

Bezold effect evaluation through the design of an interactive desktop application

Evaluación del efecto Bezold mediante el diseño de una aplicación de escritorio interactiva

I. Tortajada Montañanas*, J.V. Del Valle Fayos, I. Lengua Lengua, F. Brusola Simóns

Dpto. Ingeniería Gráfica, Universitat Politècnica de València, SPAIN

(*) E-mail: itortajada@dig.upv.es

S: SEDOPTICA member

Received: 31/07/2018

Accepted: 21/03/2019

DOI: 10.7149/OPA.52.2.51008

ABSTRACT:

At the end of XIX century Bezold described a Chevreul discovered effect named inverse contrast, expansion effect or Bezold effect. Recently, Tortajada, Montalvá and Aguilar have quantified it using Ronchi patterns represented on paper. In this work an interactive desktop application, which leads to a fast and efficient observer input measurement over Bezold variable color, spin and angle stripes, is presented.

The new application's interface has two identical white circles on a neutral background. The samples to be compared appear inside them, both with the same chromatic values but in one there is a Bezold effect (due to Ronchi's grating) and in the other there is not (due to a solid concentric circle), so the observer will try to match each other. As a result we get, for each pair, the variation of L carried out to compensate the effect, and this variation is used to indicate the value of the Bezold effect for that sample.

Key words: Bezold effect, direct contrast, inverse contrast

RESUMEN:

A finales del siglo XIX Bezold describió un fenómeno descubierto por Chevreul denominado contraste inverso, efecto expansión o efecto Bezold. Recientemente, Tortajada, Montalvá y Aguilar lo han cuantificado usando redes de Ronchi representadas sobre papel. En este trabajo se presenta una aplicación de escritorio interactiva que permite medir rápida y eficientemente la aportación de un observador que evalúa el efecto Bezold en patrones de franjas de color, giro y ángulo de observación variables.

La interfaz de la nueva aplicación tiene dos círculos blancos idénticos sobre un fondo neutro. En el interior de los mismos aparecen las muestras a comparar, ambas con iguales valores cromáticos pero en una se produce efecto Bezold (provocado por redes de Ronchi) y en la otra no (provocado por un círculo concéntrico macizo), de forma que el observador debe intentar igualarlas. Como resultado obtenemos, para cada muestra presentada, los valores de L que se han variado para realizar la igualación, lo cual nos indica el valor del efecto Bezold para esa muestra.

Palabras clave: efecto Bezold, contraste directo, contraste inverso

REFERENCES AND LINKS / REFERENCIAS Y ENLACES

- [1] Chevreul, ME. *De la loi du contraste simultané des couleurs*, (Paris, Pitois-Levrault et ce., 1839).
- [2] Bezold Wv, Koehler SR, and Pickering EC. *The theory of color in its relation to art and art-industry*. (Boston, L. Prang and Co.; 1876).
- [3] Montañana, I. Tortajada, Colomer, J. Montalvá, and Rico, M. Aguilar, "Behavior of a periodic chromatic test with an achromatic Ronchi grating as a background", *Color Research and Application* **37**, 336-342 (2012).



- [4] Del Valle, J.V.; Tortajada, I.; Brusola, F., "Diseño de una aplicación para evaluar el efecto Bezold en función del color y el ángulo de observación de un patrón de franjas con distintas orientaciones", *Actas Reunión Nacional de Óptica* (Castellón, 2018).
- [5] Benary, W. "Beobachtungen zu einem experiment über helligkeitskontrast". *Psychologische Forschung*, **5**, 131-142 (1924).
- [6] Newhall, SM. "The reversal of simultaneous brightness contrast". *Journal of Experimental Psychology*, **31**, 393-409 (1942).
- [7] Evans, RM. *An introduction to color*, (New York, Wiley, 1948).
- [8] Burnham, RW. "Bezold's color-mixture effect". *The American Journal of Psychology* **66**, 377-385 (1953).
- [9] Albers, J. *Interaction of color* (London, Yale University Press. 1963).
- [10] Gindy, SS. *Techniques for subjective colour measurement and their application to colour contrast phenomena*. (University of London. 1963).
- [11] Helson, H. "Studies of Anomalous Contrast and Assimilation". *Journal of the Optical Society of America*, **53**, 179-184 (1963).
- [12] Helson, H. *Adaptation-level theory*, (New York, Harper & Row, 1964).
- [13] White, M. "A new effect of pattern on perceived lightness". *Perception*, **8**, 413-416 (1979).
- [14] Hurvich, LM. *Color vision* (Sunderland, Sinauer Associates, 1981).
- [15] Jaeger, T. "Assimilation and contrast in the parallel lines illusion?" *Perceptual and Motor Skills*, **52**, 837-838 (1981).
- [16] White, M. "The effect of the nature of the surround on the perceived lightness of grey bars within square-wave test gratings". *Perception*, **10**, 215-230 (1981).
- [17] Leeuwenberg, E. "The perception of assimilation and brightness contrast as derived from code theory". *Perception and Psychophysics*, **32**, 345-352 (1982).
- [18] White, M. "The assimilation-enhancing effect of a dotted surround upon a dotted test region". *Perception*, **11**, 103-106 (1982).
- [19] White, M. *The effect of pattern on perceived lightness*. (Department of Psychology. University of Adelaide, 1982).
- [20] Moulden, B. and Kingdom, F. "White's effect: a dual mechanism". *Vision Research*, **29**, 1245-1259 (1989).
- [21] Nakayama, K., Shimojo, S. and Ramachandran, V. S. "Transparency: relation to depth, subjective contours, luminance, and neón color spreading". *Perception*, **19**, 497-513 (1990).
- [22] Watanabe, T. and Takeichi, H. "The relation between color spreading and illusory contours". *Perception and Psychophysics*, **47**, 457-467 (1990).
- [23] Kingdom, F. and Moulden, B. "White's effect and assimilation". *Vision Research*, **31**, 151-159 (1991).
- [24] DE Weert, CM. and Spillmann, L. "Assimilation: asymmetry between brightness and darkness?". *Vision Research*, **35**, 1413-1419 (1995).
- [25] Gilchrist, AL. *Lightness, brightness, and transparency*, (Northvale, L. Erlbaum, 1994).
- [26] Anderson, BL. "A theory of illusory lightness and transparency in monocular and binocular images: the role of contour junctions". *Perception*, **26**, 419-453 (1997).
- [27] Anderson, BL. "Contrasting theories of White's illusion". *Perception*, **30**, 1499-1501 (2001).
- [28] Goldstein, EB. *Sensation and perception*, (Pacific Grove, Wadsworth-Thomson Learning, 2002).
- [29] Gilchrist A., Kossyfidis C., Bonato F., Agostini T., Cataliotti J., Li X., Spehar B., Annan V. and Economou E. "An anchoring theory of lightness perception". *Psychological Review*, **106**, 795- 834 (1999).
- [30] Bressan, P. "Inhomogeneous surrounds, conflicting frameworks, and the double-anchoring theory of lightness". *Psychonomic Bulletin & Review*, **13**, 22-32 (2006).
- [31] Bressan, P. "The place of white in a world of grays: a double-anchoring theory of lightness perception". *Psychological Review*, **113**, 526-553 (2006).
- [32] Montalvá, J. "Influencia de la orientación, color y frecuencia de una red de Ronchi en la asimilación cromática (efecto Bezold) producida en la visión de una secuencia rectangular situada en su interior". *Universitat Politècnica de València*. doi:10.4995/Thesis/10251/11111 (2011)



- [33] Morcillo López, EM. "Automatización de las experiencias a realizar para el análisis del efecto Bezold en un red acromática". <http://hdl.handle.net/10251/47711>. (2007).
- [34] Robertson, AR. "CIE guidelines for coordinated research on color-difference evaluation", *Color Research and Applications*, **3**, 149-151 (1978).
- [35] R. S. Berns, *Billmeyer and Saltzman's Principles of Color Technology*, (3^{ra} ed. Wiley, 2000)
- [36] Montalvá, J., Tortajada I., Castilla I., Martínez M. y Aguilar M. "Influence of the achromatic grating orientation (vertical-horizontal) in the vision of interleaved sequences", *Óptica Pura y Aplicada* **43**, 213-217 (2010).

1. Introducción

A finales del siglo XIX Bezold describió un fenómeno a raíz de los análisis que Chevreul hizo para tratar de determinar qué combinación de colores era la mejor para un uso hornamental en tela y papel [1]. A este fenómeno se le ha dado el nombre de contraste inverso, efecto expansión o efecto Bezold [2].

En la percepción de un color influye mucho el color de las zonas circundantes o intercaladas en el objeto observado. En la mayoría de las ocasiones esta influencia varía el color del objeto hacia el complementario del color de las zonas perturbadoras. A esta variación se le llama contraste espacial o directo. Sin embargo, en determinadas distribuciones espaciales (franjas o redes de Ronchi), los colores intercalados o circundantes se suman al del objeto. A esta variación se le llama contraste inverso o efecto Bezold.

Desde que se descubrió el efecto Bezold se han realizado muchos estudio sobre los parámetros que más influyen en la observación de dicho fenómeno. Recientemente, Tortajada, Montalvá y Aguilar lo han cuantificado usando para ello redes de Ronchi representadas sobre papel [3]. En este trabajo se presenta una aplicación de escritorio interactiva que permite medir rápida y eficientemente la aportación de un observador que evalúa el efecto Bezold en patrones de franjas de color, giro y ángulo de observación variables [4].

2. Antecedentes

La primera ilusión óptica posterior a Bezold sobre el cambio de luminosidad cabe atribuirlo Benary y Wertheimer ("Cruz de Benary", 1924) [5]. En 1942, Newhall [6] observa que el efecto de contraste inverso varía entre individuos y tiende a desaparecer con la experiencia y destaca además la importancia de las condiciones de campo. Seis años más tarde Evans [7] se refiere al efecto expansión como un efecto visual paradójico.

Confirmando el hecho constatado por Newhall sobre la importancia de las condiciones de campo, Burnham [8] concluye que el efecto desaparece si se realiza una ampliación del diseño planteado. Albers (1963) [9] se refiere al efecto Bezold como mezcla óptica y señala que depende del tamaño y de la distancia. Ese mismo año Gindy [10], en su tesis estudia lo que más tarde se conocería como "Ilusión de White" y Helson [11] afirma que el efecto Bezold depende de la anchura de las líneas, del área de intervención y de sus reflectancias. Al año siguiente Helson [12] atribuye el efecto de asimilación a una excitación de la retina, causante de la mezcla aparente (sumación).

Ya casi en la década de los 80 White [13] descubre un curioso efecto, al que durante esa década no se le encontraba una explicación (Fig. 1) según el cual los colores grises de la zona A se perciben más oscuros que los de la zona B, cuando verdaderamente son iguales.

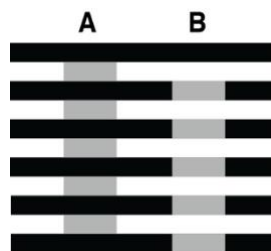


Fig.1. Test de White.

En 1981 Hurvich [14] da una explicación fisiológica al efecto, según la cual éste se halla ligado a la no uniformidad espacial de la retina. Coincidiendo con White, Jaeger (1981) [15] concluye que el efecto es anulado para grandes valores de longitud de línea y separación. También White (1981) [16] explica los resultados de su test según el contraste de luminosidad, la asimilación de luminosidad asociada a la alta frecuencia de la red y la asimilación de luminosidad como consecuencia de la inhibición lateral.

Al año siguiente Leeuwenberg [17] demuestra que los efectos de asimilación y contraste son producidos por aspectos estructurales de los patrones y White, además de proponer cambiar las franjas de su test por puntos, escribe su tesis doctoral “El efecto del patrón en la luminosidad percibida”, recopilando todo el trabajo sobre percepción de la luminosidad hasta el momento [18, 19].

Partiendo de la ilusión de White, Moulden y Kingdom [20] investigan las propiedades del efecto Bezold a fin de descubrir los mecanismos subyacentes y revelan que las alturas y anchuras de las franjas de red inducen al brillo de las franjas de color gris. Dos procesos, uno de extensión espacial y otro de efecto local intervienen para producir el efecto Bezold.

Durante la década de los 90, estudiosos como Nakayama et al. [21] y también Watanabe y Takeichi [22] estudian la relación entre el efecto expansión y los contornos ilusorios. Kingdom y Moulden (1991) [23] explican el efecto de White según la influencia de un contraste local y un contraste de expansión espacial. Al año siguiente presentan un modelo de codificación del brillo (MIDAAS) que predice la aparición de una serie de fenómenos clásicos. De Weert y Spillmann [24] muestran que el efecto Bezold es relativo, se encuentra en el dominio del color, y existe cuando la luminancia de los inductores es inferior a la del fondo. Gilchrist [25] por su parte se refiere a la asimilación como el fenómeno opuesto al contraste directo. En 1997, Anderson [26] propone una teoría unificada que puede explicar la ilusión de White, la ilusión de Benary etc.

Ya entrados en la primera década del siglo XXI Anderson [27] realiza una recopilación teórica de las dos vertientes: la fisiológica y la psicológica, inclinándose por una explicación apoyada en la teoría Gestaltiana para la ilusión de White. Goldstein [28] estudia dos ilusiones: la cruz de Benary y la ilusión de White. Empieza explicando el contraste simultáneo producido en la retina por la inhibición lateral y siguiendo esta teoría concluye que en la ilusión de White debe haber algún otro mecanismo fisiológico que interviene en la percepción de esta ilusión ya que se produce el efecto contrario. Destaca la teoría de Gilchrist et al. (1999) [29] en la que afirma que nuestra percepción de la claridad funciona según el principio de pertenencia (psicología de la Gestalt). El mecanismo fisiológico parece estar situado en el córtex, si bien en este momento no se conoce con certeza.

En el año 2006 Bressan [30, 31] plantea la siguiente cuestión: “¿La luminosidad de una región se explica exclusivamente por la luminancia media de su alrededor?”. La respuesta a esta pregunta es compleja y en el modelo planteado por Bressan la luminancia de la región de destino determina su luminosidad de dos maneras: indirectamente, formando un grupo de regiones envolventes, y directamente, mediante el anclaje a la luminancia más alta y a la luminancia media que rodea que cada uno de estos marcos.

Cinco años después, en el año 2011, Montalvá [32] (Universitat Politècnica de València) presenta su tesis doctoral sobre el efecto Bezold titulada: “Influencia de la orientación, color y frecuencia de una red de Ronchi en la asimilación cromática producida en la visión de una secuencia rectangular situada en su interior”, haciendo una extensa revisión histórica de las aportaciones de quienes han estudiado el tema y concluyendo que se alcanza el valor máximo de asimilación con la orientación de red horizontal y secuencia perpendicular, que el azul y el verde son los colores más influídos por la asimilación y que existe una relación lineal de proporcionalidad entre el efecto Bezold y la frecuencia de la red. Esta tesis fue dirigida por Tortajada y Aguilar.

3. Método

En el año 2007, Eva María Morcillo presentó una aplicación programada en ActionScript (Flash) para medir el efecto Bezold [33] en redes de Ronchi. Esta aplicación requiere la instalación de un software con licencia de pago que consume muchos recursos y ha quedado obsoleto. Adobe ha anunciado que va a abandonar el formato de Flash en el año 2020, razón que justifica el desarrollo de otra aplicación mejorada basada en Java.

3.a. Descripción

El interfaz de la aplicación está formado por dos círculos blancos de igual tamaño con un fondo gris de coordenadas Lab (50, 0, 0) sobre los que se dibuja un color de entre los diecisiete propuestos por Robertson para la evaluación de diferencias de color [34]. El área de este color es la misma en ambos círculos blancos.

En el círculo de la izquierda se presenta una franja de colores cuya disposición geométrica puede ser variada por el usuario, en giro o inclinación de las franjas, en ángulo de observación y en coordenadas Lab. En el círculo de la derecha se presenta un color en forma de círculo concéntrico cuyas coordenadas Lab pueden ser ajustadas a los colores propuestos por Robertson y variadas unidad a unidad en el canal L. También puede variarse la distancia entre ambos círculos (Fig. 2).

Cuando al observador se le presentan los dos círculos de la pantalla para un determinado centro de Robertson, tiene que igualar la sensación de color del círculo de la derecha con el de la izquierda mediante las teclas Arriba / Abajo, lo que provocará una variación de una unidad de L en el círculo de la derecha a cada pulsación.

Las teclas que se mencionan a continuación permiten realizar otras operaciones (aunque la aplicación está en fase beta y abierta a cambios).

- 7 / 8: Para reducir / aumentar el ángulo de observación de las franjas a la izquierda en la cantidad que corresponde a dividir entre dos o doblar la anchura de las franjas.
- 9 / 0: Para reducir / aumentar la distancia entre los dos círculos un centímetro en cada pulsación.
- Izquierda / Derecha: Para girar el patrón de franjas del círculo izquierdo 15º en sentido antihorario y horario.
- Z / Y / X: Para guardar / capturar / salir.
- a / b / c / d / e...: Para cambiar la coordenadas del color sobre el que se está trabajando.

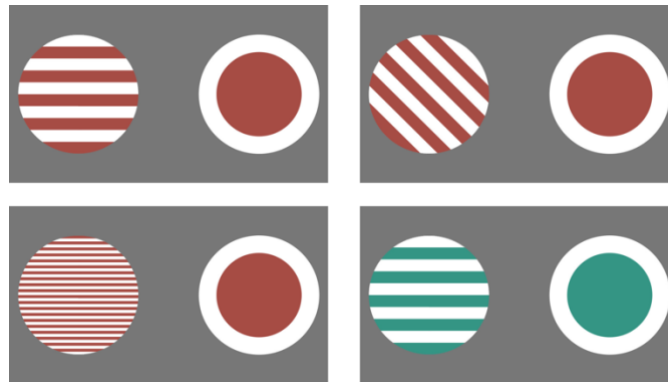


Fig.2. De izquierda a derecha y de arriba abajo: pantalla de inicio, franjas giradas, ángulo disminuido, centro de color cambiado.

Durante la ejecución, la aplicación muestra información útil en una esquina de la pantalla como el centro sobre el que se está realizando la medición, el giro del patrón, la longitud de un periodo de franjas, el ángulo de observación y la distancia entre centros de ambos círculos (Fig. 3).

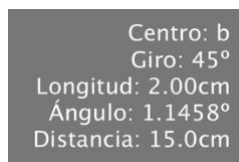


Fig.3. Captura de pantalla de la esquina superior izquierda de la aplicación en un momento de ejecución.

3.b. Funciones y flujo de la aplicación

La aplicación está programada según el paradigma de programación funcional. A continuación se enumeran y se explican las funciones que la componen.

- **void setup()**: Configura la aplicación para ocupar toda la pantalla. Fija el modo de renderizado de la aplicación en RGB para que pueda visualizarse en pantalla (aunque internamente el programa trabaja en el espacio Lab). Inicializa el fichero de salida.
- **float LABtoXYZ(float[] XYZ, color... LAB)[]**: Transforma un dato de color del espacio Lab al espacio XYZ. Toma como blanco de referencia en el espacio XYZ el de coordenadas (0.95047, 1.00000, 1.08883) que equivale al D50 [35].
- **color XYZtoRGB(float ... XYZ)**: transforma valores XYZ en datos de color RGB.
- **void pimientto(int lc, int ac, int bc, int lo, int ao, int, bo)**: Lee las variables globales del programa (ver más abajo) y renderiza en la pantalla el fondo gris neutro, los círculos y la información de la esquina superior izquierda de la pantalla que hace referencia al centro, giro, longitud, ángulo y distancia.
- **void keyPressed()**: Cambia el valor de las variables globales cada vez que alguien presiona una tecla.
- **void draw()**: Llama a la función pimientto y muestra información sobre la depuración del programa o sobre las variables globales en la consola de Java.

A continuación se presenta un diagrama que resume el flujo de la aplicación (Fig. 4). La aplicación empieza con la función void setup() que se encarga de configurar los parámetros necesarios para que pueda funcionar. A continuación se llama permanentemente a la función draw, que a su vez llama a pimientto para leer las variables globales, dibujarlas en pantalla y devolver el control a draw una y otra vez hasta el cierre del programa. A la vez que se ejecuta este bucle infinito, la aplicación está pendiente de los eventos del teclado que modificarán las variables globales gracias a void keyPressed().

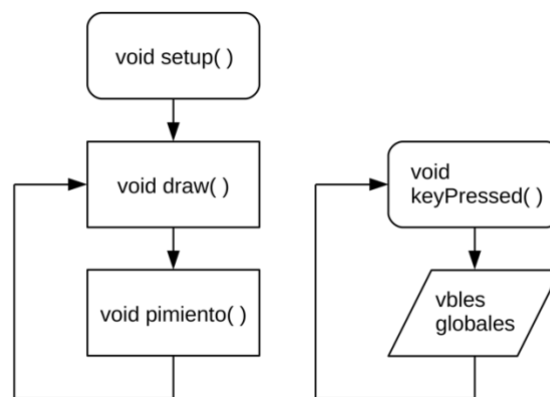


Fig.4. Flujo de la aplicación.

4. Resultados

La salida del programa es un fichero llamado “resultados_bezold.txt” que se puede importar en Matlab (TM) como una matriz de datos en cuya fila se ordenan las mediciones guardadas y en cuyas columnas se encuentran los valores Lab originales de cada centro de Robertson y los transformados por el usuario.

Un ejemplo de salida del programa es el que se tiene en la figura 5, donde se puede observar una matriz con 17 filas, una por cada centro de color definido por Robertson. En las columnas, la primera llamada "índice" indica cada uno de los centros de color presentados, la siguiente columna, indica el "giro" que se le puede dar a la red de Ronchi al presentar las muestras a observar (en el caso de la figura 5 se hicieron las igualaciones con las redes horizontales, por lo que el ángulo de giro era siempre 0°). La siguiente columna indica el "ángulo" de observación que subtiende la visión (en la figura 5, fue de 0,2865° en todas las muestras). Este parámetro, está relacionado con la distancia de observación, y es el que más influye en la percepción del fenómeno. Las tres siguientes columnas indican los valores L, a y b de cada uno de los centros de color a evaluar. Las tres siguientes indican los valores L, a y b modificados por el observador en la igualación (destacar que las primeras pruebas realizadas se hicieron para validar el programa y solo se realizaban igualaciones modificando el valor de L, pero la aplicación también permite poder variar los valores de a y de b). La última columna, en este caso, recoge las variaciones de L entre el valor original y el modificado por el observador. Si se quisieran variar también los valores de a y b, aparecerían dos columnas más recogiendo las variaciones de ambos parámetros.

<i>índice</i>	<i>giro</i>	<i>ángulo</i>	<i>L original</i>	<i>a original</i>	<i>b original</i>	<i>L modificado</i>	<i>a modificado</i>	<i>b modificado</i>	<i>variacion L</i>
1	0	0,2865	50	-32	-22	53	-32	-22	-3
2	0	0,2865	65	-10	13	67	-10	13	-2
3	0	0,2865	44	58	36	48	58	36	-4
4	0	0,2865	56	-45	0	58	-45	0	-2
5	0	0,2865	34	7	-44	36	7	-44	-2
6	0	0,2865	63	13	21	68	13	21	-5
7	0	0,2865	56	-32	0	57	-32	0	-1
8	0	0,2865	87	-7	47	92	-7	47	-5
9	0	0,2865	63	36	63	65	36	63	-2
10	0	0,2865	44	37	23	49	37	23	-5
11	0	0,2865	62	0	0	65	0	0	-3
12	0	0,2865	46	26	-26	48	26	-26	-2
13	0	0,2865	46	12	-13	47	12	-13	-1
14	0	0,2865	36	5	-31	37	5	-31	-1
15	0	0,2865	50	-16	-11	53	-16	-11	-3
16	0	0,2865	87	-11	76	89	-11	76	-2
17	0	0,2865	65	-30	39	70	-30	39	-5

Fig.5. Ejemplo de salida del programa.

Otros parámetros, como son el contraste de la red, la razón de modulación de la red, el ángulo de observación en la presentación de las muestras, ... no están recogidos inicialmente en la aplicación, pero pueden añadirse de una forma sencilla en la programación si fuera necesario tenerlos en cuenta en nuestro análisis del fenómeno.

La novedad más importante que aporta este trabajo es la de poder utilizar una aplicación que permite realizar el cambio rápido de variables y un manejo fácil por parte del usuario para poder analizar el efecto Bezold.

Las pruebas que se han realizado hasta ahora con la nueva aplicación se basan en una metodología muy similar a la utilizada por Montalvá, Tortajada, Castilla, Martínez y Aguilar [36], donde se obtuvieron valores del efecto Bezold para redes horizontales y verticales de colores rojo y azul (muy próximos a los centros de Robertson de los mismos colores). Los resultados en ambos casos han sido similares, por lo que se puede validar la aplicación.

A partir de ahora se está en condiciones de poder realizar un trabajo de investigación en el que poder extender el estudio del fenómeno a todo el diagrama cromático pudiendo variar además los distintos parámetros comentados anteriormente.

5. Conclusiones

Aunque está previsto continuar con la medición del efecto Bezold en todo el diagrama cromático, también se puede (introduciendo alguna modificación en el programa como ya se ha comentado) evaluar si existe un fenómeno equivalente al efecto Bezold, pero para la saturación o el tono.

Destacar tanto la rapidez en la forma de realizar las mediciones como en la forma de procesar los resultados, ya que el fichero de salida es importable directamente desde aplicaciones como Matlab (TM) u Octave. Puesto que espera que los resultados varíen entre observadores y según las condiciones de la experiencia, una forma muy interesante de procesar los resultados podrían ser las redes bayesianas. Con este tipo de red se podría obtener un modelo estadístico descriptivo del fenómeno que relaciona las variables a estudiar, permitiendo realizar predicciones probabilísticas de los resultados cuando se presenta el test a nuevos sujetos.

La aplicación aquí presentada abre las puertas a una forma alternativa y eficiente de medir el efecto Bezold.