



Universidad de Valladolid

FACULTAD DE CIENCIAS

Grado en Óptica y Optometría

Memoria Trabajo Fin de Grado titulado

*Revisión Bibliográfica y Análisis De Los
Mecanismos Que Explican Diferentes Ilusiones
Visuales*

Presentado por: *Claudia Curiel Centenero*

Tutelado por: *Alejandro H. Gloriani*

Tipo de TFG: *Revisión Bibliográfica*

En Valladolid a 25 de Mayo de 2016

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 ¿Qué son las ilusiones visuales?.....	1
1.2 Un poco de historia.....	3
2. ILUSIONES VISUALES EN PROFUNDIDAD.....	8
2.1 Diferencia sexual debido al contraste facial.....	8
2.1.1 Introducción.....	8
2.1.2 Experimento 1.....	9
2.1.3 Experimento 2.....	11
2.2 Ilusión de la torre inclinada.....	14
2.2.1 Funcionamiento del cerebro.....	15
2.2.2 Importancia de la ilusión.....	17
3. APLICACIONES EN LA ÓPTICA Y OPTOMETRÍA.....	18
3.1 Sensibilidad al contraste.....	18
3.2 Visión tridimensional.....	19
4. CONCLUSIONES.....	19
5. BIBLIOGRAFÍA.....	20

RESUMEN

El presente trabajo de revisión bibliográfica tiene como propósito hacer un análisis acerca de las distintas ilusiones visuales y efectos ópticos presentes en el entorno que nos rodea. Después de una breve clasificación de los tipos de ilusiones visuales y la utilización de estas a lo largo de la historia, trataremos más a fondo dos ilusiones visuales sobre las que explicaremos sus mecanismos y la manera que tiene nuestro cerebro de interpretarlas. La primera ilusión visual nos mostrará como el contraste es mayor en rostros femeninos que en masculinos a partir de varios estudios realizados entre jóvenes de 18 y 21 años y hará varias comparaciones entre unas etnias y otras. Por otra parte, la segunda ilusión visual pondrá de manifiesto la capacidad del cerebro a la hora de reconstruir el entorno en tres dimensiones a partir de imágenes en dos dimensiones. Por último, se expondrán dos posibles aplicaciones en el ámbito de la optometría a partir de las dos ilusiones visuales explicadas anteriormente.

Palabras claves: Ilusión visual, efecto óptico, contraste, percepción, cognición, visión 3D Y 2D

ABSTRAC

The main aim of this work is to make an analysis of some visual illusions and optical effects in the environment around us. After a brief classification of the types of visual illusions and the use of these throughout history, we analyze two visual illusions, explaining their mechanisms and the way in which our brains interpret them. The first visual illusion analyzed show us that contrast is higher in female than in male faces, results from several studies with people among 18 and 21 years and doing comparisons between races. Moreover, the second visual illusion will highlight the ability of the brain to reconstruct the environment in three dimensions from two-dimensional images. Finally, the possible applications in the field of optometry from the two visual illusions explained above will be presented.

Keywords: visual illusion, optical effect, contrast, perception, cognition, 3D/2D vision

JUSTIFICACIÓN

El mundo de las ilusiones visuales ha sido fuente de interés para muchos científicos, magos, publicistas y aficionados a lo largo de la historia. Estos han indagado y buscado explicación acerca del funcionamiento de nuestra mente y de los fenómenos ópticos que ocurren en nuestro entorno, además de servir como espectáculo y entretenimiento a la hora de mostrarlas al público. A pesar de conocer los distintos mecanismos que ocurren a la hora de analizar distintas ilusiones visuales, sigue siendo un campo muy extenso en el que experimentar y que cuenta cada día con más seguidores y curiosos que se suman para exponer sus creaciones. Un ejemplo de esto es el concurso online *The best illusion of the year* (*La mejor ilusión del año*).

OBJETIVOS

- **Objetivos generales**

Desarrollar habilidades de iniciación a la investigación planificando y realizando un trabajo de revisión bibliográfica enfocado en las ilusiones visuales y los mecanismos neurofisiológicos involucrados en las mismas.

- **Objetivos particulares**

Adquirir entrenamiento en la búsqueda de artículos científicos novedosos relacionados con los fenómenos ópticos y/o mecanismos neurofisiológicos involucrados en las ilusiones visuales.

Luego de una lectura crítica de bibliografía específica, seleccionar dos ilusiones visuales y ahondar en la comprensión de los fenómenos y mecanismos que las explican.

MATERIALES Y MÉTODOS

Utilizando distintas fuentes de información, se ha llevado a cabo una revisión bibliográfica sobre los mecanismos que explican distintas ilusiones visuales tanto a nivel óptico como neurofisiológico.

En primer lugar, se ha procedido a la lectura del Capítulo 3 del libro *Los Engaños de la Mente* y de la introducción del libro *Arte, magia e ilusión: las ilusiones ópticas en el arte y otras producciones visuales*.

A partir de este material, y de información buscada en google académico acerca de distintas obras artísticas, se ha realizado la introducción del trabajo.

Por otra parte, las dos ilusiones visuales se han seleccionado de la página web <http://illusionoftheyear.com/>. Ambas ilusiones se han podido explicar en profundidad a partir de los artículos:

- *A sex difference in facial contrast and its exaggeration by cosmetics*. Russell R., 2009.
- *The Leaning Tower illusion: a new illusion of perspective*. Kingdom et al., 2007.

En relación al segundo de los artículos mencionados, también se utilizó información complementaria extraída de:

- http://www.scholarpedia.org/article/Leaning_tower_illusion#Principle_applied_to_a_single_object.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ¿Qué son las ilusiones visuales y dónde está su origen?

Las ilusiones ópticas son efectos sobre el sentido de la vista caracterizadas por la percepción visual de imágenes que son falsas o erróneas. Falsas si no existe realmente lo que el cerebro ve o erróneas si el cerebro interpreta equivocadamente la información visual.

Las ilusiones ponen en evidencia que la percepción no está determinada objetivamente (exclusivamente por los datos del estímulo) de forma absoluta, sino que existen determinantes estrictamente psicológicos.

No sólo engañan la vista, sino también la mente. Los ojos envían la información al cerebro, que no puede decidir cómo actuar. De hecho, todo lo que vemos es una ilusión óptica, porque la visión no es sino una reconstrucción que la mente hace de la realidad. Según parece, el cerebro, programado para esperar ciertas cosas de la realidad, compara todo lo que ve con ese conocimiento innato y luego saca sus conclusiones. Además, continuamente van adquiriéndose otros conocimientos que, junto con el innato, el cerebro utiliza para analizar lo que percibe y lograr una paulatina comprensión de la realidad.

Un estudio reciente dirigido por el investigador E. M. Brenner, de la Universidad de Vrije en Holanda, ha descubierto que la manera en que interpretamos la luz que llega a nuestros ojos está condicionada por las presunciones que nos hacemos previamente sobre el entorno, lo que confirma que, en el proceso de la percepción visual, el cerebro “construye” en parte lo que vemos. Generando un entorno en el que no existían las “suposiciones” visuales (que amplían las posibilidades de interpretar la información visual de los entornos), ocho voluntarios debieron señalar un objetivo que cambiaba continuamente de posición en la pantalla de un ordenador. Señalaron mayormente aquellas localizaciones del objetivo más cercanas a la dirección en la que ellos miraban, además de que creyeron que habían conseguido ver algunos objetivos porque los estaban mirando directamente, aunque no fuera así.

El origen de las ilusiones ópticas puede estar en una causa fisiológica o, por el contrario, puede ser un fenómeno cognitivo.

- **FISIOLÓGICAS:** Por ejemplo las post-imágenes. Estas son imágenes que quedan aparentemente impresas en nuestra retina tras la observación de un objeto muy luminoso o el estímulo adaptativo frente a patrones alternantes muy contrastados. La explicación está en que los estímulos tienen caminos neuronales individuales para los primeros estadios del proceso visual, y la estimulación repetida de sólo algunos de esos caminos confunde al mecanismo visual. El sistema nervioso en la retina se adapta al estímulo fijo y deja de responder a él. Si luego se mira hacia otro lado, se ve una imagen difusa durante un breve periodo de tiempo, el necesario para que la retina retorne a su estado original.

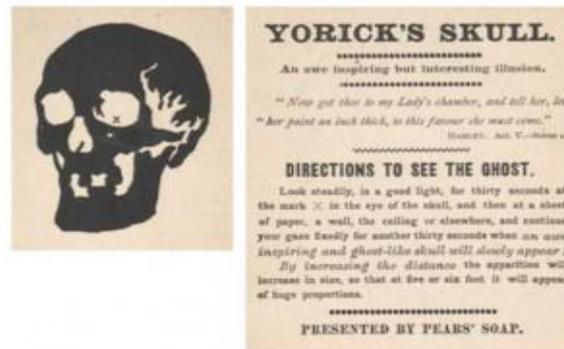


Figura 1.1. Ejemplo de ilusión por post-imagen. Después de fijar la mirada durante 30 s en la x, al mirar en un fondo blanco veremos aparecer la calavera. *Extraída de "http://theneuromarketer.com/blog/?page_id=210".*

- **COGNITIVAS:** Las ilusiones cognitivas son aquellas en donde nuestro cerebro interpreta erróneamente lo que ven nuestros ojos. Diversos experimentos pueden hacerse para comprobar la vulnerabilidad de nuestra vista.

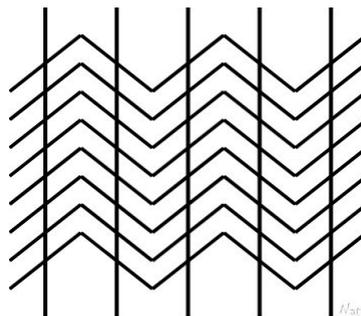


Figura 1.2. Ejemplo de ilusión cognitiva. Estas líneas parecen no estar paralelas cuando en realidad si lo están. *Extraída de "http://www.opticas.info/articulos/ilusiones-opticas.php".*

A su vez las ilusiones cognitivas se pueden clasificar en:

A- Ambigüedades:

Figuras que presentan dos alternativas de percepción.

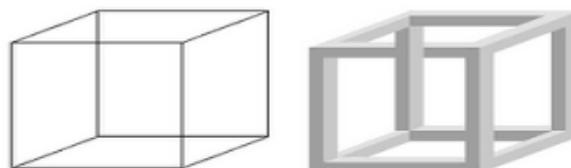


Figura 1.3. Cubo de Necker. *Extraída de https://es.wikipedia.org/wiki/Cubo_de_Necker.*

B- Deformaciones:

Son errores de percepción del tamaño, la longitud, la curvatura, los ángulos o cualquier otra propiedad geométrica.

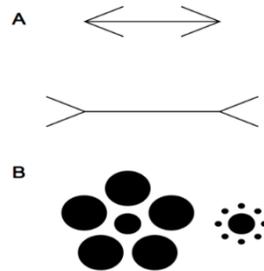


Figura 1.4. Ejemplo de error en la percepción del tamaño *extraída* de <http://medina-psicologia.ugr.es/cienciacognitiva/?p=373>.

C- Paradojas:

Objetos imposibles.



Figura 1.5. "Escalera de Penrose" de Escher. Ejemplo de objeto imposible. *Extraída* de "<http://serdis.dis.ulpgc.es/~ii-dgc/David/Ilusiones/ilusiones.html>".

D- Alucinaciones o visiones

La percepción de imágenes que en realidad no existen. Este tipo de ilusiones ópticas suelen ser consecuencia de estados de alteración mental.

1.2. Un poco de historia

El campo de las ilusiones ópticas es muy extenso y se contempla desde muchos puntos de vista; desde la psicología de la percepción, la óptica, la neurociencia, hasta la numerosa inclusión en juegos paradójicos y pasatiempos que inundan las páginas webs de aficionados y curiosos.

No son los científicos quienes han inventado la mayoría de las ilusiones visuales existentes; fueron los pintores.

Los artistas han utilizado ilusiones visuales desde el siglo XV, cuando los pintores renacentistas inventaron técnicas para engañar a nuestro cerebro haciéndonos creer que un lienzo plano es tridimensional. Entendieron, por ejemplo, qué es la perspectiva lineal: la idea de que las líneas paralelas pueden reproducirse convergiendo a lo lejos con el fin de proporcionar la ilusión de profundidad y distancia. (Recordemos la imagen de las vías del tren

prolongándose en el horizonte). Se dieron cuenta de que podían crear efectos atmosféricos aplicando tonos más débiles y colores pálidos a medida que éstos se perdían a lo lejos. Usaron el horizonte o línea del nivel del ojo como punto de referencia para medir el tamaño y la distancia de los objetos en relación con el observador. Y recurrieron al sombreado, la ocultación y los puntos de fuga para que los cuadros fuesen hiperrealistas.

Aunque fuera a partir del siglo XV cuando se tuvo conciencia de diversas técnicas para engañar a la mente a través del arte, su origen viene de tiempo atrás:

En las pinturas rupestres:



Figura 1.6. Representación del relieve en las pinturas rupestres. *Extraída de "http://albertocanosa.blogspot.com.es/2011/02/los-aviones-de-oro-construccion.html".*

El hombre primitivo, ya usaba el relieve de las cavernas para dar tridimensionalidad a sus imágenes.

En el Arte Egipcio:



Figura 1.7. Ejemplo de perspectiva jerárquica en pintura egipcia. *Extraída de "https://www.emaze.com/@ACZRCIFR/Presentation-Name".*

Se concebían las dimensiones de la superficie a pintar, sin sugerir estrictamente una idea de concepción espacial. Disponían los personajes en mayor tamaño, cuanto mayor importancia tuvieran. Es lo que los historiadores del arte denominan perspectiva jerárquica o teológica.

En la Edad Media:



Figura1.8. Cristo Pantocrátor sobre madera. Representación de perspectiva caballera en pintura bizantina. *Extraída de "http://www.historiadeltraje.com.ar/edad_media.html".*

Los intentos de conseguir una cierta idea de perspectiva se encuentran en la perspectiva caballera, donde los objetos más alejados se sitúan en la parte superior de la composición y los más cercanos, en la inferior.

En el Arte Gótico:

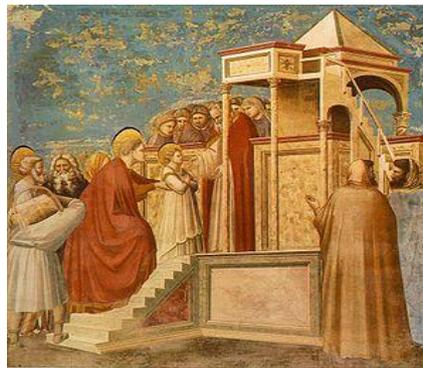


Figura 1.9. "Presentación de la Virgen en el templo" de Giotto. Ejemplo de perspectiva espacial. *Extraída de "https://es.wikipedia.org".*

Se comenzó a dotar de tridimensionalidad las composiciones pictóricas. Los artistas empiezan a buscar la sensación espacial a través de la observación de la naturaleza.

En el Renacimiento:



Figura 1.10. "La Entrega de Llaves a San Pedro" de Pietro Perugino. Ejemplo de percepción del espacio y punto de fuga. *Extraída de "https://xgfk12vni.wordpress.com/2012/09/14/practica-1-la-percepcion/attachment/5".*

Se produce un gran salto en la representación debido al descubrimiento de las leyes de la perspectiva y la geometría. La ilusión del trampantojo llena salas de iglesias y palacios, siendo uno de los engaños visuales más importantes. Se logra la sensación de espacio mediante el uso de la perspectiva cónica, donde las líneas paralelas de un objeto convergen hacia un determinado punto de fuga. Las figuras se van reduciendo en función de la distancia, lo que provoca la ilusión óptica de profundidad.

En el Barroco:

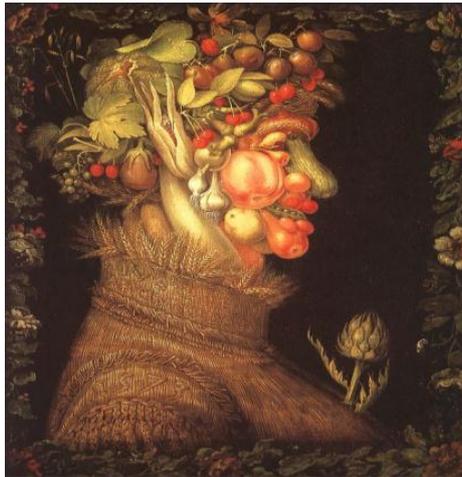


Figura 1.11. “Verano” de Giuseppe Arcimboldo. Ejemplo de pintura ambigua.
Extraída de <http://haraldwartooth.es/giuseppe-arcimboldo-locura-o-genialidad/>.

Surgen imágenes ambiguas, mundos imposibles y otros efectos dando dramatismo a la obra. Con la perspectiva aérea se intenta representar la atmósfera, el aire que envuelve a los objetos, degradando su color a medida que se van alejando del espectador, aportando así no sólo una sensación de profundidad.

En el Neoclasicismo y Romanticismo:



Figura 1.12. “La catedral de Salisbury vista desde el jardín del palacio arzobispal” de John Constable. Representación de la naturaleza y del fenómeno del sol. *Extraída de <http://artunframed.com/Gallery/shop/salisbury-cathedral-from-the-bishops-grounds/>.*

Representan ilusiones ópticas como las que se producen en los fenómenos atmosféricos (arco iris, atardecer...). Juegan con la luz y el color para engañar al ojo.



Figura 1.13. La barque pendant l'inondation, Port Marly de Alfred Sisley. *Extraída de* "https://commons.wikimedia.org/wiki/File:La_barque_pendant_l%27inondation,_Port-Marly.JPG".

En la Edad Contemporánea:

El papel de las ilusiones ópticas se pone especialmente de manifiesto en obras surrealistas y en su uso de las paradojas, imágenes dobles, op art (del inglés optical art, arte óptico).

El uso de las ilusiones ópticas en la cultura popular, camufladas como juegos de magia, ha ocupado gran parte de espectáculos de entretenimiento del público. Además, han tenido una aplicación científica a lo largo de su historia por parte de pintores y ópticos de corte.

Las ilusiones ópticas son un gran recurso para diseñadores gráficos y publicistas por la eficacia que tienen a la hora de construir mensajes visuales. Su objetivo es captar la atención del público. Dentro de las ilusiones ópticas más usadas se encuentran las deformaciones, paradojas, objetos imposibles, ambigüedades y trampantojos.



Figura 1.14. Izquierda. Ejemplo de ilusiones ópticas en el mundo de la publicidad. *Extraída de* <http://archive.feedblitz.com/431045/~4674923>.



Figura 1.15. Derecha. Ejemplo de ilusión óptica. *Extraída de* <http://foto-desing.weebly.com/moda.html>.

También podemos observar el uso de efectos visuales en el campo de la moda y la indumentaria porque, ya que toda ilusión óptica es un fenómeno perceptivo engañoso, el mundo de la moda, del vestir, resulta una plataforma ideal para la aplicación y exhibición de tales fenómenos. En especial vemos la aplicación del op art. Los diseñadores exhiben cada temporada esos equívocos visuales a través de la imagen y del vestido.



Figura 1.16. Ejemplo de op art en el mundo de la moda. *Extraída de <http://foto-desing.weebly.com/moda.html>.*

Otra aplicación se ve reflejada en espectáculos y puestas en escena. Tradicionalmente la ilusión más recurrente en el espacio escénico fue el trampantojo. Espejos mágicos o pantallas de proyección son algunos de los materiales más novedosos, además de potentes rayos de luz láser.

2. DESARROLLO: ILUSIONES VISUALES EN LAS QUE VAMOS A PROFUNDIZAR

2.1. Diferencia sexual debido al contraste facial y la aplicación de cosméticos

Con el análisis de este estudio vamos a poder entender:

- Las diferencias en el contraste facial entre hombres y mujeres
- Cuáles son las diferencias en la luminosidad de sus rostros
- Cómo este fenómeno ocurre de manera similar en distintas etnias (Experimento 1)
- Cómo hacer que un rostro parezca más masculino o femenino a partir de la modificación del contraste de una misma imagen (Experimento 2)
- Como el maquillaje puede remarcar este contraste en las mujeres y exaltar su atractivo (Experimento 3)

2.1.1. Breve introducción

A pesar de la creencia social sobre los estándares convencionales de belleza, estudios recientes teniendo en cuenta distintos factores basados en el atractivo han demostrado que nuestras preferencias tienen una base biológica. Sin embargo, estos estudios no han tenido en cuenta el uso de cosméticos (más adelante explicaremos el uso que tienen al remarcar el atractivo).

El empleo de cosméticos para embellecer el rostro viene de mucho tiempo atrás. Aunque en un inicio no fueron desarrollados explícitamente para modificar los factores del atractivo, con el tiempo se les ha dado este uso y se ha demostrado como acentúan el dimorfismo sexual en los seres humanos, es decir, las diferencias externas entre hombres y mujeres. En este sentido, el uso

de cosméticos puede marcar una diferencia entre sexos debido, por ejemplo, al contraste facial.

Dentro de una misma etnia, se ha observado que la piel de las mujeres es más clara que la de los hombres, hecho que ocurre por igual en diferentes etnias en los distintos continentes. Para profundizar en las variaciones de pigmentación según el sexo de los individuos, se evaluaron distintas zonas del cuerpo no expuestas a la luz solar para que esto no modificara el resultado.

Se observó que, en ambos sexos, los rostros tienen zonas de mayor oscuridad en ojos y labios, formando un triángulo invertido rodeado de zonas de piel más clara. Sin embargo, si se aumenta o disminuye el nivel de contraste del rostro, los efectos en el atractivo son contrarios si se trata de un hombre o de una mujer.

En este estudio se analiza como el atractivo de un rostro femenino aumenta cuando ojos y labios son más oscuros que el resto del rostro, es decir, cuando existe un mayor contraste entre las diferentes zonas, mientras que en el caso de los hombres ocurre lo contrario. Si realmente esta diferencia sexual existe, un rostro con mayor contraste debe ser percibido como femenino y viceversa.

2.1.2. Experimento 1

Para comprobar la hipótesis de la diferencia sexual en relación al contraste facial se tomaron fotografías a 118 estudiantes con el rostro limpio, es decir, los hombres afeitados y las mujeres sin maquillaje. De los participantes de este experimento 51 fueron asiáticos (25 mujeres con una media de edad de 19.4 años y 26 hombres con una media de edad de 19.8 años) y 67 caucásicos (31 mujeres con una media de edad de 20.5 años y 36 hombres con una media de edad de 20.7 años).

Todas las fotografías fueron tomadas bajo las mismas condiciones de iluminación. La cámara y las lámparas tenían una altura fija, mientras que una silla ajustable en altura permitía que la cabeza de todos los observadores quedara al mismo nivel. Además, la luz estaba centrada a la altura de la cabeza para evitar la proyección de sombras.

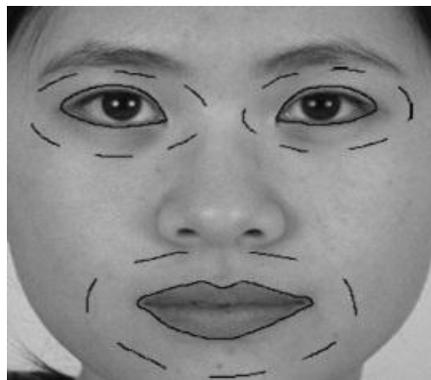


Figura 2.1. Representación de imagen en escala de grises para calcular contraste en region de ojos y labios. *Extraída de artículo A sex difference in facial contrast and its exaggeration by cosmetics de Russell R. Revista Perception, 2009, volume 38.*

En la figura 2.1 se muestra en escala de grises una de las imágenes utilizadas. En la misma se definen ojos y labios, rodeando con un anillo la región próxima a estos. El contraste facial es calculado como:

$$C_F = \frac{\text{luminancia característica} - \text{luminancia en piel}}{\text{luminancia característica} + \text{luminancia en piel}}$$

Esta es una versión adaptada de la medida del contraste de Michelson que varía de 0 a 1, donde los valores más altos indican un mayor contraste y viceversa.

2.1.2.1. Resultados

El rostro de las mujeres presenta un mayor contraste facial que el de los hombres, tanto en sujetos asiáticos como caucásicos. Además, el contraste facial en los sujetos asiáticos (ojos oscuros) es mayor que en los caucásicos (ojos claros). Tomando como variables la raza y el sexo, se encuentran diferencias significativas en el contraste facial, pero comparando mismos sexos de una etnia y de otra, las diferencias no son significativas.

De acuerdo a los resultados anteriores, la piel femenina es más clara que la piel masculina. También se observó que tanto los ojos como los labios de las mujeres tienen mayor luminosidad que en los hombres, sin embargo, esta diferencia es menor que la observada en la piel.

Para descartar la posibilidad de que la diferencia de contraste según el sexo fuera simplemente una función de la diferencia en la luminosidad de la piel entre hombres y mujeres, se realizó un análisis de covarianza (ANCOVA) donde el contraste facial era la variable dependiente y la luminosidad de la piel la variable de control. Los resultados no se vieron alterados tomando la luminosidad de la piel como variable de control, por lo que aunque se controle la luminosidad de la piel, sigue existiendo una diferencia en el contraste del rostro según el sexo.

Es posible también considerar solamente el contraste alrededor de ojos y boca, calculando el contraste en los ojos como

$$C_E = \frac{\text{luminancia del ojo} - \text{luminancia de la piel que rodea el ojo}}{\text{luminancia del ojo} + \text{luminancia de la piel que rodea el ojo}}$$

y el contraste en la boca como

$$C_M = \frac{\text{luminancia de la boca} - \text{luminancia de la piel que rodea la boca}}{\text{luminancia de la boca} + \text{luminancia de la piel que rodea la boca}}$$

Comparando estos contrastes entre los sexos de una misma etnia, el contraste obtenido en los ojos sigue siendo mayor en las mujeres asiáticas (media del contraste de los ojos: 0.206) y caucásicas (media de 0.139) que en los hombres, tanto asiáticos (media de 0.189) como caucásicos (media de 0.131). Al comparar los resultados obtenidos para el contraste en los ojos en ambas etnias, se observa que los orientales (al tener ojos más oscuros) tienen mayor contraste que los caucásicos (con ojos más claros), hasta el punto en

que los hombres orientales tiene un contraste en ojos mayor que las mujeres caucásicas.

En cuanto al contraste en la boca, el obtenido en mujeres caucásicas es mayor que el obtenido en hombres de la misma etnia. En orientales, sin embargo, el contraste obtenido en hombres y mujeres no presenta diferencias significativas.

Finalmente, se puede concluir que el contraste es mayor para los ojos que para la boca, siendo esta diferencia más evidente en Asia Oriental.

El hecho de que entre hombres y mujeres existan diferencias, no solo en la luminancia global del rostro, sino también en el contraste de luminancias, no es un hecho menor, ya que el contraste es una importante señal para la percepción visual y, al mismo tiempo, una propiedad a la que responden la mayoría de las neuronas de las primeras etapas del camino visual. A pesar de que el contraste de luminancias es un indicador visual robusto, la magnitud del contraste facial a la hora de diferenciar entre mujeres y hombres es sensiblemente menor que la comparación de la altura o la relación cintura-cadera. Esta es la razón por la que las personas no son conscientes de la diferencia que existe en el contraste facial entre hombres y mujeres, mientras si que lo son de la altura y la relación cintura-cadera. A pesar de no ser conscientes, utilizan el contraste facial como un indicador a la hora de hacer juicios acerca de la feminidad o masculinidad de un rostro.

2.1.3 Experimento 2

Es una demostración de la utilidad del contraste facial a la hora de determinar el sexo de un rostro. Lo podemos observar en estas imágenes:



Figura 2.2. Ejemplo de manipulación de contraste tanto en piel como en ojos y labios de una imagen andrógina. *Extraída de artículo A sex difference in facial contrast and its exaggeration by cosmetics de Russell R. Revista Perception, 2009, volume 38.*

Ambas imágenes han sido creadas al manipular la misma imagen original, un rostro perceptualmente andrógino creado en un ordenador a partir de promediar imágenes de rostros masculinos y femeninos.

En ambas imágenes los ojos y labios no han sufrido cambios, pero el resto se ha oscurecido para crear la imagen de la izquierda y se ha iluminado para crear la imagen de la derecha. Debido a que los ojos y labios se han mantenido sin cambios mientras que el resto del rostro se ha vuelto más claro o

más oscuro, el contraste facial se ha incrementado o disminuido respectivamente. A pesar de que la manipulación entre las fotos es sutil tiene un fuerte efecto, haciendo que la imagen de la izquierda (menor contraste) parezca masculina y la de la derecha (mayor contraste) femenina. En la figura 2.2 al disminuir el contraste en la imagen de la izquierda, el rostro presenta también la piel más oscura. Como los hombres poseen la piel más oscura que las mujeres, podría estar ocurriendo que esta diferencia en la claridad de la piel sea la que esté influenciando la ilusión en lugar de la diferencia en el contraste facial.

Para comprobar esta posibilidad, se crearon un par de rostros en los que se modificó el contraste sólo en ojos y labios, permaneciendo el resto de la piel igual en ambos. Los rostros obtenidos se pueden ver en las siguientes imágenes:

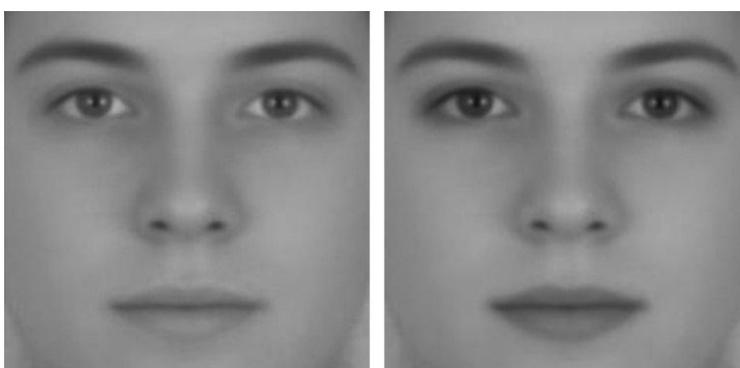


Figura 2.3. Ejemplo de imagen androgina con modificación de contraste solo en ojos y labios. *Extraída de artículo A sex difference in facial contrast and its exaggeration by cosmetics de Russell.R. Revista Perception, 2009, volume 38.*

Una vez más, el rostro de la izquierda con una disminución del contraste parece masculino, mientras que el de la derecha, con un aumento del contraste, parece femenino. Debido a que los dos rostros tienen el mismo tono de piel, esta prueba proporciona evidencia de que el contraste facial, en sí mismo, constituye un elemento que se puede utilizar como indicador en la determinación del sexo de un rostro. De hecho, el contraste facial puede ser más importante que el hecho de oscurecer o aclarar el rostro en general, lo cual no sirve para distinguir entre un sexo u otro. Ambas pruebas del experimento 2 indican que aunque las personas no son conscientes de la diferencia en el contraste facial entre hombres y mujeres, igualmente lo utilizan como un indicador a la hora de percibir el sexo de un rostro.

Aunque se sabe que el contraste facial tiene efectos diferentes sobre el atractivo masculino y femenino (Russell 2003), no se ha explicado su relación con la masculinidad y la feminidad percibida. Debido a que el contraste facial se utiliza como una señal para distinguir el sexo, no es de extrañar que también se emplee para hacer juicios acerca de la masculinidad o feminidad de un rostro. Para comprobar la hipótesis de que el contraste facial está relacionado con estos juicios se evaluó a 29 sujetos, 15 mujeres evaluaron rostros masculinos y 14 hombres evaluaron rostros femeninos, los cuales dieron una puntuación según les parecieran las imágenes más masculinas o femeninas respectivamente. Al analizar los resultados, se vio que la correlación entre el

contraste facial y la feminidad de un rostro era positiva, mientras que al correlacionarlo con la valoración de la masculinidad el resultado era negativo. Como estas correlaciones entre las calificaciones de masculinidad y feminidad con el contraste facial podrían ser un subproducto de la luminancia de la piel (que también es un dimorfismo sexual) se realizaron otros análisis estadísticos. Con la luminancia de la piel como variable de control, el contraste facial siguió influyendo positivamente en la puntuación de feminidad en rostros de mujeres. Incluso controlando la luminancia de la piel, las mujeres tuvieron mejores calificaciones que los hombres cuando el contraste facial era mayor.

Otro posible factor de confusión podría provenir de analizar a la vez la etnia caucásica y la asiática. Para tener en cuenta tanto la luminancia de la piel como la etnia, los resultados se analizaron mediante una correlación parcial tomando como variables de control ambas características. Teniendo controladas ambas, hay una correlación positiva entre el contraste facial y la feminidad en los rostros femeninos, y una correlación negativa entre el contraste facial y la masculinidad en los rostros masculinos. En otras palabras, al controlar la etnia y la luminancia de la piel se obtiene el mismo patrón de resultados antes mencionados (un contraste mayor se relaciona con rostros más femeninos y un contraste menor con rostros masculinos), sin embargo, las correlaciones obtenidas son menores y estadísticamente no significativas (particularmente en rostros masculinos).

En resumen, en un conjunto de rostros reales, se encontró una relación significativa entre el contraste facial y la masculinidad o feminidad de dichos rostros. Además, esta relación está modulada por el origen étnico.

2.1.4 Experimento 3

Se parte de la hipótesis de que el uso de cosméticos que oscurecen ojos y labios, sin variar demasiado la luminancia del resto del rostro, debería incrementar el contraste facial.

Para evaluar dicha hipótesis, se fotografió el rostro de 12 mujeres caucásicas de entre 18 y 21 años. Todas las participantes fueron fotografiadas dos veces, una vez con cosméticos y otra con el rostro natural. En las fotos con cosméticos, debían pintarse como lo harían para salir de fiesta por la noche.

Con el mismo método utilizado en el experimento 1, se midió el contraste facial a partir de imágenes de los rostros en escala de grises. El contraste facial promedio fue de 0,16 en los rostros con cosméticos y de 0,12 en los rostros sin cosméticos, una diferencia significativa según la prueba t-Student para muestras apareadas. El aumento del contraste facial fue también consistente, ya que las 12 participantes presentaron mayor contraste facial con maquillaje que sin él. Debido a este gran incremento del contraste facial con el uso de cosméticos, resulta más fácil diferenciar entre rostros femeninos y masculinos.

La aplicación de cosméticos aumenta el contraste tanto de labios (de 0,10 a 0,16) como de ojos (de 0,13 a 0,17). Estos resultados, por tanto, confirman el uso de los cosméticos para acentuar los rasgos sexuales femeninos y distinguirlos de los masculinos (dimorfismo sexual) a partir del aumento del contraste facial.

2.1.5. Discusión

Tras el estudio de una gran variedad de rostros, se observó que las mujeres tienen mayor contraste facial que los hombres. Esta diferencia entre sexos se manifestó tanto en caucásicos como en asiáticos. Además, cuanto mayor sea el contraste facial, más femenino y menos masculino parecerá un rostro, aunque esta relación sea más débil en rostros de hombres.

Sólo con aumentar o disminuir el contraste facial en un rostro andrógino, es posible hacer que este parezca femenino o masculino (imágenes del experimento 2). Estos resultados indican que, a pesar de no ser conscientes de esta diferencia sexual en relación al contraste facial, nuestro sistema perceptivo hace uso de ella como una pista para distinguir rostros femeninos de rostros masculinos.

Debido a que la feminidad está fuertemente relacionada con el atractivo, estos resultados ayudan a explicar resultados previos que mostraban que los rostros femeninos resultan más atractivos con un mayor contraste facial.

En este estudio se encontró también que la aplicación usual de los cosméticos aumenta el contraste de ojos y labios en relación al resto del rostro, haciendo que este parezca más femenino. Es muy poco probable que esto ocurra por casualidad, ya que aunque un rostro pueda presentar diferentes patrones de luces y sombras, sólo este patrón está relacionado con las diferencias entre rostros de hombres y mujeres. El maquillaje aumenta el contraste facial, haciendo que los rostros de mujeres con maquillaje resulten más femeninos y atractivos que aquellos que no lo llevan. Esto sugiere una importante función de los cosméticos, ya que además de acentuar las diferencias entre un sexo y otro, logran que un rostro femenino parezca más femenino y más atractivo.

Otra forma de manipular el dimorfismo sexual es el hecho de depilarse las cejas. Tanto el grosor de las cejas como la distancia de estas respecto de los ojos son rasgos de dimorfismo sexual. Las mujeres tienen cejas más finas y más altas (respecto a los ojos) que los hombres. Así, para acentuar la feminidad del rostro, se aconseja a las mujeres depilarse las cejas desde abajo, para que sean más finas y queden más separadas del ojo.

Además de las diferencias relacionadas al sexo de un rostro, hay otros parámetros con base biológica respecto de la belleza facial, como la juventud, la simetría, etc. Es probable que los cosméticos sean utilizados para manipular estos parámetros. Aunque en general se piense que los cosméticos son un fenómeno cultural, en gran medida dictado por la moda, los resultados de este trabajo sugieren una explicación científica alternativa, basada en el uso de los mismos para manipular los parámetros biológicos de la belleza facial.

2.2. Ilusión de la torre inclinada

La figura 2.4. muestra dos imágenes de la torre inclinada de Pisa colocadas una junto a la otra. Da la impresión de que la torre de la derecha se inclina más, como si hubiera sido fotografiada desde un ángulo diferente. Sin embargo, las dos imágenes son idénticas.



Figura 2.4. Representación de dos imágenes exactas de la torre de Pisa. *Extraída de http://www.scholarpedia.org/article/Leaning_tower_illusion#Principle_applied_to_a_single_object*

La ilusión de la torre inclinada es el fenómeno por el cual una imagen de una torre vista desde abajo parece estar con un ángulo distinto al poner una copia de la misma torre al lado. El nombre de la ilusión es un juego de palabras con "torre inclinada", ya que se observó por primera vez en un par de imágenes idénticas de la torre inclinada de Pisa, como se muestra en la imagen. La ilusión, sin embargo, funciona para cualquier imagen de una torre u objeto que se aleje del observador, llamados también objetos en retroceso. Esta ilusión es cognitiva y se describe mejor como un error en la representación visual y no como una ilusión óptica, ya que el truco está en la mente y no en un fenómeno de la luz.

2.2.1. ¿Cómo funciona nuestro cerebro?

En esta ilusión, la mente es engañada al construir una imagen en 3D a partir de una imagen plana en 2D. Cuando se proyecta en una superficie bidimensional, el contorno de los objetos que se alejan tiende a converger en un punto común. El patrón de líneas convergentes se denomina visión en perspectiva. Los objetos de la escena visual se transforman en imágenes en la retina, donde se codifican como señales eléctricas que van al cerebro para su posterior análisis. Debido a que nuestra retina es una superficie, las imágenes se proyectan en perspectiva. Sin embargo, nuestro cerebro ha aprendido a reconstruir la tercera dimensión de las imágenes en la retina y, como resultado, tendemos a percibir los objetos "como son", es decir, no percibimos el patrón de líneas convergentes. No se sabe bien cómo y cuándo nuestros cerebros adquieren esta capacidad, pero lo más probable es que se desarrolle durante la infancia, ya que es la edad en la que se interactúa de manera manual y visual con un mundo físico de objetos en 3D. El cerebro tiene una gran capacidad para reconstruir la tercera dimensión, proceso que se realiza de manera inconsciente. Así, es capaz de reconstruir la tercera dimensión no sólo a partir de imágenes de la retina, sino de pinturas, fotografías e imágenes de televisión.

2.2.2. Fenómeno en las torres Petronas de Kuala Lumpur



Figura 2.5. Representación de dos fotografías ecatas de las torres Petronas. *Extraída de “http://www.scholarpedia.org/article/Leaning_tower_illusion#Principle_applied_to_a_single_object”.*

Consideramos la fotografía de las torres gemelas Petronas en Kuala Lumpur.

Imagen izquierda

Físicamente, ambas torres son verticales y paralelas entre sí, aunque en la proyección bidimensional, sus correspondientes contornos no son paralelos y convergen (a medida que se alejan) debido a la perspectiva de las torres en la distancia. Nuestro conocimiento de la perspectiva, sin embargo, compensa esto y nos lleva a percibir las inclinaciones de las dos torres con un mismo ángulo.

Imagen derecha

Se deduce entonces que si uno tiene una imagen donde los contornos de dos objetos idénticos que se alejan no convergen, es decir, los contornos son paralelos en la proyección bidimensional, estos objetos no pueden ser físicamente paralelos y la única interpretación razonable es que deben ser divergentes. Esto es precisamente lo que se ve en la figura, donde la torre de la derecha ha sido reemplazada por una copia de la de la izquierda.

El mismo principio se aplica a las imágenes de la torre de Pisa. La ilusión no se limita a torres fotografiadas desde abajo, sino que también se da en otras escenas visuales, como las líneas del tranvía.



Figura 2.6. Imagen de vías de tren mostrando objetos en regresión *extraída de “http://www.scholarpedia.org/article/Leaning_tower_illusion#Principle_applied_to_a_single_object”.*

2.2.3. Importancia de la ilusión

La ilusión de la torre revela que el cerebro, a la hora de reconstruir la tercera dimensión, toma la imagen como un todo en vez de analizarla por partes.

Si esta reconstrucción se aplica por separado a cada imagen de la torre de Pisa podríamos percibir que ambas torres se elevan con el mismo ángulo, sin embargo, nos resulta muy complicado el hecho de ver ambas torres por separado, a pesar de que sean imágenes idénticas.

Debido a que ambas imágenes de las torres no convergen al retroceder en la distancia, el cerebro, equivocadamente, las percibe como divergentes y no como paralelas

¿Esta ilusión nos indica que nuestras mentes están defectuosas? ¿No sería mejor reconstruir las imágenes en 3D por partes y así evitar la percepción errónea?

No. El sistema visual está diseñado para ayudarnos a navegar en un mundo complejo y en 3D. El mecanismo del cerebro para la reconstrucción de la tercera dimensión no es perfecto, por lo que si lo aplicamos para analizar una escena por partes, acumularemos más errores y nos resultará mucho más complejo interpretar las escenas visuales.

2.2.4. Otras explicaciones para la ilusión

Algunas ilusiones visuales han sido explicadas por "la expansión del ángulo agudo" (Kitaoka y Ishihara, 2000), el fenómeno en el que los ángulos agudos tienden a parecer más grandes de lo que realmente son. Si el ángulo agudo subtendido por los dos lados interiores de las torres de Pisa fuera ampliado perceptualmente, esto podría producir la impresión de que las torres divergen. La imagen de la figura 2.7, diseñada por Akiyoshi Kitaoka, representa este fenómeno.

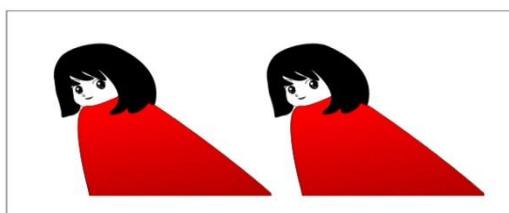


Figura 2.7. Representación del fenómeno de expansión del ángulo agudo. *Extraída de* "http://www.scholarpedia.org/article/Leaning_tower_illusion#Principle_applied_to_a_single_objectde".

La disposición de los ángulos en la figura es similar al de las torres Pisa, pero a diferencia de estas, los objetos no se alejan en la distancia. Si la ilusión fuera por la expansión del ángulo agudo, algo similar debería de ocurrir en esta imagen, mientras que si fuera por la explicación de la perspectiva dada anteriormente, no debería ocurrir nada.

La ilusión es casi inexistente en la imagen de la niña, lo que apoya la explicación de la perspectiva para objetos que se alejan en la distancia como las torres o las vías del tren.

Podríamos pensar también que colocando una serie de imágenes de las torre de Pisa la ilusión se acumularía, dando como resultado final una torre totalmente volcada hacia la derecha; sin embargo esto no ocurre (figura 2.8).

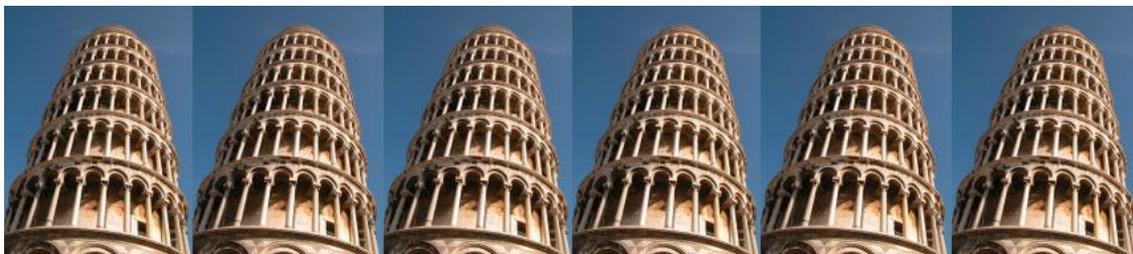


Figura 2.8. Ejemplo sobre como al unir varias imágenes de la torre de Pisa el efecto no se suma. *Extraída de* http://www.scholarpedia.org/article/Leaning_tower_illusion#Principle_applied_to_a_single_object.

Hay una serie de razones que podrían explicar esto. Tanto la primera como la última torre podrían ser el inicio del efecto, por lo que este no puede acumularse (todas las torres tienen la misma inclinación, por lo que el efecto solo se puede apreciar en cada par de torres).

En segundo lugar, si es correcta la hipótesis de que nuestro cerebro reconstruye la tercera dimensión de una escena visual como un todo, la magnitud de la ilusión visual debe ser igual para todas las torres de la serie, tanto las del inicio como las del final. Por último nuestros errores a la hora de percibir entornos y figuras geométricas tienen un límite, ya que nuestro cerebro sería incapaz de reconstruir la última torre totalmente volcada debido al aprendizaje que ha ido adquiriendo de una escena visual como un todo.

3. DISCUSIÓN FINAL: POSIBLES APLICACIONES EN LA OPTOMETRÍA

A continuación como pequeña discusión acerca de las ilusiones anteriormente explicadas, planteo alguna posible aplicación que podría hacerse a la hora del trabajo en gabinete por parte de un óptico optometrista.

- *Asociado a la sensibilidad al contraste:*

Como punto de partida, se propone usar en gabinete la imagen andrógina explicada en la ilusión de la diferencia del contraste facial, a la cual aumentaremos y disminuirémos el contraste como en el experimento 2.

Situada a distancia de lejos (6 m) y con la refracción adecuada, probaremos con distintos pacientes la capacidad de discriminación entre hombre/mujer a partir de la modificación del contraste. Sería interesante realizarlo tanto en sujetos sanos como en sujetos con patologías que afecten a la sensibilidad al contraste, ya sea a las frecuencias altas, medias o bajas. En este caso,

¿tendrían los pacientes la misma capacidad de discriminación? ¿Seguirían diferenciando entre hombre y mujer?

Sería una manera de saber si en esta ilusión sólo interviene la sensibilidad al contraste o, por el contrario, existen más factores determinantes. Si estos pacientes con patologías no fueran capaces de apreciar estas diferencias, quizá fuera una manera sencilla, rápida y distinta de evaluar la sensibilidad al contraste.

- *Asociado a la tridimensionalidad:*

La ilusión de la torre inclinada hace alusión a la capacidad de formar imágenes tridimensionales. En este punto nos planteamos si a la hora de apreciar esta ilusión visual dependiendo del grado de fusión y por tanto de estereopsis (3D) habrá sujetos que vean mayor inclinación que otros. ¿Las personas con estrabismo (ejes visuales desalineados) tendrían más dificultad en percibir esta ilusión?

4. CONCLUSIONES

A partir de la revisión bibliográfica realizada en este trabajo ponemos de manifiesto como las ilusiones visuales han sido un tema de gran interés y han causado mucha expectación a lo largo de la historia. Con el paso del tiempo, psicólogos y neurólogos han tratado de explicar distintos efectos ópticos que son capaces de trastocar nuestra percepción, pero aun así la mayoría sigue causando fascinación en cualquier espectador.

La cantidad de artículos publicados va en aumento ya que muchas ilusiones visuales, incluidas las analizadas en este documento, son de reciente aparición. La diferencia de sexo debido al contraste fue descubierto por R.Russell en 2009. Al crear una imagen andrógina de manera virtual pudo observar como el sexo parecía cambiar con tan solo aumentar o disminuir el contraste de la fotografía, ilusión que tiene relación con la manera de percibir los rasgos masculinos y femeninos de nuestra mente. Por otra parte la segunda ilusión descubierta en 2007 por A.Kingdom muestra como aquellos objetos regresivos en el espacio parecen alejarse y converger en un punto cuando en realidad no lo hacen. Nuestra manera de percibir en conclusión, es el resultado de diversos factores.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Díaz Padilla R. “Introducción: Ilusiones ópticas y los escenarios de la representación” en “Arte, magia e ilusión: las ilusiones ópticas en el arte y otras producciones visuales”. Ed. Consejo Superior de Investigaciones Científicas; Universidad Complutense de Madrid. 2013. ISBN: 978-84-00-09763-9.
- Macknik S, Martinez-Conde S. Capítulo 3: EL HERMANO QUE FALSEÓ UNA CÚPULA, Ilusiones visuales en el arte y en la ciencia, en “Los engaños de la mente”. Ed. Destino. 2013. ISBN: 9788423346356.
- Russell R. A sex difference in facial contrast and its exaggeration by cosmetics. *Perception*. 2009; 38, 1211-1219.
- Kingdom FAA, Yoonessi A y Gheorghiu E. The Leaning Tower illusion: a new illusion of perspective. *Perception*. 2007; 36, 475-476.
- http://www.scholarpedia.org/article/Leaning_tower_illusion#Principle_applied_to_a_single_object
- http://theneuromarketer.com/blog/?page_id=210
- http://www.tendencias21.net/Las-suposiciones-condicionan-nuestra-percepcion-visual_a2160.htm
- <https://es.wikipedia.org/wiki/Perspectiva>
- <http://albertocanosa.blogspot.com.es/2011/02/los-aviones-de-oro-construccion.html>