.801238	0.59	p>0'05
Segundo premolar superior	Derecho	0.6493056	0.2354871	1.790322	0.403	p>0'05
	Izquierdo	1.777778	0.6512781	4.852756	0.2597	p>0'05

Tabla 37: Análisis de aciertos en tono con vita 3D para cada diente.

Para todos los dientes, el intervalo de la ODDS-Ratio contiene al 1, y el p-valor del test Chi-Cuadrado es > 0.05 , tomando alfa = 0.05, por lo que no se puede rechazar que haya igualdad de aciertos entre los que tienen miopía y los que no. Es decir, no hay diferencia significativa entre tener miopía y no tenerlas.

	ODDS Ratio	ODDS. Intervalo Inferior	ODDS. Intervalo Superior	p-valor Test Chi-Cuadrado	Significac
Lado derecho	0.7479076	0.4768204	1.173116	0.2055	p>0'05
Lado izquierdo	1.217949	0.7656077	1.937545	0.405	p>0'05

Tabla 38: Análisis de aciertos en tono con vita 3D.

Para el conjunto de piezas no hay diferencia significativa entre tener miopía y no tenerlas tanto para el lado derecho como para el izquierdo.

Como conclusión, hay que decir que no hay diferencia significativa en la tasa de acierto en el tono entre los individuos que tienen miopía y los que no tanto para el lado derecho como para el izquierdo y tanto para el conjunto de piezas dentales como por separado.

5.2.3.2 ESTUDIO DE LA INTENSIDAD

Se procede a realizar lo mismo que lo hecho anteriormente para el tono, comparando en este caso el error cometido en la diferenciación de la intensidad entre los individuos que tienen miopía y los que no.

VITA Clásica

	Lado	ODDS Ratio	ODDS. Intervalo Inferior	ODDS. Intervalo Superior	p-valor Test Chi-Cuadrado	Significac
Incisivo Central Superior	Derecho	1.329545	0.4520716	3.910201	0.6044	p>0'05
	Izquierdo	1.193182	0.4016868	3.544261	0.7504	p>0'05
Incisivo Lateral Superior	Derecho	2.555556	0.9065718	7.203913	0.0729	p>0'05
	Izquierdo	2.333333	0.8090266	6.729624	0.1138	p>0'05
Canino superior	Derecho	1.846154	0.6776923	5.02925	0.2285	p>0'05
	Izquierdo	2.337662	0.843209	6.480796	0.09983	p>0'05
Primer premolar superior	Derecho	1.416667	0.5283166	3.798754	0.4883	p>0'05
	Izquierdo	0.7555556	0.2758019	2.069834	0.5853	p>0'05
Segundo premolar superior	Derecho	1.615385	0.586292	4.450798	0.3525	p>0'05
	Izquierdo	0.7105263	0.2505693	2.014802	0.5198	p>0'05

Tabla 39: Análisis de aciertos en intensidad con vita clásica para cada diente.

No hay diferencia significativa entre tener miopía y no tenerla para ninguno de los dientes.

	ODDS Ratio	ODDS. Intervalo Inferior	ODDS. Intervalo Superior	p-valor Test Chi-Cuadrado	Significac
Lado derecho	1.692857	1.078808	2.656418	0.02161	p<0'05
Lado izquierdo	1.244073	0.7901483	1.958769	0.3454	p>0'05

Tabla 40: Análisis de aciertos en intensidad con vita clásica.

Para el lado derecho, el intervalo de la ODDS-Ratio no contiene al 1, y el p-valor del test Chi-Cuadrado es < 0.05 , tomando alfa = 0.05, por lo que se rechaza que haya igualdad de aciertos entre los que tienen miopía y los que no, siendo que la tasa de acierto es como mínimo un 7% superior en el caso de los que tienen miopía y como máximo un 265%. La ODDS-Ratio toma un valor de 1.69, es decir, aciertan 1.69 veces más los que tienen miopía que los que no.

En el caso de lado izquierdo, no hay diferencia significativa entre tener miopía y no tenerlas para el conjunto de piezas dentales.

Vemos que no hay diferencia significativa en la tasa de acierto entre los individuos que tienen miopía y los que no para el conjunto de piezas dentales como por separado ni para el conjunto de piezas dentales del lado izquierdo. Sin embargo, para el conjunto de piezas dentales del lado derecho sí que se ha encontrado una diferencia significativa en la tasa de error cometida entre los individuos que tienen miopía y los que no. Acertando 1.69 veces más los individuos con miopía. La razón de que por separado no salga ninguna pieza cuyo error cometido en la diferenciación de la intensidad sea significativamente distinto entre los individuos miopes y los que no lo son, puede ser debida a la escasa muestra que conforman estos grupos, ya que puede verse que varios de los p-valores de las piezas dentales del lado derecho se encuentran cercanos a 0.05, excediendo este valor por una diferencia no muy elevada.

De este modo, se concluye que los individuos con miopía aciertan, en promedio, 1.69 veces más que los que no son miopes, en las piezas dentales del lado derecho de la boca.

VITA 3D

	Lado	ODDS Ratio	ODDS. Intervalo Inferior	ODDS. Intervalo Superior	p-valor Test Chi-Cuadrado	Significac
Incisivo Central Superior	Derecho	1.057692	0.3715691	3.01078	0.9163	p>0'05
	Izquierdo	1.360947	0.4674149	3.962595	0.5715	p>0'05
Incisivo Lateral Superior	Derecho	1.125	0.3922481	3.226593	0.8265	p>0'05
	Izquierdo	1.122449	0.3918473	3.215262	0.8296	p>0'05
Canino superior	Derecho	1.083333	0.3780886	3.104064	0.8815	p>0'05
	Izquierdo	0.7982456	0.2646503	2.407691	0.6889	p>0'05
Primer premolar superior	Derecho	0.625	0.1838362	2.124853	0.4494	p>0'05
	Izquierdo	1.2	0.4341749	3.316636	0.7251	p>0'05
Segundo premolar superior	Derecho	1.18125	0.3674985	3.796891	0.7797	p>0'05
	Izquierdo	1.35	0.4326828	4.212092	0.6046	p>0'05

Tabla 41: Análisis de aciertos en intensidad con vita 3D para cada diente.

No hay diferencia significativa entre tener miopía y no tenerla para ningún diente.

	ODDS Ratio	ODDS. Intervalo Inferior	ODDS. Intervalo Superior	p-valor Test Chi-Cuadrado	Significac
Lado derecho	0.9903288	0.6087806	1.611009	0.9688	p>0'05
Lado izquierdo	1.131957	0.704846	1.817882	0.608	p>0'05

Tabla 42: Análisis de aciertos en intensidad con vita 3D.

Para ambos lados, no hay diferencia significativa entre tener miopía y no tenerla.

En conclusión, no hay diferencia significativa en la tasa de acierto en la intensidad entre los individuos que tienen miopía y los que no tanto para el lado derecho como para el izquierdo y tanto para el conjunto de piezas dentales como por separado.

5.2.3.3 ESTUDIO DE LA CLARIDAD

Vamos a realizar ahora una comparativa del error cometido en la diferenciación de la claridad entre los individuos que tienen miopía y los que no. Solo se realizará para Vita 3D ya que es el único método que recoge estos datos de la claridad.

VITA 3D

	Lado	ODDS Ratio	ODDS. Intervalo Inferior	ODDS. Intervalo Superior	p-valor Test Chi-Cuadrado	Significac
Incisivo Central Superior	Derecho	1.44385	0.5195491	4.012525	0.4805	p>0'05
	Izquierdo	1.555556	0.537803	4.49933	0.4137	p>0'05
Incisivo Lateral Superior	Derecho	1.328125	0.4604171	3.831126	0.5992	p>0'05
	Izquierdo	0.8333333	0.2834282	2.45016	0.7403	p>0'05
Canino superior	Derecho	1.108696	0.4011998	3.063825	0.8423	p>0'05
	Izquierdo	0.8484848	0.3107086	2.317047	0.7485	p>0'05
Primer premolar superior	Derecho	2.123529	0.7755882	5.814138	0.1402	p>0'05
	Izquierdo	2.514706	0.8719966	7.25203	0.08458	p>0'05
Segundo premolar superior	Derecho	0.6	0.2180684	1.650858	0.3212	p>0'05
	Izquierdo	0.65	0.2391498	1.766675	0.3975	p>0'05

Tabla 43: Análisis de aciertos en claridad con vita 3D para cada diente.

Para cada diente, no se puede rechazar que haya igualdad de aciertos entre los que tienen miopía y los que no. Es decir, no hay diferencia significativa entre tener miopía y no tenerla.

	ODDS Ratio	ODDS. Intervalo Inferior	ODDS. Intervalo Superior	p-valor Test Chi-Cuadrado	Significac
Lado derecho	1.202787	0.7656241	1.889565	0.4228	$p>0'05$
Lado izquierdo	1.106856	0.6996838	1.750977	0.6644	$p>0'05$

Tabla 44: Análisis de aciertos en claridad con vita 3D.

No hay diferencia significativa entre tener miopía y no tenerla tanto para el lado derecho como para el izquierdo.

Se concluye entonces que no hay diferencia significativa en la tasa de acierto en la claridad entre los individuos que tienen miopía y los que no tanto para el lado derecho como para el izquierdo y tanto para el conjunto de piezas dentales como por separado.

5.2.4 RELACIÓN ENTRE EL ASTIGMATISMO Y LA VISIÓN DEL COLOR

5.2.4.1 ESTUDIO DEL TONO

En este caso se ha tenido que cambiar el procedimiento utilizado anteriormente debido a la escasez de individuos que tienen astigmatismo. Es por esto por lo que en vez de utilizar el test Chi-Cuadrado para la obtención del p-valor que indique la significancia del error cometido en la diferenciación tanto del tono como de la intensidad como de la claridad, se va a utilizar el Test Exacto de Fisher, el cuál es empleado en la práctica cuando los tamaños de muestra son pequeños, como es el caso.

Así mismo, los valores de la ODDS-Ratio y sus intervalos se obtendrán también mediante el Test Exacto de Fisher.

VITA Clásica

	Lado	ODDS Ratio	ODDS. Intervalo Inferior	ODDS. Intervalo Superior	p-valor Test Exacto de Fisher	Significac
Incisivo Central Superior	Derecho	0.2627674	0.02584328	1.3775237	0.1144	$p > 0.05$
	Izquierdo	0.707112	0.1399595	2.9417134	0.7529	$p > 0.05$
Incisivo Lateral Superior	Derecho	0.4587909	0.094416	1.792810	0.2523	$p > 0.05$
	Izquierdo	0.6884748	0.1575965	2.6678093	0.7618	$p > 0.05$
Canino superior	Derecho	0.9692182	0.2496773	3.4592495	1	$p > 0.05$
	Izquierdo	0.1841786	0.01842586	0.9367676	0.03514	$p < 0.05$
Primer premolar superior	Derecho	1.032987	0.2988637	3.4615007	1	$p > 0.05$
	Izquierdo	0.6928973	0.1391259	2.8201902	0.7553	$p > 0.05$
Segundo premolar superior	Derecho	0.6267633	0.1454866	2.3730641	0.5565	$p > 0.05$
	Izquierdo	1.875221	0.5185948	7.0716301	0.3834	$p > 0.05$

Tabla 45: Análisis de aciertos en tono con vita clásica para cada diente.

En el canino superior izquierdo, el intervalo de la ODDS-Ratio no contiene al 1, y el p-valor del Test Exacto de Fisher es < 0.05 , tomando alfa = 0.05, por lo que se rechaza que haya igualdad de aciertos entre los que tienen astigmatismo y los que no, siendo que la

tasa de acierto es como mínimo 55 veces mayor (1/0.018) en los que no tienen astigmatismo que en los que sí y como máximo 1.07 veces mayor (1/0.93). La ODDS-Ratio toma un valor de 0.1841, es decir, aciertan 5.55 veces más los que no tienen astigmatismo que los que sí.

En el resto de los dientes, el intervalo de la ODDS-Ratio contiene al 1, y el p-valor del Test Exacto de Fisher es > 0.05 , tomando $\alpha = 0.05$, por lo que no se puede rechazar que haya igualdad de aciertos entre los que tienen astigmatismo y los que no. Es decir, no hay diferencia significativa entre tener astigmatismo y no tenerlo.

Para finalizar, se procede a realizar un análisis con el conjunto de piezas dentales, para cada lado:

	ODDS Ratio	ODDS. Intervalo Inferior	ODDS. Intervalo Superior	p-valor Test Exacto de Fisher	Significac
Lado derecho	0.6469513	0.3615223	1.1339910	0.1165	$p > 0.05$
Lado izquierdo	0.6872307	0.378989	1.219759	0.2248	$p > 0.05$

Tabla 46: Análisis de aciertos en tono con vita clásica.

En ambos lados, el intervalo de la ODDS-Ratio contiene al 1, y el p-valor del test Exacto de Fisher es > 0.05 , tomando $\alpha = 0.05$, por lo que no se puede rechazar que haya igualdad de aciertos entre los que tienen astigmatismo y los que no. Es decir, no hay diferencia significativa entre tener astigmatismo y no tener para el conjunto de piezas dentales y el lado derecho e izquierdo.

En conclusión, no hay diferencia significativa en la tasa de acierto entre los individuos que tienen astigmatismo y los que no, tanto para el lado derecho como para el izquierdo y tanto para el conjunto de piezas dentales como por separado, a excepción del canino superior izquierdo, la cual sí que presentó una diferencia significativa en la tasa de acierto, siendo 5.55 veces mayor en los que no tienen astigmatismo que los que sí tienen.

VITA 3D

	Lado	ODDS Ratio	ODDS. Intervalo Inferior	ODDS. Intervalo Superior	p-valor Test Exacto de Fisher	Significac
Incisivo Central Superior	Derecho	1.26433	0.3490022	4.9695923	0.7754	p>0'05
	Izquierdo	1.414203	0.3399379	7.1449258	0.7529	p>0'05
Incisivo Lateral Superior	Derecho	1.038278	0.2871735	4.0640229	1	p>0'05
	Izquierdo	2.372503	0.5869768	11.7895195	0.2322	p>0'05
Canino superior	Derecho	1.09839	0.323212	3.830589	1	p>0'05
	Izquierdo	0.6421447	0.1800854	2.3052203	0.5633	p>0'05
Primer premolar superior	Derecho	0.4856771	0.1409836	1.6353178	0.2657	p>0'05
	Izquierdo	0.5420223	0.1553839	1.8821763	0.3927	p>0'05
Segundo premolar superior	Derecho	1.398463	0.3964085	5.0274046	0.5809	p>0'05
	Izquierdo	0.5333793	0.1354837	1.9362141	0.387	p>0'05

Tabla 47: Análisis de aciertos en tono con vita 3D para cada diente.

En todos los dientes, el intervalo de la ODDS-Ratio contiene al 1, y el p-valor del test Exacto de Fisher es > 0.05 , tomando alfa = 0.05, por lo que no se puede rechazar que haya igualdad de aciertos entre los que tienen astigmatismo y los que no. Es decir, no hay diferencia significativa entre tener astigmatismo y no tenerlo.

	ODDS Ratio	ODDS. Intervalo Inferior	ODDS. Intervalo Superior	p-valor Test Exacto de Fisher	Significac
Lado derecho	0.9843761	0.5823202	1.6717512	1	$p>0'05$
Lado izquierdo	0.8727595	0.5071528	1.5097442	0.602	$p>0'05$

Tabla 48: Análisis de aciertos en tono con vita 3D.

En ambos lados, el intervalo de la ODDS-Ratio contiene al 1, y el p-valor del test Exacto de Fisher es > 0.05 , tomando alfa = 0.05, por lo que no se puede rechazar que haya igualdad de aciertos entre los que tienen astigmatismo y los que no. Es decir, no hay diferencia significativa entre tener astigmatismo y no tener para el conjunto de piezas dentales y el lado derecho e izquierdo.

En conclusión, no hay diferencia significativa en la tasa de acierto entre los individuos que tienen astigmatismo y los que no, tanto para el lado derecho como para el izquierdo y tanto para el conjunto de piezas dentales como por separado.

5.2.4.2 ESTUDIO DE LA INTENSIDAD

VITA Clásica

	Lado	ODDS Ratio	ODDS. Intervalo Inferior	ODDS. Intervalo Superior	p-valor Test Exacto de Fisher	Significac
Incisivo Central Superior	Derecho	0.6712215	0.1829605	2.5436813	0.5545	p>0'05
	Izquierdo	0.4150042	0.1039651	1.6019186	0.2156	p>0'05
Incisivo Lateral Superior	Derecho	1.170972	0.3347125	4.1640176	1	p>0'05
	Izquierdo	1.191262	0.3159736	4.5902137	1	p>0'05
Canino superior	Derecho	0.7907572	0.2185257	2.7067380	0.7826	p>0'05
	Izquierdo	1.508714	0.4304365	5.3941190	0.5726	p>0'05
Primer premolar superior	Derecho	0.6962831	0.2058857	2.3169667	0.5886	p>0'05
	Izquierdo	0.9437813	0.2770791	3.1797751	1	p>0'05
Segundo premolar superior	Derecho	0.8028749	0.2171053	2.8337416	0.7796	p>0'05
	Izquierdo	1.496814	0.3946884	5.5291616	0.5541	p>0'05

Tabla 49: Análisis de aciertos en intensidad con vita clásica para cada diente.

En todos los dientes, el intervalo de la ODDS-Ratio contiene al 1, y el p-valor del test Exacto de Fisher es > 0.05 , tomando alfa = 0.05, por lo que no hay diferencia significativa entre tener astigmatismo y no tenerlo.

	ODDS Ratio	ODDS. Intervalo Inferior	ODDS. Intervalo Superior	p-valor Test Exacto de Fisher	Significac
Lado derecho	0.8154794	0.4830757	1.3736748	0.4525	$p > 0.05$
Lado izquierdo	1.022213	0.5968959	1.7491211	1	$p > 0.05$

Tabla 50: Análisis de aciertos en intensidad con vita clásica.

No hay diferencia significativa entre tener astigmatismo y no tener para el conjunto de piezas dentales y el lado derecho e izquierdo.

En conclusión, no hay diferencia significativa en la tasa de acierto entre los individuos que tienen astigmatismo y los que no, tanto para el lado derecho como para el izquierdo y tanto para el conjunto de piezas dentales como por separado.

VITA 3D

	Lado	ODDS Ratio	ODDS. Intervalo Inferior	ODDS. Intervalo Superior	p-valor Test Exacto de Fisher	Significac
Incisivo Central Superior	Derecho	0.8683355	0.220302	3.161377	1	p>0.05
	Izquierdo	1.519893	0.3893505	5.8625466	0.5474	p>0.05
Incisivo Lateral Superior	Derecho	1.055902	0.2686596	3.8424504	1	p>0.05
	Izquierdo	1.432209	0.3691449	5.4805850	0.5587	p>0.05
Canino superior	Derecho	1.490404	0.4016672	5.3117407	0.5581	p>0.05
	Izquierdo	0.982418	0.227200	3.753535	1	p>0.05
Primer premolar superior	Derecho	0.6010504	0.0947506	2.7260374	0.741	p>0.05
	Izquierdo	0.7404558	0.2041284	2.5284179	0.7808	p>0.05
Segundo premolar superior	Derecho	0.9518098	0.1871071	4.0151968	1	p>0.05
	Izquierdo	0.6081031	0.09568405	2.7603149	0.7405	p>0.05

Tabla 51: Análisis de aciertos en intensidad con vita 3D para cada diente.

No hay diferencia significativa entre tener astigmatismo y no tenerlo.

	ODDS Ratio	ODDS. Intervalo Inferior	ODDS. Intervalo Superior	p-valor Test Exacto de Fisher	Significac
Lado derecho	0.9725	0.5428274	1.7126453	1	p>0'05
Lado izquierdo	1.0181	0.5757113	1.7788867	0.602	p>0'05

Tabla 52: Análisis de aciertos en intensidad con vita 3D.

En ambos lados, el intervalo de la ODDS-Ratio contiene al 1, y el p-valor del test Exacto de Fisher es > 0.05 , tomando alfa = 0.05, por lo que no se puede rechazar que haya igualdad de aciertos entre los que tienen astigmatismo y los que no. Es decir, no hay diferencia significativa entre tener astigmatismo y no tener para el conjunto de piezas dentales y el lado derecho e izquierdo.

En conclusión, no hay diferencia significativa en la tasa de acierto entre los individuos que tienen astigmatismo y los que no, tanto para el lado derecho como para el izquierdo y tanto para el conjunto de piezas dentales como por separado.

5.2.4.3 ESTUDIO DE LA CLARIDAD

VITA 3D

	Lado	ODDS Ratio	ODDS. Intervalo Inferior	ODDS. Intervalo Superior	p-valor Test Exacto de Fisher	Significac
Incisivo Central Superior	Derecho	1.420244	0.4015071	5.2727431	0.5795	p>0'05
	Izquierdo	1.976917	0.5118166	8.6432416	0.3705	p>0'05
Incisivo Lateral Superior	Derecho	0.740944	0.206558	2.759461	0.7688	p>0'05
	Izquierdo	0.5221586	0.1336582	2.0548218	0.352	p>0'05
Canino superior	Derecho	0.7121977	0.2058043	2.5091670	0.5783	p>0'05
	Izquierdo	1.151278	0.3281439	4.2300861	1	p>0'05
Primer premolar superior	Derecho	0.6378828	0.1880169	2.1264193	0.4256	p>0'05
	Izquierdo	1.350519	0.3955042	4.8988782	0.7808	p>0'05
Segundo premolar superior	Derecho	0.5653008	0.1523271	1.9918778	0.397	p>0'05
	Izquierdo	0.8817918	0.2420315	3.2073147	1	p>0'05

Tabla 53: Análisis de aciertos en claridad con vita 3D para cada diente.

No hay diferencia significativa entre tener astigmatismo y no tenerlo.

	ODDS Ratio	ODDS. Intervalo Inferior	ODDS. Intervalo Superior	p-valor Test Exacto de Fisher	Significac
Lado derecho	0.7632801	0.4517617	1.2904418	0.3116	p>0'05
Lado izquierdo	1.080582	0.6287683	1.8700637	0.7956	p>0'05

Tabla 54: Análisis de aciertos en claridad con vita 3D.

No hay diferencia significativa entre tener astigmatismo y no tener para el conjunto de piezas dentales y el lado derecho e izquierdo.

Concluimos que no hay diferencia significativa en la tasa de acierto entre los individuos que tienen astigmatismo y los que no, tanto para el lado derecho como para el izquierdo y tanto para el conjunto de piezas dentales como por separado.

5.2.5 RELACIÓN ENTRE LA HIPERMETROPÍA Y LA VISIÓN DEL COLOR

5.2.5.1 ESTUDIO DEL TONO

En este caso solo contamos con 4 individuos hipermétropes, y al ser un número tan reducido no se puede aplicar ninguna prueba estadística para realizar contrastes, ya que carecerían de significancia. Por este motivo para el estudio de la hipermetropía se ha decidido realizar un análisis descriptivo del mismo para tono, intensidad y claridad, para cada tipo de pieza dental y cada lado de la boca. De este modo se realiza un conteo del número de aciertos y fallos para los individuos que tienen hipermetropía y los que no tienen.

VITA Clásica

LADO DERECHO			LADO IZQUIERDO		
Incisivo central superior	Aciertos	Fallos	Incisivo central superior	Aciertos	Fallos
Hipermetropía SI	2	0	Hipermetropía SI	2	1
Hipermetropía No	17	42	Hipermetropía No	17	39
Incisivo lateral superior	Aciertos	Fallos	Incisivo lateral superior	Aciertos	Fallos
Hipermetropía SI	1	2	Hipermetropía SI	1	2
Hipermetropía No	22	39	Hipermetropía No	23	34
Canino superior	Aciertos	Fallos	Canino superior	Aciertos	Fallos
Hipermetropía SI	1	2	Hipermetropía SI	2	1
Hipermetropía No	21	41	Hipermetropía No	20	41
Primer premolar superior	Aciertos	Fallos	Primer premolar superior	Aciertos	Fallos
Hipermetropía SI	2	2	Hipermetropía SI	0	4
Hipermetropía No	25	36	Hipermetropía No	16	42
Segundo premolar superior	Aciertos	Fallos	Segundo premolar superior	Aciertos	Fallos
Hipermetropía SI	1	3	Hipermetropía SI	2	2
Hipermetropía No	23	34	Hipermetropía No	26	33

Tabla 55: Análisis de aciertos en tono con vita clásica para cada diente.

Para finalizar, se procede a realizar un análisis descriptivo con el conjunto de piezas dentales, para cada lado:

Lado derecho	Aciertos	Fallos	Lado izquierdo	Aciertos	Fallos
Hipermetropía SI	5	11	Hipermetropía SI	7	10
Hipermetropía No	108	192	Daltonismo No	102	189

Tabla 56: Análisis de aciertos en tono con vita clásica.

No parece haber diferencia en la tasa de aciertos del tono entre los individuos con hipermetropía y los que no la tienen para Vita Clásica, siendo en líneas generales mayor el número de fallos que el de aciertos en ambos casos.

VITA 3D

LADO DERECHO			LADO IZQUIERDO		
Incisivo central superior	Aciertos	Fallos	Incisivo central superior	Aciertos	Fallos
Hipermetropía SI	0	2	Hipermetropía SI	0	3
Hipermetropía No	37	22	Hipermetropía No	40	16
Incisivo lateral superior	Aciertos	Fallos	Incisivo lateral superior	Aciertos	Fallos
Hipermetropía SI	2	1	Hipermetropía SI	2	1
Hipermetropía No	39	22	Hipermetropía No	33	24
Canino superior	Aciertos	Fallos	Canino superior	Aciertos	Fallos
Hipermetropía SI	1	2	Hipermetropía SI	3	0
Hipermetropía No	34	28	Hipermetropía No	36	25
Primer premolar superior	Aciertos	Fallos	Primer premolar superior	Aciertos	Fallos
Hipermetropía SI	2	2	Hipermetropía SI	3	1
Hipermetropía No	37	24	Hipermetropía No	36	22
Segundo premolar superior	Aciertos	Fallos	Segundo premolar superior	Aciertos	Fallos
Hipermetropía SI	1	3	Hipermetropía SI	3	1
Hipermetropía No	28	30	Hipermetropía No	28	31

Tabla 57: Análisis de aciertos en tono con vita 3D para cada diente.

Ahora veremos el análisis del conjunto de piezas del lado derecho y del izquierdo:

Lado derecho	Aciertos	Fallos	Lado izquierdo	Aciertos	Fallos
Hipermetropía SI	6	10	Hipermetropía SI	11	6
Hipermetropía No	175	126	Hipermetropía No	173	118

Tabla 58: Análisis de aciertos en tono con vita 3D.

Parece ser que los individuos que no sufren hipermetropía diferencian mejor el tono que los que sí lo sufren con la guía Vita 3D, sin embargo, no es posible asegurarlo debido a que solo se dispone de 5 individuos con hipermetropía.

5.2.5.2 ESTUDIO DE LA INTENSIDAD

VITA Clásica

LADO DERECHO			LADO IZQUIERDO		
Incisivo central superior	Aciertos	Fallos	Incisivo central superior	Aciertos	Fallos
Hipermetropía SI	0	2	Hipermetropía SI	1	2
Hipermetropía No	40	19	Hipermetropía No	36	20
Incisivo lateral superior	Aciertos	Fallos	Incisivo lateral superior	Aciertos	Fallos
Hipermetropía SI	1	2	Hipermetropía SI	1	2
Hipermetropía No	31	30	Hipermetropía No	29	28
Canino superior	Aciertos	Fallos	Canino superior	Aciertos	Fallos
Hipermetropía SI	1	2	Hipermetropía SI	1	2
Hipermetropía No	27	35	Hipermetropía No	28	33
Primer premolar superior	Aciertos	Fallos	Primer premolar superior	Aciertos	Fallos
Hipermetropía SI	3	1	Hipermetropía SI	2	2
Hipermetropía No	32	29	Hipermetropía No	28	30
Segundo premolar superior	Aciertos	Fallos	Segundo premolar superior	Aciertos	Fallos
Hipermetropía SI	2	2	Hipermetropía SI	0	4
Hipermetropía No	26	32	Hipermetropía No	23	36

Tabla 59: Análisis de aciertos en intensidad con vita clásica para cada diente.

Para finalizar, se procede a realizar un análisis descriptivo con el conjunto de piezas dentales, para cada lado:

Lado derecho	Aciertos	Fallos	Lado izquierdo	Aciertos	Fallos
Hipermetropía SI	7	9	Hipermetropía SI	5	12
Hipermetropía No	156	145	Hipermetropía No	144	147

Tabla 60: Análisis de aciertos en intensidad con vita clásica.

En este caso parece encontrarse igualdad de aciertos entre los individuos que sufren hipermetropía y los que no con la Vita Clásica, aunque no es posible asegurarlo.

VITA 3D

LADO DERECHO			LADO IZQUIERDO		
Incisivo central superior	Aciertos	Fallos	Incisivo central superior	Aciertos	Fallos
Hipermetropía SI	0	2	Hipermetropía SI	0	3
Hipermetropía No	23	36	Hipermetropía No	23	33
Incisivo lateral superior	Aciertos	Fallos	Incisivo lateral superior	Aciertos	Fallos
Hipermetropía SI	0	3	Hipermetropía SI	0	3
Hipermetropía No	22	39	Hipermetropía No	24	33
Canino superior	Aciertos	Fallos	Canino superior	Aciertos	Fallos
Hipermetropía SI	1	2	Hipermetropía SI	1	2
Hipermetropía No	20	42	Hipermetropía No	18	43
Primer premolar superior	Aciertos	Fallos	Primer premolar superior	Aciertos	Fallos
Hipermetropía SI	0	4	Hipermetropía SI	2	2
Hipermetropía No	14	47	Hipermetropía No	24	34
Segundo premolar superior	Aciertos	Fallos	Segundo premolar superior	Aciertos	Fallos
Hipermetropía SI	1	3	Hipermetropía SI	1	3
Hipermetropía No	14	44	Hipermetropía No	15	44

Tabla 61: Análisis de aciertos en intensidad con vita 3D para cada diente.

Analizaremos ahora el conjunto de piezas derechas e izquierdas:

Lado derecho	Aciertos	Fallos	Lado izquierdo	Aciertos	Fallos
Hipermetropía SI	2	14	Hipermetropía SI	4	13
Hipermetropía No	93	208	Hipermetropía No	104	187

Tabla 62: Análisis de aciertos en intensidad con vista 3D.

Parece ser que se falla más en la diferenciación de la intensidad tanto para el lado izquierdo de la boca, como para el lado derecho, tanto para los que sufren hipermetropía como para los que no. Aunque, como ya se ha dicho, no es posible confirmarlo por el escaso número de individuos hipermétropes en el estudio.

5.2.5.3 ESTUDIO DE LA CLARIDAD

VITA 3D

LADO DERECHO			LADO IZQUIERDO		
Incisivo central superior	Aciertos	Fallos	Incisivo central superior	Aciertos	Fallos
Hipermetropía SI	1	1	Hipermetropía SI	2	1
Hipermetropía No	31	28	Hipermetropía No	30	26
Incisivo lateral superior	Aciertos	Fallos	Incisivo lateral superior	Aciertos	Fallos
Hipermetropía SI	1	2	Hipermetropía SI	1	2
Hipermetropía No	40	21	Hipermetropía No	38	19
Canino superior	Aciertos	Fallos	Canino superior	Aciertos	Fallos
Hipermetropía SI	1	2	Hipermetropía SI	1	2
Hipermetropía No	39	23	Hipermetropía No	35	26
Primer premolar superior	Aciertos	Fallos	Primer premolar superior	Aciertos	Fallos
Hipermetropía SI	1	3	Hipermetropía SI	1	3
Hipermetropía No	35	26	Hipermetropía No	35	23
Segundo premolar superior	Aciertos	Fallos	Segundo premolar superior	Aciertos	Fallos
Hipermetropía SI	2	2	Hipermetropía SI	1	3
Hipermetropía No	30	28	Hipermetropía No	32	27

Tabla 63: Análisis de aciertos en claridad con vita 3D para cada diente.

Realizamos el análisis descriptivo con el conjunto de piezas dentales, para cada lado:

Lado derecho	Aciertos	Fallos	Lado izquierdo	Aciertos	Fallos
Hipermetropía SI	6	10	Hipermetropía SI	6	11
Hipermetropía No	175	126	Hipermetropía No	170	121

Tabla 64: Análisis de aciertos en claridad con vita 3D.

Parece ser que fallan más los individuos que sufren hipermetropía que los que no, aunque no es posible afirmarlo con seguridad.

5.2.6 RELACIÓN ENTRE EL DALTONISMO Y LA VISIÓN DEL COLOR

En nuestro estudio solo contamos con 2 individuos daltónicos, y al ser un número tan reducido no se puede aplicar ningún test estadístico para realizar contrastes, ya que carecerían de significancia, al igual que sucede con la hipermetropía. Por este motivo para el estudio del daltonismo se ha decidido realizar un análisis descriptivo del mismo para tono, intensidad y claridad, para cada tipo de pieza dental y cada lado de la boca. De este modo se realiza un conteo del número de aciertos y fallos para los individuos que sí son daltónicos y para los que no lo son.

5.2.6.1 ESTUDIO DEL TONO

VITA Clásica

LADO DERECHO			LADO IZQUIERDO		
Incisivo central superior	Aciertos	Fallos	Incisivo central superior	Aciertos	Fallos
Daltonismo SI	2	0	Daltonismo SI	2	0
Daltonismo No	15	44	Daltonismo No	17	40
Incisivo lateral superior	Aciertos	Fallos	Incisivo lateral superior	Aciertos	Fallos
Daltonismo SI	2	0	Daltonismo SI	1	1
Daltonismo No	21	41	Daltonismo No	23	35
Canino superior	Aciertos	Fallos	Canino superior	Aciertos	Fallos
Daltonismo SI	1	1	Daltonismo SI	2	0
Daltonismo No	21	42	Daltonismo No	20	42
Primer premolar superior	Aciertos	Fallos	Primer premolar superior	Aciertos	Fallos
Daltonismo SI	1	1	Daltonismo SI	1	1
Daltonismo No	26	37	Daltonismo No	15	45
Segundo premolar superior	Aciertos	Fallos	Segundo premolar superior	Aciertos	Fallos
Daltonismo SI	1	1	Daltonismo SI	2	0
Daltonismo No	23	36	Daltonismo No	26	35

Tabla 65: Análisis de aciertos en tono con vita clásica para cada diente.

Se procede a realizar un análisis descriptivo con el conjunto de piezas dentales, para cada lado:

Lado derecho	Aciertos	Fallos	Lado izquierdo	Aciertos	Fallos
Daltonismo SI	7	3	Daltonismo SI	8	2
Daltonismo No	106	200	Daltonismo No	101	197

Tabla 66: Análisis de aciertos en tono con vita clásica.

Parece ser que los individuos que sufren daltonismo diferencian mejor el tono que los que no lo sufren con la guía Vita Clásica, sin embargo, no es posible asegurarlo debido a que solo se dispone de 2 individuos con daltonismo.

También se observa que los que no sufren daltonismo obtienen en todos los casos más fallos que aciertos en Vita Clásica.

VITA 3D

LADO DERECHO			LADO IZQUIERDO		
Incisivo central superior	Aciertos	Fallos	Incisivo central superior	Aciertos	Fallos
Daltonismo SI	2	0	Daltonismo SI	2	0
Daltonismo No	35	24	Daltonismo No	38	19
Incisivo lateral superior	Aciertos	Fallos	Incisivo lateral superior	Aciertos	Fallos
Daltonismo SI	2	0	Daltonismo SI	2	0
Daltonismo No	39	23	Daltonismo No	33	25
Canino superior	Aciertos	Fallos	Canino superior	Aciertos	Fallos
Daltonismo SI	1	1	Daltonismo SI	1	1
Daltonismo No	34	29	Daltonismo No	38	24
Primer premolar superior	Aciertos	Fallos	Primer premolar superior	Aciertos	Fallos
Daltonismo SI	1	1	Daltonismo SI	2	0
Daltonismo No	38	25	Daltonismo No	37	23
Segundo premolar superior	Aciertos	Fallos	Segundo premolar superior	Aciertos	Fallos
Daltonismo SI	1	1	Daltonismo SI	1	1
Daltonismo No	28	32	Daltonismo No	30	31

Tabla 67: Análisis de aciertos en tono con vita 3D para cada diente.

Para finalizar, se procede a realizar un análisis descriptivo con el conjunto de piezas dentales, para cada lado:

Lado derecho	Aciertos	Fallos	Lado izquierdo	Aciertos	Fallos
Daltonismo SI	7	3	Daltonismo SI	8	2
Daltonismo No	174	133	Daltonismo No	176	122

Tabla 68: Análisis de aciertos en tono con vita 3D.

Parece ser que los individuos que sufren daltonismo diferencian mejor el tono que los que no lo sufren en Vita 3D, sin embargo, no es posible asegurarlo debido a que solo se dispone de 2 individuos con daltonismo. También se observa que los que no sufren daltonismo obtienen, en líneas generales, más aciertos que fallos en Vita 3D, al contrario de lo que sucede en Vita Clásica.

5.2.6.2 ESTUDIO DE LA INTENSIDAD

VITA Clásica

LADO DERECHO			LADO IZQUIERDO		
Incisivo central superior	Aciertos	Fallos	Incisivo central superior	Aciertos	Fallos
Daltonismo SI	1	1	Daltonismo SI	1	1
Daltonismo No	39	20	Daltonismo No	36	21
Incisivo lateral superior	Aciertos	Fallos	Incisivo lateral superior	Aciertos	Fallos
Daltonismo SI	1	1	Daltonismo SI	0	2
Daltonismo No	31	31	Daltonismo No	30	28
Canino superior	Aciertos	Fallos	Canino superior	Aciertos	Fallos
Daltonismo SI	1	1	Daltonismo SI	1	1
Daltonismo No	27	36	Daltonismo No	28	34
Primer premolar superior	Aciertos	Fallos	Primer premolar superior	Aciertos	Fallos
Daltonismo SI	2	0	Daltonismo SI	2	0
Daltonismo No	33	30	Daltonismo No	28	32
Segundo premolar superior	Aciertos	Fallos	Segundo premolar superior	Aciertos	Fallos
Daltonismo SI	0	2	Daltonismo SI	0	2
Daltonismo No	28	32	Daltonismo No	23	38

Tabla 69: Análisis de aciertos en intensidad con vita clásica para cada diente.

Analizamos ahora el conjunto de piezas derechas e izquierdas:

Lado derecho	Aciertos	Fallos	Lado izquierdo	Aciertos	Fallos
Daltonismo SI	5	5	Daltonismo SI	4	6
Daltonismo No	158	149	Daltonismo No	145	153

Tabla 70: Análisis de aciertos en intensidad con vita clásica.

En este caso parece encontrarse igualdad de aciertos entre los individuos que sufren daltonismo y los que no con Vita Clásica, aunque al tener solo dos individuos daltónicos no es posible asegurarlo.

VITA 3D

LADO DERECHO			LADO IZQUIERDO		
Incisivo central superior	Aciertos	Fallos	Incisivo central superior	Aciertos	Fallos
Daltonismo SI	2	0	Daltonismo SI	1	1
Daltonismo No	21	38	Daltonismo No	22	35
Incisivo lateral superior	Aciertos	Fallos	Incisivo lateral superior	Aciertos	Fallos
Daltonismo SI	2	0	Daltonismo SI	0	2
Daltonismo No	20	42	Daltonismo No	24	34
Canino superior	Aciertos	Fallos	Canino superior	Aciertos	Fallos
Daltonismo SI	1	1	Daltonismo SI	0	2
Daltonismo No	20	43	Daltonismo No	19	43
Primer premolar superior	Aciertos	Fallos	Primer premolar superior	Aciertos	Fallos
Daltonismo SI	1	1	Daltonismo SI	0	2
Daltonismo No	13	50	Daltonismo No	26	34
Segundo premolar superior	Aciertos	Fallos	Segundo premolar superior	Aciertos	Fallos
Daltonismo SI	0	2	Daltonismo SI	0	2
Daltonismo No	15	45	Daltonismo No	16	45

Tabla 71: Análisis de aciertos en intensidad con vita 3D para cada diente.

Realizamos el análisis descriptivo con el conjunto de piezas dentales, para cada lado:

Lado derecho	Aciertos	Fallos	Lado izquierdo	Aciertos	Fallos
Daltonismo SI	6	4	Daltonismo SI	1	9
Daltonismo No	89	218	Daltonismo No	107	191

Tabla 72: Análisis de aciertos en intensidad con vita 3D.

Parece ser que se falla más en la diferenciación de la intensidad para el lado izquierdo de la boca, al igual que para el lado derecho, aunque en este caso hay más igualdad de aciertos por parte de los daltónicos, cosa que en el lado izquierdo no ocurre para los daltónicos, ya que hay 9/10 fallos. Aunque, como ya se ha dicho, no es posible confirmarlo por el escaso número de individuos daltónicos en el estudio.

5.2.6.3 ESTUDIO DE LA CLARIDAD

VITA 3D

LADO DERECHO			LADO IZQUIERDO		
Incisivo central superior	Aciertos	Fallos	Incisivo central superior	Aciertos	Fallos
Daltonismo SI	1	1	Daltonismo SI	1	1
Daltonismo No	31	28	Daltonismo No	31	26
Incisivo lateral superior	Aciertos	Fallos	Incisivo lateral superior	Aciertos	Fallos
Daltonismo SI	1	1	Daltonismo SI	1	1
Daltonismo No	40	22	Daltonismo No	38	20
Canino superior	Aciertos	Fallos	Canino superior	Aciertos	Fallos
Daltonismo SI	2	0	Daltonismo SI	2	0
Daltonismo No	38	25	Daltonismo No	34	28
Primer premolar superior	Aciertos	Fallos	Primer premolar superior	Aciertos	Fallos
Daltonismo SI	2	0	Daltonismo SI	1	1
Daltonismo No	34	29	Daltonismo No	35	25
Segundo premolar superior	Aciertos	Fallos	Segundo premolar superior	Aciertos	Fallos
Daltonismo SI	1	1	Daltonismo SI	2	0
Daltonismo No	31	29	Daltonismo No	31	30

Tabla 73: Análisis de aciertos en claridad con vita 3D para cada diente.

Para finalizar, se procede a realizar un análisis descriptivo con el conjunto de piezas dentales, para cada lado:

Lado derecho	Aciertos	Fallos	Lado izquierdo	Aciertos	Fallos
Daltonismo SI	7	3	Daltonismo SI	7	3
Daltonismo No	174	133	Daltonismo No	169	129

Tabla 74: Análisis de aciertos en claridad con vita 3D.

Se aprecia igualdad en los aciertos al diferenciar la claridad en Vita 3D

6. DISCUSIÓN

La importancia de la estética en odontología surge por la creciente preocupación general por tener un aspecto físico que sea agradable a los demás en una primera impresión. La sonrisa, es uno de los detalles físicos que más llaman la atención, ya sea con carácter positivo o negativo. Esto viene corroborado por un estudio realizado por Kershaw y cols., en el que mostraron imágenes de diferentes sonrisas a un grupo de personas. Los resultados que obtuvieron mostraron que al ver sonrisas que no entraban dentro del canon de belleza actual se les asociaron malos adjetivos. (92)

Debido a esta importancia por tener una sonrisa estética, la buena o mala elección del color puede hacer que un tratamiento restaurador o conservador se considere un éxito o un fracaso. El mínimo defecto en el color de una restauración lleva a la no aceptación por parte del odontólogo del resultado final de su trabajo. (93)

Son muchos los factores que influyen a la hora de tomar el color dental, uno de los más importantes, es la luz. Gokce y cols. determinaban cómo influía la luz en la toma de color, concluyendo que la mejor manera de hacerlo era con luz natural, y a falta de éstas, deberíamos utilizar lámparas que proporcionaran una iluminación lo más parecida posible a la luz natural, entre 5500°K y 6500°K. (94)

Hay más factores que influyen en la toma del color, otro es el propio diente que vamos a estudiar. Según varios autores, la mejor zona para seleccionar el color de un diente es el tercio medio, ya que la zona cervical es más intensa y el tercio incisal más translúcido. (95, 96)

También influye en la toma de color las características del diente natural, haciendo difícil la selección de color características tales como la textura superficial o la translucidez. (97) Además, la toma del color dental debe realizarse con el diente húmedo, como así demuestran en su estudio Rusell y cols. Midieron el color de dientes anteriores y después

los resecaron durante un cuarto de hora. Después de eso volvieron a tomar el color, y vieron que todos los dientes se habían vuelto más claros y con menor saturación. (98)

Otro factor que podría influir en la toma de color es el sexo del sujeto que realiza esa medición. Varios autores vieron que las mujeres obtienen más aciertos a la hora de tomar el color, aunque es una diferencia poco significativa. (99, 100) Ethell y cols., llegaron a la conclusión en su estudio de que las mujeres aciertan más que los hombres al seleccionar el valor de los dientes. (101) Esto se corresponde con los resultados obtenidos en nuestro estudio, ya que las mujeres obtuvieron un 49'2% de aciertos frente al 43'9% de aciertos de los hombres.

Sin embargo, también hay varios autores que no encontraron diferencias significativas a la hora de tomar el color. (70, 102, 103)

En nuestro estudio, se comparan los aciertos obtenidos según los diferentes grupos de edades, sin embargo, tener mayor edad no significa tener mayor experiencia en la toma de color, ya que todos los participantes de este estudio fueron estudiantes de odontología. Con los resultados que hemos obtenido en nuestro estudio, no podemos afirmar si las personas con más edad toman el color mejor que las de menor edad, debido a que no contamos con un número suficiente de participantes que avalen los resultados. Sin embargo, según algunos artículos, tener experiencia es un factor importante a la hora de tomar el color de los dientes, obteniendo mejores resultados profesionales experimentados que profesionales noveles. (104, 105, 106)

Esto se contradice con lo estudiado por otros autores, que afirman que tener experiencia o no en la toma de color, no influye en obtener mejores resultados. (104) Por lo tanto, las

mediciones de nuestro estudio que han sido realizadas por alumnos de Odontología son extrapolables al resto de profesionales.

Según varios estudios, existen diferencias al tomar el color de forma subjetiva con respecto a tomar el color de forma objetiva. Estos autores recomiendan el uso de métodos objetivos ya que nos dan más facilidades a la hora de tomar el color y se cometen menos errores, siendo ésta una diferencia significativa. (15, 107, 108)

En un estudio realizado por Judeh y cols., se comparó la toma de color realizada de forma objetiva con la realizada de forma subjetiva. Los resultados que obtuvieron muestran que la toma de color con el espectrofotómetro fue cinco veces más preciso que el método visual. (107) En el estudio realizado por Horn y cols., también se llegaba a la conclusión de que el espectrofotómetro era un método de toma de color más fiable que hacerlo con guías de color. (109) Los mismos resultados los obtuvo Paul y cols. (110)

Se han comparado en diversos artículos, la fiabilidad de las mediciones del espectrofotómetro con las del ojo humano, obteniendo un 89'6% de aciertos para el espectrofotómetro y solo un 47'9% de aciertos para el ojo humano. Por ello, consideran más fiables las mediciones de color hechas con el espectrofotómetro que las realizadas con guías de color. (108, 111)

La toma del color mediante el uso de guías dentales se considera subjetiva debido a que intervienen en ella varios factores, como son la fatiga del ojo, las condiciones lumínicas, el nivel de experiencia o las alteraciones visuales que tiene el profesional. (112, 113) También se han descrito discrepancias de color entre varias guías confeccionadas por el mismo fabricante. (110, 114)

Además de eso, las guías de color no abarcan todos los tipos de dientes que nos podemos encontrar. Esto lo demuestra Guo y cols. en su estudio. Las guías VITA están hechas a

partir de ejemplos de dientes centroeuropeos, por lo que, al llevar esas guías a países orientales, se encontraban con dientes que no eran capaces de medir con estas guías. (115)

Atendiendo más a las características visuales del profesional que toma el color, en el estudio realizado por Alvarado Lorenzo, no se encontraron diferencias a la hora de percibir la claridad entre personas que utilizaban lentes y las que no, pero sí que encontraron diferencias en el caso de los miopes y los no miopes, y en el caso de los astigmático y no astigmáticos con VITA 3D para el canino superior derecho y el segundo premolar inferior derecho. (116)

En nuestro estudio, vimos que para el incisivo central superior izquierdo aciertan 3 veces más las personas que llevan lentes que los que no, para la guía VITA Clásica en la elección del tono. Sin embargo, para la guía VITA 3D, aciertan más las personas que no utilizan lentes que las que sí las usan, aunque la diferencia no es muy significativa. En cuanto a la claridad, propiedad más importante, no se detectaron diferencias en la percepción de sujetos con lentes o sin ellas.

Dentro de los individuos con visión normal del color, también hay diferencias a la hora de percibirlo, aunque esas diferencias sean tan mínimas que casi se consideren inexistentes. Cuando las diferencias de percepción se salen de la media, es cuando se denomina a un sujeto daltónico. Se puede afirmar, que hay gran diversidad de percepción del color, seamos daltónicos o no. (117)

Ethell en su estudio, afirma que no hay diferencia entre personas con deficiencias de visión del color y personas sin deficiencias a la hora de tomar el color. (101)

Davison y cols., estudiaron cómo tomaban el color profesionales de la odontología con deficiencias en la visión del color. Concluyeron que la claridad, el factor más importante, no se vio afectada por esta condición. (118)

En los resultados de nuestro estudio, vemos que tampoco se encontraron diferencias entre daltónicos y no daltónicos a la hora de percibir la claridad del diente, aunque no contamos con los datos suficientes como para confirmar dicha afirmación.

7. CONCLUSIONES

Según lo expuesto anteriormente, analizando todos los datos obtenidos en el estudio y tras la discusión realizada, podemos concluir:

1. Casi la mitad de las personas que participaron en el estudio llevaban lentes (un 45'2%), siendo el error de refracción más común la miopía y el menos común la hipermetropía.
2. Se encontró un mayor número de aciertos en la toma de color en las mujeres, siendo poca la diferencia entre el grupo de mujeres y el de hombres. También vimos que acertaron más el grupo de edad comprendido entre 45 y 50 años, pero debido al bajo número en la muestra de este grupo no podemos afirmar que a mayor edad se cometan menos fallos en la toma de color.
3. Los aciertos no llegan ni al 50% para tomas de color realizadas de manera subjetiva. Lo que significa que todos los profesionales deberíamos tomar el color de forma objetiva para evitar tanto porcentaje de error en la toma de color.
4. Las personas que utilizan lentes aciertan 3 veces más al elegir el tono y la intensidad con la guía VITA Clásica que los que no las utilizan.
5. Los miopes aciertan 3 veces más que los que no lo son en tono y en intensidad para VITA Clásica.
6. Los no astigmáticos aciertan 5'55 veces más que los que tienen astigmatismo en el tono con VITA Clásica para el canino superior izquierdo.
7. Se ha visto que los hipermétropes cometen más fallos que las personas emétopes en tono e intensidad con la guía VITA 3D, y que los daltónicos obtienen mejores resultados en tono con ambas guías, aunque la muestra de ambos es pequeña y no se puede afirmar.

8. BIBLIOGRAFÍA

- 1- Soiteau T. Una estética simplificada con compuestos anteriores. *Gaceta Dental* 2005;160:72-78.
- 2- Christie RM. La química del color. 1st. ed. Zaragoza: Acribia S.A.; 2001.
- 3- Nieto S, Martínez Vázquez de Parga JA, Cañada L. Determinación del color en odontología. *Rev Int Prót Estomat* 2000;2:370-383.
- 4- Capilla P, Artigas JM, Pujol J. Fundamentos de colorimetría. 1st. ed. Zaragoza: INO reproducciones; 2002.
- 5- Hdez Galilea E, Juan Marcos L. Fundamentos en oftalmología. 1st. ed. Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca; 2013.
- 6- Drake RL, Vogl W, Mitchell AWM. Gray, Anatomía para estudiantes. 3th. ed. Madrid: Elsevier España S.A.; 2005.
- 7- Willoughby CE, et al. Anatomy and physiology of the human eye: effects of mucopolysaccharidosis disease on structure and function – a review. *Clin Experiment Ophthalmol* 2010;38:2-11.
- 8- Fischbarg J. Advances in organ biology. The biology of the eye. Volume 10. 1st. ed. Nueva York: Elsevier Science; 2006.
- 9- Schwartz SH. Visual perception, a clinical orientation. 4th. ed. Nueva York: McGraw Hill; 2010.
- 10- Martín Herranz R, Vecilla Antolínez G, Manual de Optometría. 1st. ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2010.
- 11- Sikri V. Color: implications in dentistry. *J Conserv dent* 2010;13:249–255.
- 12- Kina S, Bruguera A. Invisible: Restauraciones Estéticas Cerámicas. 1st. ed. Madrid: Editorial Medica Panamericana; 2011.

- 13- Alsaleh S, Labban M, Alhariri M. y Tashkandi E. Evaluation of self shade matching ability of dental students using visual and instrumental means. *J Dent* 2012; 40 Suppl 1:e82-7.
- 14- Masioli MA. *Odontología Restauradora de la A a la Z*. 1st. ed. Florianópolis: Ponto Ltda; 2013.
- 15- Amengual J, Llena M y Forner L. Reproducibilidad en la medición del color in vitro e in vivo mediante colorímetros específicos para uso dental. *RCOE* 2005;3:263-267.
- 16- Zelanski P, Fisher M. *Elementos básicos del Color*. 1st. ed. Madrid: H. Blume; 2001.
- 17- De Fez Saiz D, Viqueira Pérez V. *Fundamentos de percepción visual*. 1st. ed. Alicante: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Alicante; 2014.
- 18- Guyton AC, Hall JE. *Tratado de fisiología médica*. 13th. ed. Barcelona: ELSEVIER España; 2016.
- 19- Tresguerres JAF. *Fisiología Humana*. 3th. ed. Madrid: Mc Graw Hill; 2005.
- 20- Lillo Jover J. *Percepción del color y daltonismos. Descripción, diagnóstico e intervención*. 1st. ed. Madrid: Pirámide; 2013.
- 21- Baraas, RC, Foster, DH, Amano K y Nascimento SM. Color Constancy of Red-Green Dichromats and Anomalous Trichromats. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2010;51:2286–2293.
- 22- Chaves Fernandes L y Carvalho de Ventura Urbano L. Efficiency of color vision tests in hereditary dyschromatopsia: case report. *Arq Bras Oftalmol* 2008;71:585-8.
- 23- Parvizi S y Frith P. Examination of color vision. *The Journal of Clinical Examination* 2008;7: 1-8.

- 24- Norton T, Corliss D, Bailey J. The psychophysical measurement of visual function. 1st. ed. Boston: Butterworth-Heinemann; 2002.
- 25- Birch, J. Diagnosis of defective colour vision. 2nd. ed. Oxford: Butterworth Heinemann; 2001.
- 26- Christensen J, Lakshminarayanan V, Bassi C, Seshadri J. Evaluation of the new web-based "Colour Assessment and Diagnosis" test. *Optom vis sci* 2005;82:882-885.
- 27- Miyahara E. Chromaticity co-ordinates of Ishihara plates reveal that hidden digit plates can be read by S-cones. Department of Psychology. *Clin exp Optom* 2009;92:434-439.
- 28- Miyahara E. Errors reading the Ishihara pseudoisochromatic plates made by observers with normal colour vision. *Clin Exp Optom* 2008;91:161–165.
- 29- Soler Gomis E, Mayoral Molina JR (dir), Ardu S (dir). Estudio de diferentes variables metodológicas en la evaluación del color en odontología. [tesis doctoral en Internet] [Barcelona]: Universidad Internacional de Cataluña 2015, [citado 20 de noviembre de 2017]. Recuperado a partir de: <http://www.uic.es/es/agenda-actividades/defensa-de-tesis-enric-soler-gomis>.
- 30- Primus CM, et al. Opalescence of dental porcelains enamels. *Quintessence Int* 2002;33:439-449.
- 31- Baratieri L. Odontología restauradora. 1st. ed. Sao Paulo: Nova Guanabara Editora; 2011.
- 32- Chu SJ, Devigus A, Mieleszko AJ. Shade matching and communication in esthetic dentistry. Chicago: Quintessence; 2004.
- 33- Núñez Díaz P, del Río Highsmith J. Estudio comparativo entre sistemas de medición del color en odontología. *Gaceta Dental* 2007;179.

- 34- Miyashita E. *Odontología estética: el estado del arte*. 1st. ed. Sao Paulo: Artes médicas latinoamericanas; 2005.
- 35- Schmeling M, Meyer-Filho A, de Andrada MA, Baratieri LN. Chromatic influence of value resin composites. *Oper Dent* 2010;35:44-9.
- 36- Macchi R. *Materiales Dentales*. 4th. ed. Buenos Aires: Editorial Panamericana; 2007.
- 37- Barrancos J. Barrancos P. *Operatoria Dental Integración Clínica*. 4th. ed. Madrid: Médica Panamericana S.A.; 2006.
- 38- Vanini L. Light and color in anterior composite restorations. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 1996;8:673-82.
- 39- Johnston WM. Review of Translucency Determinations and Applications to Dental Materials. *J Esthet Restor Dent* 2014;26:217-23.
- 40- Yamamoto M. *Metal ceramics principles and methods*. Quintessence; 1985.
- 41- Ricketts, D, Bartlett D. *Odontología Operatoria Avanzada. Un abordaje Clínico*. 1st. ed. Caracas: AMOLCA; 2013.
- 42- Ardu, S, Braut V, Di Bella E et al. Influence of background on natural tooth colour coordinates: an-in vivo evaluation. *Odontology* 2014;102:267-271.
- 43- Yu B, Lee YK. Influence of color parameters of resin composites on their translucency. *Dent Mater* 2008;24:1236-42.
- 44- Fondriest J. Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2003;23:467-79.
- 45- Lee YK, Yu B. Measurement of opalescence of tooth enamel. *J Dent* 2007;35:690-4.
- 46- Hoyos A. Color e Ilusión. *Revista CES Odontología* 2001;14:53-62.

- 47-Lafuente D. Física del Color y su utilidad en Odontología. Rev Cient Odontol 2008;4:10-15.
- 48- Schmeling M, Maia HP, Baratieri LN. Opalescence of bleached teeth. J Dent 2012;40 Suppl 1:e35-9.
- 49-Duarte JS. Opalescence: the key to natural esthetics. Quint Dent Technol 2007;30:7–20.
- 50- Schmeling M. Color Selection and Reproduction in Dentistry Part 2: Light Dynamics in Natural Teeth. Int J Dent Sc 2016;18:23-40.
- 51- Cornell D, Winter R. Manipulating light with the refractive index of an all ceramic material. Pract Periodontics Aesthet Dent 1999;11:913-7.
- 52-Magne P, Belser U. Bonded porcelain restorations in anterior dentition: a biomimetic approach. 1st. ed. Chicago: Quintessence; 2002.
- 53-Manauta J, Salat A. Layers: An Atlas of Composite Resin Stratification. 1st. ed. Chicago: Quintessence; 2012.
- 54- Johnston WM. Color measurement in dentistry. J Dent 2009;37 Suppl 1:e2-6.
- 55- Lee YK, Powers, JM. Metameric effect between resin composite and dentin. Dent Mater 2005;21:971-6.
- 56- Kim SH, Lee YK, Lim BS, Rhee SH, Yang YC. Metameric effect between dental porcelain and porcelain repairing resin composite. Dent mater 2007;23:374-9.
- 57-Touati B, Miara P, Nathanson D. Transmisión del color y de la luz. En: Odontología estética y restauraciones cerámicas. 1st. ed. Barcelona:Masson; 1999.
- 58-Llamas Cadaval R, Villa Vigil A. Biología de la Pulpa y de los Tejidos Periapicales. Endodoncia: Técnicas Clínicas y Bases Científicas. 3th. ed. Barcelona: Masson; 2014.

- 59- Álvarez Quesada C, Grille C. Ergonomía y color. *Gaceta Dental* 2007;179:142-163.
- 60- Prieto M, Cadorin M, Celemín A, y Martínez J. Estado actual del método de la toma de color en prótesis dental. *Gaceta Dental* 2008;193:114-133.
- 61- Gonçalves Assunção W, Falcón Antenucci RM, Piza Pellizzer E, Freitas Júnior AC, Oliveira de Almeida E. Factores que influncian la selección del color en prótesis fija: Revisión de literatura. *Acta odontol venez* 2009;4.
- 62- Ahmad S et al. Tooth shade perceptibility of undergraduate students, house surgeons and post graduate residents. *Pakistan Oral and Dental Journal* 2012;32:170-175.
- 63- Arreortúa Cisneros Y. Evaluación de las alteraciones visuales y su relación con el poder de discriminación en la toma de color dental en alumnos de odontología con luz artificial y luz natural. *Rev ADM* 2008;2:69-74.
- 64- Karamouzos A et al. Precission of in vivo spectrophotometric colour evaluation of natural teeth. *J Oral Rehabil* 2007;34:613-621.
- 65- Tornquist J, *Color y Luz: Teoría y Práctica*. 1st. ed. Barcelona: Gustavo Gili; 2008.
- 66- Paravina RD, Majkic G, Imai FH, Powers JM. Optimization of tooth color and shade guide design, *J Prosthodont* 2007;16:269-76.
- 67- Joiner A. The bleaching of teeth: A review of the literatura. *J Dent* 2006;34:412-9.
- 68- Witkowski S, Yajima N, Wolkewitz M y Strub J. Reliability of shade selection using an intraoral spectrophotometer. *Clin Oral Investig* 2012;16:945-9.

- 69- Valor Priego M, Martínez Vázquez de Praga JA, Celemín Viñuela A y Romeo Rubio M. Estudio clínico sobre la influencia de la luz ambiental en la toma del color dental. *Gaceta Dental* 2016;277:98-106.
- 70- Paravina R. Evaluación de un nuevo aparato desarrollado para la determinación del color. *Rev Int Prót Estomat* 2003;5:138-144.
- 71- Oh WS, Koh IW, O'Brien WJ. Estimation of visual shade matching error with 2 shade guides. *Quintessence Int* 2009;40:833-836.
- 72- Hassel A, Grossmann A, Schmitter M, Balke Z y Buzello A. Interexaminer Reliability in Clinical Measurement of L*a*b* Values of Anterior Teeth Using a Spectrophotometer. *Int J Prosthodont* 2007;20:79-84.
- 73- Chu SJ, Devigus A, Mieszko AJ. Color theory. In: *Fundamentals of color: shade matching and communication in esthetic dentistry*. 2nd. Ed. Chicago: Quintessence; 2011.
- 74- Schwabacher W, Goodkind RJ. Three dimensional color coordinates of natural teeth compared with three shade guides. *J Prosthet Dent* 1990;64:425-31.
- 75- Dietschi D, Ardhu S, Krejci I. A new shading concept based on natural tooth color applied to direct composite restorations. *Quintessence Int* 2006;37:91-102.
- 76- Melo TS, Kano P, Araújo JE. Avaliação cromática em odontologia restauradora. Parte 1: o mundo das cores. *Clín Int J Braz Dent* 2005.
- 77- Paravina R. Color in dentistry: match me, match me not. *J Esthet Restor Dent* 2009;21:133-9.
- 78- Paravina R, Powers JM, Fay RM. Color comparison of two shade guides. *Int J Prosthodont* 2002;15:73-78.
- 79- Paravina R. Performance assessment of dental shade guides. *J Dent* 2009;37 Suppl 1:e15-20.

- 80- Chu S, Trushkowsky R y Paravina R, Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *J Dent* 2010;38 Suppl 2:e2-16.
- 81- Commission Internationale de L'Eclairage. Colorimetry official recommendations of the international comission of illumination. *ODOVTOS-Int J Dent Sc* 1971;15.
- 82- Schmeling M, DE Andrada MA, Maia HP, Araújo EM. Translucency of value resin composites used to replace enamel in stratified composite restoration techniques. *J Esthet Restor Dent* 2012;24:53-8.
- 83- Devigus A. La medición digital del color en odontología. Quintessence (ed. Esp.) 2004;17:281-286.
- 84- Paul SJ, Peter A, Rodoni L y Pietrobon N. Conventional visual vs spectrophotometric shade taking for porcelain-fused-to-metal crowns: a clinical comparison. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2004;24:222-31.
- 85- Mireles S, Demarco F, Dos Santos I, Dumith S y Bona A. Validation and Reliability of Visual Assessment with a Shade Guide for Tooth-Color Classification. *Oper Dent* 2008;33:121-6.
- 86- Braun A, Glockmann A, Krause F. Spectrophotometric evaluation of a novel aesthetic composite resin with respect to different backgrounds in vitro. *Odontology* 2013;101:60-6.
- 87- Manauta J, Salat A, Putignano A, Devoto W, Paolone G, Hardan LS. Stratification in anterior teeth using one dentine shade and a predefined thickness of enamel: a new concept in composite layering. Part 1. *Odontostomatol Trop* 2014;37:5-16.
- 88- Devoto W, Saracinelli M, Manauta J. Composite in everyday practice: how to choose the right material and simplify application techniques in the anterior teeth. *Eur J Esthet Dent* 2010;5:102-24.

- 89- Hugo B, Witzel T, Klaiber B. Comparison of in vivo visual and computer-aided tooth shade determination. *Clin Oral Investig* 2005;9:244-50.
- 90- Mayoral JR, Arocha MA, Dominguez S, Roig M, Ardu S. In vivo spectrophotometric evaluation of pure enamel and enamel-dentine complex in relationship with different age groups. *J Dent* 2013;41:1245-50.
- 91- Pizzamiglio E. A color selection technique. *J Prosthet Dent* 1991;66:592-6.
- 92- Kershaw S, Newton JT, Williams DM. The influence of tooth colour on the perceptions of personal characteristics among female dental patients: comparisons of unmodified, decayed and 'whitened' teeth. *Br Dent J* 2008;204:E9.
- 93- Douglas RD, Steinhauer TJ, Wee AG. Intraoral determination of the tolerance of dentists for perceptibility and acceptability of shade mismatch. *J Prosthet Dent* 2007;97:200-8.
- 94- Gokce HS, Piskin B, Ceyhan D, Gokce SM, Arisan V. Shade matching performance of normal and color vision-deficient dental professionals with standard daylight and tungsten illuminants. *J Prosthet Dent* 2010;103:139-47.
- 95- Fondriest J. Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. *Int J Periodontics Restorat Dent* 2003;23:467-79.
- 96- Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. *J Dent* 2004;32 Suppl 1:3-12.
- 97- Kim-Pusateri S, Brewer JD, Davis EL, Wee AG. Reliability and accuracy of four dental shade matching devices. *J Prosthet Dent* 2009;101:193-9.
- 98- Russell MD, Gulfranz M, Moss BW. In vivo measurement of colour changes in natural teeth. *J Oral Rehabil* 2000;27:786-92.
- 99- Donahue JL. Shade color discrimination by men and woman. *J Prosthet Dent* 1991;65:699-703.

- 100- Hernandez Rodriguez ZM. Estudio clínico del color dental en la población española según sexo y edad. *Gaceta Dental* 2009;203:160-175.
- 101- Ethell J, Jarad FD, Youngson CC. The effect of colour defective vision on shade matching accuracy. *Europ J Prosthodont Restor Dent* 2006;14:131-136.
- 102- Rodriguez-Carmona M, Sharpe L, Harlow J, Barbur J. Sex-related differences in chromatic sensitivity. *Vis Neurosci* 2008;25:433-40.
- 103- Winkler S, Boberick KG, Weitz KS, Datikashvili I, Wood R. Shade matching by dental students. *J Oral Implantol* 2006;32:256-8.
- 104- Klemetti E, Matela A, Haag P, Kononen M. Shade selection performed by novice dental professionals and colorimeter. *J Oral Rehabil* 2006;33:31-5.
- 105- Okubo S, Kanawati A, Richards M, Childress S. Evaluation of visual and instrument shade matching. *J Prosthet Dent* 1998;80:642-8.
- 106- Haddad H, et al. Does gender and experience influences shade matching quality? *J Dent* 2009;37 Suppl 1:e40-4.
- 107- Judeh A, Al-Wahadni A. A comparison between conventional visual and spectrophotometric methods for shade selection. *Quintessence Int* 2009;40:69-79.
- 108- Derdilopoulou FV, Zantner C, Neumann K, Kielbassa AM. Evaluation of visual and spectrophotometric shade analyses: a clinical comparison of 3758 teeth. *Int J Prosthodont* 2007;20:414-6.
- 109- Horn D, Bulan-Brady J, Hicks M. Sphere spectrophotometer versus human eye of tooth shade. *J Endod* 1998;24:786-90.
- 110- Paul S, Peter A, Pietrobon N, Hämmerle C. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *J Dent Res* 2002;81:578-82.
- 111- Myers ML, Browning W, Chan DCN, Blalock JS, Callan RS. Intra-rater agreement of easysshade and three practitioners. *J Dent Res* 2005;84.

- 112- Berns RS. Billmeyer and Saltzman's principles of color technology. 3rd. ed. Nueva York: John Wiley and Sons; 2000.
- 113- Azer SS, Ayash GM, Johnston WM, Khalil MF, Rosenstiel SF. Effect of esthetic core shades on the final color of IPS Empress all-ceramic crowns. J Prosthet Dent 2006;96:397-401.
- 114- Cal E, Güneri P, Kose T. Comparison of digital and spectrophotometric measurements of colour shade guides. J Oral Rehabil 2006;33:221-228.
- 115- Guo H, Wang F, Feng H, Guo X, Li K, Wu T, Yao C. The investigation of color selection of 4340 cases of ceramic restorations. Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi 2000;18:174-177.
- 116- Alvarado Lorenzo M, López Palafox J. (dir), López Román A (dir). Influencia de los defectos de la visión en colorimetría dental, [tesis doctoral] Madrid: Universidad Alfonso X el Sabio, 2008.
- 117- Estévez O. La visión del color: ¿Diversidad en la uniformidad? O ¿Uniformidad en la diversidad? Ver y Oír 1995;100:11-17.
- 118- Davison SP, Myslinski NR. Shade selection by color vision-defective dental personnel. J Prosthet Dent 1990;63:97-101.

ANEXO

PLANTILLA DE RECOGIDA DE DATOS

DATOS DEL PACIENTE

Nombre y apellidos: _____

Sexo: _____ Número de historia médica: _____

DATOS DEL ALUMNO

Nombre y apellidos: _____

Sexo: _____

Daltónico (Si/No): _____

Lentes graduadas (Si/No): _____

MIOPÍA: Ojo derecho: _____ Ojo izquierdo: _____

HIPERMETROPÍA: Ojo derecho: _____ Ojo izquierdo: _____

ASTIGMATISMO: Ojo derecho: _____ Ojo izquierdo: _____

OBSERVACIONES:

SELECCIÓN DEL COLOR

	<i>VITA CLÁSICA</i>	<i>VITA 3D</i>	<i>ESPECTOFOTÓMETRO</i>
<i>INCISIVO CENTRAL SUP DCHO</i>	_____	_____	_____
<i>INCISIVO LATERAL SUP DCHO</i>	_____	_____	_____
<i>CANINO SUP DCHO</i>	_____	_____	_____
<i>PRIMER PREMOLAR SUP DCHO</i>	_____	_____	_____
<i>SEGUNDO PREMOLAR SUP DCHO</i>	_____	_____	_____

OBSERVACIONES:

	<i>VITA CLÁSICA</i>	<i>VITA 3D</i>	<i>ESPECTOFOTÓMETRO</i>
<i>INCISIVO CENTRAL SUP IZQ</i>	_____	_____	_____
<i>INCISIVO LATERAL SUP IZQ</i>	_____	_____	_____
<i>CANINO SUP IZQ</i>	_____	_____	_____
<i>PRIMER PREMOLAR SUP IZQ</i>	_____	_____	_____
<i>SEGUNDO PREMOLAR SUP IZQ</i>	_____	_____	_____

OBSERVACIONES:

ÍNDICE TEMÁTICO

A

Absorción, 40, 52, 67.

Astigmatismo, 19, 20, 34, 37, 38, 110, 111, 112, 113, 121, 124, 125, 126, 127, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 188, 203.

B

Bastones, 12, 19, 30, 41, 42, 43, 44, 45, 47, 57, 58, 97.

C

Células ganglionares, 30, 31, 45, 46, 47.

CieLab, 78, 87.

Claridad, 16, 17, 18, 20, 36, 44, 77, 97, 98, 114, 116, 137, 138, 139, 140, 148, 149, 150, 159, 160, 169, 170, 179, 180, 185, 186.

Conos, 19, 25, 30, 31, 41, 42, 43, 44, 45, 47, 50, 54, 55, 56, 57, 61, 62.

Córnea, 26, 27, 28, 35, 37, 38, 50, 51.

D

Daltónico, 19, 20, 54, 59, 104, 113, 114, 123, 124, 170, 176, 178, 185, 186, 188.

Dentina, 69, 70, 73.

Deuteranopia, 54, 65.

Deuteranomalia, 54, 6, 65.

Difracción, 52, 67, 73.

E

Errores de refracción, 33, 91, 93, 111, 112, 121, 122, 126.

Esmalte, 67, 70, 71, 72, 73, 74, 95.

Espectro visible, 40, 68, 86.

Espectrofotómetro, 19, 20, 76, 83, 86, 87, 90, 95, 99, 100, 101, 102, 106, 127, 133, 134, 184.

Estética, 69, 70, 71, 90, 91, 182, 190, 193, 194.

F

Fluorescencia, 72.

Fotopigmento, 43, 44, 54, 55, 57.

Fotorreceptores, 19, 30, 31, 40, 41, 42, 43, 44, 50, 53, 62.

H

Hipermetropía, 19, 20, 34, 36, 37, 110, 112, 113, 124, 125, 126, 127, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 188.

I

Impulso nervioso, 29, 30.

Intensidad, 19, 20, 44, 48, 49, 68, 73, 79, 97, 98, 114, 115, 116, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 144, 145, 146, 147, 148, 150, 155, 156, 157, 158, 160, 165, 166, 167, 168, 170, 175, 176, 177, 178, 188.

M

Metamerismo, 73.

Miopía, 19, 20, 34, 35, 110, 111, 112, 124, 125, 126, 127, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 188.

O

Opalescencia, 71, 72

Opsina, 43, 44.

P

Protanopia, 54, 65.

Protanomalia, 65.

R

Reflexión, 67, 68, 71.

Refracción, 33, 36, 37, 67, 71, 91, 93, 104, 111, 112, 121, 122, 126, 188.

Retina, 19, 21, 26, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 46, 47, 50, 53, 54, 61.

Rodopsina, 43.

S

Sistema Munsell, 77.

T

Test de Ishihara, 19, 63, 64, 65.

Tono, 19, 20, 25, 59, 68, 69, 70, 73, 77, 84, 85, 88, 97, 114, 115, 116, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 140, 141, 142, 143, 144, 150, 151, 152, 153, 154, 160, 161, 162, 163, 164, 170, 171, 172, 173, 174, 185, 188.

Translucidez, 67, 70, 71, 74, 88, 182.

V

VITA 3D Master, 19, 20, 21, 22, 84, 85, 86, 95, 97, 101, 122, 124.

VITA Clásica, 19, 20, 84, 85, 86, 95, 96, 101, 114, 115, 116, 122, 124, 127, 128, 129, 132, 133, 134, 135, 141, 142, 145, 146, 151, 152, 155, 156, 161, 162, 166, 167, 171, 172, 174, 175, 185, 188.