

¿ILUSIÓN O CONFUSIÓN?

Como engañar al complejo y casi perfecto
órgano que es el cerebro humano.



Autora: Maria Romero Serrano

Tutora del Trabajo de investigación:

Teresa Contreras Vega

Colegio: Inmaculada Concepción, Gavá

Año de promoción 2014-2015

PRÓLOGO

En este trabajo de investigación encontrarás dos capítulos de teoría seguido de una exposición de ilusiones ópticas acompañadas de su explicación científica.

Me gustaría comentar un aspecto a tener en cuenta a la hora de la lectura de mi trabajo. Este contiene varios videos ilusorios que aparecerán nombrados de la siguiente manera:

[Ver video número "...": "título de la ilusión óptica"](#), por ejemplo:
[Ver video número 0: Ilusión del movimiento como efecto secundario](#)

Cuando veas esto deberás conectar el pendrive en tu ordenador, en el encontraras un listado de videos ordenador según van apareciendo en el trabajo.

Una vez explicado esto, comencemos...

Espero que disfrutes la lectura de mi trabajo tanto como yo he disfrutado su redacción.

ÍNDICE

1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1-3
1.1. Situación actual de las ilusiones ópticas y origen histórico.....	1
1.2. Objetivos de mi trabajo de investigación.....	2
1.3. Motivos por los que he escogido este tema en concreto.....	2
1.4. Descripción breve de capítulos.....	3
2. <u>CAPITULO 1: LOS OJOS HUMANOS</u>	4-6
2.1. ¿Qué son?	4
2.2. Estructura.....	5-6
3. <u>CAPITULO 2: LA VISIÓN</u>	7-9
3.1. Un proceso sorprendente.....	7-8
3.2. Esquema.....	9
4. <u>CAPITULO 3: ILUSIONES ÓPTICAS</u>	10-25
4.1. Limitaciones del sistema visual.....	10
4.2. Tipos de ilusión óptica.....	10-25
4.2.1. Ilusiones ópticas de la percepción de la perspectiva.....	10-15
4.2.2. Ilusiones ópticas de la percepción del movimiento.....	15-18
4.2.3. Ilusiones ópticas de la percepción del color y el contraste.....	18-25
5. <u>CONCLUSIÓN</u>	26-27
6. <u>AGRADECIMIENTOS</u>	28
7. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	29-31

1. INTRODUCCIÓN

1.1. SITUACIÓN ACTUAL DE LAS ILUSIONES OPTICAS Y ORIGEN HISTORICO

La situación actual de las ilusiones ópticas es bastante buena, son uno de los trucos más llamativos para trastocar nuestra percepción: ligadas a nuestros sentidos y la manera en que nuestro cerebro aprende del mundo, su fascinación radica justamente en la puesta en duda de estos mecanismos que usualmente creemos imperturbables.

En la historia de las ilusiones ópticas, algunas bastantes antiguas, destacamos como origen la descubierta y descrita por **Aristóteles**: la ilusión del movimiento como efecto secundario,



el fenómeno un tanto simple, pero no sencillo, en el cual parece que algo se encuentra en movimiento cuando en realidad está fijo. En el caso del filósofo griego, él notó que después de mirar por cierto tiempo una corriente de agua, cuando pasaba la vista a las rocas inmóviles que se encontraban cerca, parecía que estas seguían el curso del río.

En el soporte video gráfico del trabajo (que encontrará en el pendrive que complementa esta memoria escrita) podrá ver un ejemplo de esta ilusión, el nombre del archivo lo encontrará más abajo.

INSTRUCCIONES: Mantenga la vista fija en el punto de color azul que aparece en el centro de la pantalla durante 30 segundos, al cambiar la imagen podrá observar la ilusión.

[📺 Ver video número 0: Ilusión del movimiento como efecto secundario](#)

El tema en cuestión ha sido tratado durante el transcurso de los años hasta el día de hoy, en que sabemos muchas cosas sobre estos fenómenos pero nos falta descubrir mucho más a cerca de nuestros sentidos y nuestra percepción.

- Con el tiempo, psicólogos y neurólogos han explicado el efecto de la siguiente manera: Cuando algo se mueve en nuestro campo visual, las células de la retina dan cuenta al cerebro del hecho. Este primer paquete de información viaja con rapidez, pero si el movimiento es monótono y repetitivo, entonces la velocidad de transferencia de información descende. Después, cuando estímulo se retira —es decir, si dejamos de ver lo que se está moviendo— las células que procesan el movimiento siguen fatigadas y envían la información con una velocidad todavía por debajo de los niveles normales. Sin embargo, las células que registran la referencia, el contexto, el movimiento en otras direcciones, cumplen sus funciones con normalidad, por lo cual el movimiento del primer referente aparece falsificado y en una dirección opuesta.

Puede que no le haya quedado muy clara la explicación debido a que a lo mejor no tiene los conocimientos suficientes para entenderla, es decir, puede que por ejemplo, como mucha otra gente, usted no conozca la función que ejercen las células de la retina o la relación de esta capa con cerebro. Pero no se preocupe, porque cuando termine de leer este trabajo de investigación será capaz de entender perfectamente esta ilusión que engaña a nuestra visión así como muchas otras ilusiones más.

1.2. OBJETIVOS DE MI TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Los objetivos de mi trabajo de investigación son principalmente, aparte de poder experimentar los efectos de las ilusiones ópticas, entender porque estas nos confunden y poder dar explicaciones científicas sobre algunas de ellas. Así como también entender el proceso de la visión, el cual hace posible que veamos el mundo que nos rodea.

Estos conocimientos permitirán que al finalizar mi trabajo sea capaz de crear, yo sola, una nueva ilusión óptica (que mostraré en la exposición oral) que englobe diferentes aspectos reflejados a lo largo del proyecto.

A parte de estos objetivos, me he propuesto ser original creando un trabajo más dinámico que los que de costumbre, un trabajo sin relleno, de lectura fácil que capte la atención del lector y reclame su participación activa a través de videos ilusorios que le dejen estupefacto.

1.3. MOTIVOS POR LOS QUE HE ELEGIDO ESTE TEMA EN CONCRETO

He escogido este tema porque desde siempre me ha llamado la atención, será porque me gusta soñar, será porque me gusta que me sorprendan o por el hecho que mezcla dos campos que me encantan, la ciencia y el arte.

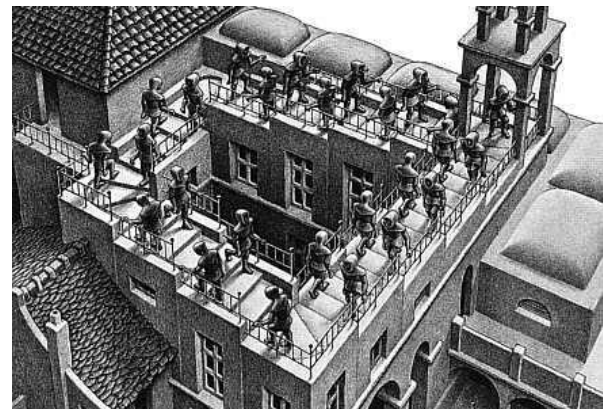
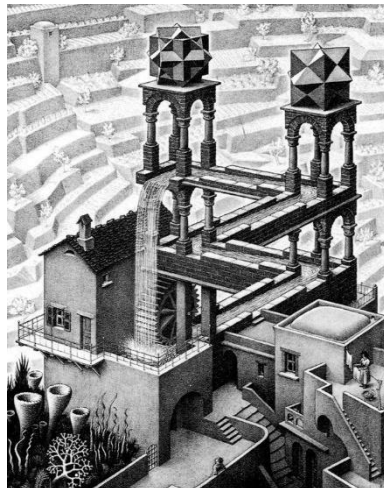
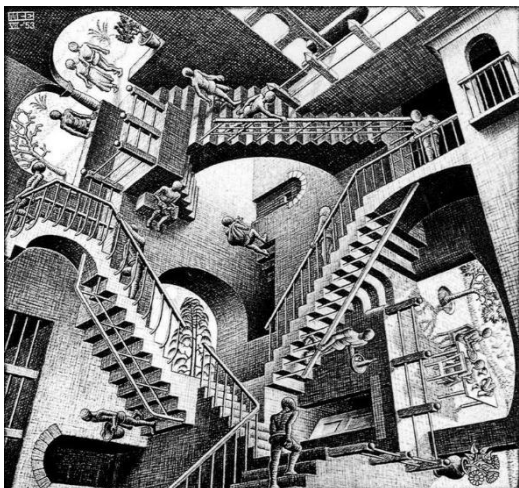
A demás me gusta pensar que se pueda engañar a nuestros sentidos, el simple hecho de tener algo delante de ti y no saber bien bien lo que está pasando.

Las ilusiones te hacen dudar de lo que realmente ves y nos obligan a ver más allá de las simples apariencias, nos entrena como observadores para estar más atento a las pequeñas y grandes cosas de la vida.

Debo resaltar la figura de *Maurits Cornelis Escher*, uno de mis pintores favoritos, como gran motivador de este trabajo.

"Sólo quienes intentan cosas absurdas alcanzarán lo imposible", eso pensaba el artista holandés Escher, y si por absurdo se entiende lo asombroso y lo paradójico, a eso dedicó él justamente su vida.

Es reconocido por sus dibujos acerca de ilusiones espaciales creadas utilizando patrones geométricos, como muestran las siguientes imágenes de algunas de sus obras.



1.4. DESCRIPCIÓN BREVE DE CAPITULOS

Este trabajo está dividido en tres capítulos:

CAPITULO 1: LOS OJOS HUMANOS

Este primer capítulo nos habla sobre el órgano que expresa el título, el ojo humano, y nos explica su estructura y sus diferentes partes de una forma detallada.

CAPITULO 2: LA VISIÓN

Este capítulo nos explica el proceso de la visión humana, guiándonos por los diferentes caminos que recorre la información visual desde que es captada por nuestros ojos hasta que llega al cerebro, donde se interpreta.

CAPITULO 3: ILUSIONES OPTICAS

En este tercer y último capítulo encontramos un gran catálogo de ilusiones ópticas expuestas y explicadas de forma clara, divididas en cuatro subapartados:

-Ilusiones ópticas de la percepción de la perspectiva; Incluye aquellas ilusiones relacionadas con el trastorno visual de la perspectiva.

-Ilusiones ópticas de la percepción del movimiento; Incluye aquellas ilusiones relacionadas con el trastorno visual del movimiento.

-Ilusiones ópticas de la percepción del color y el contraste; Incluye aquellas ilusiones relacionadas con el trastorno visual del color y el contraste.

-Ilusiones ópticas de la percepción de la forma; Incluye aquellas ilusiones relacionadas con el trastorno visual de la forma.

2. CAPITULO 1: EL OJO HUMANO

2.1. ¿QUÉ ES?

El ojo humano es un órgano que detecta la luz, siendo así la base del sentido de la vista. Pueden ser la ventana al alma pero en un nivel menos poético los ojos simplemente son cosechadores de luz que la atrapan y la traducen en impulsos eléctricos que el cerebro puede entender.

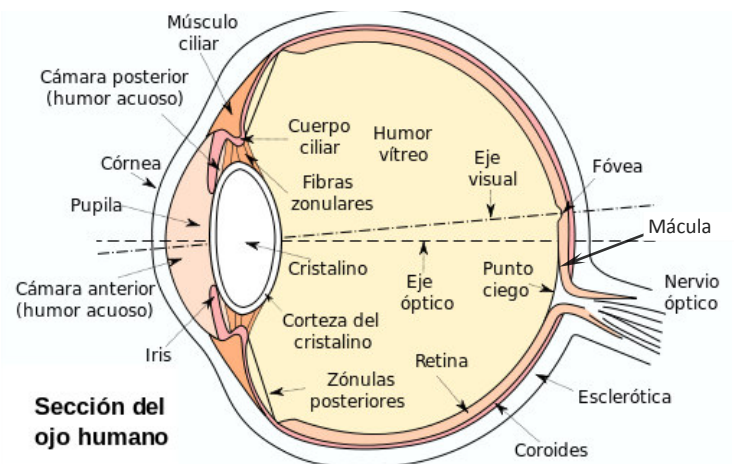
Los ojos se ubican en el frente de la cara por una razón, mirar hacia delante y diferenciar lo suficiente para dejarnos calcular distancias, ver y rastrear lo que sea que deseemos. En microsegundos los ojos ven enfocan, siguen y procesan imágenes de una fracción de centímetro de largo o que se mueven a cientos de kilómetros por hora permitiéndonos evaluar y entender el mundo que nos rodea más que cualquier otro sentido.

2.2. ESTRUCTURA

El globo ocular es una estructura esférica de aproximadamente 2,5 cm de diámetro con un marcado abombamiento sobre su superficie anterior lleno de un gel transparente llamado humor vítreo que rellena el espacio comprendido entre la retina y el cristalino.

La parte exterior se compone de tres capas de tejido:

La capa más externa o esclerótica tiene una función protectora, cubre unos cinco sextos de la superficie ocular y se prolonga en la parte anterior con la córnea transparente; la capa media o úvea tiene a su vez tres partes diferenciadas: la coroides —que reviste las tres quintas partes posteriores del globo ocular— continúa con el cuerpo ciliar, formado por los procesos ciliares, y a continuación el iris, que se extiende por la parte frontal del ojo. La capa más interna es la retina, sensible a la luz.



El Músculo ciliar es un músculo situado en el interior del ojo. Tiene forma de anillo y está adherido al cristalino mediante unas fibras que se llaman ligamento suspensorio del cristalino. La contracción del músculo ciliar hace que se relajen las fibras que constituyen el ligamento suspensorio y como consecuencia el cristalino cambia de forma y se hace más esférico, aumentando su capacidad de refracción para poder enfocar objetos cercanos.

El humor acuoso es un líquido claro que fluye por la cámara anterior (entre la córnea y el iris) y la cámara posterior (entre iris y cristalino).

El humor acuoso mantiene la presión intraocular que ayuda a dar la forma del ojo (convexa), además tiene como función la nutrición y oxigenación de ciertas partes del ojo por ejemplo la córnea.

La córnea es una de las partes externas del ojo. Protege al cristalino y al iris permitiendo el paso de la luz.

La pupila es el orificio central del iris. Se dilata o contrae en función de la cantidad de luz existente.

El iris es la parte coloreada del ojo. Su función es regular la entrada de luz aumentando o disminuyendo su tamaño según la intensidad de la misma.

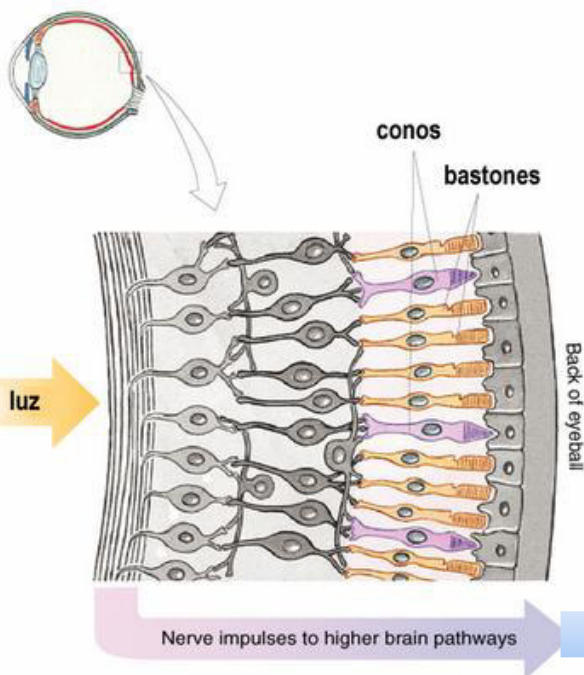
Las fibras zonulares son fibras que sujetan la cápsula del cristalino al cuerpo ciliar.

El cristalino es la parte del ojo humano que enfoca el haz de luz en la retina. Tiene forma de lente biconvexa. Está situado tras el iris y delante del humor vítreo. Su propósito principal consiste en permitir enfocar objetos situados a diferentes distancias, se consigue mediante un aumento, o disminución funcional de su curvatura y de su espesor, proceso que se denomina acomodación.

El humor vítreo es un líquido gelatinoso y transparente que rellena el espacio comprendido entre la superficie interna de la retina y la cara posterior del cristalino, es más denso que el humor acuoso, el cual se encuentra en el espacio existente entre el cristalino y la córnea.

El punto ciego es la zona de la retina de donde surge el nervio óptico.

Esta zona del polo posterior del ojo carece de células sensibles a la luz, tanto de conos como de bastones, perdiendo así toda la sensibilidad óptica. Normalmente no percibimos su existencia debido a que el punto ciego de un ojo es suplido por la información visual que nos proporciona el otro. También es difícil percibirlo con un sólo ojo, ya que ante la falta de información visual en la zona del punto ciego, el cerebro recrea virtualmente y rellena esa pequeña área en relación al entorno visual que la rodea.



La retina es la parte del ojo sensible a la luz.

Está compuesta por los conos y los bastones que son las células fotorreceptoras del ojo. Forman la primera capa de la retina nerviosa (capa de los conos y bastones).

Los **bastones** son las células responsables de la visión en condiciones de baja luminosidad. Presentan una elevada sensibilidad a la luz aunque se saturan en condiciones de mucha luz y no detectan los colores, sino las tonalidades grises (como en la penumbra). Los bastones se conectan en grupo y responden a los estímulos que alcanzan un área general, pero no tienen capacidad para separar los detalles en visual.

Con respecto a los **conos**, estas células son las responsables de la visión en colores.

Existen tres tipos de conos: los que son sensibles a la luz roja, los sensibles a la luz verde y los sensibles a la luz azul. Los 3 tipos de conos son llamados:

Tipo L: sensibles a longitudes de onda larga (luz roja)

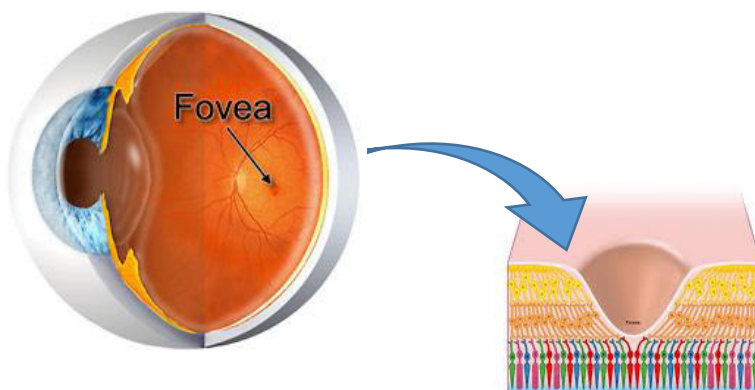
Tipo M: sensibles a longitudes de onda mediana (luz verde)

Tipo S: sensibles a longitudes de onda corta (corta = “short” en inglés) (luz azul)

El cerebro interpreta los colores a partir de la estimulación de los tres tipos de conos. Estos estímulos se transmiten por la retina a las células bipolares que conectan con las células ganglionares de donde parte el nervio óptico que envía la información al cerebro.

La fovea es el área de la retina donde se enfocan los rayos luminosos y se encuentra especialmente capacitada para la visión del color.

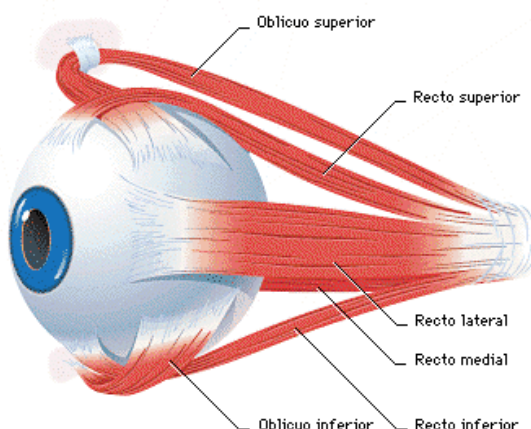
Dirigir la vista hacia un objeto supone colocar su imagen óptica en la fovea.



El nervio óptico conduce los impulsos nerviosos de los bastones y los conos al cerebro. El mensaje visual es transmitido en forma de señales eléctricas.

El cerebro transformará esa electricidad en sensación visual.

La mácula lútea (del latín “mancha amarilla”) es una mancha amarilla localizada en la retina especializada en la visión fina de los detalles, nos sirve entre otras cosas para poder leer y distinguir las caras de las personas.



Los músculos extrínsecos del globo ocular son, como su nombre indica, músculos relacionados con el globo ocular y que se encuentran por fuera de su propia estructura. Conforman una musculatura voluntaria formada por seis músculos que se encargan en conjunto de mover el globo ocular y dirigir la mirada.

3. CAPITULO 2: LA VISIÓN

3.1. UN PROCESO SORPRELENDE

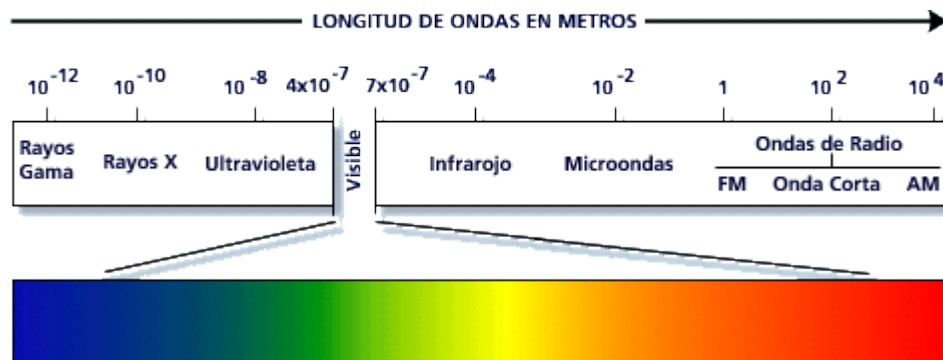
Pocos de nosotros nos hemos parado a pensar en la gran complejidad que supone el proceso de la visión humana, para la mayor parte de nosotros, la capacidad de ver e interpretar lo que nos rodea nos parece automático y no caemos en cuan sorprendente es este proceso. Somos capaces de percibir el color, la forma y el movimiento, sin llegar ni siquiera a pensar sobre ello.

Pero... ¿Cómo conseguimos ver el mundo que nos rodea?

Esta pregunta ha mantenido ocupado a los filósofos por miles de años, pero sólo en las últimas décadas hemos comenzado a disponer de técnicas de investigación que nos están permitiendo entender como el cerebro se maneja con toda la información que entra por nuestros ojos.

Para poder entender la visión explicaré los caminos que recorre la información visual desde el ojo hasta su recreación en el cerebro.

La información visual llega a nosotros en forma de luz (con la longitud de onda que corresponde a la fracción visible del espectro, representada en la siguiente imagen), y que es reflejada por los objetos que están a nuestro alrededor.

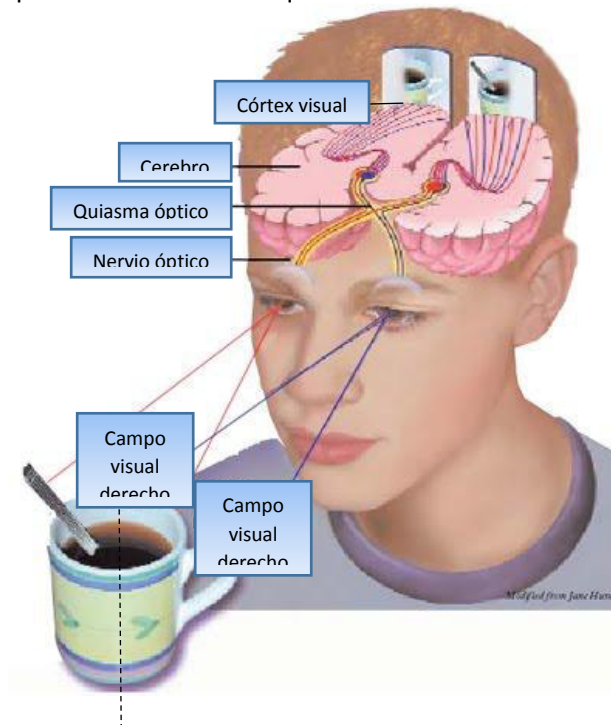


Esa luz entra al ojo a través de la ventana transparente de la "**cornea**", y es enfocada por el "**lente cristalino**", formando una imagen invertida en la "**retina**", del mismo modo que sucede en una cámara fotográfica. La mitad superior de la retina, recibe la luz proveniente de la mitad inferior del campo visual y viceversa. Del mismo modo, el lado izquierdo de la retina recibe la luz del lado derecho del campo visual, mientras que el derecho, la recibe del izquierdo.

Esto tiene consecuencias muy interesantes para la ruta que tiene que seguir la visión hasta los centros del cerebro. La "**corteza cerebral**", que es la zona más externa que envuelve el tejido cerebral, y que concentra la mayor parte de las células nerviosas, es el lugar donde se procesa la información.

El cerebro tiene dos mitades o hemisferios, y está organizado en forma tal que cada una de las cuales recibe información del lado opuesto del organismo.

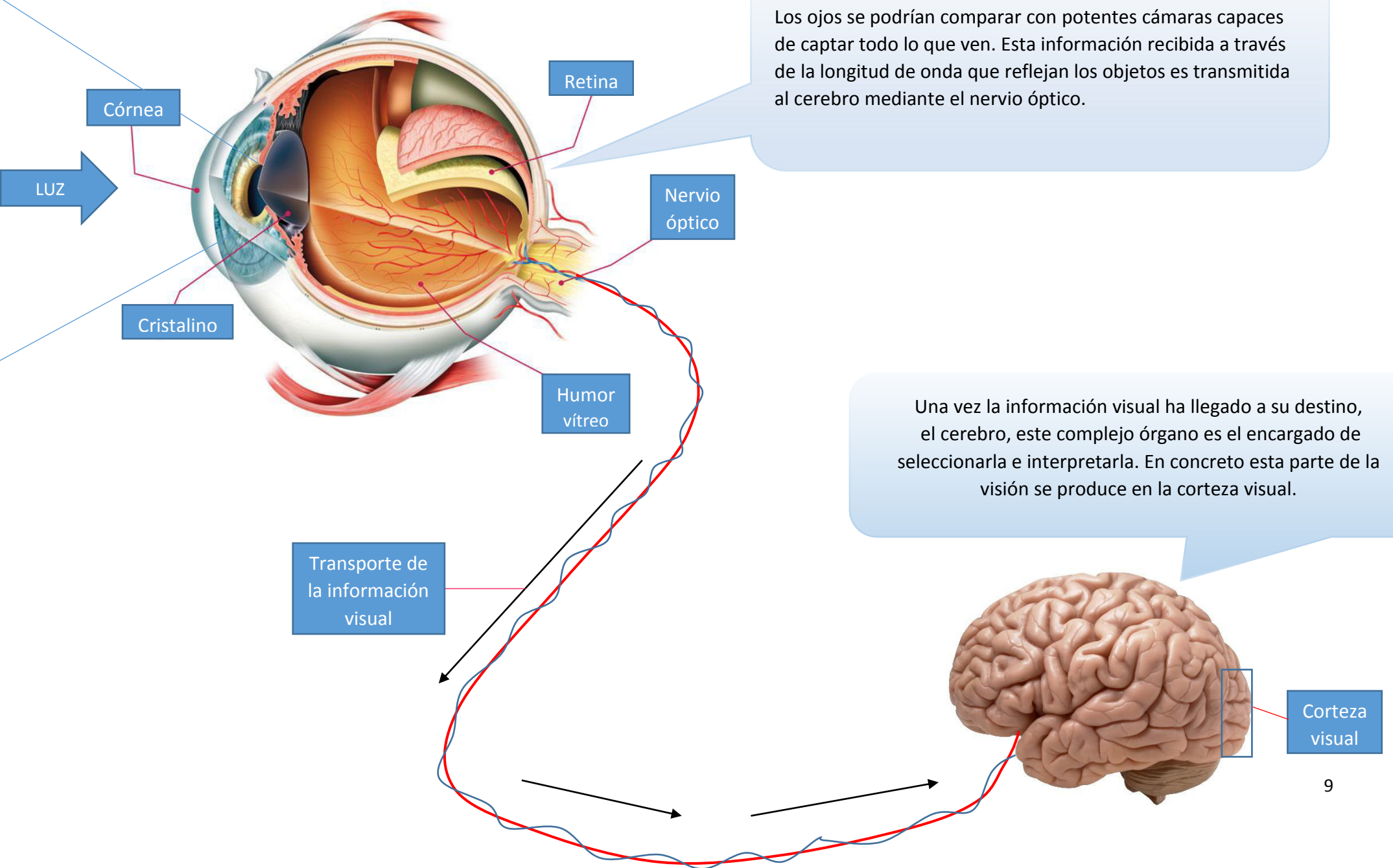
Así, por ejemplo, la información sensorial y motora relacionada al lado derecho de nuestro cuerpo, va a la corteza del lado izquierdo. Por ejemplo, cuando levantas el brazo derecho en verdad es el hemisferio izquierdo del cerebro el que está realizando esa acción. Lo mismo ocurre con la visión.



“La corteza visual” izquierda, localizada en la parte posterior del cerebro, procesa información del campo visual derecho. En el ojo izquierdo, esta información cae en el lado izquierdo de la retina. Largas fibras llamadas “axones”, que nacen de las células nerviosas de esta parte de la retina, entran al nervio óptico y pasan, en su camino, al mismo lado de la retina. Pero en el ojo derecho, el axón proveniente del lado izquierdo de la retina, debe cruzar una estructura llamada “Quiasma Óptico” y, de este modo, ellos también alcanzan el lado izquierdo del cerebro. De esta forma, la información de ambos ojos, que dicen relación con la misma parte del campo visual, viajan juntas hasta alcanzar el mismo lado del cerebro.

Los impulsos separados de los dos ojos no se combinan hasta que ellos alcanzan la corteza, en esta parte del cerebro tiene lugar el complicado proceso de la percepción visual gracias al cual somos capaces de percibir la forma de los objetos, identificar distancias y detectar los colores y el movimiento.

3.2. ESQUEMA



4. CAPITULO 3: ILUSIONES ÓPTICAS

4.1. LIMITACIONES DEL SISTEMA VISUAL



Toda la información que tenemos nos llega a partir de estímulos externos percibidos gracias al sistema sensorial (vista, oído, tacto, olfato y gusto). La información que captamos pasa posteriormente a ser procesada y modificada por nuestro cerebro, para ser comprendida y almacenada.

Pero... ¿qué pasa si nuestros sentidos nos engañan? A continuación podrás ver una serie de efectos ópticos que no son lo que parecen acompañados de su explicación científica, espero que los disfrutes.

4.2. TIPOS DE ILUSIONES OPTICAS:

4.2.1. ILUSIONES DE PERCEPCIÓN DE LA PERSPECTIVA

(Ilusiones ópticas causadas por una percepción errónea de la perspectiva)

1. LA BAILARINA

Fíjate en la siguiente bailarina, ¿en qué sentido gira?
¿A favor o en contra de las agujas del reloj?

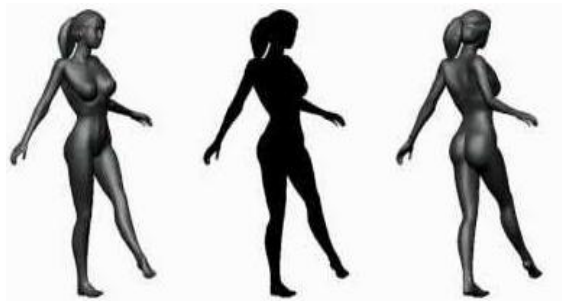
[Ver video número 1: La bailarina](#)

Si has dicho que gira a favor, enhorabuena has acertado. Pero si has dicho en contra, lo siento, pero también has acertado. ¿Cómo puede ser eso?

Cuando miras girar a la bailarina unas células específicas de detrás del ojo trabajan para detectar el movimiento ya sea de izquierda o derecha o de derecha a izquierda. Como el cerebro no tiene pistas de profundidad adicionales como sombras líneas de perspectiva o cara utiliza la información limitada disponible para elegir la dirección, estas ilusiones se llaman imágenes biestables, esto quiere decir que se pueden interpretar de dos modos, resulta totalmente ambiguo.

Esta vez veamos el video añadiéndole las pistas visuales suficientes para verla girar a un lado y al otro.

[Ver video número 2: Demostración de la bailarina](#)

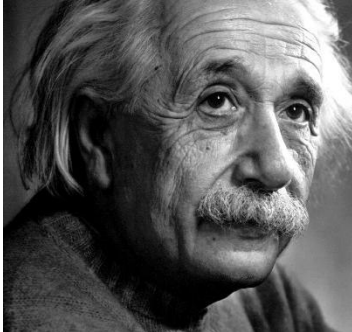


Si la persona que lo ve piensa que la pierna que levanta es la derecha girará en sentido de las agujas del reloj, si cree que es la izquierda girará en contra.

De hecho el cerebro está tan preparado para buscar pistas visuales que si comparamos dos bailarinas ambas girarán en la misma dirección aunque añadamos rostro a una de ellas.

2. ROSTRO HUECO

Cada vez que el cerebro procesa un objeto en movimiento, como la bailarina, toma decisiones instantáneas sobre el tamaño, la forma, la velocidad y la dirección de ese objeto, y se le da especialmente bien aislar un tipo de objeto que sabe que es importante, el rostro.



¿Reconoces a este famoso cerebro verdad? Es Albert Einstein.

A continuación vas a ver una mascar suya quiero que identifiques si es la parte de delante o de detrás de la máscara.

[Ver video número 3: Rostro hueco](#)

Si no sabes diferenciarlo no te preocupes, la mayoría de la gente se equivoca. La ilusión del rostro hueco revela algo que nuestro sistema visual hace muy bien, intentar dar sentido al mundo del modo más típico posible, estamos acostumbrados a ver rostros normales no huecos así que nuestro sistema visual asume que si vemos algo ambiguo que parece una cara debe de ser una cara.

3. DRAGON TRIDIMENSIONAL

Presta atención, fija la mirada en el dragón.

[Ver video número 4: El dragón](#)



Habras notado que no para de mirarlos.

Lo que ves no es un truco de cámara ni una animación por ordenador sino un simple pedazo de cartón inmóvil. Pero ¿por qué parece que mueve la cabeza?

Vivimos en un mundo tridimensional, todo lo que vemos tiene altura, anchura y profundidad. Parece que casi todas las semanas Hollywood estrena una nueva película en 3D, pero mientras la tecnología sigue avanzando el hecho más asombroso es que podamos ver en 3D. Considera lo que ocurre, lo que llamamos vista no es más que la interpretación por el cerebro de la luz que entra por las cámaras 2D que son los ojos así que ¿cómo podemos ver en 3D?

Para averiguarlo echemos otro vistazo al dragón, es un dragón de dos metros que te observa, ¿Estás desconcertado?

La explicación tiene que ver con las expectativas del cerebro hacia las caras. El cerebro recibe una serie de estímulos visuales que le ayudan a formar la imagen 3D en la mente pero a veces esos estímulos visuales pueden crear una historia falsa. La cabeza del dragón no es más que un pedazo de cartón cóncavo. Pero cuando el cerebro recibe suficientes estímulos visuales para crear una cara todo cambia. De hecho al cerebro se le da tan bien reconocer caras que en cuanto ve un par de ojos es capaz de transformar un objeto corriente en un rostro o hasta algo cóncavo en algo convexo y un dragón de cartón de repente puede cobrar vida.

Para explicar cómo forma el cerebro la percepción 3D vamos a jugar a un juego.

Presta atención: Levanta las manos y las puntas de los dedos índices de la siguiente manera, con la vista en las puntas de los dedos júntalas, ¿es fácil no?




Muy bien, vuelve a poner las manos en los costados. Ahora cierra un ojo. Vuelve a subir las puntas de los dedos y mientras las miras júntalas.

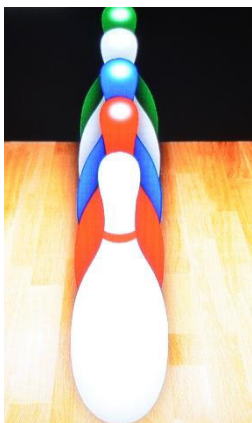


Si no has sido capaz de juntar las puntas de los dedos con un ojo cerrado no te preocupes, no eres el único. Con un único ojo abierto no has sido capaz de medir la profundidad. ¿Sabes por qué?

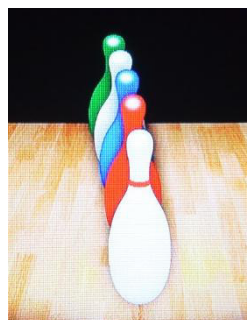
En realidad no vemos en 3D es una imagen que el cerebro crea para nosotros. La razón por la que vemos es para poder interactuar con el mundo que nos rodea y no tropezarnos con él. Y el único modo de hacerlo es mediante la percepción en 3D. Pero percibir en 3D tiene una dificultad fundamental. La retina de la parte trasera del ojo es bidimensional es como una pantalla en la que se proyecta el mundo. ¿Cómo puede el cerebro con una información bidimensional adivinar el mundo tridimensional?

Para ayudar a responder a esa pregunta jugaremos a los bolos.

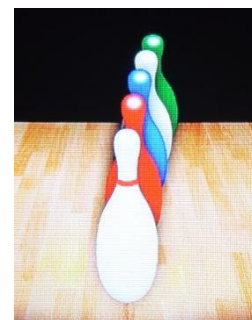
Fíjense, así los ve el cerebro:  Pero en realidad ninguno de sus ojos ve esta imagen.



Esto ve su ojo izquierdo:



y esto su ojo derecho:



Ambos ojos tienen visiones ligeramente distintas de la misma imagen. El cerebro combina las dos visiones en una imagen precisa en la que los objetos están en el espacio, lo que permite lanzar la bola al medio. Es lo que los científicos llaman visión estereoscópica.

Por esta razón al cerrar un ojo cuesta más juntar las puntas de los dedos, ya que al perder la visión estereoscópica no puedes medir la profundidad.

4. IMAGEN ESTEREO ANIMADA

Para hacernos una idea mejor de como usa el cerebro la visión estereoscópica para percibir en 3D fíjate en estas dos fotos:



Parece la misma imagen del mismo tranvía pero tienen una perspectiva ligeramente diferente. Las dos parecen totalmente bidimensionales.

¿Crees que hay algo que pueda hacer para ver el paisaje en 3D? ¿Qué me dicen de esto?

[Ver video número 5: Imagen animada estéreo 1º](#)

Simplemente estoy alterando con rapidez las dos imágenes similares.

¿Parece que podrían subirse? Veamos un par de ejemplos más.

[Ver video número 6: Imagen animada estéreo 2º](#)

[Ver video número 7: Imagen animada estéreo 3º](#)

Lo que estas viendo son ilusiones animadas estéreo.

Lo único que hacemos es saltar entre las dos imágenes similares rápidamente. El cerebro interpreta las diferencias entre las dos imágenes planas como profundidad. Y simula lo que hacen los ojos con los objetos tridimensionales de verdad. Pero la estereoscopia no es la única herramienta que usa el cerebro para transformar dos dimensiones en tres. El cerebro usa otros estímulos como el sombreado, y el tamaño para formar un mundo tridimensional.

5. HABITACIÓN DE LA PERSPECTIVA

Son muchos los especialistas en engaño, como los magos, que saben utilizar esos estímulos para despistarnos. En la habitación que te mostraré a continuación las cosas no son lo que parecen. Algunos de los objetos de esta sala no son del tamaño que creemos que son, Fíjate bien a ver si los descubres todos.



¿Los han descubierto todos?, compruébalo.

[Ver video número 8: Habitación de la perspectiva, el desengaño](#)

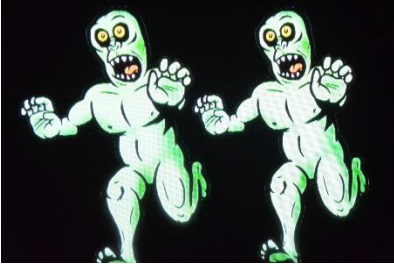
¿Los has encontrado?, si no es así, ¿sabes porque tu cerebro se ha dejado engañar? Es porque cuando vemos esta habitación de tamaño normal en la pantalla del ordenador no somos capaces de percibir la profundidad con precisión, y como alteramos deliberadamente algunas pistas de perspectiva como una taza gigante lejana o un sillón diminuto cercano y los rodeamos de objetos de tamaños comunes la habitación nos parece del todo normal y la habitación parece perfecta.

Puede que te sorprenda lo fácil que es manipular el cerebro para que haga suposiciones erróneas en materia de altura anchura y profundidad.

Para demostrarte lo que digo fíjate en esta imagen. Tengo una pregunta para ti.

¿Qué monstruo es más grande?
¿El de delante o el del fondo?





La verdad es que son exactamente del mismo tamaño.
¿He engañado a tu cerebro?
¿Has creído que el monstruo de arriba era más grande que el de abajo?
¿Porque una imagen parecía más grande que la otra?

La respuesta tiene que ver con el modo en que el cerebro procesa la información visual. En esta ilusión el que está más alto en la página parece más grande un 10% o 20% y la pregunta que tienen que hacerse es ¿Porque se ve así?

El cerebro esta tan condicionado en crear imágenes 3D a partir de información en 2D que a veces hace suposiciones incorrectas del mundo que nos rodea.

Has visto lo alto que parecía el monstruo en el plano del horizonte y has asumido que estaba más lejos y sabes que cuanto más lejos se encuentra un objeto más pequeño parece pero en este caso como el monstruo de detrás no parece más pequeño el cerebro asume que será más grande que el otro. Así que aun que las imágenes sean del mismo tamaño exacto como uno está más cerca de la línea del horizonte el cerebro hace unos cálculos rápidos y asume que el más lejano debe ser el más grande.

4.2.2. ILUSIONES DE PERCEPCIÓN DEL MOVIMIENTO

(Ilusiones ópticas causadas por una percepción errónea del movimiento)

1. VACIO DE COLORES

Mira esta imagen autocinética e inclínate hacia delante y hacia detrás del papel o mueve tus ojos velozmente recorriendo la imagen.



¿Te parece que las ondas palpitan o vibran? ¿Y esto porque sucede?
El córtex visual está diseñado para detectar el movimiento lo quiera o no.

Puede que piensen que el cerebro se ha confundido porque un efecto óptico les ha hecho ver movimiento donde no lo hay pero que en la vida real no se dejarían engañar. Pero en realidad cada vez que ven una película o una serie de televisión su cerebro se ve engañado y ve movimiento donde no lo hay. Lo que vemos en realidad no es más que una serie de imágenes inmóviles unidas con gran rapidez para que el cerebro vea movimiento.

Esta ilusión se llama movimiento aparente. El cerebro evoluciono para detectar el movimiento aparente como técnica de supervivencia, la facultad de detectar a un depredador al acecho tras avistar una fracción de movimiento. Y aunque ahora no haya que estar alerta con los depredadores el cerebro sigue usando el movimiento aparente, lo cual es una buena noticia para mí porque así puedo usarlo contra ti.

2. ESPIRAL GIRATORIA

¿Quieres que vuelva a activar de nuevo tus sensores de movimiento?
Mira atentamente el siguiente video, no apartes la mirada de la espiral giratoria hasta ser avisado por un sonido, al escuchar la señal mírate rápidamente la palma de la mano.

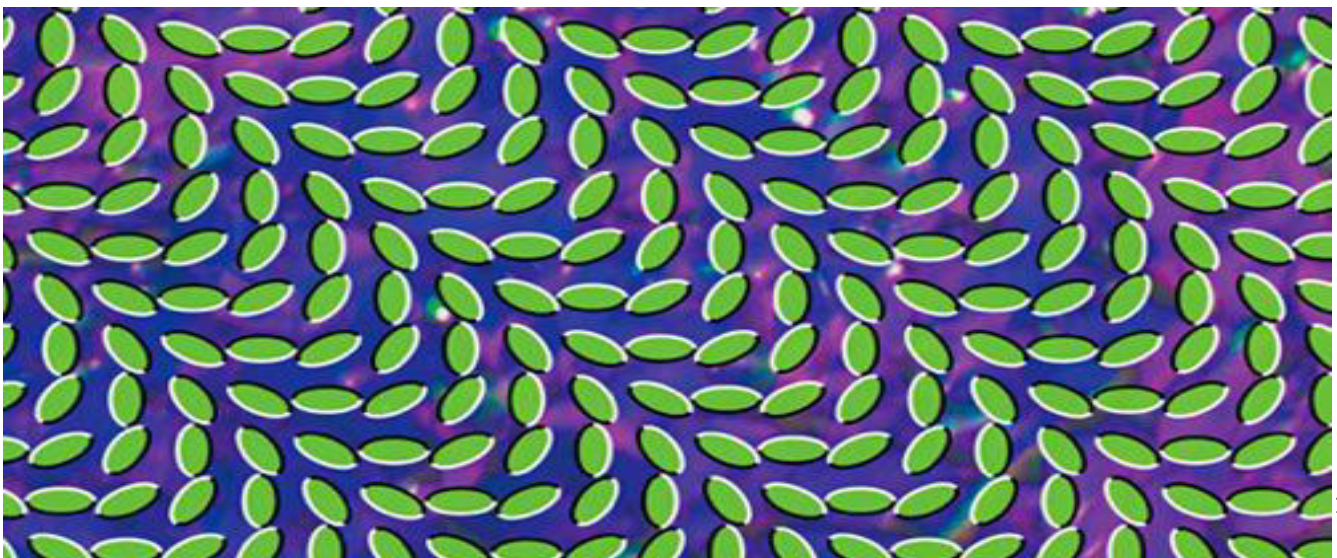
[Ver video número 9: Espiral giratoria](#)

¿La palma de tu mano se mueve en forma de espiral o quizás se está expandiendo?
Esta sensación se llama efecto secundario del movimiento, te sonara del punto 1.2. (Situación actual de las ilusiones ópticas y origen histórico) de la introducción. Como ya sabes ocurre cuando el córtex visual se sobreestimula por un movimiento continuo, es lo que ocurre cuando el cerebro se adapta a algo que se mueve.

Cuando miramos la espiral que rota, las células que responden a ese movimiento en particular se cansan y cuando dejamos de mirar siguen cansadas y el resultado final es que vemos el movimiento opuesto al ver un objeto que no se mueve nada en absoluto.

3. OVALOS ALINEADOS

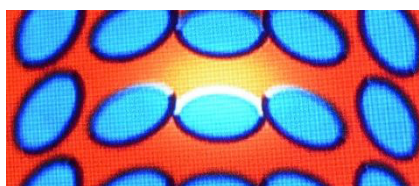
Fíjate ¿Cuántas hileras de óvalos se están moviendo? Mira rápidamente todas las hileras.



Y si te digo que no se mueve ninguna, están todas totalmente quietas.

Nuestro mundo cada vez se mueve más rápido y nuestro cerebro nunca para de interpretar el movimiento que nos rodea, ya estemos corriendo, conduciendo o volando. El mundo siempre está en movimiento y la capacidad del cerebro para percibir el movimiento es crucial para nuestra supervivencia.

El cerebro de la mayoría de la gente cuando mueve veloz mente los ojos por la imagen se confunde y ve movimiento aunque no lo haya, es lo que se llama, como ya hemos visto antes, una imagen autocinética pero ¿cómo puede aparentar movimiento una imagen estática?



Si se te fijan la imagen está compuesta por elementos individuales que se encienden y se oscurecen una vez tras otra. Cuando los elementos se repiten una y otra vez la secuencia activa los sensores de movimiento del cerebro y cuando se activan esos sensores vemos movimiento aunque no lo haya.

4. NADADORES

¿Quiere ver a que me refiero? Fíjese en estos puntos.

[Ver video número 10: Nadadores con fondo](#)

¿Parece que se mueven no?
Ahora voy a eliminar el fondo, solo el fondo.

[Ver video número 11: Nadadores sin fondo](#)

¿Sabes lo que ocurre?

La clave de esta ilusión son, como en la anterior, los cambios del contraste.

La tonalidad es clara en la parte de arriba y oscura en la parte de abajo y detrás hay una secuencia de claroscuros que se repite. Lo que hace el cerebro es interpretar esos cambios de contraste como una señal de movimiento.



5. CÍRCULOS CON ESTRELLA CENTRAL

Aunque todo el ojo está diseñado para rastrear el movimiento, la visión periférica es mucho más sensible que la del resto del ojo, aunque no nos permite saber con precisión como se mueven las cosas. ¿No me crees? Compruébalo en el siguiente juego.

Fíjate en la estrella amarilla de la derecha de la pantalla, no le quite los ojos de encima. Tienes que responder dos simples preguntas, las dos sin quitar ojo a la estrella amarilla.

[Ver video número 12: Círculos con estrella central](#)

¿Estas confuso? No te preocupes, todo tiene explicación.

Resulta que los puntos que rodean las estrellas ambos se mueven a la izquierda pero también contienen unas tonalidades que se mueven con rapidez. Lo que vemos que se mueve en dirección opuesta es el sombreado. Si retiramos el sombreado vemos con claridad que ambos puntos rotan a la izquierda.

[Ver video número 13: Círculos con estrella central sin sombreado](#)

Pero cuando lo añadimos de nuevo y vemos los puntos con el rabillo del ojo el movimiento del sombreado contrarresta la rotación de los puntos. Esto se debe a que la visión periférica no es tan fuerte como la visión central y solo puede detectar un tipo de movimiento a la vez así que selecciona la secuencia que más rápido se mueve como indicador primario de movimiento y provoca que los ojos envíen distintas señales al cerebro mareándolo.

4.2.3. ILUSIONES DE PERCEPCIÓN DEL COLOR Y EL CONTRASTE

(Ilusiones ópticas causadas por una percepción errónea del color y el contraste)

1. PAISAJES SORPRENDENTES

Veamos como reaccionas. Al poner el video indicado a continuación va a aparecer una fotografía con unas tonalidades particulares, durante los próximos segundos este punto es todo tu mundo. Mantén la vista fija en el punto y no apartes la mirada, prometo que vas a ver algo increíble, la imagen va a cambiar, pero mantener la mirada en el punto.

[Ver video número 14: Paisaje tropical](#)

Cuando la imagen ha cambiado a blanco y negro ¿viste los colores reales durante unos segundos?, ¿Quieres saber qué ha pasado?



Los colores son una parte fundamental de nuestro mundo y muchas veces no reparamos en ellos. Desde el color rojo de una señal de stop hasta el azul del cielo pasando por la camisa que llevas puesta, los colores nos rodean constantemente. Es muy curioso ver la facilidad con la que nuestro cerebro asocia los colores con cosas en concreto. Por ejemplo, ¿te comerías unos huevos verdes con un filete del mismo color?... ¿Y una manzana verde? Claro que si, como si es roja. ¿Pero te has parado a pensar porque vemos los colores o de qué color es algo?

Al Igual que antes mire esta nueva imagen.

[Ver video número 15: Castillo](#)



¿Cómo ha podido colorear nuestro cerebro una imagen en blanco y negro?

Tenemos millones de fotorreceptores en los ojos que nos permiten ver los colores. Cuando miramos a un mismo color mucho rato las células responsables de ese color se cansan y no responden con la misma intensidad.

Al mirar esta imagen algunos de vuestros fotorreceptores, como por ejemplo los del rojo o el naranja se cansan entonces cuando la imagen pasa a ser en blanco y negro los fotorreceptores dejan de trabajar y se vuelven más activos los de los colores complementarios.

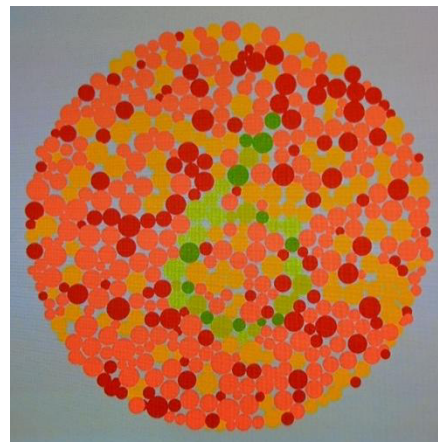
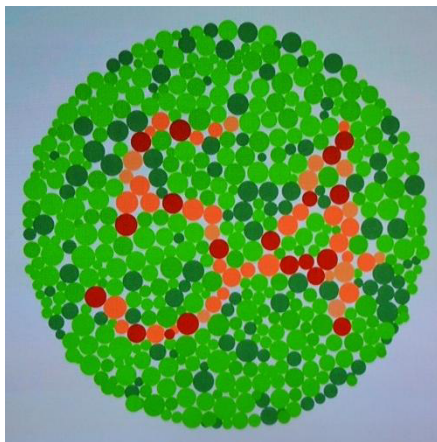
Es decir, donde en la foto había naranja al pasar a blanco y negro vuestro cerebro añade azul, su color complementario el resultado que experimentamos es el de ver los colores complementarios vividos en una imagen en blanco y negro.

2. DALTONISMO

Aun que los colores vengan de nuestro cerebro, todos estamos de acuerdo en que colores vemos. Pero ¿es posible que existan colores solo en el ojo del que mira? Para descubrirlo hagamos una prueba.



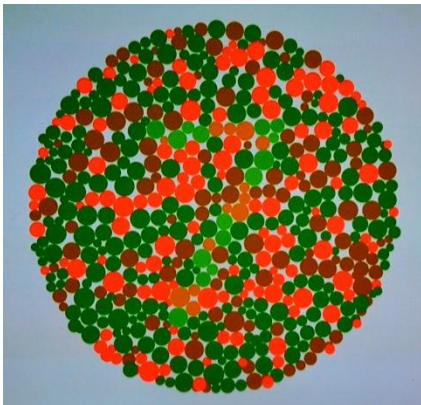
Delante de esta colección de puntos aparentemente aleatorios hay números ocultos. ¿Sabe cuáles son?



¿Ya los tienes? Son el 54 y el 6, ¿demasiado fácil no?

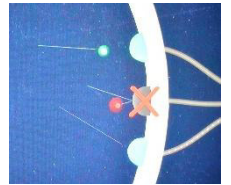
Si es así es porque eres como el 90% de las personas, que ven los colores correctamente.

Vamos a intentar con otro un poco más difícil. Este puede ser que no lo veáis.

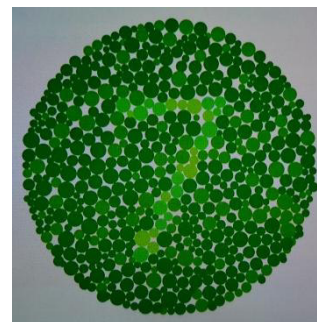


¿No lo ves? Resulta que este mensaje oculto solo lo ve ese 10% especial de personas restante, las daltónicas.
¿Y cómo puede ser que ellos lo vean sin dificultad y nosotros no?

El motivo es porque las personas que se considera que tienen una vista normal tienen tres tipos de receptores del color mientras que los daltónicos solo tienen dos. Entonces cuando la luz reflejada por los objetos con una determinada frecuencia de longitud de onda, no es captada.



Esto se podría considerar una desventaja pero en realidad les permite ver mejor los patrones en imágenes con colores similares. Por eso ellos verían fácilmente el 7 de la imagen anterior, un daltónico vería algo así:



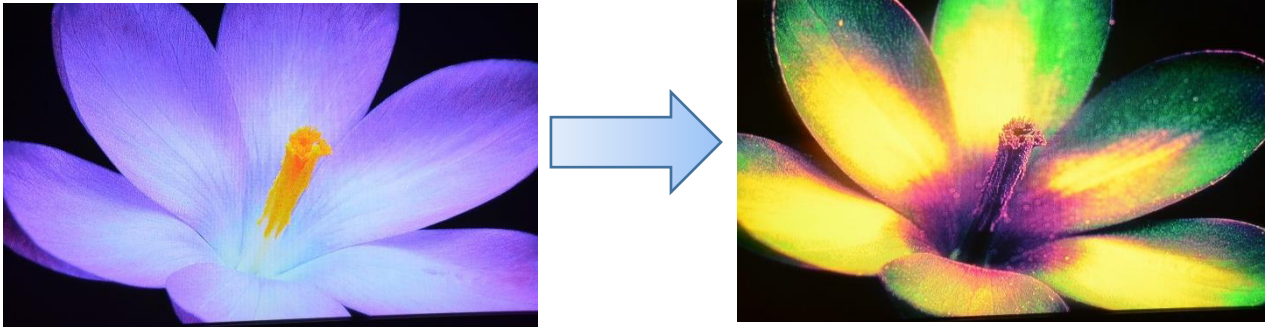
Aunque tengamos una vista normal no vemos tantos colores como nosotros creemos. En esencia el color es luz y está formado por ondas electromagnéticas, pero solo podemos ver aquellas ondas con una longitud determinada. Si son muy largas son llamadas microondas, útiles para calentar la cena pero no tanto para ver. Si son un poco más cortas son los rayos X. Pero entre estas dos distancias de onda está el llamado espectro de luz visible que es el más útil.

Si pudiésemos ver mucho más allá de nuestro pequeño margen de luz visible nos daríamos cuenta de que hay muchos mensajes ocultos a nuestra visión que no podemos ver. Por ejemplo ¿veis esta flor amarilla?



Así es esta flor bajo luz ultravioleta, que es como la vería una abeja.

Veamos otro caso similar:



La visión ultravioleta muestra lo fácil que nos lo pone la naturaleza, con esta visión es mucho más fácil localizar el polen, su alimento. Esto muestra como las diferentes especies nos hemos adaptado para sobrevivir solo con los colores que necesitamos.

3. FIGHTING GRAVITY

Hay gente que sabe sacar provecho del espectro de luz visible y el que no, un ejemplo de ello es el grupo fighting gravity, intenta descubrir todos sus trucos de luz y color.

[Ver video número 16: fighting gravity](#)

- ¿Cómo flotan en el escenario?
- ¿De dónde han aparecido todas esas bolas?
- ¿Cómo han cambiado de color?
- ¿Y los monopatines?



Aunque parezca que el escenario está a oscuras esta alumbrado por luz ultravioleta, como ya sabemos invisible al ojo humano, pero los componentes de su equipo están recubiertos de una pintura especial compuesto por sustancias químicas fluorescentes que convierte la luz ultravioleta en espectro de luz visible. Y con la ayuda de unos ayudantes sin pintar, por lo tanto invisibles, fighting gravity consigue burlar la gravedad, hacer que aparezcan y desaparezcan cosas cubriéndolas con una tela negra, flotar o muchas cosas más. De hecho si nos fijamos vemos fallos, vemos como por los extremos de los patinetes los ayudantes los sostienen y los van moviendo al compás. También se puede apreciar en pocos momentos que las piernas de los bailarines en realidad son pantalones huecos acolchados que sus ayudantes mueven como si fueran marionetas.

Todo esto es posible gracias a lo que los científicos llaman reflectividad.

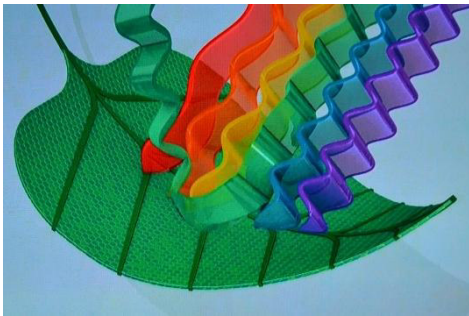
Toda la luz que vemos está siendo emitida o bien por una fuente de luz o bien siendo reflejada por los objetos del entorno y fighting gravity domina a la perfección la manipulación de la reflectividad, su truco consiste en absorber la mayor parte de las ondas de luz reflejando a nuestros ojos solo unas pocas ondas que son las que quieren que veamos. Expliquémoslo:

Miraren esta hoja. ¿De qué color dirías que es?

- a) roja
- b) azul
- c) verde
- d) violeta



¿Parece obvio no? Verde, pero en realidad es una pregunta trampa. De hecho todas las respuestas son correctas menos la "c". Pero ¿cómo puede ser verde una respuesta incorrecta?



Una hoja es incapaz de absorber la luz visible verde así que la refleja al entorno y hasta nuestros ojos, nuestro cerebro interpreta que la hoja es verde pero en realidad la luz verde es la única que es incapaz de absorber así que en cierto modo esta hoja es de todos los colores menos verde. La reflexión implica que nunca vamos a poder ver los objetos del color que realmente son.

Una vez que nuestro cerebro asocia un objeto con un color lo retiene en la memoria y hará todo lo posible porque ese conocimiento no varíe. Si no se lo cree mire esta imagen.



¿Cuántos colores ves? ¿Ves la manzana roja, los limones amarillos y el pomelo naranja? ¿Qué me dice si le digo que en esta imagen solo hay un filtro rojo y diferentes tonos en gris? Todos los demás colores proceden de vuestro cerebro.



Esto se debe a que el gris contiene trazas de todos los colores. Vuestro cerebro completa el color de cada objeto en función de la memoria, y por eso el limón parecía amarillo. Este fenómeno se llama constancia del color y es lo que nos permite ver un objeto siempre del mismo color sin importar las condiciones lumínicas de este.

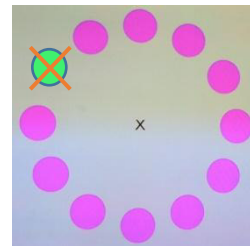
Básicamente nuestro cerebro presenta los objetos del color que él cree que deben ser, para nuestro cerebro es más importante la consistencia con la experiencia previa que tiene con los colores que verlos como realmente son.

4. CIRCULO DE PUNTOS GIRATORIO

Pero ¿es automática la manera en que el cerebro ve el color o se puede controlar? Presta atención, mira a l centro del circulo de puntos, no apartes la mirada de la X.

[Ver video numero 17: Puntos en movimiento](#)

¿Ves un punto verde que ha aparecido de repente moviendo se a lo largo del circulo?
¿Cómo puede ver tu cerebro algo que no está en la pantalla?



Mientras miras la X las neuronas de tu corteza visual comparan la imagen que estás viendo con la que ven al momento siguiente. Unas neuronas específicas siguen los cambios de posición en la imagen, lo que te permite comprender como se mueven en el espacio. El círculo que falta deja una sombra y el cerebro interpreta un patrón de cambio. Dado que todos los puntos son del mismo color, en este caso magenta, las células responsables de ese color se cansan y cuando el punto desaparece no pueden equilibrar el color y vemos un punto verde (su color complementario) moviéndose por la pantalla al igual que sucedía al principio con el paisaje del castillo.

5. CARRERA DE CUADRADOS

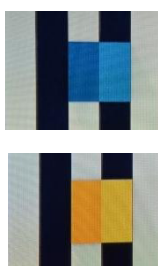
Mira el siguiente video.

[Ver video número 18: Carrera de cuadrados](#)

¿Te da la impresión que avanzan y se paran dando pequeños pasos?
¿O crees que se mueven a velocidad constantemente de un lado a otro?
Si lees entre líneas te darás cuenta que los pasos están solo en tu mente.

[Ver video numero 19: Carrera de cuadrados, demostración](#)

¿Porque la presencia de las líneas provoca que tu cerebro interprete el movimiento de maneras tan dispares?



Una explicación está relacionada con el contraste, nuestro cerebro usa el contraste, la diferencia entre dos colores, para medir la velocidad. Cuando el cuadrado azul se mueve sobre una línea negra el contraste es más bajo así que parece que se acelera un poco. Mientras que el cuadrado amarillo parece que va más lento porque hay mayor contraste.

Y aquí los tenemos moviéndose hacia delante y hacia atrás por la pantalla, en este caso vuestro cerebro está usando un atajo mental que hace una suposición sobre el movimiento en vez de ver el movimiento tal y como es. Los atajos mentales como este demuestran que muchas veces el cerebro prefiere la rapidez a la precisión.

6. SOMBRA MULTICOLOR

Veamos otra ilusión relacionada con sombras:

Detrás de este hombre hay dos focos blancos que apuntan hacia él. Si colocamos encima de los focos un filtro de papel púrpura veamos lo que ocurre con los colores.

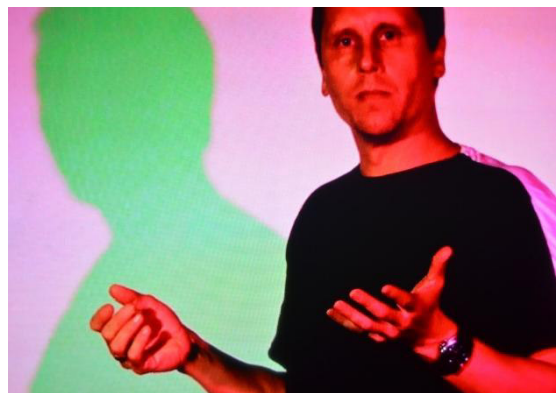
La sombra ya no es gris, ha pasado a ser verde. Y la pregunta es ¿de dónde sale el verde?

De hecho no hay verde.... ES GRIS.
Pero se ve verde ¿porqué?
Es por la luz que le rodea, el contexto lo es todo.

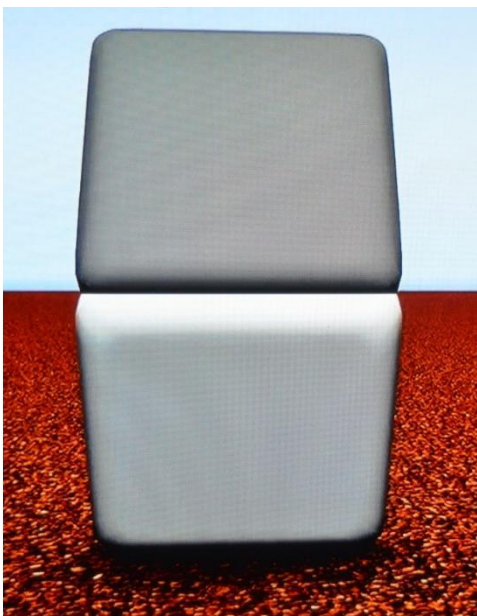
Esta ilusión utiliza las sombras para demostrarte que otra de tus fuentes más fiables de información sobre el mundo puede ser defectuosa, el color.

La luz existe en el mundo es algo físico, nuestra visión y nuestras percepciones empiezan con la luz, pero el color no existe en el mundo físico, el color no es más que una construcción de nuestro cerebro, de hecho todas nuestras percepciones son construcciones del cerebro, nada de lo que vemos está ahí en realidad.

¿No te crees que el color esta solo en tu cabeza? Pues observa la siguiente ilusión.



7. CUADRADOS MAGICOS



Tengo una pregunta rápida para ti sobre estos dos cuadrados, ¿verdadero o falso?

El de arriba lo ves de un color más oscuro que el de abajo.
¿Es obvio no? Bueno quizás no, lo creas o no son exactamente del mismo color.

Cuando vemos una ilusión no vemos el mundo tal y como es, sino que vemos algo diferente, en realidad estamos creando percepciones del mundo útiles, y estas no tienen que corresponderse con la realidad.

Volviendo a los cuadrados, ¿no te lo crees?

Si es así tapa con el dedo la parte del medio de los cuadrados, te ayudaré.



Te estas preguntado porque ves gamas diferentes de gris cuando en realidad es exactamente el mismo. Todo tiene que ver en la manera que el cerebro interpreta las sombras para poder tomar decisiones en la vida real.

Tu cerebro está utilizando su experiencia para generar percepciones del mundo, de esta forma al mirar los cubos piensa:

La superficie superior esta sombreada, si esta superficie estuviera esta sombreada y nos llega la misma cantidad de luz que a la superficie inferior (que parece ser más clara) esta tendría que ser más reflectable, le llega menos luz pero a nosotros nos llega la misma luz que a la otra, por eso parece más claro.

¿Te ha parecido confuso? Voy a simplificarlo. Estoy diciendo que las sombras pintadas en la zona tapada le indican a tu cerebro que el cuadrado gris de arriba está bien iluminado mientras que el de abajo es blanco y con poca iluminación.



Son pistas en las que el cerebro confía por su experiencia pasada con las sombras, pero estas pueden engañarnos fácilmente.

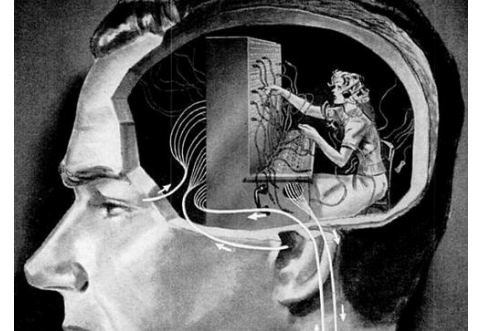
5. CONCLUSIÓN

A lo largo de la presente investigación puedo decir que he cumplido con los objetivos que tenía previstos al principio del trabajo. He conocido, analizado y expuesto el proceso de la visión humana y diversas ilusiones ópticas.

Como resultado de mi investigación, puedo afirmar y demostrar a través de la teoría y los ejemplos las siguientes conclusiones;

- LAS ILUSIONES NO SON CONCEPTUALES SINO PERCEPTIVAS.

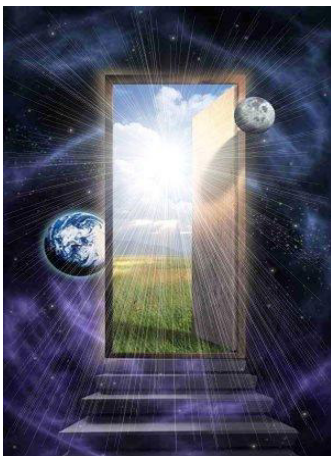
Argumento: El conocer previamente cual es el efecto de una ilusión, no lo anula, pero la observación prolongada sí puede debilitar la distorsión, es decir, el saber que estas siendo "engañado" no destruye el efecto. Por lo tanto no es un problema relacionado con el conocimiento, sino con nuestra percepción, para ser más específica la percepción que realiza el cerebro a través de la información visual que recibe.



-LA ILUSIÓN NO SE ORIGINA EN LOS OJOS, ES UN FALLO DEL CEREBRO.

Argumento: El pensar que las ilusiones son culpa de nuestros ojos es un error que comete mucha gente, pero es irrefutable, después de conocer el proceso nuestra visión, que los ojos no tienen ninguna responsabilidad sobre los errores a los que inducen las ilusiones ópticas, estos son creados debido a la equivocada interpretación realizada por el cerebro.

-NO PODEMOS FIARNOS SOLO DE NUESTROS SENTIDOS.



Argumento: ¿Son fiables nuestros sentidos? ¿Hasta qué punto? Es obvio que nuestros sentidos a veces nos engañan, hecho que demuestran las ilusiones ópticas.

Pero...entonces,
¿cómo podemos saber que no nos engañan siempre?
¿Cómo podemos distinguir con total certeza la realidad de la ilusión?
Yo creo simplemente que no podemos, que cada uno vive una realidad distinta según lo que vean sus ojos, huelan su nariz, toquen sus manos y saboreen su boca.
Nuestros sentidos no captan la realidad tal y como es, si no como la perciben y esta percepción no es real.

Puedes fiarte de tus sentidos hasta cierto punto, la cuestión es, ¿dónde está ese punto? En mi opinión cada uno debe decidir la confianza que deposita en sus sentidos pero bajo mi punto de vista, *"en el término medio está la virtud"* (Aristóteles) y considero que confiar plena y solamente en algo nos conducirá sin más remedio al error.

Muchas veces se comenta que los humanos somos "máquinas" imperfectas, y otras, se dice que somos las "máquinas" más perfectas que hay, según esta idea somos "máquinas" y si tú a una grúa, por ejemplo, le quitas el brazo, no puede trabajar, si a un coche le quitas las ruedas, no podrá circular. ¿A dónde quiero llegar?

Los sentidos nos dan otro punto de vista de la realidad, pero para conocer esa realidad debemos unir todas nuestras fuentes de información, como la razón o la inteligencia.

No se puede confiar plenamente en los sentidos, como bien he dicho, pero tampoco podemos prescindir de ellos, sin ellos, faltaría algo de nuestra dimensión que no nos dejaría avanzar.

En cuanto al objetivo que me marqué acerca de ser original creando un trabajo dinámico, sin relleno, de lectura fácil y que induzca a la participación activa del lector, creo que no debo ser yo quien lo juzgue, sino los propios lectores de este proyecto.

Espero que mi trabajo de investigación te haya gustado y hayas aprendido y disfrutado

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría mostrar mi agradecimiento a las personas que me han ayudado,
de una forma u otra, a llevar a cabo este trabajo.

Su apoyo, tanto moral como físico, siempre es necesario.

Gracias especialmente a la supervisión de mi tutora del trabajo de investigación
Teresa Contreras Vega por la gran atención e ideas que me ha proporcionado, sin las
cuales algunas facetas del trabajo serían erróneas y mal organizadas.

Además agradecer su paciencia, tiempo y dedicación para que esto
saliera de manera exitosa.

A mis maestros que comparten conmigo sus conocimientos y
su pasión por la docencia. Sobre todo a mi tutor de curso, Josep Enric Pelay, por sus
numerosos discursos acerca de cómo elaborar un buen trabajo, pero también muchas
otras sobre la vida, el esfuerzo y nuestro futuro.

Y, por supuesto, a mis familiares y amigos que supieron respetar durante este tiempo
mis horas de “aislamiento”.

A todos, muchas gracias.

BIBLIOGRAFÍA

http://es.wikipedia.org/wiki/Ojo_humano

<http://www.juntadeandalucia.es/averroes/~29701428/salud/ojo.htm>

<http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/OptGeometrica/Instrumentos/ollo/ollo.htm>

<http://www.molenberg.com.ar/EIOjo/Funcionamiento%20del%20ojo.html>

<http://www.fotonostra.com/digital/ojohumano.htm>

<https://www.youtube.com/watch?v=bt5T3pKkA3Y>

https://www.youtube.com/watch?v=_4kAJBuM8Fw

<https://www.youtube.com/watch?v=VFL0gvoKcl4>

<https://www.youtube.com/watch?v=6Ald1Z1ctFw>

<https://www.youtube.com/watch?v=Gwk4Dlu1Ri8>

<http://curiosidades.batanga.com/5426/como-funciona-el-ojo-humano>

<http://hipocrates.tripod.com/anatomia/ojo.htm#ojo>

<http://www.fotonostra.com/digital/partesojo.htm>

<http://es.slideshare.net/LaPiLiPe/estructur>

http://www.ugr.es/~setchift/docs/conciencia_capitulo_14.pdf

http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/19692/1/T1.Introduccion_a_la_optica_ocular_OCW.pdf

<http://www.juntadeandalucia.es/averroes/~29701428/salud/ojo.htm>

<http://www.fotonostra.com/digital/partesojo.htm>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Visi%C3%B3n>

<https://www.youtube.com/watch?v=2WGdqA0k-is>

http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/129/cd/unidad_1/mo1_mecanismo_de_la_vision.htm

<http://www.profesorenlinea.cl/Ciencias/OjoVision.htm>

<http://www.institutodelavision.com/patologias.php?Sub=glaucoma&id=0&item=4>

<http://www.cetreces.cl/new/index.asp?imat=++%3E++13&tc=3&nc=5&art=65>

<http://www.braincampaign.org/Common/Docs/Files/2786/spchap6.pdf>

<http://blindbabies.org/wp-content/uploads/2010/03/How-The-Eye-And-Brain-Spanish.pdf>

http://www.dfarmacia.com/farma/ctl_servlet?_f=37&id=13123522

<http://www.monografias.com/trabajos76/anatomia-funcion-ojos/anatomia-funcion-ojos.shtml>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Visi%C3%B3n>

<http://fomento.gobex.es/fomento/live/informacion-ciudadano/accesibilidad/planes-ayudas-guias/AccesibilidadVisual10Anexo1.pdf>

<http://www.juntadeandalucia.es/averroes/~29701428/salud/ojo.htm>

http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_visual_humano

<http://html.rincondelvago.com/sistema-visual-y-ocular.html>

http://es.wikipedia.org/wiki/Corteza_visual

<http://serdis.dis.ulpgc.es/~ii-dgc/David/Ilusiones/ilusiones.html>

<http://cienciainfinita.com/?tag=ilusion-optica>

<http://es.slideshare.net/megaplim/ilusiones-pticas-42017>

<http://www.ub.edu/pa1/node/112>

<http://www.educacionplastica.net/ilusiones.htm>

Diversos documentales de National Geographic:

Brain Games

“Watch this”

“Power of persuasion”

“Pay attention”

“What you don’t know”

“Illusion confusion”

“In living color”

“Intuition”

Pon a prueba tu cerebro

“Ponte a prueba”

Documental

“Historia del ojo humano”, canal +