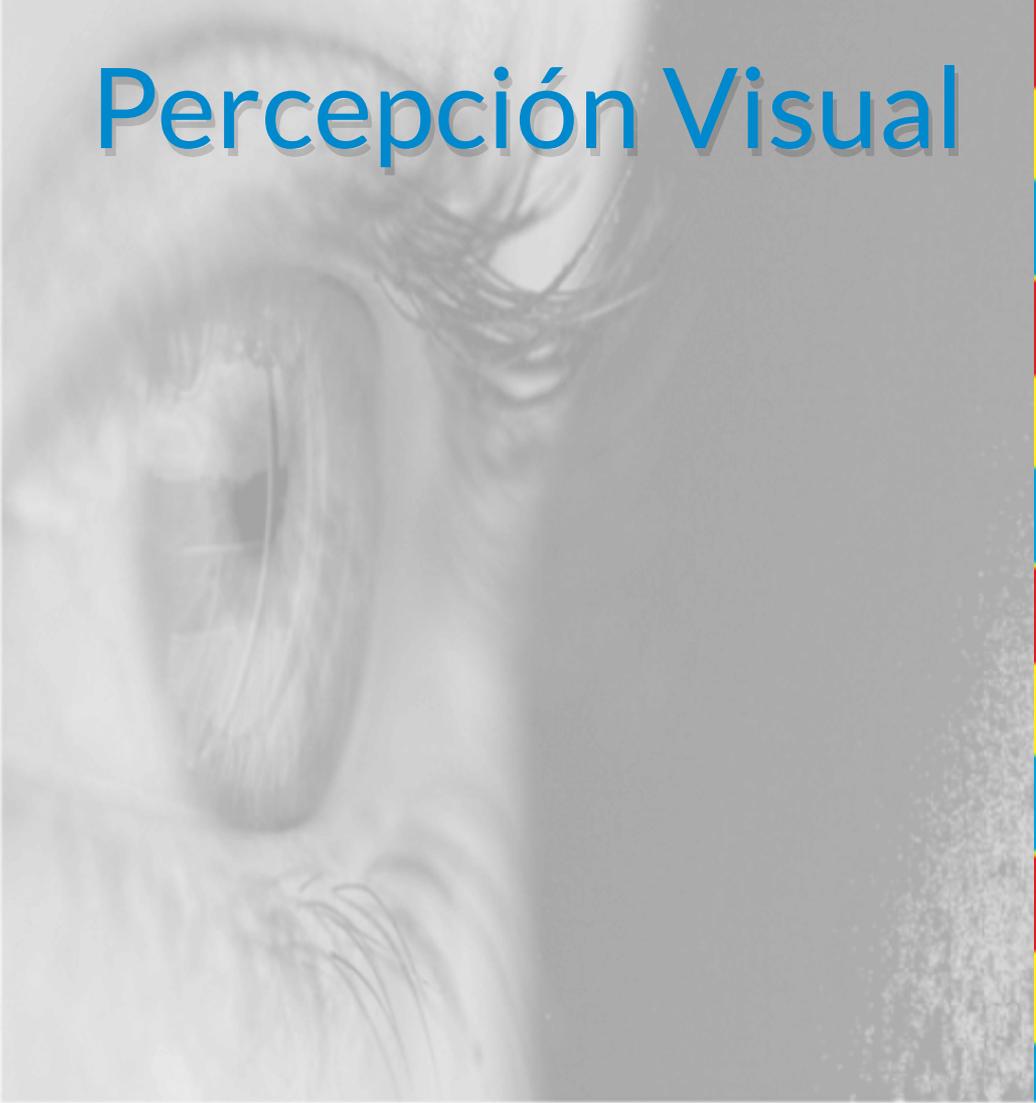


Percepción Visual



Libro interactivo



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
PASCUAL BRAVO



Percepción Visual

Segunda Edición

INTERACTIVO

Juan Guillermo Rivera Berrío
Institución Universitaria Pascual Bravo



Fondo Editorial Pascual Bravo
Medellín

Título de la obra:
Percepción Visual

Autor:
Juan Guillermo Rivera Berrío

2ª edición – 2019

Diseño del libro: Juan Guillermo Rivera Berrío
Código JavaScript para el libro: [Joel Espinosa Longi](#), [IMATE](#), UNAM.
Recursos interactivos: [DescartesJS](#)
Fuentes: [Lato](#) y [UbuntuMono](#)
Núcleo del libro interactivo: septiembre 2023

Fondo Editorial Pascual Bravo
Calle 73 73A-226
PBX: (574) 4480520
Apartado 6564
Medellín, Colombia
www.pascualbravo.edu.co

ISBN: [978-958-56858-3-3](#)



[Creative Commons Attribution License 4.0](#) license.

Tabla de contenido

Prefacio	7
1. Percepción	11
Introducción	13
1.1 Los grados de percepción: un camino a la conciencia	15
1.2 Los modelos psicológicos de la percepción	25
1.3 El modelo cognitivo de Kahneman	31
2. Visualización espacial	37
Introducción	39
2.1 Una realidad, múltiples representaciones	48
2.2 ¿Existen las rotaciones mentales?	53
3. La Gestalt	69
Introducción	71
3.1 Leyes de la Gestalt	74
3.2 Las ilusiones ópticas de Akiyoshi Kitaoka	78
3.3 La ilusión óptica de los puntos negros	86
3.4 Las ilusiones de contexto	91
3.4.1 Ilusión de Neblina	92
3.4.2 El anillo de Koffka	93
3.4.3 La ilusión de Kanizsa	95
3.5 Dos realidades y una representación	99
3.6 Ambigüedad	100
3.7 Ilusiones geométricas	110

3.7.1 Los abultamientos de Kitaoka	110
3.7.2 Movimientos anómalos de Kitaoka	113
3.7.3 Ilusión de Ebbinghaus	114
3.7.4 Ilusión de Jastrow	118
3.7.5 Ilusión de Hering	119
3.7.6 Ilusión de Ehrenstein	120
3.7.7 Ilusión de Orbison	121
3.7.8 Ilusión de Poggendorff	123
3.7.9 Ilusión de Zöllnerf	125
3.8 Retorno a la visualización espacial	127
3.8.1 El tribar	129
3.8.2 Más figuras imposibles Reutersvärd	134
3.8.3 La escalera de Penrose	136
3.8.4 El cubo imposible	138
3.8.5 Figuras imposibles con DescartesJS	139
3.8.6 Qube	142
3.9 Ilusiones de abertura	145
3.9.1 La ilusión del cuadrado palpitante	145
3.9.2 Rombos oclusores	148
3.10 Disposición geométrica	149
3.10.1 Desplazamiento centroidal	150
3.10.2 Ilusión de Ponzo	151
3.10.3 Ilusión de Giovanelli	153
3.10.4 Ilusión de la pared del café (Cafewall).	154

4. Las mejores ilusiones del año (2005 - 2018)	159
Introducción	161
4.1 <i>ECVP Waves</i> . Finalista 2005	162
4.2 <i>The Spinning Disks Illusion</i> . Finalista 2005	163
4.3 <i>Coffer Illusion</i> . Finalista 2006	164
4.4 <i>Clones and Donors Have Opposite Inclinations</i> . Finalista 2006	165
4.5 <i>The Illusory Contoured Tilting Pyramid</i> . Segundo lugar 2007.	166
4.6 <i>Swimmers, Eels and Other Gradient Illusions</i> . Finalista 2007	167
4.7 <i>The Mutually Interfering Shapes Illusion</i> . Finalista 2008	168
4.8 <i>Contrast color induced by unconscious surround</i> . Finalista 2009	169
4.9 <i>Counter-intuitive illusory contours</i> . Segundo puesto 2010	171
4.10 <i>Mask of Love</i> . Finalista 2011	172
4.11 <i>The Flashed Face Distortion Effect</i> . Segundo puesto 2012	173
4.12 <i>The colored dot/peripheral vs. central vision</i> . Finalista 2012	174
4.13 <i>Tusi or not Tusi</i> . Segundo puesto 2013. Finalista 2012	175
4.14 <i>Dynamic Size Contrast Illusion</i> . Finalista 2013	176
4.15 <i>Pigeon-Neck Illusion</i> . Finalista 2014	177
4.16 <i>The Dynamic Ebbinghaus</i> . Primer puesto 2014	177
4.17 <i>Motion Integration Unleashed</i> . Primer puesto 2016	179
4.18 <i>Skye Blue Café Wall Illusion</i> . Segundo puesto 2017	179
4.19 <i>Dynamic Müller-Lyer Illusion</i> . Tercer puesto 2017	181
4.20 <i>White + Gray = Red</i> . Finalista 2018	182
5. Crescendo	185
Bibliografía	203

Prefacio

Este libro digital interactivo se ha diseñado con fundamento en la filosofía del [Proyecto Descartes](#): "Trabajando altruistamente por la comunidad educativa de la aldea global", que sólo busca desarrollar contenidos educativos para el provecho de la comunidad académica, esperando únicamente como retribución el uso y difusión de estos contenidos. El contenido del libro, al igual que los objetos interactivos se han diseñado de tal forma que se puedan leer en ordenadores y dispositivos móviles sin necesidad de instalar ningún programa o *plugin*. El libro se puede descargar para su uso en local sin dependencia con la red, a excepción de algunos vídeos incluidos en el texto. Algunos objetos interactivos se han diseñado con el Editor DescartesJS. Las escenas interactivas que no presentan créditos, fueron diseñadas por el autor de este libro.

En esta segunda edición¹, presentamos más de 150 ilusiones ópticas (111 de ellas son escenas interactivas), además del nuevo formato de libro que facilita la lectura en dispositivos móviles y en tabletas. En el capítulo que hemos llamado **crescendo**, hemos incluido más apartados con nuevas ilusiones ópticas, entre ellas el arte callejero 3D propiciado por artistas grafiteros, impactando el entorno urbano de muchas ciudades del mundo.

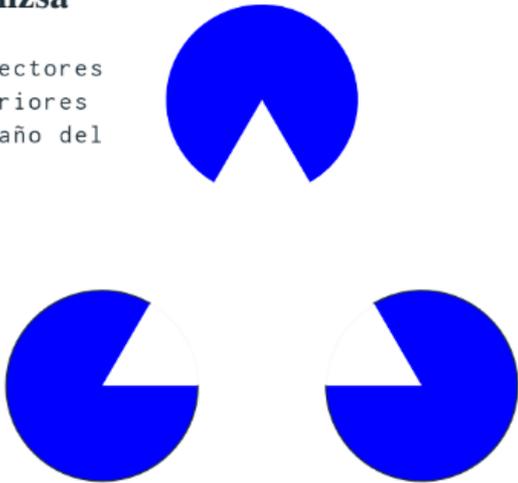
El contenido de este libro tiene como propósito acercar al lector a los estudios de la percepción visual desde varias disciplinas y enfoques, que van desde la filosofía de la mente y las neurociencias hasta la psicología de la percepción, en especial la teoría de la Gestalt.

¹ La primera edición de este libro, en formato *flip book*, se puede consultar en [el Proyecto ¡CartesiLibri](#).

Pero no sólo el fenómeno de la percepción será nuestra preocupación, pues éste se vincula estrechamente al fenómeno de la representación, el cual presenta, también, extensos debates desde diferentes disciplinas y enfoques que, por su extensión, lo acotaremos en problemas puntuales como la visualización espacial, que sorprende por la presencia de la ilusión y de imágenes fantasmas que distorsionan lo que el mundo externo nos devela. Un ejemplo de estas imágenes fantasma es la ilusión de Kanizsa, en la que podemos observar un triángulo... ¡que no existe!

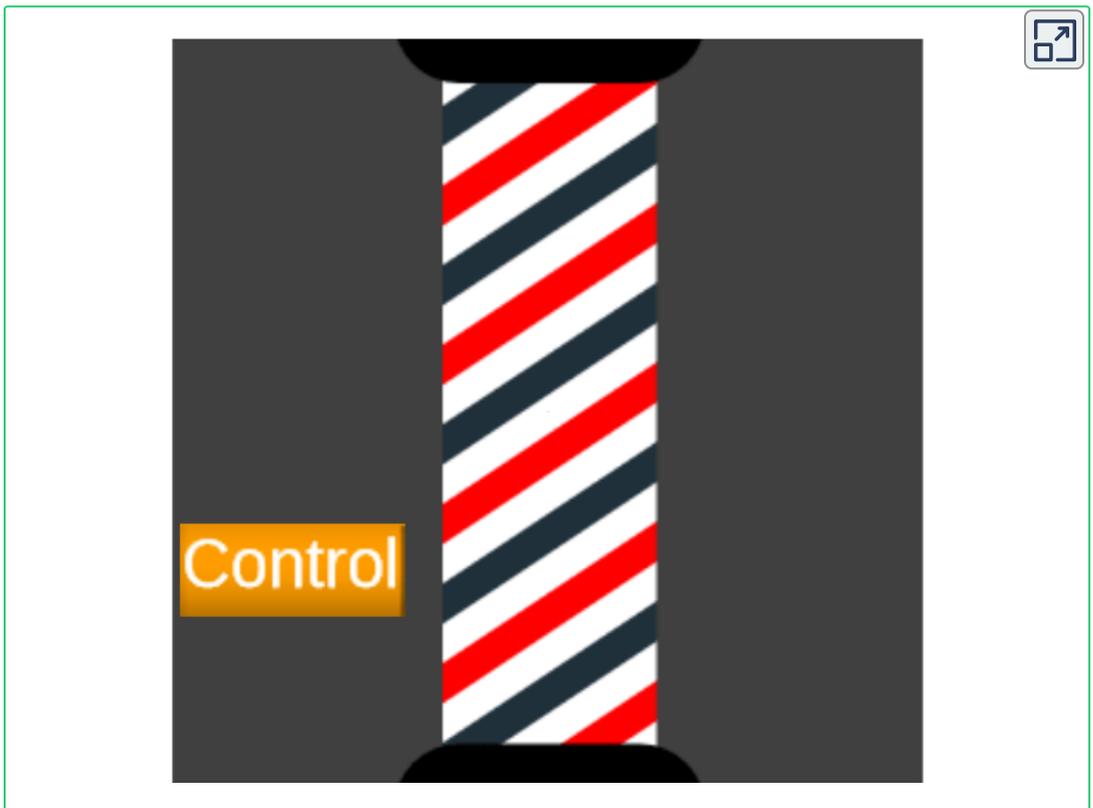
Ilusión de Kanizsa

Mueve los dos sectores circulares inferiores y cambia el tamaño del triángulo



Con clic izquierdo sostenido puedes desplazar los sectores circulares inferiores.

Los estudios de la percepción visual han demostrado que nuestro cerebro tiende a generar imágenes a través de procesos de menor esfuerzo que, en consecuencia, producen perceptos errados del fenómeno observado. Estos errores se hacen más notorios cuando existen elementos distorsionadores de la realidad. En este libro presentaremos varios casos de distorsión de la realidad, un ejemplo clásico es el poste o barra del barbero cuyo movimiento lo percibimos en una dirección diagonal, pero al eliminar los elementos distorsionadores, podemos observar el movimiento real, es decir, eliminamos la ambigüedad en el movimiento.



Haz clic en el botón "Control" para eliminar los elementos distorsionadores de la realidad del movimiento.

A close-up, grayscale image of a human eye, showing the iris, pupil, and eyelashes. The eye is looking slightly to the right. The background is a soft, out-of-focus gray.

Capítulo I

A graphic design featuring a grid of small squares. Overlaid on the grid are several concentric, semi-transparent circles of varying shades of gray, creating a ripple effect. The circles are centered in the lower half of the page.

Percepción

Introducción

La percepción, como estado mental o físico de la mente, ha sido analizada por los llamados científicos cognitivos, entre los cuales se destacan los trabajos de los neurocientíficos y los realizados por los filósofos de la mente². El surgimiento de la Inteligencia Artificial y el desarrollo de las neurociencias parece que dan por superado la concepción dualista mente-cuerpo³. En las últimas décadas, los estudios del cerebro han propiciado que el debate filosófico sobre la relación mente-cerebro cobre más fuerza. Las preguntas en torno a los estados mentales como la percepción, la intuición, la memoria, la emoción y la conciencia han generado diferentes concepciones con un alto impacto en la filosofía y la psicología. Superado el conductismo, el materialismo reduccionista de la teoría de la identidad y el funcionalismo luchan por formular la mejor teoría que dé cuenta de cómo son finalmente los procesos asociados a los estados mentales. En medio del debate entre fisicalistas y funcionalistas surgen nuevos problemas como los denominados *qualia* y los generados por el, también complejo, problema de la "intencionalidad".

² Los científicos cognitivos o cognoscitivos estudian los llamados estados de la mente o, desde una mirada fisicalista, del cerebro. Estados mentales como el pensamiento, la percepción, el razonamiento, el juicio y la conciencia permiten, en últimas, el conocimiento; por ello el calificativo de cognitivo.

³ Uno de los primeros rompimientos con el dualismo lo da Hilary Putnam al sostener que cerebro y mente eran análogos a hardware y software; posteriormente abandona esta idea funcionalista. En nuestro concepto, Putnam se dejó sorprender por los extraordinarios avances en Inteligencia Artificial. Por otra parte, Penrose (1989, pp.366, 399) contribuye a acabar con este entusiasmo al afirmar: "Sugiero así que, mientras que las acciones inconscientes del cerebro son las que proceden según procesos algorítmicos, la acción de la conciencia es muy diferente y actúa de una forma que no puede describirse mediante ningún algoritmo [...] La formación de juicios, que afirmo es la impronta de la conciencia, es ella misma algo sobre lo que la gente de la IA no tendría ninguna idea de cómo programar en una computadora". Dennett (1995b, pp.428-451), por su parte, realiza una amplia exposición que confronta la posición de Penrose con los argumentos de la IA.

En la búsqueda de una solución a estos problemas se ha construido un rico material filosófico con una gran variedad de hipótesis que tratan de sustentar la teoría propuesta o de arrinconar las teorías rivales. A la fecha, parece que la batalla conceptual la ganan los fisicalistas, fundamentados en los hallazgos de las investigaciones en neurociencias, tal como lo expresan Livaditis & Tsatalmpasidou:

Physicalism can, better than other theories, explain mental phenomena, such as intentionality and reasonability of human beings and other biological organisms. Modern neuroscience corroborates the conviction that the brain is a physical mind capable of giving meaning to, evaluating and further cognitively and behaviorally transforming complex aspects of the world (Livaditis & Tsatalmpasidou, 2007, p.1).

Sea cual fuese la mejor teoría, el problema de la percepción, desde la filosofía de la mente y de los estudios de las neurociencias, se convierte en un problema "duro" de resolver⁴. Complementando nuestros interrogantes, nos adherimos a algunos más planteados en la filosofía de la mente como: "What is mind? What is meaning? What is reasoning, and rationality? What are the necessary conditions for the recognition of objects in perception? How are decisions made and justified?" (Dennett D. C., 1988b, p.283).

⁴ Chalmers (2004) considera que los problemas de descripción de los datos objetivos asociados a la conciencia son problemas "fáciles de la conciencia", mientras que el problema de descripción de los datos subjetivos asociados a la conciencia es llamado "el problema duro de la conciencia", la experiencia consciente. El conocimiento objetivo, en el contexto de Chalmers, no son más que modelos que describen el funcionamiento (objetivo) de un sistema. El modelo que describe este sistema es generalmente aceptado en una comunidad científica (conocimiento objetivo). En la percepción el modelo se descompone (breaks down), en tanto que los datos del sistema objetivo no son los únicos que entran en el proceso de toma de conciencia del sistema. Esta experiencia consciente es difícil de modelar; es decir, no es sencillo encontrar un modelo que dé respuestas a estas preguntas: ¿Cómo explicar a un ciego el color azul?, ¿cómo explicar a un fumador la experiencia de un enfisema pulmonar?, ¿cómo modelar el dolor?

En este contexto, una investigación sobre la percepción no puede ser ajena a los hallazgos de la neurociencia y tampoco puede eludir los debates filosóficos sobre los estados mentales, en particular la percepción.

1.1 Los grados de percepción: un camino a la conciencia

Un alpinista imprudente, que subía solo por un precipicio, se encuentra colgado en el extremo de su cuerda de seguridad mil pies arriba del barranco. Incapaz de subir por la cuerda o de balancearse hacia un apoyo seguro, grita desesperado: ¡aloo, aloo! ¿Alguien puede ayudarme? Para su asombro, la nube se separa y son atravesadas por una hermosa luz, y una potente voz le responde: ¡Si, hijo mío, yo puedo ayudarte, toma tu cuchillo y corta la cuerda! El alpinista toma su cuchillo, se detiene, piensa y piensa. Entonces grita: ¿Alguien más puede ayudarme? (Dennett, 2006, p.226).

En ese mundo de creencias que nace desde la percepción, creemos en lo que vemos y creemos en los que nos dicen, siempre en un menor o mayor grado de creencia. Creemos en las impresiones que afectan nuestros sentidos, creemos que hace frío porque sentimos el frío, si no lo creyésemos podríamos morir de frío. Creemos en lo que alguien nos dice, porque ese alguien es una autoridad en lo que dice o, porque siendo niños, ese alguien es el adulto en el cual creemos. Creemos en Dios, porque el adulto, la autoridad, creen, o simplemente porque la mayoría tiene esa creencia. Pero, como al alpinista, nos llega el momento de la duda.

El tránsito entre la duda y la creencia o viceversa se debe a que nuestra percepción, al igual que las creencias, es por grados.

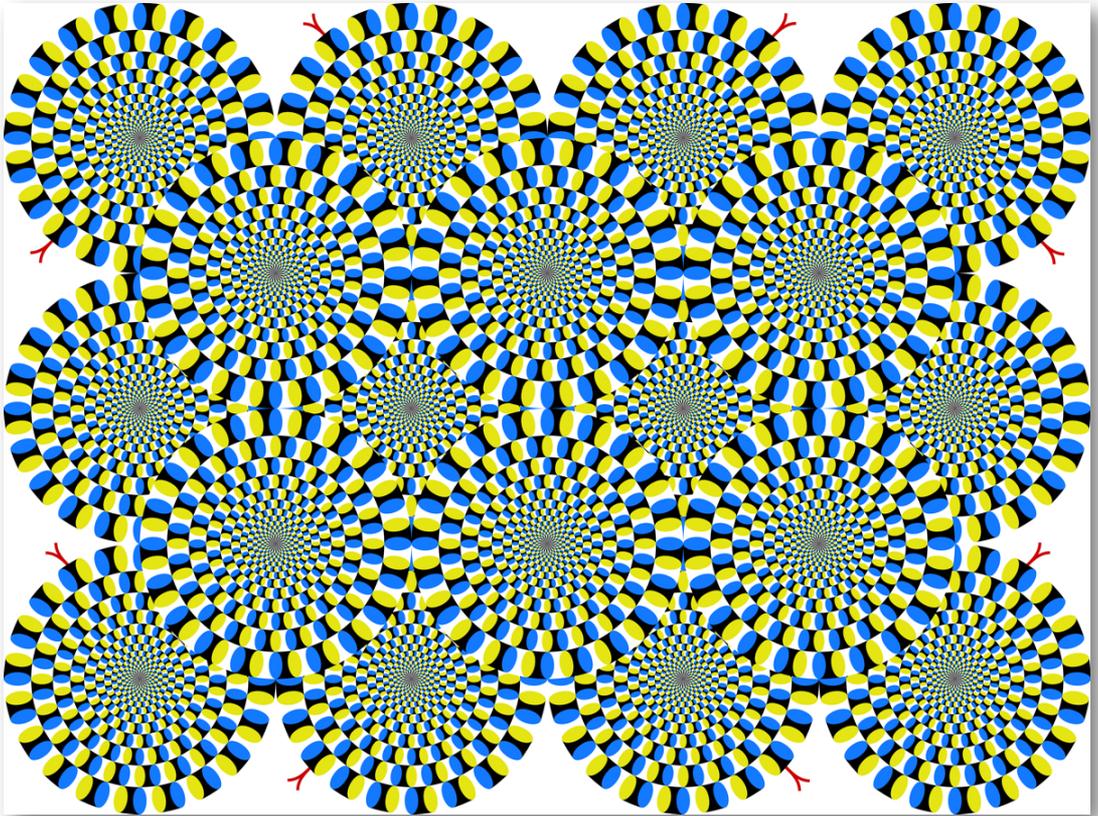
La percepción fuerte o en su grado más alto es nuestra creencia convertida en certeza, es nuestra verdad del mundo externo e interno.

Grados más bajos de creencia están más cerca de la duda que de la certeza. Tomar decisiones cuando nuestra creencia no está en su grado más alto, es tomar decisiones con vacilación, tal como lo hizo el alpinista. La percepción de un fenómeno obtenida directamente desde la experiencia, es más fuerte que aquella lograda a través de las representaciones de ese evento o fenómeno del mundo. Hume establece diferencias entre las percepciones directas y las provenientes de las representaciones:

All the perceptions of the human mind resolve themselves into two distinct kinds, which I shall call IMPRESSIONS and IDEAS. The difference betwixt these consists in the degrees of force and liveliness, with which they strike upon the mind, and make their way into our thought or consciousness (Hume, 1738).

En esta percepción gradada de Hume, el grado más alto se da por las impresiones que provienen directamente de los sentidos. La percepción por grados es defendida desde la filosofía, entre otros, por Russell (1910, p.182), Chalmers et al. (1991) y las neurociencias (Edelman G. M., 2004) . No obstante, a pesar del acuerdo en la gradación de la percepción, los grados altos difieren en una y otra postura. Para Russell la percepción directa a partir de los datos sensibles genera una creencia de alto grado o espontánea (“ver es creer”), mientras que la creencia derivada u obtenida por inferencia es de variados grados, incluso hasta llegar a desconfiar de nuestros juicios (Russell, 1910, p.183).

¿Qué percibes en la siguiente imagen de [Akiyoshi Kitaoka](#)?



© A. Kitaoka (2003), <http://www.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/index-e.html> – All rights reserved.

Por contraste, Chalmers, French & Hofstadter ven en la percepción directa o sensible los más bajos grados de percepción:

Perceptual processes form a spectrum, which for convenience we can divide into two components. Corresponding roughly to Kant's faculty of Sensibility, we have low-level perception, which involves the early processing of information from the various sensory modalities. High-level perception, on the other hand, involves taking a more global view of this information, extracting meaning from the raw material by accessing concepts, and making sense of situations at a conceptual level. This ranges from the recognition of objects to the grasping of abstract relations, and on to understanding entire situations as coherent wholes (Chalmers, French & Hofstadter, 1991, p.1).

Los grados más altos de la percepción son, entonces, por inferencia hasta obtener el marco conceptual en el cual creer: "inferir es creer". Según estos últimos autores: "the study of high-level perception leads us directly to the problem of mental representation". He aquí un buen punto de partida para la discusión. ¿Qué entendemos por percepción y autopercepción (self perception)? Una propuesta a la que nos adherimos y que discutiremos más adelante es la de los grados de conciencia propuestos por Edelman; tal vez haya acuerdo con Chalmers *et al*, más en un sentido de grados de razonamiento o de procesamiento de los datos percibidos hasta llegar a los grados más altos de conciencia. Por tanto, tal parece que Chalmers *et al* se refieren a otro concepto igual de complejo: la autoconciencia, la cual es una categoría de percepción conocida como autopercepción (self perception).

¿En la imagen de Kitaoka, con cuál propuesta estás de acuerdo?

Defendemos una percepción fuerte en la cual es posible que los objetos percibidos ingresen en la conciencia y, como consecuencia, es posible emitir juicios perceptuales. Sin embargo, en el proceso de percepción todos los juicios perceptuales tienen una carga teórica (Churchland, 1984, pp.125-126). Volviendo a nuestro amigo alpinista, supongamos que la otra ayuda solicitada aparece en la persona de su padre (no el celestial), quien le dice: ¡Hijo mío, toma tu cuchillo y corta la soga, en el fondo del precipicio hemos asegurado una fina red y debajo de ésta un colchón de aire! ¿Cuál sería la decisión del alpinista? Quizá no dudaría de su padre biológico, pero su carga teórica le haría evaluar conceptos físicos como su peso, velocidad de caída, resistencia de la invisible red, entre otros posibles conceptos afines a su desesperada situación, evaluación que lo pondría a dudar. Quizá si pudiera "ver" la red para "creer" en una decisión acertada haría que su creencia fuese más fuerte.

Frente a las dudas del alpinista, como ayuda adicional, le propondríamos que se concentrara en el siguiente pensamiento de James:

Nadie podrá prohibiros que creáis en Dios y en el futuro, porque nadie podrá presentaros pruebas de lo erróneo de vuestra creencia; como si alguien piensa lo contrario y ajusta su vida a sus creencias, tampoco habrá modo de demostrarle que está equivocado... Obre cada cual con arreglo a su pensamiento; si torcido, peor para él... En nuestra vida la arriesgadísima travesía de quien caminando por entre nevadas montañas, cegado por continuos ventisqueros, sólo en contados instantes vislumbrar pudiese vestigios de sendas... ¿Qué hacer...? ¿Condenarse a morir petrificado por el frío o marchar resuelto en pos de las únicas huellas que den alguna orientación, aunque con esfuerzo temerario? Sed fuertes y valerosos; obrad bien, aspirad al bien y aceptad lo que venga... Si la muerte acaba con todo, no podemos aguardarla de la mejor manera .

Las dos ayudas propuestas al alpinista coinciden en lo mismo: “toma el cuchillo y corta la soga”. La última opción es quedarse y morir petrificado, como lo dice James. La carga teórica está constituida por todas nuestras creencias, incluidas las provenientes de los inobservables como las de origen religioso. Si nuestro alpinista fuese un creyente, no dudaría, en la primera opción, en cortar la soga o, al menos, su duda sería mucho menor que la del primer alpinista. Si nuestro alpinista no conociera nada sobre las leyes de la física, sobre caída de cuerpos y resistencia de redes, no dudaría de su padre biológico y cortaría la soga. Nuestras creencias o carga teórica construirán, a partir de la percepción, un posible escenario (representación) al cortar la soga.

Desde nuestra experiencia estamos convencidos de un mayor grado de percepción desde los datos sensibles.

No obstante, reconocemos que un buen relato escrito (representación) puede impresionarnos de tal forma que, a partir de nuestras creencias, construyamos una nueva creencia, la cual fijamos tan intensamente como si la hubiéramos vivido. Pero, por muy “realista” que sea el relato escrito, se escapan datos que sólo la experiencia directa con el fenómeno o evento se puede proporcionar aquellas propiedades secundarias de los objetos de percepción que sólo nuestros sentidos nos permitirán una representación más fiel de la realidad. Mucho se ha discutido al respecto: propiedades del color como la rojez, propiedades del sabor como la salinidad (saltiness), etc., no son percibidos en igual grado. No todos percibimos el mismo nivel de la rojez o de la salinidad. Puedes percibir alguna diferencia en los cuadrados A y B?



Tu respuesta seguro sería: ¡Claro que hay diferencia, son de distinto color! En la anterior escena interactiva, diseñada por [Pierre Vion](#), la percepción directa de nuestros sentidos, que para el ejemplo es visual, ha fallado, pues en realidad se trata del mismo cuadrado con el mismo color.

Pero, no nos preocupemos, en tanto que en asuntos de ilusiones visuales nuestros sentidos, como lo dijimos antes, recurren al mínimo esfuerzo, por ello el éxito de la ilusión.

No obstante, si a un grupo de personas se le suministra una comida muy salada, la mayoría, si no todos, protestarán. Hay consenso en la salinidad. Es decir, en grados de salinidad altos, coincidimos en nuestras percepciones. ¿Quién no percibiría la sensación picante del ají o la dulzura de la miel? En estas sensaciones extremas hay consenso, a partir de ellas se puede dar más realidad al relato escrito. Pero, ¿cómo llevar al relato escrito otras propiedades tan difíciles de representar como el dolor o la alegría?, ¿cómo relatarle al alpinista la muerte lenta y horrible que se producirá si su decisión es quedarse suspendido por la soga? Estas propiedades tan comunes y corrientes, se nos presentan por grados y cada uno de nosotros tenemos una carga teórica distinta; para unos la creencia sobre el dolor no tiene referente más allá de un simple dolor de estómago, para otros sus experiencias vividas dará cuenta de un grado más alto de dolor.

Nuestra afirmación de un grado de percepción más alto desde la experiencia sensible no significa que estemos de acuerdo con un realismo ingenuo en el cual la percepción no es más que una ventana al mundo externo. No, los objetos que percibimos no son tal como son. Son tal como los recreamos desde nuestras creencias, tal como recreamos los cuadrados A y B de la escena anterior, nuestra creencia era que había una diferencia de color.

Los grados de creencia podríamos asimilarlos a grados de convicción; es decir, como el nivel de convencimiento que tenemos de algún concepto en particular.

Si no estamos muy convencidos que Maduro es un buen gobernante, significa que tenemos un bajo grado de creencia en dicha proposición. Pero este bajo grado está influenciado por otras creencias, tal como lo expuso en su momento uno de los pioneros del bayesianismo:

Since an observation changes (in degree at least) my opinion about the fact observed, some of my degrees of belief after the observation are necessarily inconsistent with those I had before. We have therefore to explain how exactly the observation should modify my degrees of belief; obviously if p is the fact observed, my degree of belief in q after the observation should be equal to my degree of belief in q given p before, or by the multiplication law to the quotient of my degree of belief in pq by my degree of belief in p . When my degrees of belief change in this way we can say that they have been changed consistently by my observation (Ramsey, 1926, p.88).

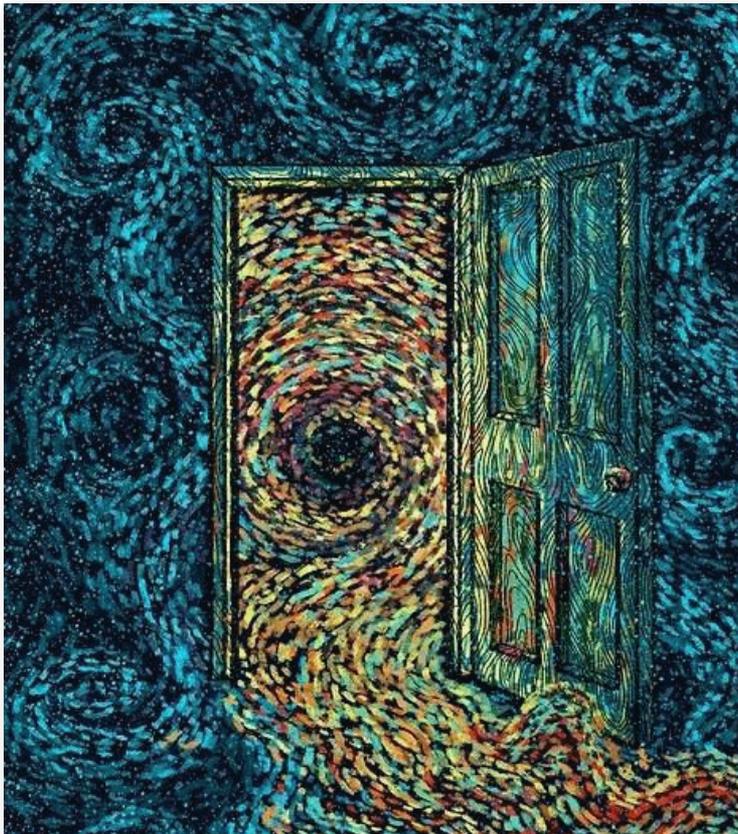
Los grados de creencia en el contexto de Ramsey están en una dinámica permanente, en tanto que nuestra percepción es igualmente dinámica. Las creencias son aptitudes proposicionales y como tal tienen también un grado de verdad⁵. Nuestras creencias, por tanto, al poseer grados de verdad harán que nuestras percepciones sean correctas o erróneas. En caso contrario sería afirmar que en el mundo no existe la falsedad.

⁵ Deseos y creencias son categorizados como aptitudes proposicionales, al respecto Davidson expresa que:

for all thought, whether in the form of beliefs or intentions, desires, fears or expectations, has propositional content, the kind of content that is paradigmatically expressed by sentences. Propositions are characterized by their truth conditions; we cannot have a thought without understanding that its propositional content may be true or false (Davidson, 2004, p.3).

Todos tenemos diferentes creencias sobre un fenómeno dado que, obviamente, generarán grupos más cercanos a la realidad del fenómeno y otros situados en el camino falso. Tanto expertos como legos erramos. Nuestra percepción del fenómeno, en consecuencia, puede ser errada o acertada; esta percepción está vinculada a nuestra carga teórica o creencias acumuladas.

El mundo externo es tan rico en información que sólo podemos prestar atención a un estímulo a la vez⁶.



© james r. eads (motion by the glitch) www.designboom.com – All rights reserved.

⁶ “If we try to take in two dense flows of information, like two simultaneous spoken stories, one to each ear, we can understand only one at a time” (Baars, 1997, p.295).

Con esta afirmación iniciamos nuestra propuesta de una percepción como puerta de ingreso a la conciencia, una puerta muy especial, en tanto que está constituida por filtros o inhibidores que sólo dejan pasar aquellos estímulos que son de nuestro interés o, que por alguna razón, son inducidos por otros agentes externos (el dolor, por ejemplo)⁷.

Cuando tenemos nuestra atención puesta en un objeto de percepción particular (una pantalla de televisión o de un computador, por ejemplo), estos inhibidores rechazan o minimizan cualquier otro estímulo ajeno a nuestro objeto de atención. No afirmamos que los demás estímulos no los percibamos, igual oímos o vemos algunos objetos secundarios a nuestra atención, lo que defendemos es una percepción que logra llevar a la conciencia sólo aquella información pertinente o, si se prefiere, interesante para el agente perceptor. Aquellos estímulos percibidos, pero que aún permanecen en el umbral de la conciencia, son percepciones primarias o percepciones cuyo grado se encuentra en los niveles más bajos.

La percepción como proceso y los grados de conciencia permiten inferir grados de percepción. El último grado del proceso perceptivo es la conciencia. No obstante que nuestro tema a abordar es la percepción, no implica que sea ajeno a la conciencia, estado mental aún más complejo pero, que como tratamos de defender, constituye el último grado de la percepción.

No pretendemos profundizar en el tema de la conciencia.

⁷ El éxito de nuestra atención radica en la existencia de estos inhibidores. Por contraste, la llamada falta de atención obedece a una débil filtración de los estímulos a los que estamos expuestos. Una explicación científica a los inhibidores y a nuestra tendencia a priorizar los estímulos se está dando desde la neurociencia; Martínez-Conde (2005), por ejemplo, afirma que esto obedece al desgaste excesivo del llamado “combustible neuronal” por cada actividad mental (cerebral) que desarrollamos.

Nuestro interés es abordar algunos argumentos que sustentan sólidamente una propuesta de una conciencia como último grado del proceso de percepción, sea cual fuere la postura filosófica más convincente al respecto e independiente del modelo neurocientífico de más aceptación. Lo cierto es que hay un consenso en el cual se reconoce que la conciencia es un problema bastante complejo de comprender. Para el estudio de este complejo estado mental los filósofos recurren al análisis de fenómenos afines tales como la experiencia consciente, contenidos de conciencia y a la autoconciencia. Esta última, según Churchland (1999, p.115), es una especie de percepción (autopercepción) que coincide con lo que hemos denominado como última etapa del proceso de percepción. Es decir, la percepción de los estados internos o introspección. Por otra parte, los neurocientíficos han recurrido a diferentes modelos como los llamados correlatos de la conciencia que permiten describir el estrecho vínculo entre los objetos del mundo externo y la conciencia.

1.2 Los modelos psicológicos de la percepción

James se inspiró en la tesis de Darwin de que la percepción, la cognición y la emoción y los órganos físicos, evolucionaron como adaptaciones biológicas. James apelaba a la idea de instinto para explicar las preferencias de los seres humanos, no sólo las de los animales, y postulaba en su teoría de la vida mental numerosos mecanismos, entre ellos la memoria a corto y largo plazo (Pinker, 2003, p.37).

Es evidente la influencia de William James en los pensadores de los siglos XIX y XX. Pese a su dualismo, Chalmers recurre a James como apoyo a su rechazo de una posible máquina pensante (IA): “Despite the work of philosopher-psychologists such as James, the early days of artificial intelligence were characterized by an objectivist view of perception, and of the representation of objects, situations, and categories” (Chalmers, et al., 1991, p.5).

El problema de la racionalidad de las emociones tiene como referente a James en varios autores preocupados por el tema, entre ellos Damasio (1999). Los neurocientíficos frecuentemente citan algunas posturas de James (Edelman, 2003; Kosslyn, 1996; Baars, 2003). Baars, por ejemplo, considera que en James está la base de la psicología y neurología moderna:

Modern scientific psychology and neurology began in about 1800 with the study of human conscious experience, and some works from that era, such as William James's *Principles of Psychology* (1890/1983) are still widely read today. Until the twentieth century, scientists were deeply involved in efforts to understand consciousness (Baars, 2003, p.1).

Tres ideas básicas de James han influenciado nuestra propuesta de una percepción gradada: la conciencia como proceso (Tononi & Edelman, 2003, p.971; Damasio, 1999, p.224), los flujos de conciencia (*stream of consciousness*) (Llinás & Paré, 2003), y el “*Conscious Fringe*”. En lo que respecta a la “franja” de conciencia la hemos asimilado como la penumbra de Baars o el umbral de la conciencia: “*Setting the mind to remember a thing involves a continual minimal irradiation of excitement into paths which lead thereto, involves the continued presence of the thing in the 'fringe' of our consciousness*” (James, 1890, p.686). James es, entonces, nuestro referente de una percepción como proceso, en la cual la influencia de otros factores como las emociones, el contexto social, económico y cultural, afectan el resultado final de este estado mental. En cada paso del proceso se presentan interacciones con la memoria, con el estado emocional del sujeto perceptor, con sus creencias, hasta terminar en un último borrador (Dennett) de la cosa o evento percibido. En esta máquina de procesamiento, física o no, se quedan aquellos estímulos (inputs del proceso) que no están sujetos a la atención o interés del perceptor en el umbral de la conciencia (fringe).

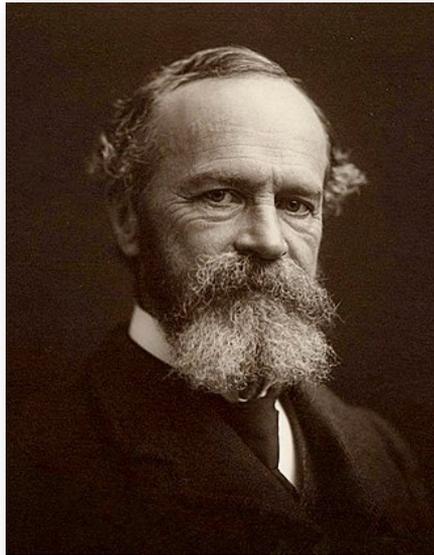
Estos estímulos han motivado la discusión en torno a si son de carácter consciente o inconsciente. En nuestro modelo, son cosas o eventos que no logran entrar al proceso y, consecuentemente, no logran ser percibidos. Sin embargo, quedan en la llamada memoria de corto plazo y, en cualquier momento, el sujeto perceptor puede retomarlos para construir un nuevo modelo o concepto de la cosa o evento percibido. La conciencia como último grado del proceso de la percepción es dinámica, equivalente a decir, que podemos ser conscientes de un fenómeno, en el contexto de nuestras creencias. Al modificar este marco conceptual, nuestra conciencia cambia... somos conscientes en este nuevo marco. Esto último nos ha llevado a concluir que los grados de percepción son intra y extra sujeto. Hay grados de percepción en el proceso subjetivo per se, pero también hay grados de percepción entre sujetos. Podemos percibir un fenómeno en un menor o mayor grado que otro sujeto perceptor.

James (1890) dedica buena parte de su obra al análisis de la percepción. En cuatro capítulos expone su pensamiento sobre la percepción de las cosas, de la realidad, del espacio y del tiempo, incluyendo otros conceptos como la memoria, la atención, la concepción, el cerebro y la mente. James postula que “la percepción es la conciencia” de una cosa material presente a través de los sentidos, conciencia que genera ideas con la ejecución de procesos en los cuales intervienen, además de la percepción presente, las experiencias pasadas. Como nuestros cognitivistas actuales, no encuentra la forma para explicar cómo se realiza la conexión entre la nueva experiencia y las pasadas, ni cómo y cuando se logra la conciencia final (producto final editado, en términos de Dennett), pero si aboga por una distinción de esas percepciones primarias (antes del umbral de la conciencia) y la percepción como conciencia: *“Perception thus differs from sensation by the consciousness of farther facts associated with the object of the sensation”* (James, 1890, p.77).

Identifica, entonces, en cada objeto material particular una concentración de cualidades sensibles con las cuales se tiene contacto en diversos tiempos. Algunas de estas cualidades (forma, tamaño y masa), las más importantes, las considera como lo esencial de la cosa; otras cualidades, las más fluctuantes, como más o menos accidentales o no esenciales. Las primeras son la realidad y las segundas las apariencias. Cita como ejemplo el sonido “aparente” de un coche de caballos, en tanto que, el coche real es aquel que se ve en la imaginación, la imagen que trae el sonido del coche. La percepción, entonces, la define como el proceso por el cual la mente complementa una impresión sensible (el sonido del coche), con el acompañamiento de sensaciones revividas (traídas a la imaginación), para luego integrarlas en la forma de un percepto. He ahí la inspiración en Dennett: “*these images 'fuse,' or are 'combined' by the Ego with the present sensation into a new product, the percept*” (James, 1890, p.103).

En la percepción de la realidad se empieza a evidenciar el pragmatismo de James, se centra en el problema de las creencias, diferenciando entre lo que creemos y lo que imaginamos. En la creencia, el objeto no es únicamente aprehendido por la mente sino que está sujeto a la realidad. La creencia es así el estado mental de la realidad. He ahí nuestro referente a la creencia o, mejor, a los grados de creencia que se vincula estrechamente la percepción. Pero, ¿a cuál realidad se refiere James? Igualmente, desde nuestras creencias, podemos construir conceptos errados o acertados sobre un objeto real o imaginario. He aquí la genialidad de James al considerar la existencia de varias categorías de realidad, las que denomina subuniversos. Toda creencia tiene existencia en alguno de los mundos creados por el hombre o por las sociedades.

Las fantasías tienen existencia en el país de los sueños, otras creencias existen, bien en los mundos del error absoluto o en los mundos de realidad absoluta, en los mundos de los errores colectivos o en los mundos de realidades abstractas, en los mundos de realidades relativas o prácticas o en los mundos de lo sobrenatural. Según James, el mundo global que los filósofos deben tener en cuenta es aquel donde caben, además de las realidades, las fantasías y las ilusiones. Algunos de los subuniversos son los siguientes: el mundo de los sentidos o de las cosas físicas, como intuitivamente las entendemos, con sus cualidades como el calor, el color y el sonido; así como las fuerzas vitales, la gravedad y la electricidad, todas existentes dentro o en la superficie de las cosas. El mundo de la ciencia o de las cosas físicas como las concebimos.



William James (<https://es.wikipedia.org>)

El mundo de las relaciones ideales o de las verdades abstractas, expresadas en la lógica, las matemáticas, la metafísica y la ética.

El mundo de “los ídolos de la tribu”, las ilusiones o prejuicios propios de la raza (el movimiento de las estrellas alrededor de la tierra pertenece a este mundo). Los mundos sobrenaturales como el cielo y el infierno de los cristianos o el mundo de la mitología hindú, son de Fe. Los mundos de la locura y la divagación y muchos otros mundos individuales como personas existan; los mundos de la opinión individual.

Cada cosa o evento que percibimos llega a uno de estos mundos, anclados en nuestras creencias. Cada cosa o evento se constituye en un objeto del sentido común o como un objeto científico o abstracto o mitológico; o como el objeto de la mente de un loco. Las creencias, son en últimas, para James, la concepción más estable, vívida, convincente y firme de un objeto, que sólo la imaginación es capaz de obtener, consistente en su forma e impresión en la mente.

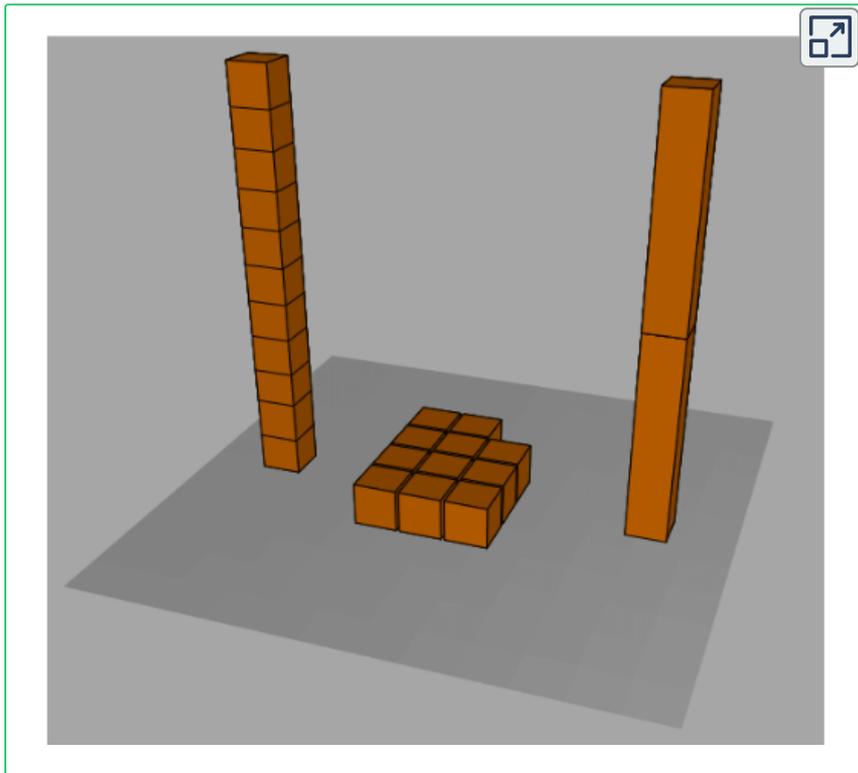
Desde el pragmatismo de James o de su autodenominado empirismo radical, lo real contiene no más que lo posible. Cien dólares no contienen un centavo más que cien dólares posibles (ejemplo de Kant). Para James los objetos sensibles de algún modo son nuestras realidades o la prueba de nuestras realidades. Todo objeto concebido debe mostrar los efectos sensibles o de otro modo deben ser dudados, incluso las mismas teorías son más creíbles si se acercan satisfactoriamente a nuestra experiencia sensible. A su vez, la realidad necesita de las apariencias para ser conocida. Pero no todas las apariencias nos permiten conocer la realidad. Una de las debilidades en la percepción es el poco poder explicativo que presentan las apariencias de las emociones; no es posible representarlas como son en realidad. James afirma que las creencias que más se arraigan en la memoria son las provenientes de emociones fuertes como las que originan el placer y el dolor.

La representación de una daga y sus efectos en el cuerpo humano no transmitirá nunca las sensaciones de la daga al tocar y cortar la piel, ni sus posteriores emociones:

If we fancy some strong emotion, and then try to abstract from our consciousness of it all the feelings of its bodily symptoms, we find we have nothing left behind, no 'mind-stuff' out of which the emotion can be constituted, and that a cold and neutral state of intellectual perception is all that remains (James, 1890, p.451).

1.3 El modelo cognitivo de Kahneman

Iniciemos analizando la siguiente escena interactiva:



Puedes rotar la escena con clic izquierdo sostenido

En la escena se observa un caso de prominencia desde la forma y el tamaño. Tanto la figura de la izquierda como la del centro tienen el mismo número de cubos. Sin embargo es más prominente la primera; es decir, es la que llega más rápido al proceso de percepción. La figura del medio tiende a quedarse en el umbral de la conciencia.

Kahneman (2002) presenta un interesante modelo que da cuenta de estos procesos cognitivos:

	PERCEPCIÓN	INTUICIÓN Sistema 1	RAZONAMIENTO Sistema 2
PROCESO	Rápido Paralelo Automático Sin esfuerzo Asociativo Aprendizaje lento		Lento Serial Controlado Con esfuerzo Reglado Flexible
CONTENIDO	Perceptos Estímulos iniciales	Representaciones conceptuales Pasado, presente y futuro Puede ser evocado por el lenguaje	

Procesos cognitivos según Kahneman y Tversky (Kahneman, 2002, p.451)

El modelo se fundamenta en tres dimensiones fundamentales: la heurística en los juicios, la toma de decisiones bajo riesgo y el efecto encuadre (*framing effect*),

In all three domains we studied intuitions – thoughts and preferences that come to mind quickly and without much reflection. I review the older research and some recent developments in light of two ideas that have become central to social-cognitive psychology in the intervening

decades: the notion that thoughts differ in a dimension of accessibility – some come to mind much more easily than others – and the distinction between intuitive and deliberate thought processes (Kahneman, 2002, p.449).

El modelo se ocupa principalmente de la distinción entre el pensamiento intuitivo (los cuales vienen a la mente espontáneamente como perceptos) y el razonamiento. Mientras la intuición es rápida, automática y sin ningún esfuerzo de asociación (percepción primaria), el razonamiento es lento y controlado (percepción en grado sumo). Los contenidos de ambos, según Kahneman, son representaciones conceptuales.

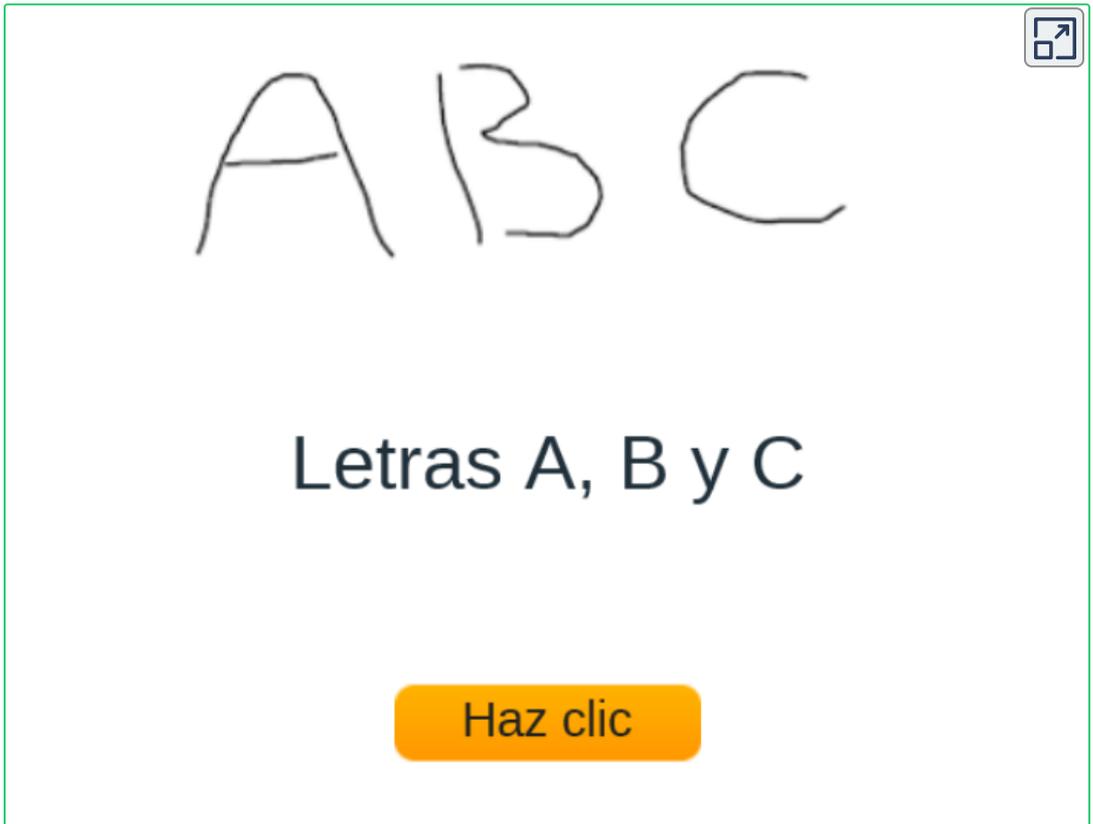
En este modelo cognitivo las operaciones de intuición generan impresiones de los atributos de los objetos que se van a percibir, que no son voluntarias ni requieren explicitarse verbalmente. Por el contrario, los juicios son siempre explícitos e intencionales. Una de las funciones del razonamiento es la del monitoreo de las cualidades de cada una de las operaciones mentales descritas en el modelo, enmarcada en una dimensión que se denomina accesibilidad, determinada muchas veces por la prominencia (*saliency*) del objeto que vamos a percibir, o por el contexto en el cual se encuentra el objeto.

La accesibilidad a un objeto o un evento (como el caso de la escena interactiva) está vinculada a varios factores inherentes a ellos como el tamaño, la forma y otras propiedades propias de dichos objetos o eventos.

Un ejemplo del efecto de contexto sobre la accesibilidad presentado por Kahneman es la percepción que se tiene del símbolo “13” ubicado entre las letras A y C (A 13 C) o entre los números 12 y 14 (12 13 14). En la percepción misma se suprime cualquier ambigüedad.

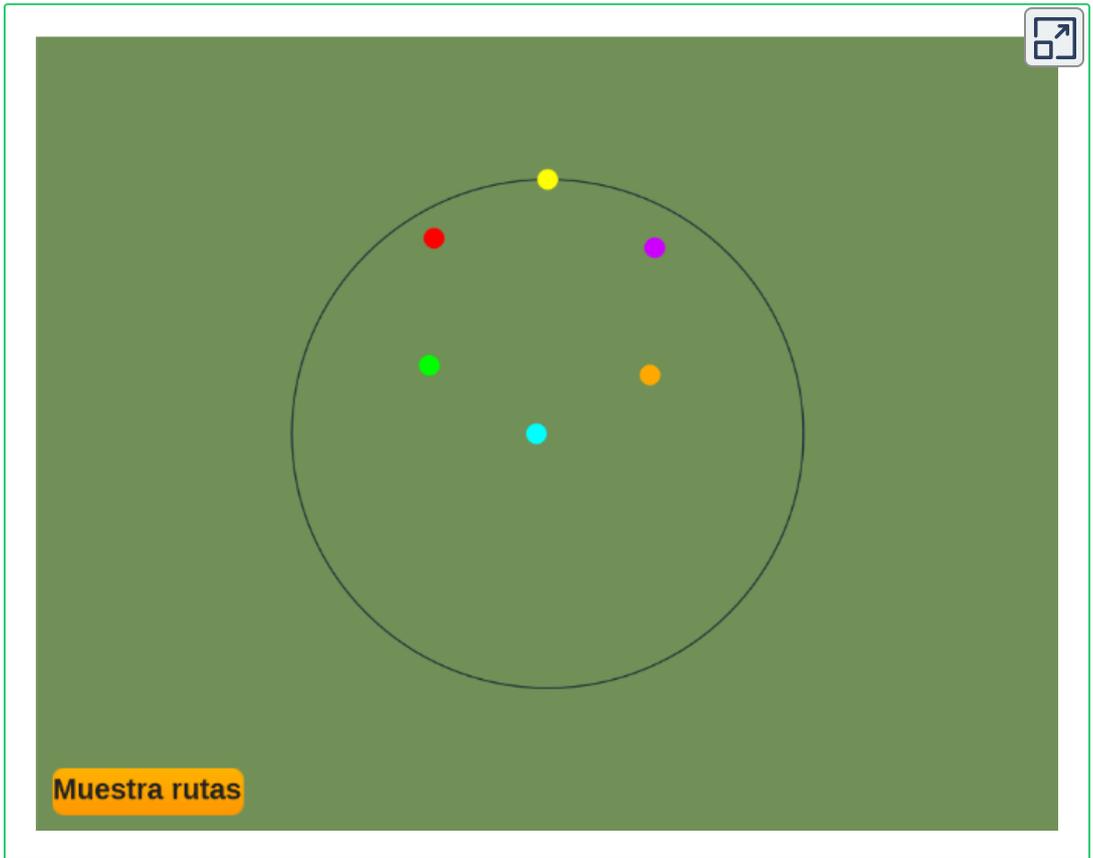
Un estímulo ambiguo es percibido como una letra en el contexto de las letras o es percibido como un número en el contexto de los números (Kahneman & Novemsky, 2005, p.455).

Estas alternativas son posibles por la cercanía de los dos contextos. En contextos separados, como el primer caso de la siguiente escena interactiva, para el observador no existirá más alternativa que aquella que se encuentra en el contexto de las letras.



Este efecto, también denominado “efecto encuadre” (*framing effect*), explica muchas de nuestras decisiones bajo incertidumbre, dado que la incertidumbre es pobremente representada tanto en la intuición como en la percepción.

Para terminar este capítulo y como introducción al próximo, observa la siguiente ilusión óptica y trata de **percibir** la ruta de desplazamiento de los puntos del "círculo loco".



A close-up, grayscale image of a human eye, looking slightly to the right. The eye is the central focus, with the iris and pupil clearly visible. The surrounding skin and eyelashes are also visible, though slightly out of focus.

Capítulo II

A decorative background for the lower half of the page. It features a light gray grid pattern overlaid on a series of concentric, semi-transparent circles that create a ripple effect. The circles are centered and expand outwards from the middle of the page.

Visualización espacial

Introducción

The most important idea that must guide us in trying to understand the nature of mental imagery is the one just alluded to: It is the fundamental question of which properties, characteristics, mechanisms, etc are intrinsic or constitutive of having and using mental images, and which arise because of what we believe, intend, or otherwise attribute to what we are imagining (Pylyshyn, 2002, p.289)

¿Qué mundo es el que comprendemos?, ¿cuál es el mundo que representamos? Como lo dice Pylyshyn, nos aferramos a nuestra imaginación, a nuestras creencias. Nuestro mundo no es el externo, es el mundo que nuestra mente representa, ésa es nuestra realidad⁸. Comprender los procesos o mecanismos que nos llevan a estas representaciones sería un paso importante para crear y recrear el mundo externo, para hacer más cercano el representante del representado.

⁸ No entraremos a discutir las teorías que apoyan o rechazan las imágenes mentales. No defendemos, tampoco, un modelo de teatro cartesiano o un modelo computacional, o el relacional o el analógico. Nuestro propósito va más allá de esta discusión. Defendemos la existencia de representaciones, que llamaremos mentales (físicas o no), dependientes de factores de diverso tipo, entre ellos, los psicológicos o, si se prefiere, los mentales. Así como defendimos la percepción por grado, en consecuencia, defendemos diversas representaciones a partir de un mismo objeto representado. Estas representaciones son dependientes de la memoria de corto plazo, perdiendo contenido a través del tiempo o como expresaba James: *"our ideas or images of past sensible experience may then be either distinct and adequate or dim, blurred, and incomplete"* (Citado en Beakley & Ludlow (1992, p.188)). Nos apoyamos en los estudios de la imaginería mental más por su afinidad a nuestro proyecto de visualización espacial, en tanto que los diferentes experimentos realizados utilizan elementos similares a los nuestros (rotaciones, plegado de superficies y contexto). Nuestro mundo es representacional. Que sea mental, funcional o debido a fenómenos neuronales, no va a ser nuestro problema. Consideramos que existe un proceso mediante el cual transformamos el objeto representado en un representante; en ese sentido, nuestra discusión se centrará en la posibilidad de generar otros representantes a partir del primero. Para evitar discusiones en torno a la imaginería, nos adherimos la definición de Harnad (1993, p.337): *"We consider imagery as the ability to manipulate image representations for the purpose of retrieving visual and spatial information that was not explicitly encoded in long-term memory"*, en tanto que es permeable a cualquier interpretante, humano o máquina y que no es dependiente de la existencia de una mente, espíritu, mónada, homúnculo o fantasma de la máquina.

La visualización espacial nos sorprende por la presencia de la ilusión y de imágenes fantasmas que distorsionan lo que el mundo externo nos revela. Los estudios de la llamada “imagería mental” (mental imagery) nos permitirán acercarnos a las respuestas de las dos preguntas anteriores, en tanto que los procesos mentales más analizados empírica y teóricamente son los asociados a la percepción visual. Sin embargo, debemos reconocer la creación de imágenes mentales a partir de otros estímulos; el sonido del silbato de un tren, por ejemplo, generará una imagen mental del tren. No pretendemos realizar un estudio profundo a todos los hallazgos de la imagería mental; nos centraremos especialmente en las imágenes espaciales, por su afinidad a nuestras actividades realizadas con el proyecto Descartes. Iniciaremos con una crítica a los sistemas educativos, fundamentado en la pobreza representacional de escenarios 3D, que permitirían comprender con mayor facilidad las propiedades y leyes del mundo externo. Esta crítica se hace necesaria, en tanto que los sistemas educativos se constituyen en uno de los actores principales de la comunicación del riesgo en particular y de la ciencia en general.

El pensamiento espacial es básico en el pensamiento científico en tanto en cuanto que el mundo de la ciencia no es plano. Ingenieros, escultores y arquitectos son pensadores espaciales que han logrado sus aptitudes gracias a sus propios esfuerzos de desarrollo cognitivo en esta área, en contraposición al poco aporte del sistema educativo en el que se inscribieron. Si revisamos los diferentes programas curriculares de los países hispanoamericanos, la capacidad espacial presenta un alto déficit de tratamiento en todos los niveles. Los currículos de matemáticas se han centrado en los números y sus operaciones, el razonamiento lógico, las habilidades y destrezas para operar algebricamente (todas necesarias en la formación matemática). Si comparamos el tiempo dedicado al estudio de la geometría plana frente a la geometría espacial, observaremos que el pensamiento espacial sigue siendo deficitario.

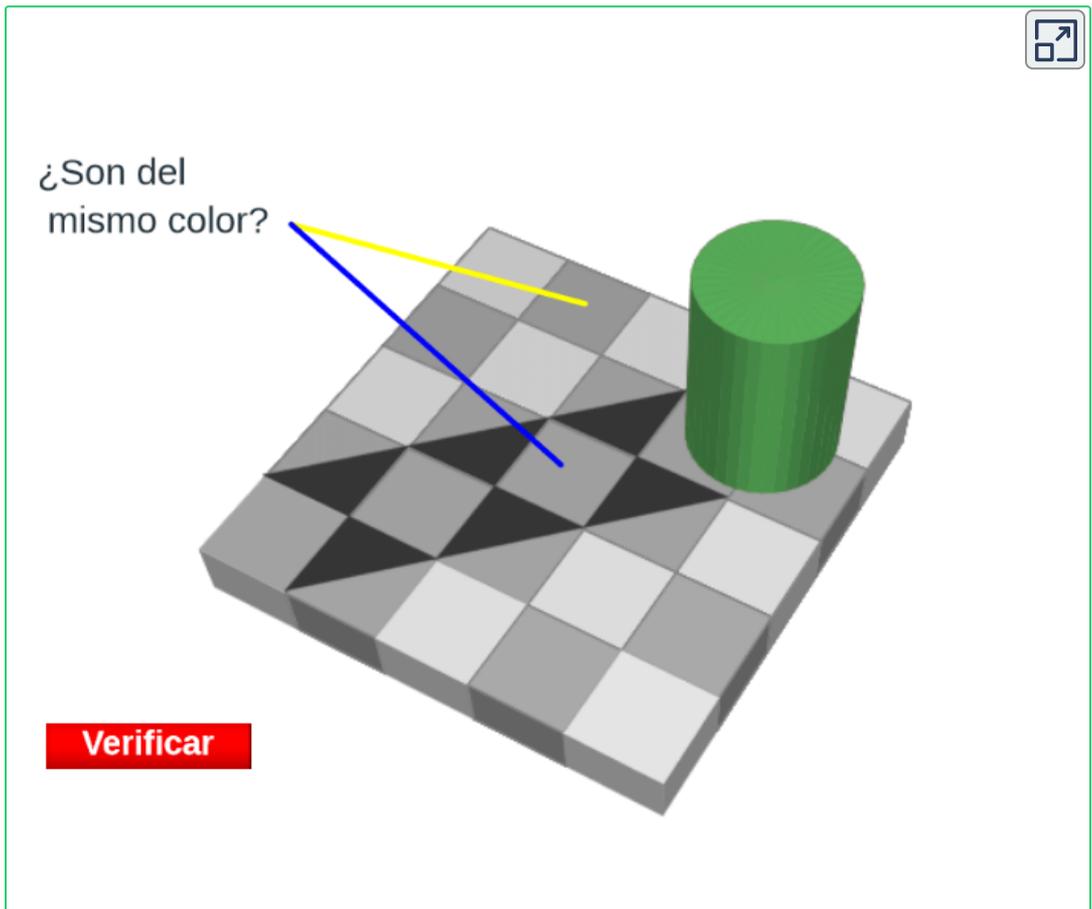
Si analizamos los diferentes ejemplos de situaciones problema, notaremos que los números, sus operaciones y las expresiones algebraicas siguen siendo prioritarios. No obstante, el Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA) de la OCDE advierte que

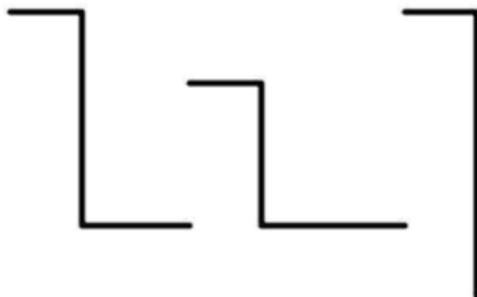
es importante no restringir el concepto de forma al de unas entidades estáticas. La forma, como entidad, puede transformarse, del mismo modo que las formas se modifican. En ocasiones, este tipo de cambios pueden visualizarse con gran elegancia mediante tecnologías informáticas. Los alumnos deberán ser capaces de identificar pautas y regularidades en el cambio de las formas (OCDE, 2006, p.87).

En el currículo de matemáticas americano se observa la misma deficiencia en el pensamiento espacial. La *National Council of Teachers of Mathematics* (NCTM, 2006) presenta en su currículo de los grados 1 a 8 un especial énfasis en los números, operaciones, medidas, álgebra, análisis de datos, probabilidad y geometría plana. Algunas excepciones que incluyen geometría espacial se centran en la necesidad de medir y calcular áreas y volúmenes. Este cálculo es posible realizarlo a través de algunas propiedades simples del objeto representado, generalmente asociado a las longitudes. El volumen de un prisma, por ejemplo, es el producto de tres longitudes. Es decir, no demanda de otras propiedades intrínsecas del objeto representado. La aptitud espacial es una de las habilidades cognoscitivas más estudiadas por las ciencias cognitivas, en especial las habilidades que tiene un individuo para rotar mentalmente un objeto o para desarrollar un sólido desplegado⁹.

⁹ Una crítica a las rotaciones mentales la hace Dennett. No obstante, son muchos los defensores de la existencia de las rotaciones mentales: Guttman et al (1990) que analizan un test con cuñas cilíndricas donde se requiere el uso de rotaciones del objeto, Bodner & Guay (1997) y Tversky (2004) sobre test de rotaciones de piezas, Garg (1998) trabaja con las rotaciones 3D virtuales. Véase también Eliot (2000) para una visión general sobre la inteligencia espacial y los test aplicados para medirla, y Ballesteros Jiménez (1993) sobre el debate entre representaciones proposicionales y representaciones analógicas.

Si bien existen varios términos para referirse a la aptitud espacial, usaremos indistintamente “visualización espacial” y “relación espacial”, entendida ésta como la habilidad para generar una representación o imagen mental de un objeto, realizar movimientos con dicha imagen y construir otra representación luego de surtidas las transformaciones. Igualmente se considera una aptitud espacial la denominada velocidad de clausura o la habilidad para completar una imagen inconclusa (Arrieta, 2006, p.105) , la cual hemos preferido denominar imágenes de contexto . Las dos escenas interactivas siguientes, así lo explicitan.





Control

La primera es escena (idea original de Edward Adelson) nos hace creer en la existencia de cuadrados blancos al interior de la falsa sombra del cilindro. Lo cierto es que al estar rodeados de figuras negras (contexto), nuestros procesos mentales crean cuadrados blancos falsos. La segunda escena interactiva muestra tres líneas separadas que “clausuramos” como la letra “E” en nuestro contexto; es decir, sólo los interpretantes que usan el alfabeto latino le darán significado.

Sobre la visualización espacial se han realizado varios estudios experimentales de especial relevancia para nuestro caso (Borst & Kosslyn, 2008; Shepard, et al., 2006; Pylyshyn & Annan, 2006; Kosslyn, 1975; Wexler, et al., 1998). Los primeros estudios, por la falta de recursos computacionales, emplearon representaciones 3D en el plano; actualmente las posibilidades que brindan los ordenadores se han impuesto sobre las representaciones planares, tal como lo muestra la siguiente escena interactiva:



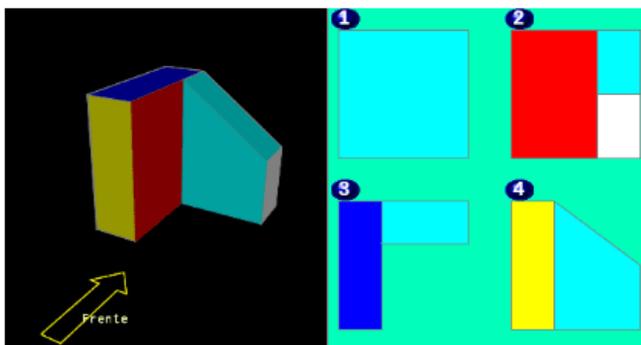
PROYECCIONES ORTOGONALES

En esta escena aparece un objeto que ha sido dibujado con cuatro vistas ortogonales. Debes identificar una de esas vistas. Para ello debes hacer clic sobre alguna de las vistas de la derecha.

¡Puedes rotar el objeto con clic izquierdo sostenido!

Observa, en este caso, que una de las caras es inclinada; sin embargo, su proyección ortogonal es un rectángulo.

Puedes practicar con varios ejercicios.

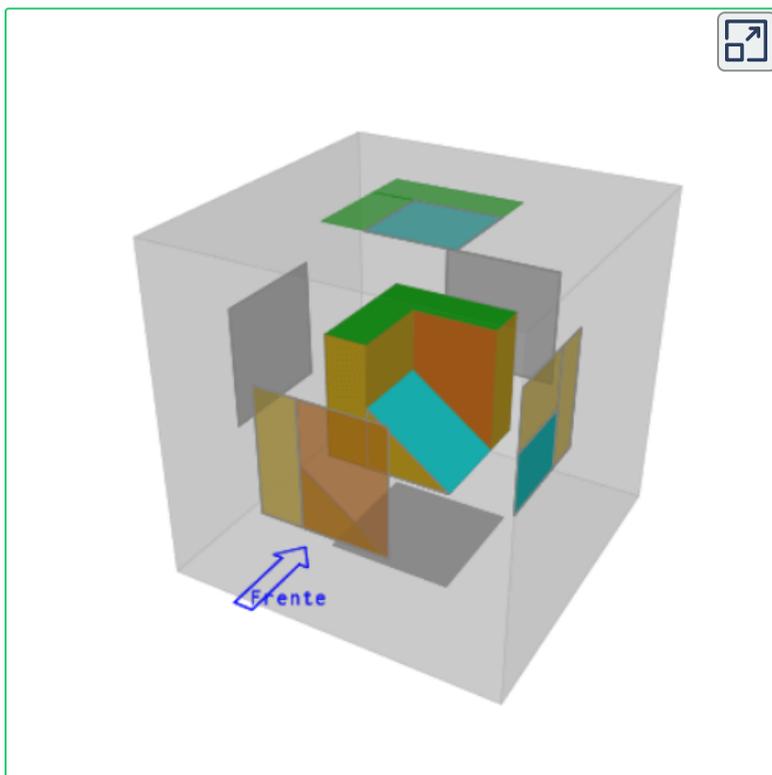


Haz clic sobre el número que corresponde a la cara superior

Frente al uso del ordenador para el desarrollo de test de visualización espacial, una de las primeras conclusiones se centra en el entorno de desarrollo, en tanto que resulta agradable para los estudiantes evaluados. Eisenberg (1999), por ejemplo, examina los diseños de esculturas en papel (hypergami y javagami) realizados por niños a partir de la comparación del mundo real y las imágenes creadas por un programa de ordenador, evidenciando una metodología agradable y divertida para adquirir destrezas en visualización espacial y conceptos matemáticos.

El advenimiento de los ordenadores posibilitó el diseño de aplicativos para evaluar la visualización espacial. Prieto et al (1993) diseñaron su propia aplicación en lenguaje HyperTalk para evaluar la aptitud espacial en el plegado de figuras. Sin embargo, el cambio representacional no fue significativo, en tanto que las imágenes 3D seguían siendo planares.

El MiniCog de Shepard et al (2006) es capaz de administrar y de registrar test psicológicos simples utilizando estímulos visuales. Este aplicativo diseñado para ordenadores de mano (palm) consiste de nueve pruebas sencillas orientadas a evaluar el estado de las funciones cognitivas del usuario. Algunas de las tareas específicas implementadas evalúan el nivel de atención, control motor, memoria verbal y espacial en funcionamiento, y razonamiento verbal y espacial. No obstante, las pruebas están más orientadas a la atención y retención memorística de los estímulos visuales. El surgimiento de los procesadores geométricos como el Cabri (Güven & Kosa, 2008) y el proyecto Descartes posibilita un cambio representacional radical, tal como se aprecia en esta escena interactiva (rota el objeto con clic sostenido):

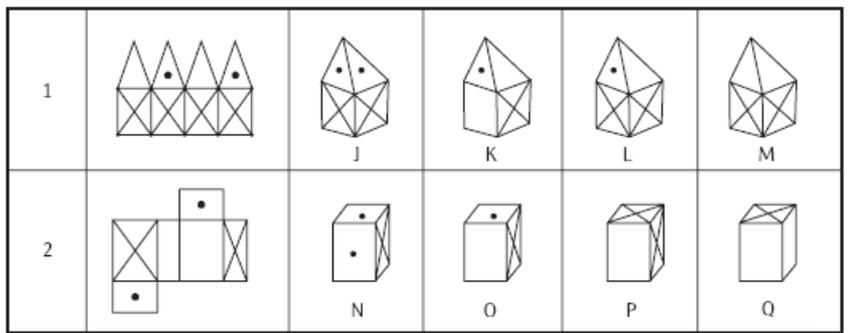


Las aptitudes espaciales, como tema de discusión, no es una preocupación propia de la enseñanza de las matemáticas. Las ciencias cognitivas han procurado esclarecer los procesos mentales que dan como resultado las representaciones mentales de un objeto 3D. Pylyshyn defiende que en el proceso de visualización espacial se generan los mismos mecanismos del razonamiento en general:

... I defend the provisional view, which I refer to as the “null hypothesis,” that at the relevant level of analysis – the level appropriate for explaining the results of many experiments on mental imagery – the process of imagistic reasoning involves the same mechanisms and the same forms of representation as are involved in general reasoning, though with different content or subject matter (Pylyshyn, 2002, p.3).

Desde el punto de vista cognitivo, la relación espacial se ha considerado como un elemento de la inteligencia (Arrieta, 2006, p.104; Tversky, 2004; Eliot, 2000) o como un tipo de inteligencia, denominada espacial (Eliot, 2000). Si aceptáramos la tesis de Pylyshyn, la construcción de representaciones espaciales, al igual que otro tipo de representaciones (leyes, fórmulas, modelos, algoritmos), requiere de acciones mentales que determinan un tipo de inteligencia. Por ejemplo, uno de los test más utilizados para medir la aptitud espacial es el desarrollo de superficies, consistente en el plegado o doblado de una figura hasta obtener una imagen 3D (ver la siguiente figura). El desafío es encontrar el algoritmo mental que permite hallar en el menor tiempo posible (tiempo de reacción) el objeto que representa la figura al plegarse. Este algoritmo determinaría el patrón o regla heurística que cada interpretante ejecuta para encontrar el objeto tridimensional representado en el plano¹⁰.

¹⁰ Tanto Shepard como Carroll apreciaron una relación lineal entre los tiempos de reacción y el número de pliegues que habían de ser procesados para resolver (Arrieta, 2006).



Desarrollo de superficies (Arrieta, 2006, p.123)

Hasta aquí, no se puede negar que los estudios empíricos de percepción visual son más prolíficos que otros tipos de percepción¹¹. A continuación analizaremos dos casos interesantes que nos pueden ayudar a comprender algunos problemas de percepción. El primer caso es el de las representaciones distintas para un mismo objeto o evento representado. Es claro que en el caso de modelos, teorías, leyes o fórmulas esta situación es común. Lo interesante del caso es que se trata de representaciones visuales de un objeto en particular, del cual se espera percepciones, si no iguales, al menos semejantes.

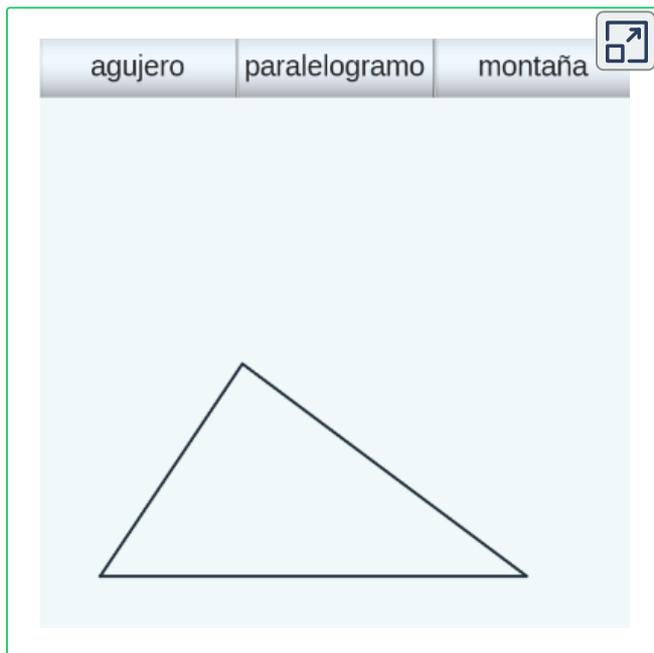
No se trata, tampoco, de problemas fenomenológicos tipo qualia invertido planteado por autores como Schlick, Reichenbach, Smart y, más recientemente, por Block y Fodor (García, 1995, pp.363-365).

¹¹ Los estudios neurocientíficos sobre la percepción se han ocupado de la percepción visual porque facilita el diseño y ejecución de experimentos. En un principio, los ensayos se centraron en mamíferos no humanos, permitiendo correlacionar algunos estados mentales con procesos neuronales. Un ejemplo es el análisis realizado por Hubel y Wiesel en el campo visual del gato, logrando demostrar su correlación con ciertas células de la corteza visual (Penrose, 1989, pp.345-346). Actualmente se discute sobre los correlatos de los disparos neuronales a oscilaciones de 40 hertz (Chalmers, 2000, p.17; Crick & Koch, 1990) como posible acercamiento a los estados mentales que correlacionan la percepción visual.

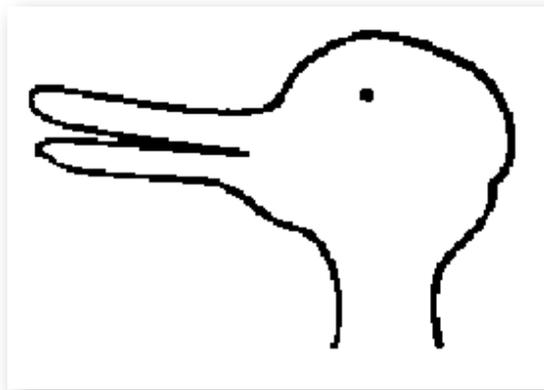
En nuestro caso es posible determinar la imagen o representante de cada interpretante y evidenciar procesos de construcción representacional diferentes. El segundo caso está referido a las discutidas rotaciones mentales, en tanto que aún no es posible afirmar con certeza o con la suficiente evidencia, su existencia. Su interés particular está dado porque podemos llegar a conclusiones que nos dan una idea de los procesos complejos que se generan en la percepción de objetos simples.

2.1 Una realidad, múltiples representaciones

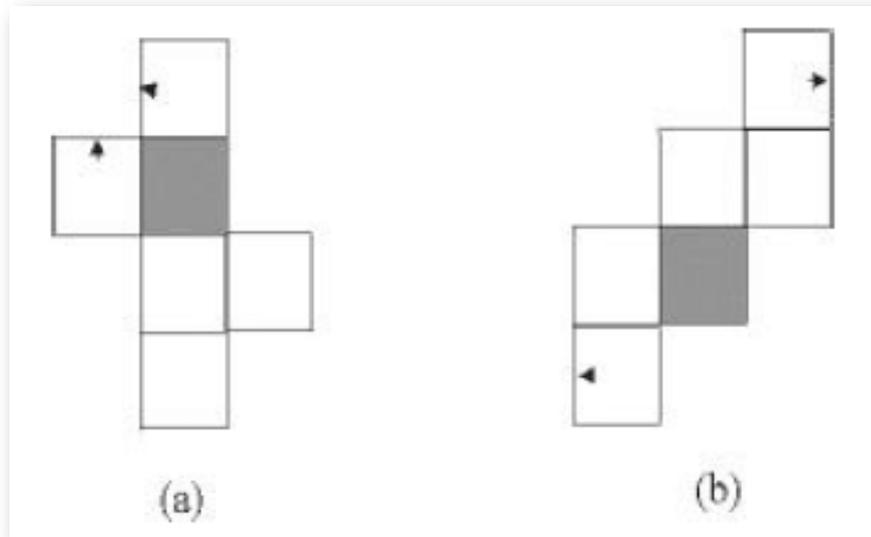
De un objeto o evento podemos realizar múltiples representaciones. Wittgenstein (1953, p.200) nos ilustra un ejemplo sencillo a partir de la observación de un triángulo, que podría verse o interpretarse como un agujero triangular, o un dibujo geométrico apoyado en la base o colgado de una punta; como una montaña, como una cuña, como medio paralelogramo, etc.:



Pero, ¿qué factores influyen en nuestra mente para que obtengamos una u otra interpretación? La respuesta parece estar en la llamada “carga teórica”; sin embargo, parecen existir patrones o especies de reglas que nuestra mente fija en el transcurso de nuestra vida. Estos patrones también contribuyen a que tengamos varias representaciones de un mismo objeto o evento percibido. No se trata de algoritmos estáticos, son procesos que se enriquecen y cambian con nuestra experiencia. La imagen ambigua del pato-conejo de Jastrow podemos verla, en principio, sólo como un pato, porque nuestro patrón de lectura de imágenes es de izquierda a derecha. Sólo cuando intentamos romper con el patrón, observamos otra imagen presente en la representación.



Así como podemos generar diferentes representaciones desde una misma realidad, nuestras representaciones también difieren de las generadas por otro sujeto perceptor, cuyos procesos mentales o formas de construir la representación difieren en grado o tienen patrones completamente distintos. Un experimento realizado por Shepard & Feng (Pylyshyn, 2003, p.290) sobre el plegado de superficies (Mental paper folding) permitió evidenciar que dos interpretantes distintos, observando un objeto igual, generan representaciones distintas o, para este caso, operaciones mentales distintas.



Figuras usadas en el experimento de Shepard & Feng (Pylyshyn, 2003, p.290)

El experimento consiste en determinar el número de dobleces necesarios para que las flechas se junten. En esta prueba juega un papel importante la memoria de corto plazo (*Access memory*), en tanto que se debe retener la representación para “n” dobleces, mientras que se construye la representación para “n+1” dobleces.

Estos procesos mentales que marcan la diferencia, como hemos afirmado, no siguen un mismo patrón en dos sujetos perceptores diferentes, así pertenezca a un mismo entorno social, económico y cultural. Las evidencias más claras se observan en las variadas actitudes que se manifiestan ante un evento cualquiera.

Retomando el experimento de Shepard, autores como Pylyshyn están de acuerdo en la existencia de procesos mentales diferentes para realizar los dobleces. Es decir, el problema no es sólo de conocimiento.

Estas formas diferentes para generar representaciones la encontramos en un experimento similar y accidental, que describimos a continuación. En una escena 3D, diseñada con el editor Descartes, se presenta un cubo cuyas caras son de diferentes colores, paralelamente se muestra el cubo desplegado. El usuario debe identificar el color de una de las caras desplegadas (ver la siguiente escena interactiva).

Visualización espacial

¿Qué color hay en la cara F? 0

1 2 3 4 5 6

El cubo tiene dos formas de desarrollo: plegando hacia abajo o hacia arriba. Consulta la ayuda 2 o la escena siguiente

Ayuda 2

Ayuda

Rotación 2 130

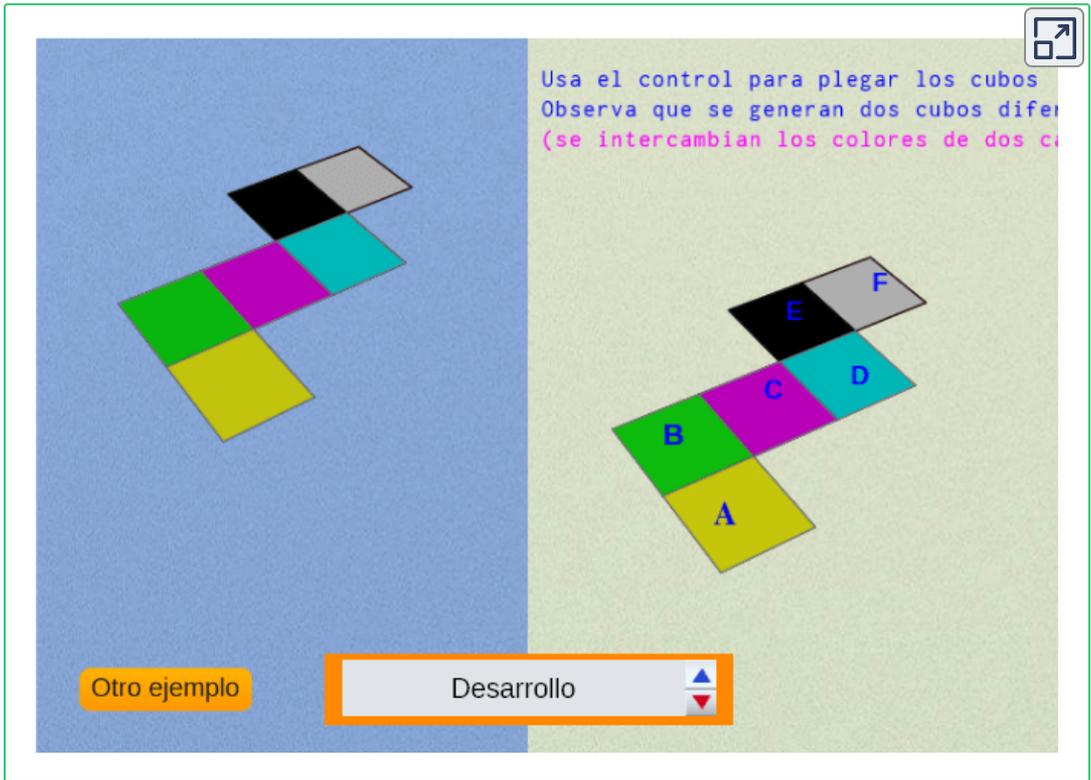
Otro ejercicio

Rotación 1 -33

Nuestro diseño entregaba como respuesta correcta aquella cara que se obtenía al plegar el cubo hacia arriba del plano reticular.

Una vez sometido el ejercicio a la revisión por los pares del grupo Descartes español, surgió una interesante discusión. El profesor Juan Simón Santamaría advertía un posible error en la respuesta asignada al ejercicio.

Luego de varias discusiones que pretendían validar uno u otro modelo, pudimos advertir que estábamos realizando procesos mentales diferentes. El profesor Santamaría realizaba el plegado de la superficie hacia abajo, obteniendo una posición relativa de colores diferente (verificar en la siguiente escena).



Se evidencia, entonces, el llamado isomorfismo de segundo orden, en tanto que entre Santamaría y nosotros existen relaciones distintas entre percepción e imagen. Podríamos preguntarnos si este tipo de isomorfismo es recurrente en otro tipo de representaciones. De ser cierto, se comprende la multiplicidad de representaciones a partir de un mismo objeto o evento percibido.

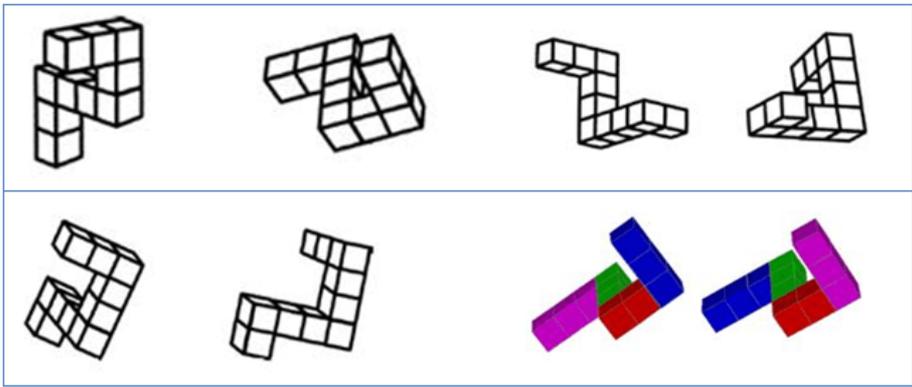
El experimento accidental nos obliga a pensar sobre cómo debemos formular una pregunta referida a una representación visual, en este caso de plegamiento. Igualmente, la experiencia nos lleva a concluir que las representaciones deben diseñarse teniendo en cuenta los contextos de los diferentes interpretantes, así como los grados de percepción. Este tipo de problemas es común en diferentes tipos de representaciones, en tanto que los constructores de representaciones suponen que el mensaje será comprendido. Pareciera que suponen un público con características homogéneas, que poseen niveles cognitivos suficientes para comprender satisfactoriamente el representante, que no existen sesgos culturales ni sociales; en resumen, un público en un mismo contexto.

2.2 ¿Existen las rotaciones mentales?

El segundo principio del isomorfismo lo que nos dice es que a partir de una imagen mental, creamos otras imágenes mentales. La primera tiene como fuente el objeto representado, a partir de este representante se generan más representantes. Esta característica es lo que ha motivado a los estudiosos de las ciencias cognitivas a indagar sobre los procesos mentales que permiten este tipo de abstracción¹² y a los filósofos enfrascarse en fuertes debates sobre la existencia o no de las imágenes mentales.

¹² Véase Richter *et al* (1997) y Kosslyn (2005) sobre el uso de neuro-imágenes para estudiar las áreas de la corteza cerebral que se activan durante las actividades de generación de rotaciones mentales. No obstante, las imágenes mentales tienen una realidad controvertida, y han sido objeto de intensos debates. Filósofos como Nelson Goodman niegan su existencia y neuro-psicólogos como Roger Shepard señalan que la actividad nerviosa detectable, captada por instrumentos que recogen el flujo eléctrico en un cerebro de alguien que contempla una imagen determinada se parece bastante a la que se produce cuando recuerda dicha imagen y de esa prueba experimental deduce la existencia de las imágenes mentales (Carra, 2008, p. 5).

Una de las aptitudes espaciales más evaluadas, sea imagen mental o no¹³, es el de las rotaciones espaciales que generan, a su vez, rotaciones mentales o, al menos, imágenes rotadas. En las rotaciones mentales no sólo se trata de transformar un objeto posicionalmente al rotarlo. Los test de Shepard & Metzler (1971) mostraban objetos 3D que variaban en tamaño y forma:



Tarea de rotación mental de Shepard y Metzler (Tversky, 2004, p. 213)

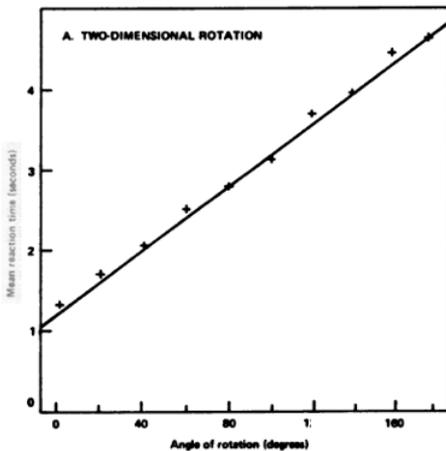
Lo interesante del ejercicio es la presencia de rotaciones bidimensionales o planares (alrededor de un eje perpendicular al plano) y las rotaciones tridimensionales (alrededor de un eje sobre el plano).

¹³ En el supuesto de superar la existencia de las imágenes mentales, las discusiones entre filósofos y psicólogos cognitivos se han centrado en la pregunta: ¿una imagen mental es una representación o una experiencia? Una posible respuesta en el debate es la llamada “representación subyacente” que, a su vez, daría respuesta a la siguiente pregunta: ¿cómo se construye una representación espacial a partir de una no espacial? Una imagen, según esta propuesta, puede transformarse en otra por extrapolación lineal entre sus representaciones subyacentes. Por ejemplo, en un ejercicio instamos a 10 personas a que imaginaran un caballo. Frente a la pregunta ¿de qué color era tu caballo?, el 90% reconoció no haber imaginado el color. Obviamente, es fácil construir la nueva imagen con color. En el caso de las rotaciones espaciales, estamos convencidos de que la imagen final es el fruto de una extrapolación de representaciones subyacentes, tal como lo discutiremos en el resto de este apartado.

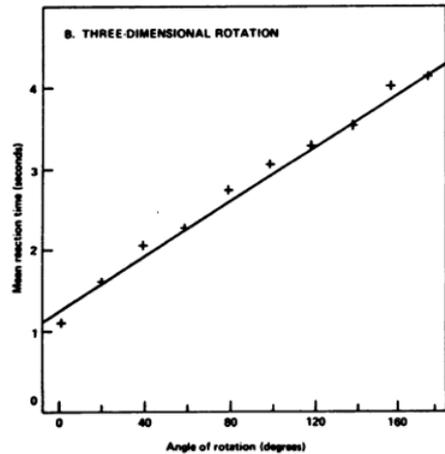
Los resultados obtenidos mostraban una sorprendente relación lineal entre los grados de rotación y el tiempo de reacción (ver la siguiente figura), pero lo más sorprendente es la similitud de resultados entre ambos tipos de rotación. Al respecto los autores expresan que:

not only are the two functions shown in the figure both linear but they are very similar to each other with respect to intercept and slope. Indeed, for the larger angular differences the reaction times were, if anything, somewhat shorter for rotation in depth than for rotation in the picture plane. However, since this small difference is either absent or reversed in four of the eight subjects, it is of doubtful significance. The determination of identity of shape may therefore be based, in both cases, upon a process of the same general kind. If we can describe this process as some sort of "mental rotation in three-dimensional space," then the slope of the obtained functions indicates that the average rate at which these particular objects can be thus "rotated" is roughly 60° per second (Shepard & Metzler, 1971, p.703).

Relación tiempo de respuesta y rotación angular bidimensional.



Relación tiempo de respuesta y rotación angular tridimensional.



Resultados Shepard y Metzler (Shepard & Metzler, 1992, p.220)

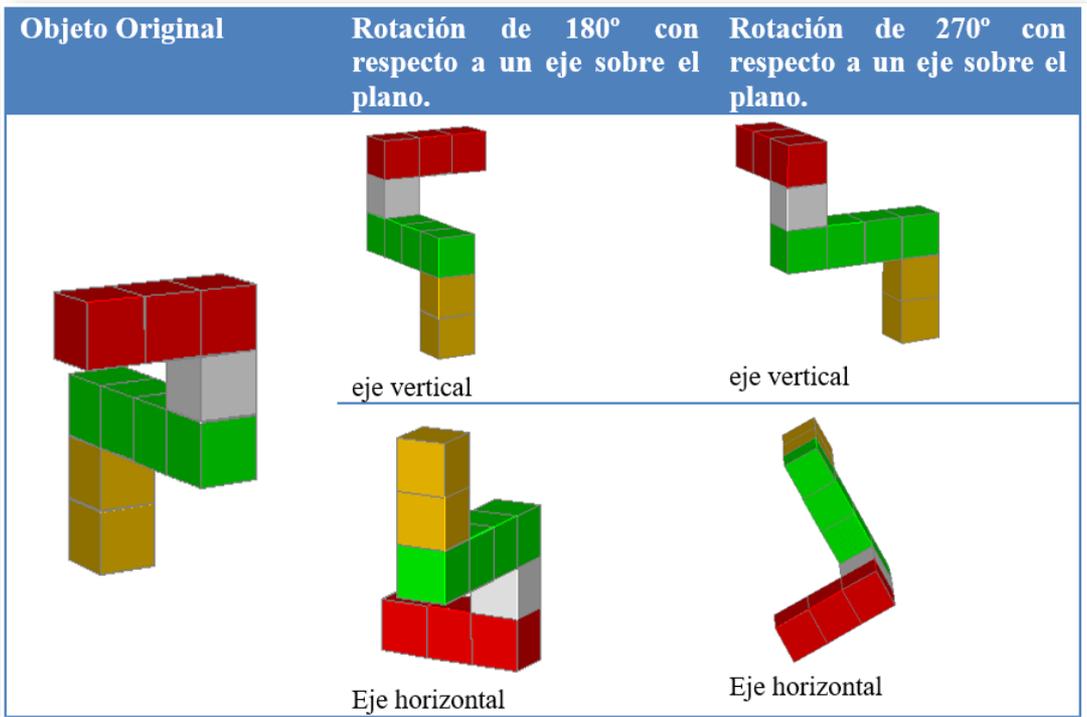
El interrogante por resolver es la existencia o no de rotaciones tridimensionales en la mente. Los resultados del test nos muestran un mayor tiempo de reacción para ángulos de rotaciones mayores ¿Significa que no hay problema en la rotación mental? Y, en el supuesto de su existencia, ¿cómo generamos esas rotaciones? Una posible respuesta la daremos a partir de la discusión que hemos denominado “Reto de Dennett”. Antes de ello, detengámonos nuevamente en el problema del pensamiento “planar”. Nuestra forma de ver el mundo es espacial. Las imágenes planas, como las de Shepard, generan mayores esfuerzos mentales para interpretar y generar otras representaciones¹⁴. Si las representaciones son “planares”, podríamos inferir que nuestros procesos mentales producen otras representaciones “planares” y, en consecuencia, no existirían rotaciones mentales tridimensionales. El pensamiento planar, en el test de Shepard & Metzler, se evidencia en la dificultad para identificar la congruencia entre una pareja de objetos a mayor grado de rotación. Sin embargo, sería fundamental realizar otras pruebas que involucren otros ejes de rotación, en tanto que, como lo comprobamos en la experiencia accidental del apartado anterior, cada uno de nosotros desarrollamos los movimientos mentales en forma distinta. Por ejemplo, en la imagen de la página siguiente hemos diseñado con el editor DescartesJS un objeto rotado alrededor de un eje (vertical u horizontal) sobre el plano. Cada interpretante podrá verificar que algunas rotaciones generan más dificultad.

Las rotaciones son acciones reales que ejecuta o se ejecutan sobre un objeto; el cuestionamiento es si su representación es o no una imagen dinámica.

¹⁴ “The only thing that is natural to us is to represent what we see three-dimensionally; special practice and training are needed for two-dimensional representation whether in drawing or in words” (Wittgenstein, 1953, p.198).

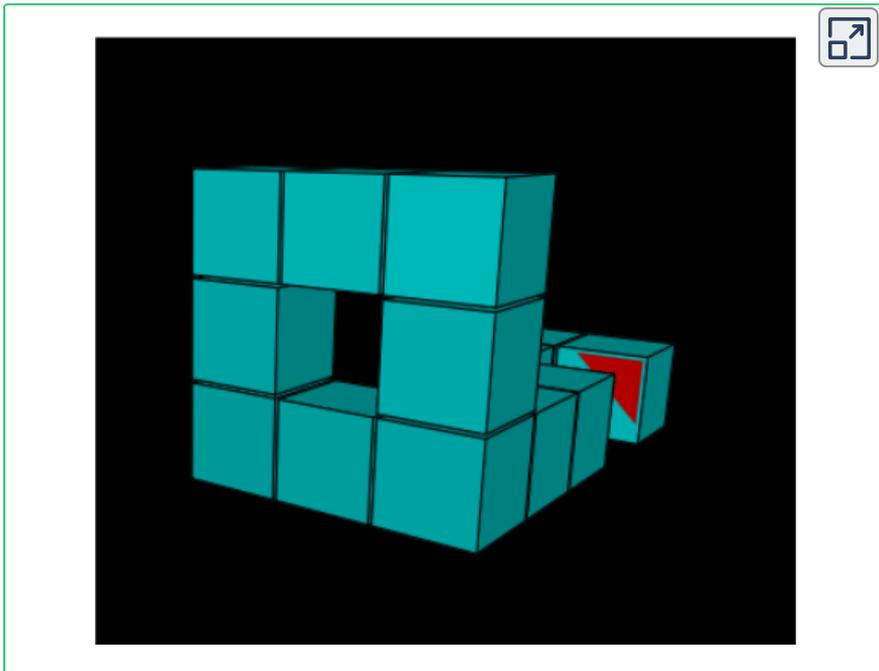
Así como existe debate frente a las imágenes mentales, igual o un mayor debate generará la posibilidad de imágenes mentales en movimiento. Los escépticos encuentran fuertes argumentos para dudar sobre la existencia de las rotaciones mentales. Uno de ellos, es el reto planteado por Dennett, quien critica el llamado “ojo de la mente”:

The subjects in the original experiment were shown such pairs of line drawings and asked whether or not the pair are different views of the same shape. In this case, as you can quickly determine, the answer is yes. How did you do it? A typical answer is "I rotated one of the images in my mind's eye, and superimposed it on the other (Dennett, 1991, p.289).



Rotaciones tridimensionales sobre ejes distintos

Dennett duda de la posibilidad de rotar las imágenes en nuestra mente. Propondremos una posición intermedia que justifica, en parte, los resultados de Shepard y reconoce la imposibilidad planteada por Dennett. El reto propuesto por Dennett que derrumba, en principio, cualquier idea de rotaciones mentales es un ejemplo sencillo que se ilustra en la escena interactiva¹⁵:



¹⁵ La imaginación mental es costumbre asociarla con el llamado “ojo de la mente” (Blain, 2006, p.1), concepto que empieza a cruzar la frontera a la especulación con la posibilidad que brindan los actuales recursos computacionales. Los test “planares” de investigadores como Shepard se confrontan con los nuevos estudios sobre nuestro comportamiento al percibir la nueva realidad, la “realidad virtual”. Los modelos desarrollados en ordenadores le ha dado un giro trascendental a la investigación. El “Ojo de la mente” es una expresión que es usada por Maxwell en su libro *A treatise on electricity and magnetism*, en el que describe el trabajo de Faraday:

...Faraday in his mind's eye saw lines of force traversing all space where the mathematicians centers of force attracting at a distance, Faraday saw a medium where they saw nothing but distance: Faraday sought the seat of the phenomena in real actions going in the medium, they were satisfied that they had found it in a power of action at a distance impressed on the electric fluids (Botzer & Reiner, 2005, p.151).

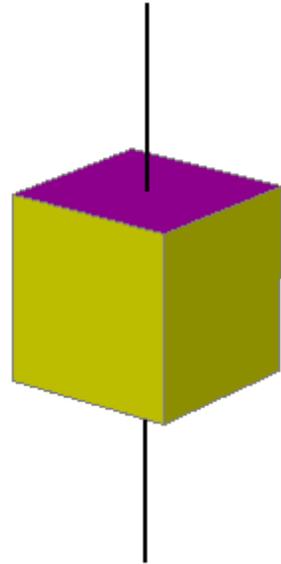
We can satisfy ourselves that this limit on our brains is real by considering a slightly different Shepard-style problem that would be quite easy to solve with the aid of such a CAD system: Would the "red" X on one face of this object be visible to someone looking through the square hole in its front wall? [...] Now, can you perform the same experiment in your mind's eye? Can you simply rotate the object shown and peer through the hole? If you can, you can do something I can't do, and all the people I have asked are also unable to do it with any confidence. Even those who have an answer to the question are quite sure that they didn't just get it by rotating and looking (Dennett, 1991, p.289).

La verdad es que nosotros tampoco pudimos rotar el objeto. No obstante, creemos en la existencia de algunas habilidades mentales que permiten rotaciones mentales en grado, sólo en grado. Podemos multiplicar mentalmente y fácilmente dos números de un dígito cada uno y, en algunos casos, de dos dígitos. Difícilmente podríamos multiplicar números de tres o más dígitos. Esta última situación no puede ser razón suficiente para afirmar que no podemos multiplicar mentalmente. Obviamente se alegrará que se recurre más a un proceso memorístico; sin embargo, en el caso de dos cifras, algún proceso mental tendremos que ejecutar. Extendemos, entonces, la gradación de la percepción a otros procesos mentales. Es decir, creemos en la existencia de grados de creencia, grados de percepción, grados de representación y, en general, gradación en los procesos mentales. En ese sentido, es posible explicar el reto de Dennett sin afirmar la no existencia de las rotaciones mentales.

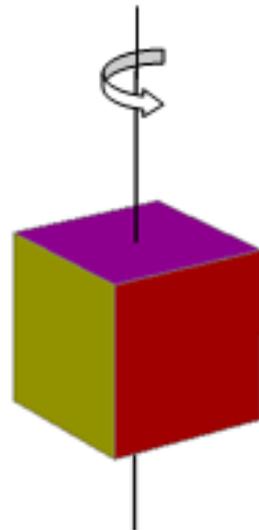
Un posible modelo que explique cómo obtenemos las representaciones de imágenes en movimiento lo presentamos a través de un contraejemplo al de Dennett. Nuestro propósito es evidenciar la ejecución de rotaciones mentales de menor a mayor grado de complejidad, así como la construcción mental de imágenes rotadas. Análogo con los grados de percepción las rotaciones mentales son posibles en grado.

Iniciamos con esta pregunta: ¿podemos imaginar un cubo rotando en el espacio?

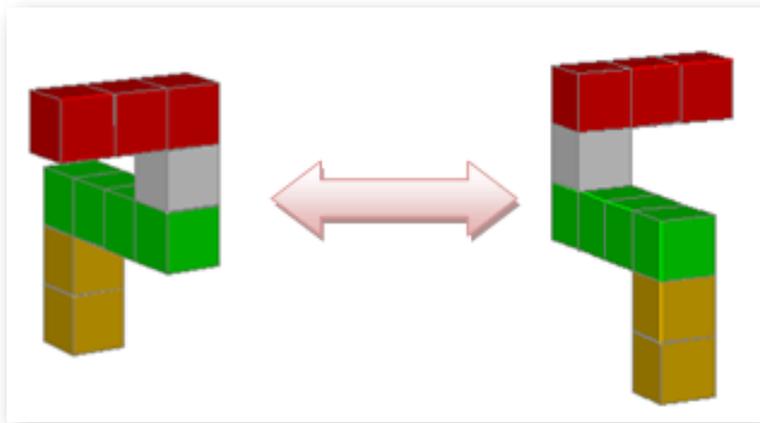
Trate de visualizar un cubo en el espacio rotando alrededor de un eje vertical. Imagine, además, que sus caras laterales son de color amarillo. No tiene que cerrar los ojos, basta con observar la figura del lado derecho, ¿puede hacerla rotar? Una pregunta más simple le dará más claridad: ¿puede imaginar cómo sería la figura con una cara lateral de frente a usted? Si su respuesta es afirmativa, entonces ha rotado la imagen.



Hagamos más complejo el ejercicio. El cubo de la derecha ahora tiene caras laterales de colores en el siguiente orden de izquierda a derecha: amarillo, rojo, azul y verde. El cubo comienza a rotar lentamente en el sentido indicado por la flecha. Una vez se oculte la cara roja, ¿puede visualizar los colores de las dos caras que quedan en dirección a sus ojos? Seguramente su respuesta será afirmativa; sin embargo, estamos seguros que tuvo que recurrir a leer de nuevo el orden de los colores o, al menos, tuvo que tratar de recordarlos ¿puede seguir rotando el cubo? Quizá sí, pero con dificultades en la ubicación de los colores.



Nuestra hipótesis es que no constituimos un objeto rotando, sino imágenes del objeto rotado. Es decir, recurrimos a diferentes procesos mentales para constituir una nueva imagen del objeto, algo similar al modelo que el mismo Dennett denominó de los “borradores múltiples”¹⁶. Siguiendo este modelo, un primer borrador sería la imagen que se presenta con forma, color y posición iniciales. El siguiente borrador extrae los nuevos colores de la memoria, cambiándolos por los iniciales. Se obtiene finalmente una imagen rotada de la anterior. ¿Hubo movimiento de rotación? La respuesta es ¡no! Generamos una imagen rotada, más no realizamos movimiento alguno. Pero, ¿cómo es posible que podemos determinar con certeza que una imagen es equivalente a otra, sin rotarlas? (ver la siguiente figura).



Imágenes rotadas equivalentes

Un modelo que puede dar respuesta es el de los “borradores múltiples”. En la imagen anterior construimos varios borradores que contrastamos con la imagen inicial.

¹⁶ Para Dennett (1991) tanto la memoria como la conciencia se dan en forma paralela, en una revisión o edición permanente de los estímulos de las experiencias vividas.

Por ejemplo, un primer borrador serían los bloques rojos y el bloque blanco “rotados” 180° alrededor de un eje vertical; un segundo borrador se daría con el resto de bloques. No obstante, es posible que se requieran más borradores, lo cual dependa de las habilidades “espaciales” de cada interpretante.

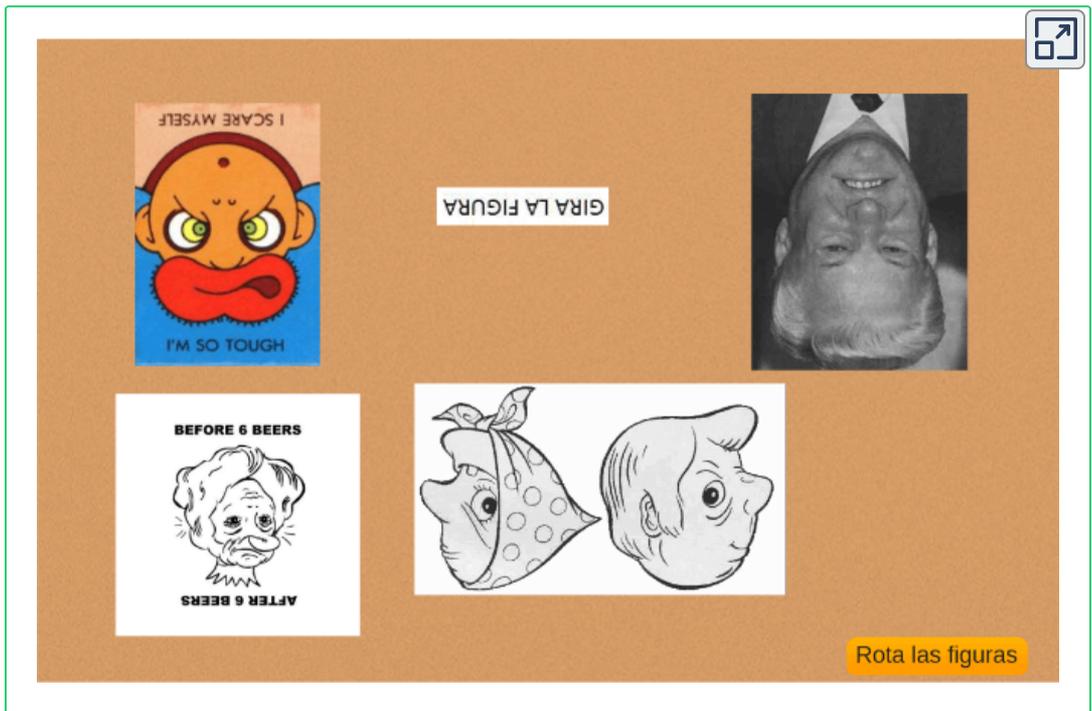
En resumen, nuestras habilidades en la rotación mental no son más que transformaciones mentales de un objeto mental a otro. Al respecto Lohman expresaba que:

...at the most basic level, spatial thinking requires the ability to encode, remember, transform, and match spatial stimuli [...] mental rotation, while an interesting and special type of mental transformation, is not the most important determinant of spatial ability. Rather, the crucial components of spatial thinking may be the ability to generate an image, to perform various transformations on it, and to remember the changes in the image as the transformations are performed. This ability to update the image may imply resistance to interference, both externally and internally. Further, it implies that one of the crucial features of individual differences in spatial ability may not lie in the vividness of the image but in the control the imager can exercise over the image (Lohman, 1979, p.116).

El reto de Dennett refleja nuestras limitaciones en la creación de imágenes mentales en movimiento a partir de un objeto real. Quizá podamos recrear imágenes mentales de objetos en movimiento, algunos desde nuestra experiencia (un caballo al trote), otros desde nuestra fantasía (un minotauro al trote). Sin embargo, los detalles de estos movimientos son limitados. Trata de rotar mentalmente el caballo o el minotauro o, para facilitar el problema, rota la imagen invertida del ex mandatario soviético Boris Yeltsin que se observa en la siguiente escena interactiva. Estamos seguros de que se sorprenderá de la imagen obtenida y evidenciará la limitación de nuestras rotaciones mentales.

Este tipo de limitaciones ya lo había advertido Wittgenstein como una imposibilidad de distinguir los gestos de una cara al ser rotada:

Hold the drawing of a face upside down and you can't recognize the expression of the face. Perhaps you can see that it is smiling, but not exactly what kind of smile it is. You cannot imitate the smile or describe it more exactly. And yet the picture which you have turned round may be a most exact representation of a person's face (Wittgenstein, 1953, p.198).



Todas las descripciones anteriores confirman que nuestro problema no es sólo de tipo cognitivo; se presentan otros que obedecen a nuestros hábitos en el momento de percibir. Hemos acostumbrado a nuestro sistema visual a capturar imágenes según un patrón. Vemos las imágenes siguiendo ese patrón establecido y nos confundimos si la imagen se presenta rompiendo el esquema; una foto, por ejemplo, la vemos de arriba hacia abajo.

La sonrisa de Yeltsin difícilmente podemos percibirla como la mueca que se observa al rotar la imagen. Nuevamente Wittgenstein se atreve a dar una explicación fisiológica:

When we look at the figure, our eyes scan it repeatedly, always following a particular path. The path corresponds to a particular pattern of oscillation of the eyeballs in the act of looking. It is possible to jump from one such pattern to another and for the two to alternate. Certain patterns of movement are physiologically impossible; hence, for example, I cannot see the schematic cube as two interpenetrating prisms. And so on. Let this be the explanation (Wittgenstein, 1953, p.212).

Si bien los hábitos perceptivos son una explicación aceptable, los últimos estudios neurocientíficos ofrecen una mirada científica que explican el porqué nuestro cerebro opta por el camino fácil en la percepción (de arriba hacia abajo). Situación que analizaremos a continuación.

La gradación de la percepción se debe, en parte, a nuestra limitación natural para percibir mayores detalles de una imagen y ponerlos en movimiento. En el capítulo anterior hablábamos de los inhibidores como elementos que dejaban en la llamada “puerta de la percepción” aquellos estímulos que no necesitábamos para captar algunas propiedades objeto de nuestra atención. La presencia de los inhibidores parece ser que tiene una explicación científica. Neurocientíficos como Martínez-Conde sostienen un desgaste excesivo de “combustible neuronal” por cada actividad mental (cerebral) que desarrollamos:

Tenemos alrededor de 10^{12} neuronas, que se comunican por medio de impulsos eléctricos. Cada uno de estos impulsos nos cuesta 2,49 moléculas de ATP, la moneda energética de nuestro organismo.

Sabiendo que de cada molécula de glucosa se obtienen 30 moléculas de ATP, podemos calcular que, para que una de nuestras neuronas dispare un impulso eléctrico por segundo, necesita emplear unos 0,020 gramos de azúcar (Martínez-Conde, 2005, pp.110-115).

Según esta afirmación, si la millonésima parte de nuestras neuronas están activas o generan disparos, el costo de ello serían 20 kilos de azúcar. Esta cantidad no la tenemos en el cuerpo. ¿Qué hace nuestro cerebro para no atender esta demanda de azúcar? En el caso de la sonrisa de Yeltsin es comprensible, neurológicamente, que nuestro cerebro rehúya los más mínimos detalles como su sonrisa invertida. Se adhiere a los patrones establecidos tales como las evocaciones de las sonrisas en la posición que aparece en la imagen. Por otra parte, el proceso adicional de percibir y construir una imagen a partir de lo percibido incrementa el número de impulsos neuronales. Nuevamente Martínez-Conde nos ofrece una explicación:

En realidad, sólo podemos permitirnos que entre un 1 y un 10% de nuestras neuronas disparen impulsos en un momento dado. Así, para usar menos azúcar hay que poner en acción el menor número de neuronas posibles. Por añadidura, los diferentes circuitos de neuronas que procesan la información sensorial se encuentran en partes muy diversas del cerebro, a veces separados por grandes distancias. La comunicación de un circuito a otro requiere tiempo. La información visual sobre cualquier objeto –por ejemplo, una cara– tarda unas 50 milésimas de segundo en alcanzar la primera etapa de procesamiento en la corteza cerebral. A partir de ahí, todavía se necesitan unas 150 milésimas de segundo para que seamos capaces de reconocer esa cara, y eso sin contar el tiempo que nos llevaría el producir cualquier tipo de respuesta motora (por ejemplo, saludar con la mano o decir ‘hola’) (Martínez-Conde, et al., 2005, p.110).

Rotar la cara de Yeltsin, entonces, demanda de un alto consumo de azúcar. La estrategia de nuestro cerebro es ahorrar este preciado combustible usando el mínimo de neuronas, extrayendo de una imagen visual la información más relevante.

Si se intenta rotar mentalmente al minotauro se escapan detalles como colores, sombras, tamaño, proporciones, expresiones de la cara, forma de las pezuñas, entre otros cientos de detalles. Esta explicación neuronal parece dar cuenta de nuestras deficiencias en los diferentes estados mentales. Por ejemplo, la memoria tiene sus límites; es decir, no podemos memorizar todo lo que percibimos (los libros que leemos, los objetos que observamos, las frases que escuchamos). Dada esta deficiencia perceptiva, nuestro cerebro debe recurrir a otros estados mentales como la intuición para poder ejecutar acciones que garanticen nuestra supervivencia. Predecimos o estimamos lo que ocurrirá una vez ejecutemos la acciones (Llinás, 2001a, p.4; Martínez-Conde, et al., 2005, p.115):

Con estos retrasos se hace muy difícil imaginar cómo somos capaces de hazañas como pilotar coches, jugar al tenis e incluso cruzar la calle. Seguidamente, realizamos una estimación de lo que estamos viendo en función de nuestra experiencia previa y de nuestro conocimiento sobre el mundo. Este poder estimativo de nuestro cerebro nos ha proporcionado inmensos beneficios en la lucha por la supervivencia (Martínez-Conde, et al., 2005, p.115).

He ahí el riesgo. Hacemos una estimación de lo que percibimos en función de nuestra experiencia y conocimiento del mundo. Si nuestra experiencia no es rica en situaciones de riesgo o sabemos poco de la naturaleza del objeto o evento percibido, el costo será alto. Dependemos, entonces, de un cerebro ahorrativo que, por naturaleza, no puede capturar todas las propiedades de lo representado. Dependemos, igualmente, de nuestra intuición para sortear los riesgos que, necesariamente, se presentarán en el acto de percibir. Cuando intentamos cruzar una vía y observamos un auto venir hacia nosotros, nuestro cerebro se ocupa únicamente de lo importante para nuestro propósito. No nos detenemos a observar otras propiedades del auto como color, marca, tamaño, ocupantes, etcétera.

Estimamos intuitivamente la velocidad del auto y tomamos la decisión de cruzar o no la vía. Es decir, percibir se constituye en un riesgo.

Para terminar este capítulo y como introducción al siguiente, observa el fenaquistiscopio, invento de un físico belga del siglo XIX, Joseph Plateau, que tiene como principio la persistencia de la visión. Plateau pudo darse cuenta que nuestro ojo percibe el movimiento con una cadencia de 10 imágenes por segundo, permitiendo que se superpongan en la retina y, a su vez, el cerebro las representa como una sola imagen móvil.

Haz clic en el botón animar para rotar el disco.

Animar/parar

Encuentra la velocidad en la que parece que el disco no rotara, generando una ilusión de animación.

Velocidad

Si te rindes, haz clic en el botón de ayuda.

Ayuda

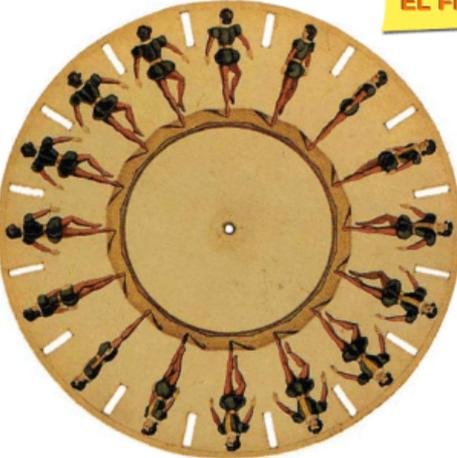
Otra imagen

EL FENAQUISTISCOPIO

Puedes activar el visor para observar la animación de un objeto aislado de los demás.

También lo puede usar para ajustar la velocidad; para ello, debes ajustar la abertura del visor y aumentar o disminuir la velocidad, hasta que el objeto animado no presente desplazamiento.

Muestra visor



El fenaquistiscopio para algunos es el precursor de los gifs animados, para otros proporciona el principio fundamental del cine que, posteriormente, cambia las imágenes dibujadas sobre el disco del fenaquistiscopio por las imágenes fotográficas de la cinta de celuloide. La escena que presentamos se basa en este principio, sigue las instrucciones dadas y observa cómo se genera la ilusión de la animación.

A close-up, grayscale image of a human eye, looking slightly to the right. The eye is the central focus, with the iris and pupil clearly visible. The surrounding skin and eyelashes are also visible, though slightly out of focus. The background is a soft, light gray.

Capítulo III

A graphic illustration of the Müller-Lyer illusion. It features a central horizontal line. At each end of this line, there are two shorter lines that form a tail-like shape, similar to the tail of an arrow. The background is a light gray grid. The text 'La Gestalt' is centered over the grid.

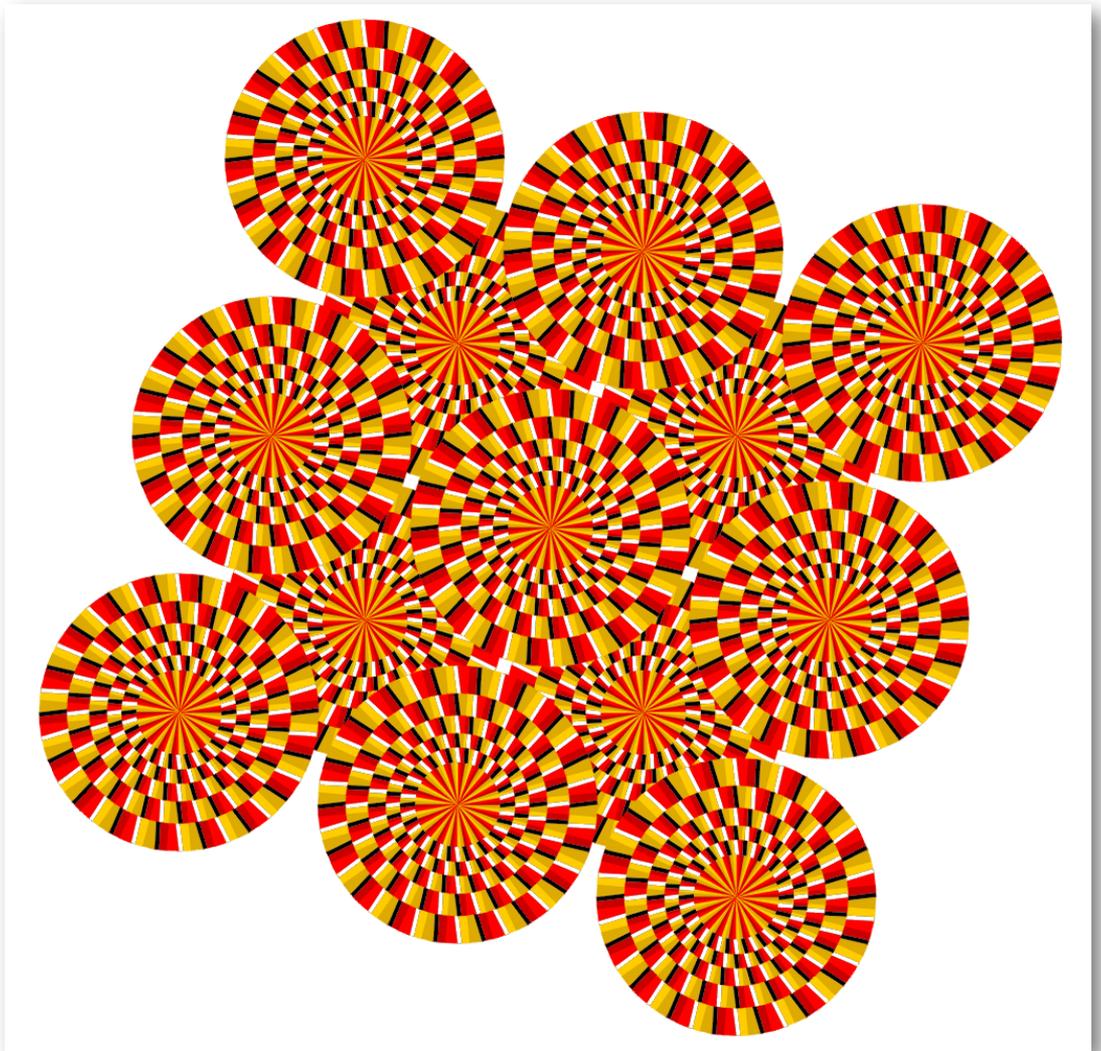
La Gestalt

Introducción

La investigación científica sobre la naturaleza de la visión biológica ha presentado confusión desde una pregunta filosófica central: ¿el mundo que vemos alrededor de nosotros es el mismo mundo real, o es simplemente una reproducción perceptiva de ese mundo? El neurocientífico Rodolfo Llinás afirma que los colores que vemos en los objetos son construcciones mentales, dichos objetos no poseen ese color, por el contrario, lo rechazan; a ello se debe que veamos ese color. Esta postura no es aceptada por otros estudiosos del fenómeno. La mayoría de filósofos, por ejemplo, rechaza cualquier idea que suponga una percepción exacta de la realidad, idea que tildan de “realismo ingenuo”; una de sus discusiones se centra en si lo que vemos está en el objeto percibido o es una construcción de nuestra mente. Los científicos tienen sus propias disputas en torno a este fenómeno; desde la teoría newtoniana de la luz, pasando por la propuesta fisiológica de Helmholtz y Hering hasta llegar a los últimos hallazgos de la neurociencia, sólo han quedado más y más interrogantes. Por su parte, los psicólogos hacen su aporte con diferentes posturas, entre ellas la Gestalt.

El término Gestalt proviene del alemán y fue introducido por primera vez por Christian von Ehrenfels. No tiene una traducción única, aunque se lo entiende generalmente como "forma". Sin embargo, también podría traducirse como "figura", "configuración" e, incluso, "estructura" o "creación" (Wikipedia).

La mente, según la Gestalt, configura los elementos que llegan a ella a través de una interrelación entre la percepción visual y las representaciones que guardamos en nuestra memoria. En este capítulo verificaremos que algunas formas o estructuras llegan a nuestra mente para ser configuradas en una forma distinta a la real. Igualmente, veremos como otras figuras, por su posición, aparentan imposibilidades geométricas.



© A. Kitaoka (2003), <http://www.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/index-e.html> – All rights reserved. "Sombrillas". Los círculos en el frente parecen girar hacia la izquierda (Ilusión rotacional).

El uso de la herramienta de autor DescartesJS, en algunos trabajos de este capítulo, permite incluir ingredientes adicionales como la interactividad, las imágenes dinámicas y la posibilidad de ver las figuras eliminando los elementos distorsionantes o generadores de ilusiones o, como la siguiente escena interactiva, la realidad del objeto representado.



Uno de los principios fundamentales de la corriente Gestalt es la llamada ley de la *Prägnanz* (Pregnancia), que afirma la tendencia de la experiencia perceptiva a adoptar las formas más simples posibles, tal como se aprecia en la ilusión del barbero.

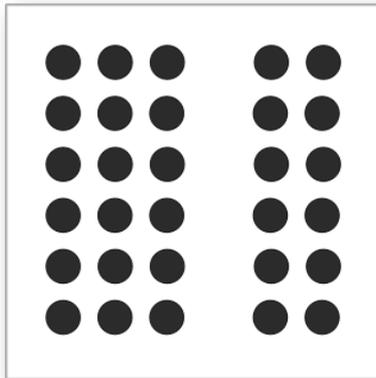
Parte del trabajo de este capítulo ha sido consultado en el ilusionario del profesor de matemáticas Juan Luis Roldán Calzado, puedes consultarlo en <http://www.ilusionario.es/>. Algunas imágenes, en especial las de movimiento ilusorio, fueron consultadas en la página del profesor [Akiyoshi Kitaoka](#). Por otra parte, en <http://www.michaelbach.de/ot/index.html> encontrarás más de 100 ilusiones ópticas de Michael Bach de la Universidad de Freiburg (Alemania), algunas de ellas sirvieron de inspiración a ciertas actividades de este capítulo. Las ilusiones de contexto se basan en el trabajo del grupo de investigación del MIT: "*Perceptual science group*", liderado por Edward Adelson, algunos de sus resultados los puedes consultar en <http://web.mit.edu/persci/>. Una buena colección de ilusiones ópticas se pueden consultar en <http://codepen.io/>. Finalmente, en <http://www.cut-the-knot.org/> podrás disfrutar de una buena colección de ilusiones ópticas y algunos puzles.

3.1 Leyes de la Gestalt

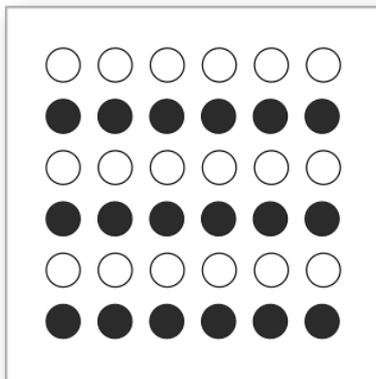
La psicología de la Gestalt fue fundada por los pensadores alemanes Max Wertheimer, Wolfgang Kohler y Kurt Koffka y se centró en cómo la gente interpreta el mundo. La perspectiva Gestalt se formó parcialmente como una respuesta al estructuralismo de Wilhelm Wundt, quien se enfocó en desglosar los eventos y experiencias mentales en los elementos más pequeños. Max Wertheimer observó que las secuencias rápidas de eventos perceptivos, como filas de luces parpadeantes, crean la ilusión de movimiento incluso cuando no hay ninguna. Esto se conoce como el fenómeno *phi*. Las imágenes en movimiento se basan en este principio, con una serie de imágenes fijas que aparecen en rápida sucesión para formar una experiencia visual perfecta. Según la psicología de la Gestalt, el todo es diferente de la suma de sus partes. Sobre la base de esta creencia, los psicólogos de la Gestalt desarrollaron una serie de principios para explicar la organización perceptiva, o cómo se agrupan los objetos más pequeños para formar otros más grandes.

Estos principios a menudo se denominan "leyes de la organización perceptiva". Sin embargo, es importante tener en cuenta que si bien los psicólogos de la Gestalt denominan a estos fenómenos "leyes", un término más preciso sería "principios de organización perceptiva" (<https://www.verywellmind.com>)

Ley de proximidad. Nuestra mente tiene la tendencia de agrupar objetos similares. En la siguiente imagen observamos que los círculos de la izquierda parecen formar parte de una agrupación, mientras que los de la derecha parecen ser parte de otra. Debido a que los objetos están cerca unos de otros, los agrupamos (círculos próximos).



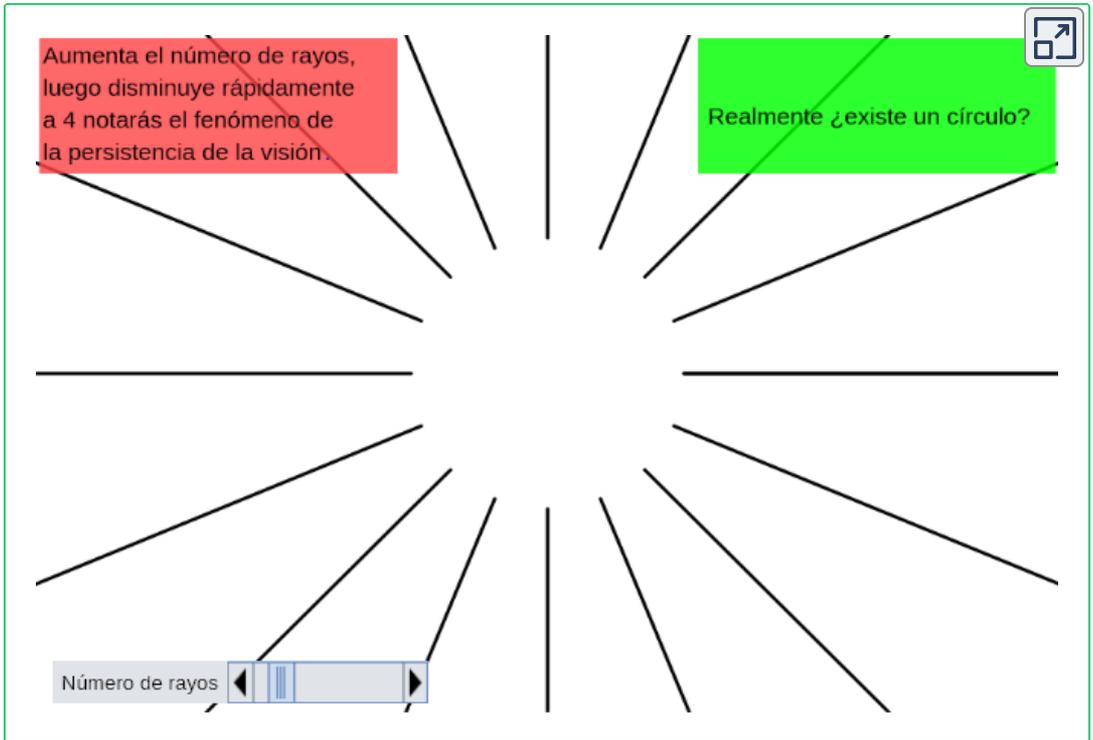
Ley de semejanza. En el mundo occidental leemos en forma horizontal de izquierda a derecha. Sin embargo, en figuras como la de abajo, la semejanza nos obliga a leer visualmente en forma vertical.



Ley de pregnancia. En figuras como las de Kanizsa nuestra mente tiende a completar las figuras simples, así éstas no existan.



Ley de Continuidad o de ajuste. La mente continúa un patrón, aun después de que el mismo desaparezca. Observa la siguiente escena interactiva y evidencia esta ley. Obviamente, en principio, podríamos afirmar que la ley que se evidencia es la de pregnancia, en tanto que el concepto "pregnancia" se relaciona, también, con la idea de "impregnación". Es decir, aquello con lo que nos quedamos "impregnados" cuando miramos. Es la forma cargada de información, la fuerza de la forma, es la dictadura que la forma ejerce sobre los ojos (<https://es.wikipedia.org/>).

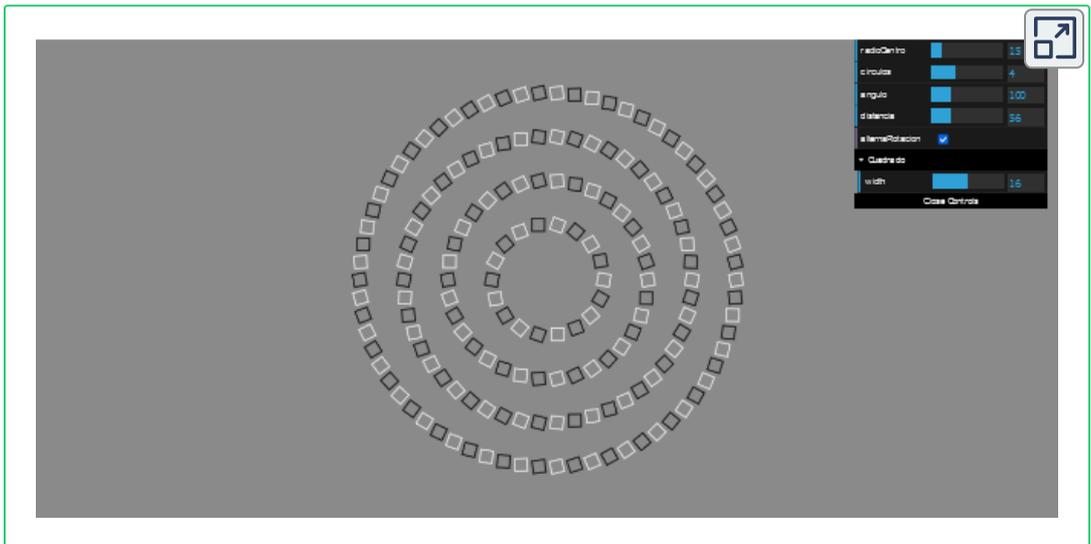


Existe bastante discusión sobre el número de leyes de la Gestalt. Hay autores que afirman la existencia de más de 10 leyes (totalidad, estructura, contraste, cierre, enmascaramiento, ...). Nuestro propósito no es entrar en esta discusión, sino mostrar fenómenos relacionados con la percepción visual que, en su momento, asociaremos con uno u otro principio gestáltico.

Iniciamos nuestro recorrido con las ilusiones ópticas del profesor japonés Akiyoshi Kitaoka, estudioso de la psicología de la Gestalt moderna.

3.2 Las ilusiones ópticas de Akiyoshi Kitaoka

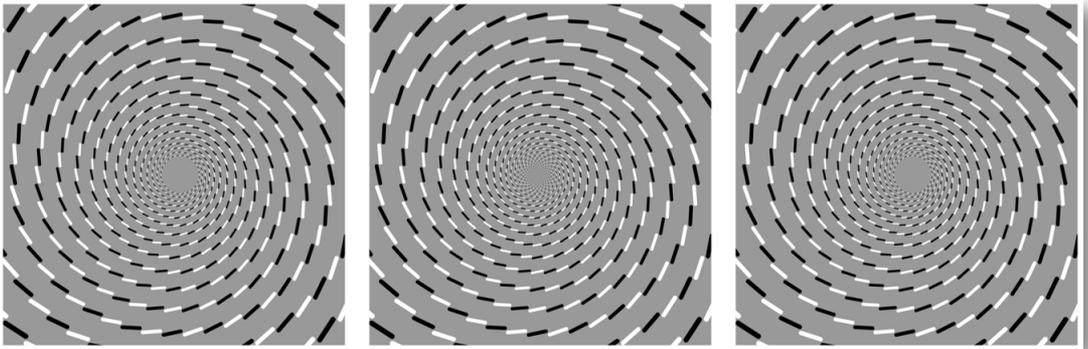
Ya hemos argumentado que nuestro cerebro busca el menor esfuerzo en el proceso de percepción, que en términos gestálticos es recoger estímulos pequeños (los que pasan la puerta de la percepción) para construir un todo. Esta tendencia que hemos denominado "Ley de pregnancia", hace que nuestro "perezoso" cerebro o cerebro ahorrativo de energía (según Martínez-Conde) elija la estructura más simple en el proceso perceptivo. He ahí el éxito de las ilusiones ópticas, pues el no percibir todos los atributos de una imagen, permite que la representación subjetiva de la misma se distorsione, de tal forma que podemos ver movimiento en una imagen estática o una imagen inexistente como una espiral donde no hay sino círculos:



Esta escena interactiva de la "ilusión de los círculos concéntricos", diseñada por [Paul Irish](#), es una imagen cuya verdadera composición es diferente de su percepción.

Es un ejemplo de una ilusión óptica, donde percibimos objetos inexistentes, en este caso una espiral, conocida como espiral de Fraser¹⁷ o ilusión de falsa espiral. Esta versión de la ilusión espiral de Fraser, según Irish, se puede describir como una serie de círculos concéntricos compuestos de contornos cuadrados con colores alternos, lo que permite generar la ilusión (usa los controles para verificarlo).

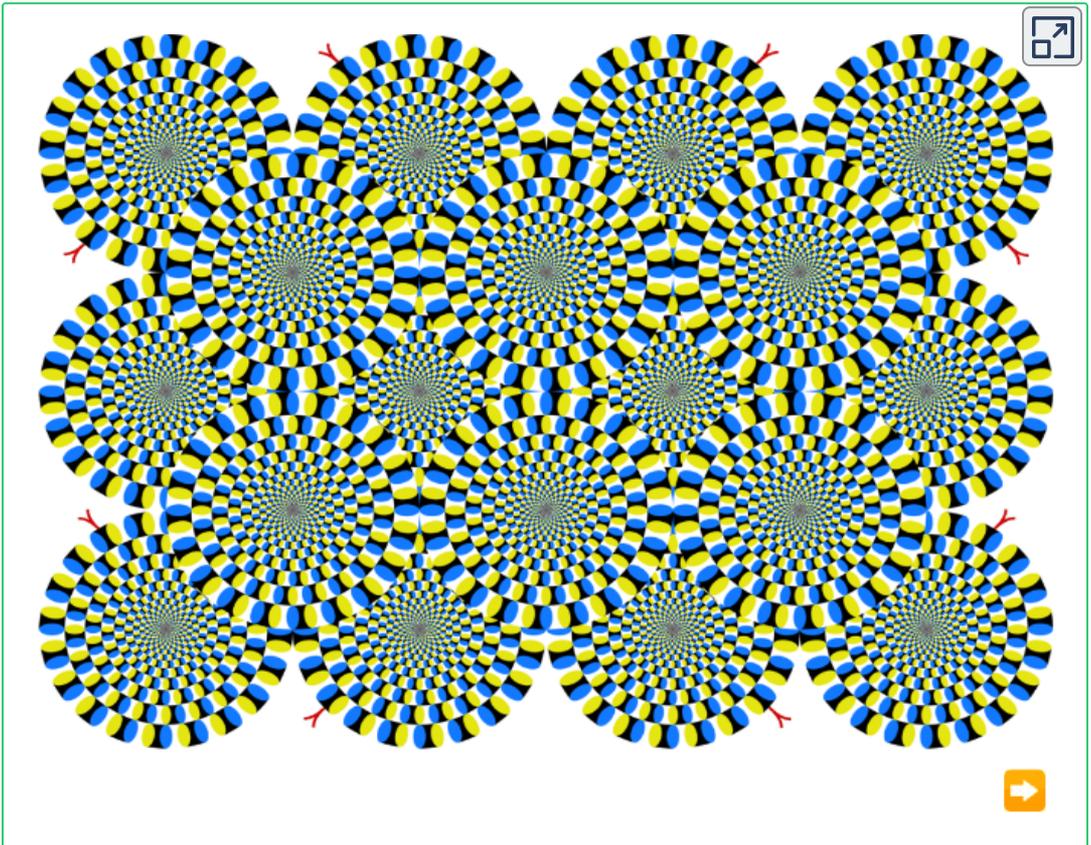
Iniciamos con esta ilusión óptica, pese a que el profesor Akiyoshi (Universidad de Ritsumeikan en Kyoto) es más reconocido por sus ilusiones de movimiento en imágenes estáticas. Este experto en la ciencia de las ilusiones visuales, también incluye en su extenso trabajo ilusiones como la espiral de Frazer¹⁷:



Estereograma de la ilusión espiral de Fraser
(<http://www.psy.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/>).

¹⁷ La ilusión espiral de Fraser fue descrita por primera vez por el psicólogo británico Sir James Fraser (1863 - 1936) en 1908. La ilusión también se conoce como la falsa espiral, o por su nombre original, la ilusión de la cuerda torcida. La distorsión visual se produce combinando un patrón de línea regular (los círculos) con partes desalineadas (las hebras o cuadrados de diferentes colores). La ilusión de Zöllner y la ilusión de la pared del café se basan en un principio similar, como muchos otros efectos visuales, en los que una secuencia de elementos inclinados hace que el ojo perciba giros y desviaciones fantasmas (<https://en.wikipedia.org>).

El profesor Kitaoka define una ilusión como: “apreciación errónea de un objeto real”. Sus investigaciones se han centrado en ilusiones geométricas, cromáticas, luminosas, ilusiones móviles y el proceso visual. A continuación, con la autorización del profesor, presentamos una pequeña colección de sus ilusiones de movimiento, iniciando con su famosa ilusión: "serpientes giratorias".



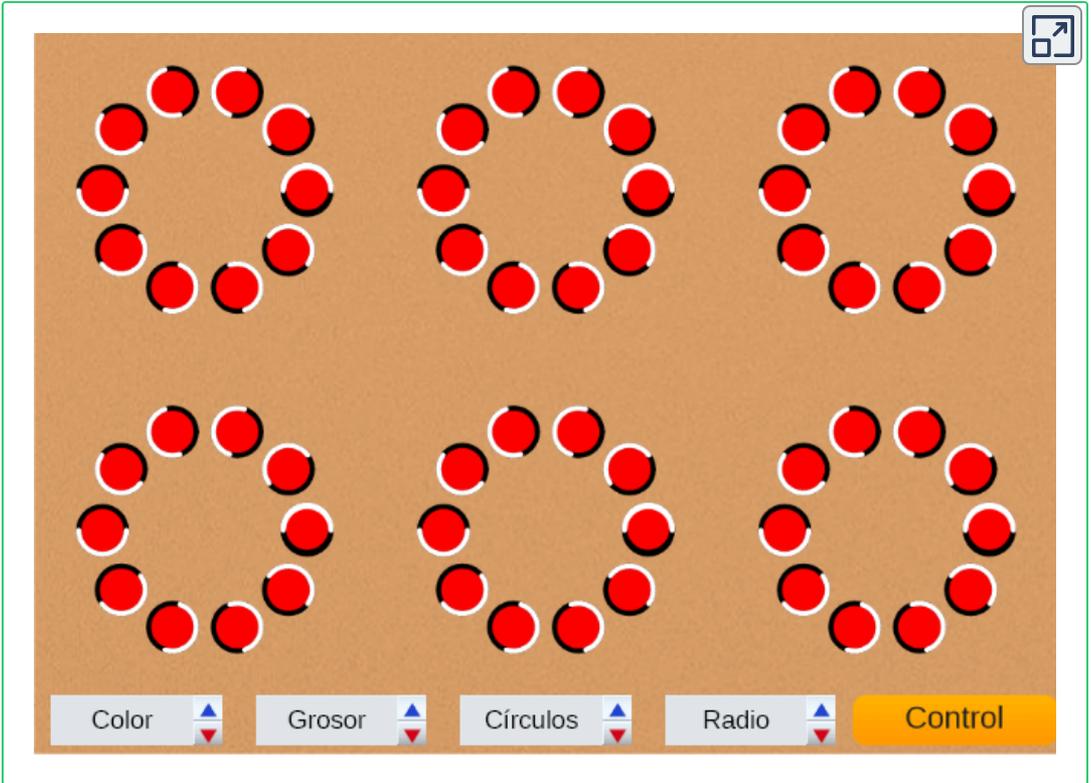
Todas las imágenes están construidas para comprobar hipótesis que sirven para avanzar en su estudio de las ilusiones y sus aplicaciones en otras funciones visuales. El objetivo de su investigación es comprobar los mecanismos visuales a través de las ilusiones visuales.

En un estudio para discernir por qué unas personas ven ilusiones y otras no, el profesor Kitaoka encontró una correlación estadísticamente significativa entre la edad y la magnitud de las ilusiones al utilizar su popular imagen “serpientes giratorias”. La cuestión de por qué la personas de mayor edad perciben menos ilusiones que las personas jóvenes está siendo investigada por sus colaboradores, pero la hipótesis de que eso esté relacionado con movimientos involuntarios de los ojos y con la medida de los movimientos de los ojos, dará respuestas a esta cuestión.

Según la neurociencia nuestros ojos están en permanente movimiento, lo cual facilita la ilusión y, en parte, explica la menor percepción de la ilusión de la personas de mayor edad. Así las cosas, en la escena anterior, evita fijar la mirada para que percibas el movimiento "no existente" o, como lo define Kitaoka, el "la ilusión de movimiento anómalo"¹⁸.

En la siguiente escena interactiva, diseñada con el editor DescartesJS, hemos replicado la ilusión que Kitaoka denomina "Crystal balls". Nuestro propósito es que se puedan intervenir algunos atributos de la imagen, para detectar los elementos que generan la ilusión, para ello, cambia atributos como el color, número, radio y tamaño de los círculos, y el grosor del perímetro.

¹⁸ MartínezConde *et al* (2005), manifiestan que hay una razón por la que los círculos de las serpientes giratorias se mueven y por la que, aunque nos resistamos, las ilusiones ópticas nos hacen ver cosas que no son reales. Y esta razón es, como casi siempre, “económica” (ahorro energético). Así, cuando exploramos una escena visual, no analizamos toda la información disponible, sino que extraemos sólo una parte muy pequeña, la que consideramos más relevante. Seguidamente, realizamos una estimación de lo que estamos viendo en función de nuestra experiencia previa y de nuestro conocimiento sobre el mundo. Este poder estimativo de nuestro cerebro nos ha proporcionado inmensos beneficios en la lucha por la supervivencia. El coste, sin embargo, ha sido muy pequeño; al no recoger y procesar toda la información de la imagen, tenemos una rica variedad de ilusiones que nos asombran, divierten y confunden, pero que constituyen una verdadera ventana a través de la cual asomarnos a los mecanismos básicos de nuestro cerebro.



Obviamente, hay un atributo que elimina la ilusión, el cual lo puedes detectar al hacer clic en el botón de control. El color del fondo también es un atributo que interviene en la ilusión.

Ya hemos advertido que la ilusión es exitosa si hay presencia del movimiento ocular. Al respecto, Kitaoka *et al* (2008) realizaron un estudio en el que

Examinamos cambios en la actividad neural en áreas sensibles al movimiento de la corteza visual humana mediante el uso de la técnica de imágenes de resonancia magnética funcional (fMRI) cuando se presentó una imagen estática de movimiento ilusorio ("Serpientes en movimiento") a los participantes.

Los cambios en la señal dependiente del nivel de oxigenación de la sangre (BOLD) se compararon entre el estímulo de prueba que indujo la percepción del movimiento ilusorio y el estímulo de control que no lo hizo. También se realizó una comparación entre esos estímulos con y sin movimientos oculares. Los cambios de señal para el estímulo de prueba fueron significativamente más grandes que los del estímulo de control, si se acompañaron de movimientos oculares. Por otro lado, la diferencia en los cambios de señal entre los estímulos de prueba y de control fue menor, si se requería una fijación estable. Estos resultados apoyan el hallazgo empírico de que esta ilusión está relacionada con algún componente de los movimientos oculares.

Existe, también, una amplia discusión sobre el impacto que presenta la elección del color en las ilusiones de movimiento de Kitaoka. A continuación presentamos una selección de imágenes que Kitaoka clasifica como "ondas" y, posteriormente, una escena interactiva en la que se muestra una de estas imágenes, con la posibilidad de variar el color de fondo y, de esta forma, evidenciar si hay o no efectos sobre la ilusión. Recuerda de mover los ojos para percibir la ilusión o, si se prefiere, para engañar tu cerebro.

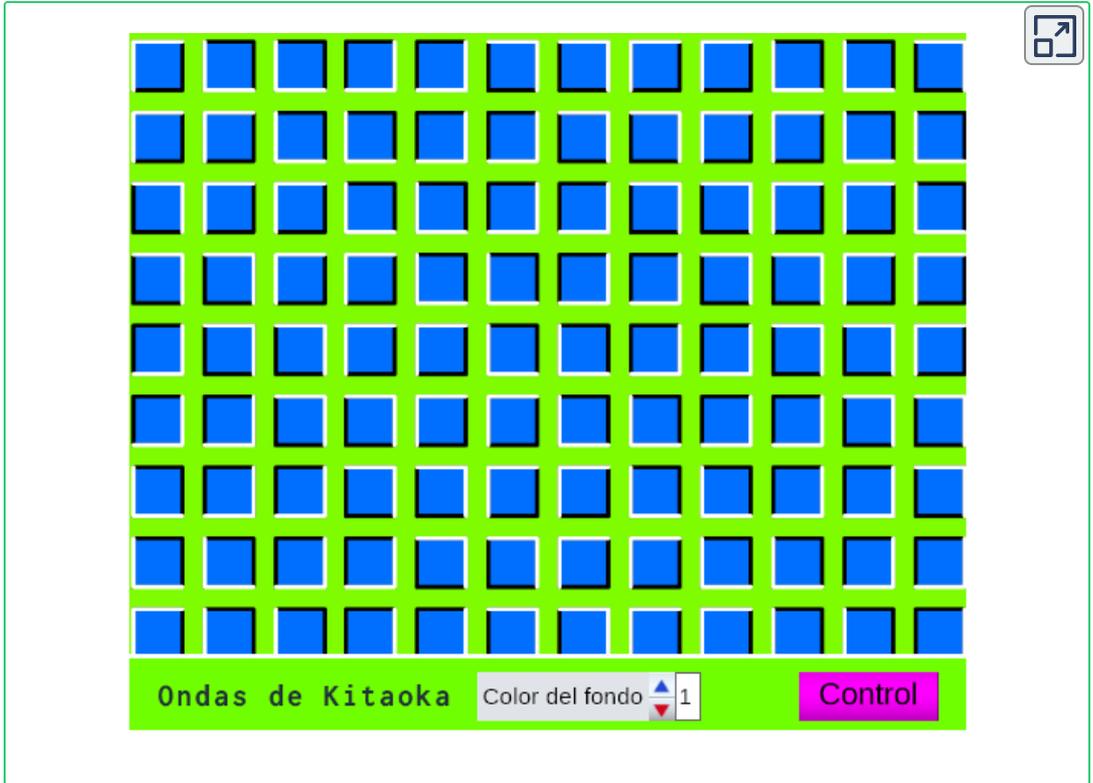
La primera ilusión óptica de ondas en movimiento es una imagen presentada por Kitaoka en el concurso a la mejor ilusión del año de 2005¹⁹, como parte de la conferencia europea sobre la percepción visual en La Coruña, España. Kitaoka fue uno de los finalistas con su ilusión de ondas, en la que usa las siglas ECVP (*European Conference on Visual Perception*).

¹⁹ Este concurso es un reconocimiento anual de los creadores de ilusiones del mundo otorgado por la *Neural Correlate Society*. El concurso fue creado en 2005 por los profesores Susana Martinez-Conde y Stephen Macknik. Desde entonces, se ha convertido en un concurso en línea en el que todos los habitantes del mundo están invitados a enviar ilusiones y votar por el ganador (<https://en.wikipedia.org>).



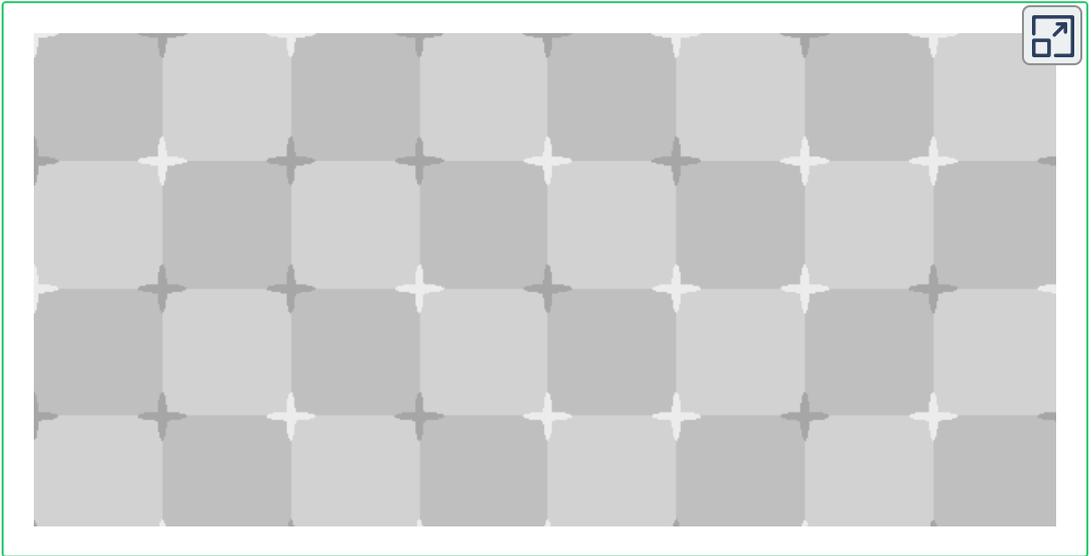
¿Puedes ver las ondas que se mueven? Una buena opción es ampliar la escena a pantalla completa y desplazar la mirada lateralmente.

En la siguiente escena interactiva cambia los colores de fondo y observa el efecto en la ilusión, compara con la ilusión de Kitaoka de la escena anterior (tercera imagen).



Con el botón control podemos evidenciar que son los bordes de los cuadros los generadores de la ilusión. Pero no basta con los bordes, pues al variar el color de fondo observamos que, dependiendo del color, la ilusión gana o pierde fuerza; por ejemplo, compara el color 1 con el 2 que, para la mayoría, el color 1 permite observar mejor el movimiento ilusorio. No obstante, como lo hemos estudiado en los capítulos anteriores, la percepción del movimiento también depende del sujeto perceptor; es por ello, que habrá alguien que aprecie mejor la ilusión con el segundo color.

Otra opción es diseñar otros elementos, tal como nos lo presenta ([Nikita Dubko](#)) en la siguiente imagen dinámica:

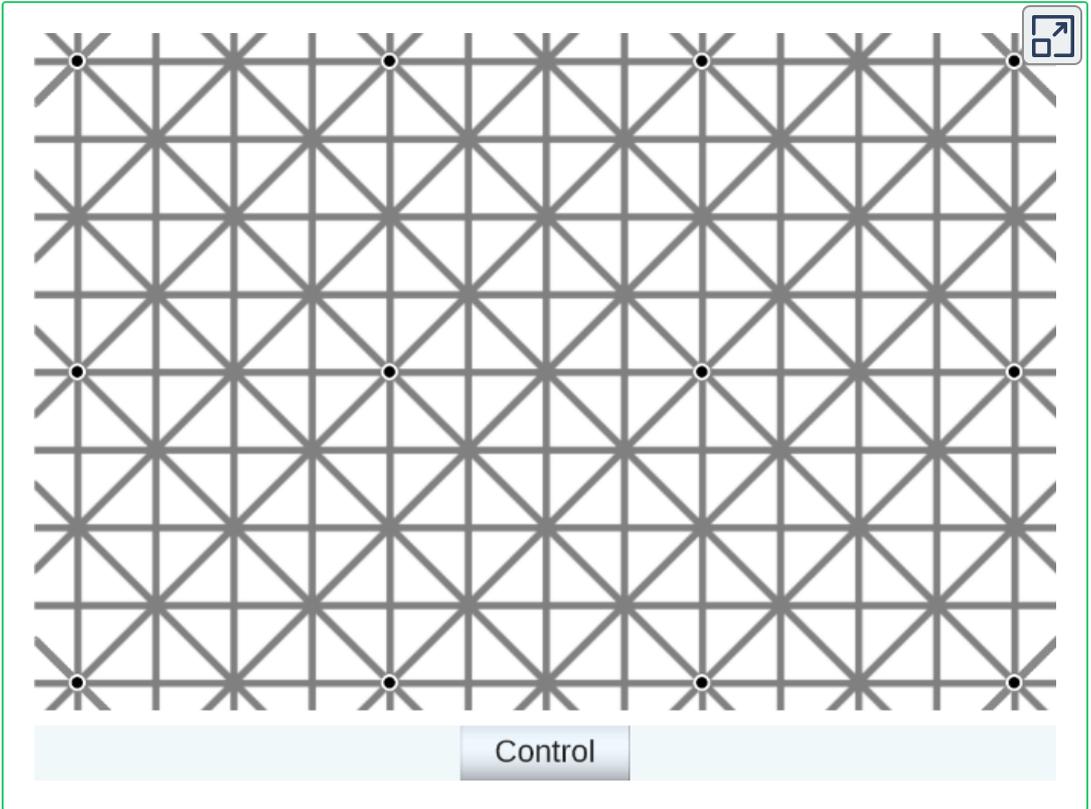


En este caso, sólo basta con poner los bordes, generadores de la ilusión, en las esquinas de los cuadrados.

A continuación presentamos dos fenómenos interesantes, en los cuales nos ocuparemos de la presencia o ausencia de puntos negros. Lo interesante radica en que en un primer caso desaparecen puntos reales, mientras que en el segundo aparecen puntos "fantasma".

3.3 La ilusión óptica de los puntos negros

En 2016 Kitaoka publicó esta ilusión óptica en Facebook, planteando la siguiente pregunta ¿Por qué no se pueden ver los 12 puntos al mismo tiempo? Hemos incluido un control que nos permite acercarnos a la respuesta.

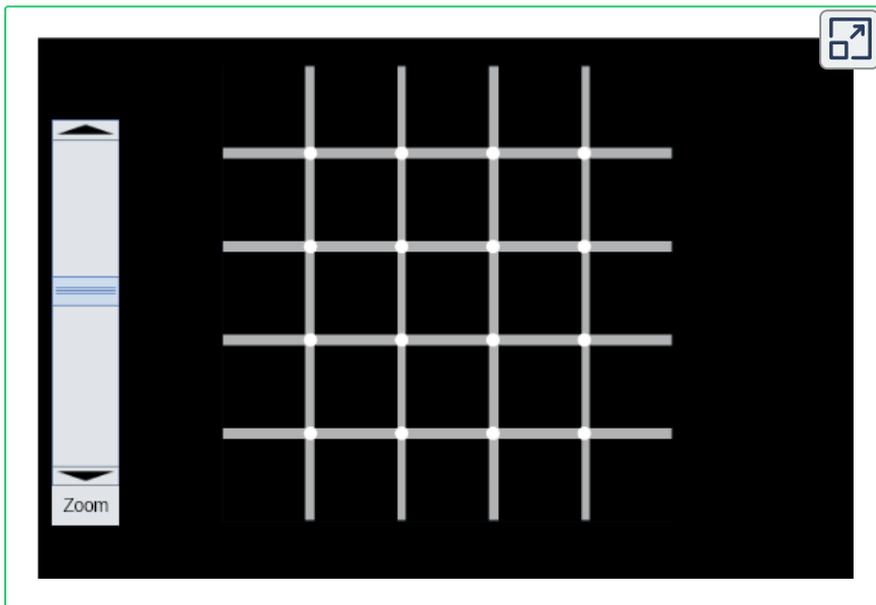


La explicación dada por Kitaoka es que la ilusión es obra de Jaques Ninio y Kent A. Stevens, y es una variación de la cuadrícula de Hermann (ver siguiente apartado).

Esta variación provoca el denominado efecto de extinción y deriva de una deficiencia en la visión periférica que, de acuerdo con Ninio y Stevens, otorga la resolución espacial más detallada al punto en que se fijó la vista. Las intersecciones, al ser un contraste entre gris y blanco, ayudan a que más allá del punto central la resolución espacial sea menor y orillan al cerebro a borrar los 11 restantes (<https://www.dailytrend.mx/tecnologia/>).

Explicación que da cuenta de los inhibidores de la percepción y del ahorro energético planteado por Martínez-Conde.

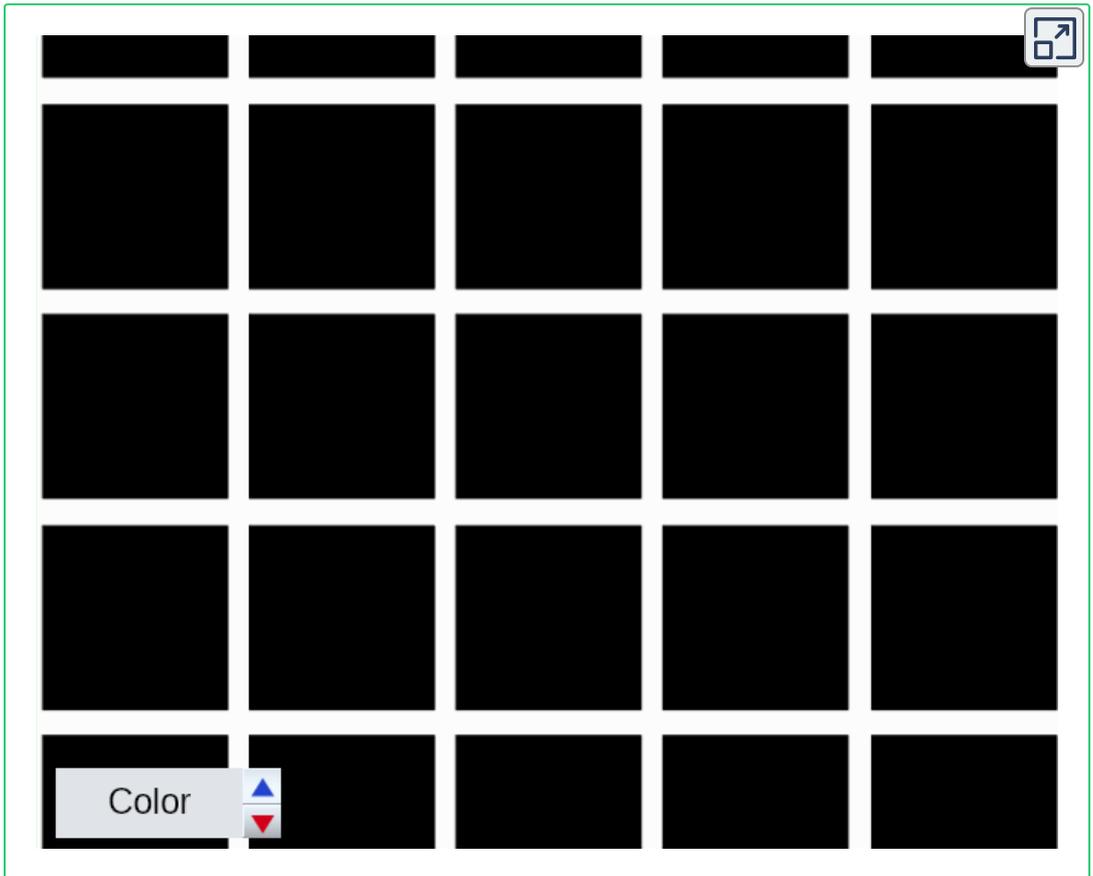
Mientras que en la escena anterior desaparecen los puntos negros, otra ilusión óptica nos mostrará puntos inexistentes. Se trata de La ilusión de la cuadrícula de Hermann, que fue observada por Ludimar Hermann en 1870. Cuando se mira el dibujo con cuadrados negros sobre un fondo blanco, en nuestra mente surgen figuras "fantasmas" en las intersecciones de las líneas, esta figuras desaparecen cuando se observa directamente la intersección. Las rejillas de Hermann y Hering son de gran importancia en los estudios de percepción visual contemporáneos, dado que proveen un medio excepcional para determinar cómo construimos mentalmente las imágenes fantasmas. Observa este fenómeno en la siguiente escena interactiva²⁰.



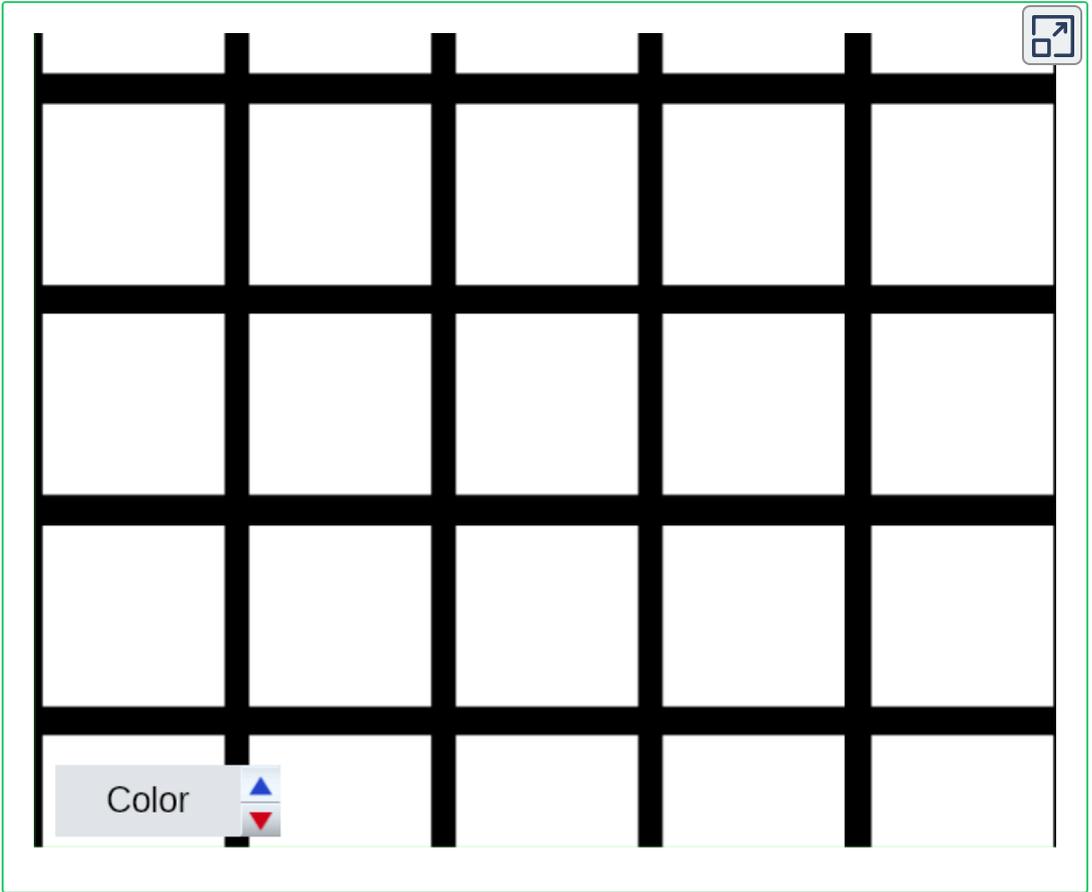
²⁰ La ilusión de la cuadrícula es una ilusión óptica. Los dos tipos más comunes son la ilusión de cuadrícula centelleante y la ilusión de cuadrícula de Hermann. En la escena interactiva presentamos la primera, pues en la ilusión de la cuadrícula de Hermann el dibujo es una cuadrícula blanca sobre un fondo negro. La diferencia entre la cuadrícula de Hermann y la cuadrícula centelleante es que en la centelleante ya existen los puntos en las intersecciones, al contrario que en la de Hermann, la cual carece de ellos, además de hacer creer al individuo que la observa que los puntos situados en las intersecciones entre dos líneas, una vertical y otra horizontal, aparecen y desaparecen (<https://en.wikipedia.org>).

Mientras más pequeña es la cuadrícula, más fácil se observan los fantasmas. Usa el zoom para verificar lo anterior.

A continuación presentamos la cuadrícula de Hermann, en la cual puedes cambiar los colores de fondo y observar el efecto sobre los puntos "fantasma".

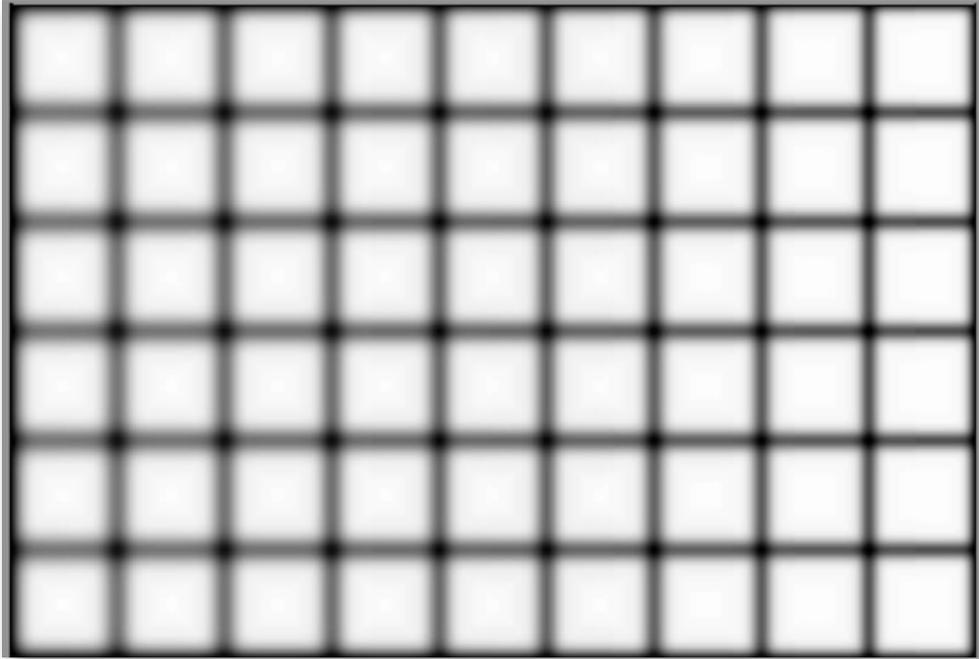


La ilusión de Hermann puede presentarse con muchas variaciones geométricas (callejones no ortogonales y esquinas de los cuadrados redondeadas, por ejemplo). También podemos usar los contraste opuesto (cuadrados blancos, callejones negros), tal como lo hacemos en la siguiente escena interactiva.



Un fenómeno sorprendente se presenta al utilizar un degradado de desenfoque, de derecha a izquierda, que hace que el fenómeno sea accesible para la mayoría de los espectadores (ver imagen en la siguiente página). Una vez que el centelleo nos atrapa, no es necesario realizar los movimientos oculares que facilitan la ilusión.

Continuamos con las ilusiones ópticas que se generan por el contexto en que se encuentra un objeto o imagen.

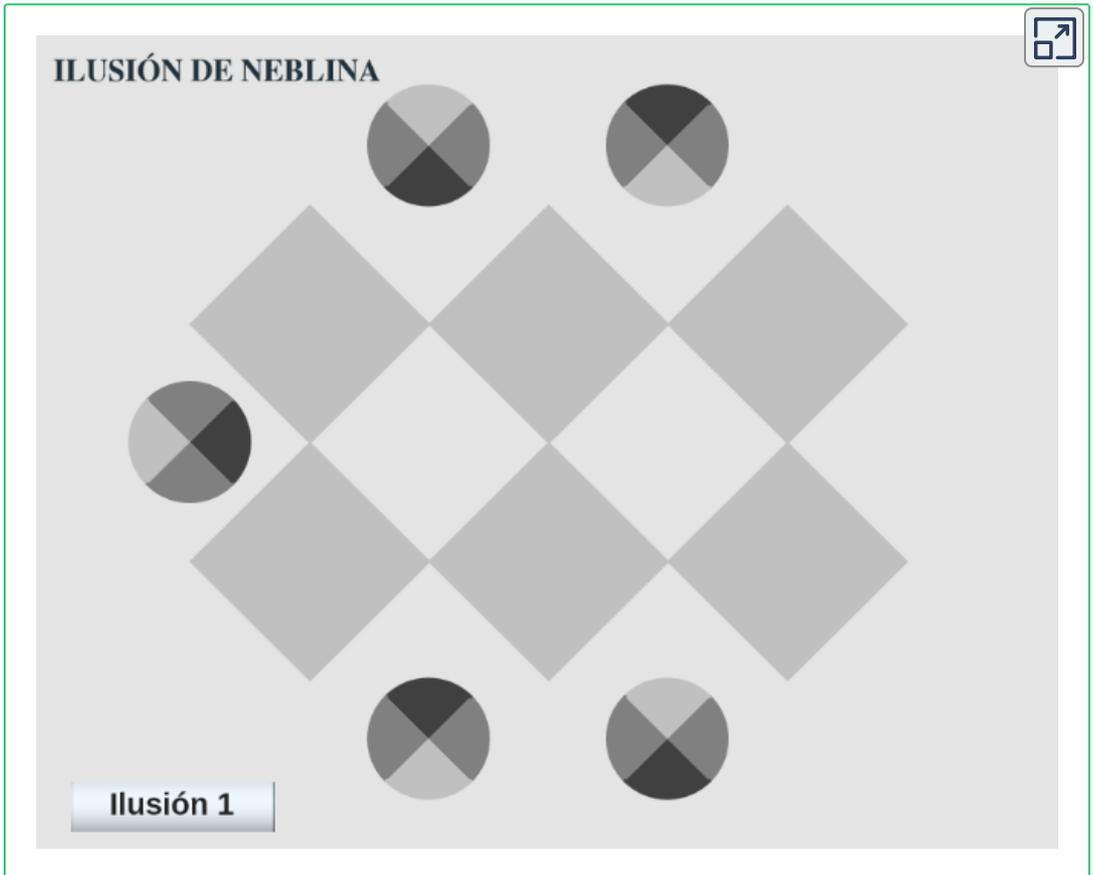


3.4 Las ilusiones de contexto

Las ilusiones visuales del grupo de investigación sobre la Ciencia Perceptual del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), liderado por Edward Adelson (Profesor de Ciencias de la Visión), se ha dedicado a la investigación de la percepción visual en brillo y transparencia, percepción de texturas, percepción de superficies, similitud perceptual, análisis de movimiento, entre otras líneas de investigación. La profesora Oliva (miembro del grupo) frente al tema de contexto expresa:

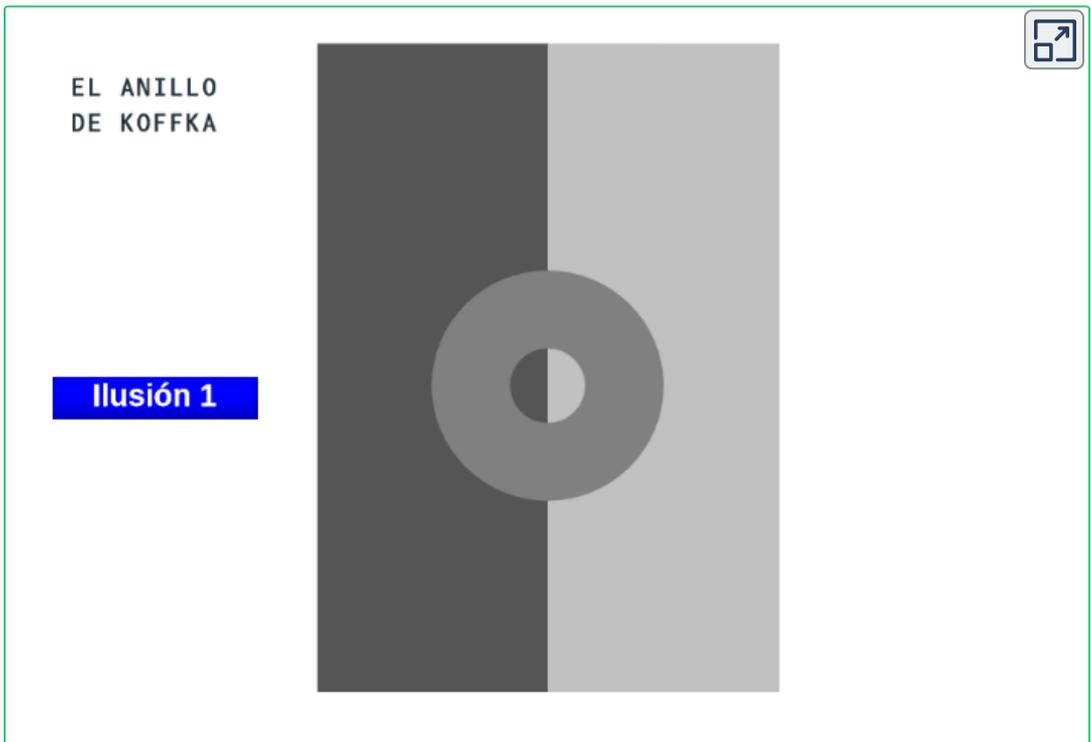
El contexto tiene efectos en múltiples niveles: semántico (una mesa y una silla se hallarán, probablemente en la misma imagen. No esperaríamos una mesa y un elefante), configuración espacial (un teclado se espera observarlo debajo de un monitor) y postura (Las sillas se esperan encontrar dirigidas hacia la mesa) (Oliva & Torralba, 2007).

3.4.1 Ilusión de Neblina. Nuestro cerebro tiende a asociar los objetos percibidos con los conocimientos previos adquiridos. El contexto o entorno en el cual se encuentra el objeto hace que nuestro cerebro le asigne propiedades de ese contexto al objeto percibido. Es decir, no percibimos el color y brillo reales, sino los calculados en comparación con el color y brillo de los objetos cercanos. Observa la ilusión de Neblina (Haze illusion) a continuación.



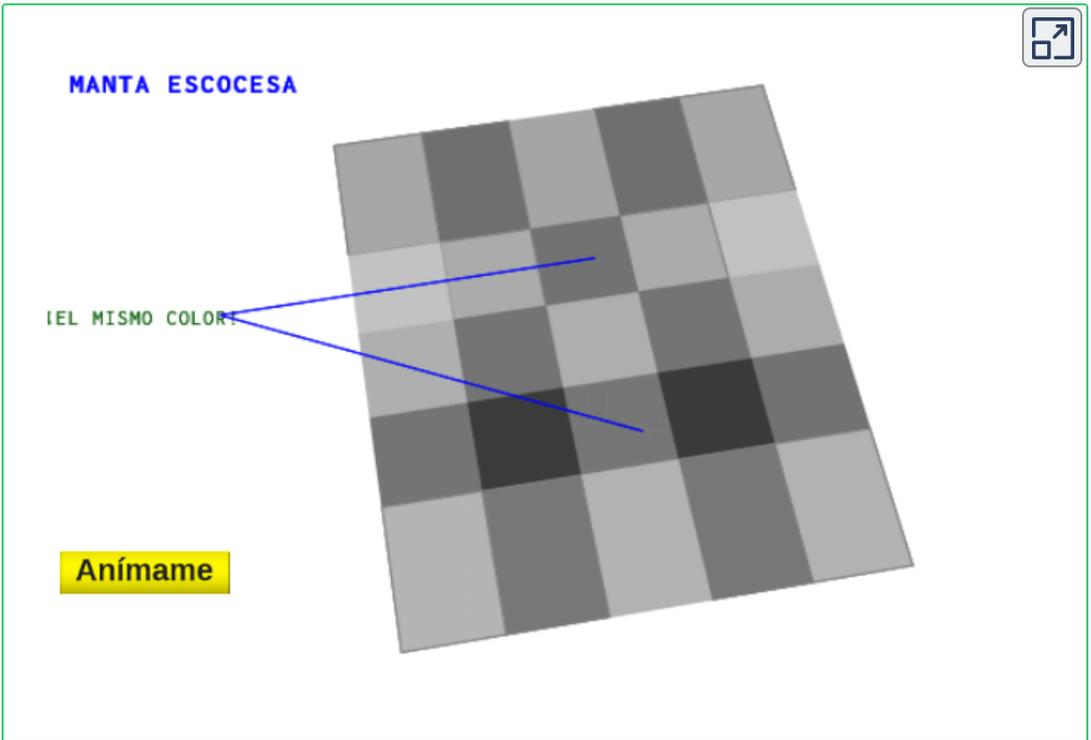
El efecto neblina se produce al superponer cuartos de círculos de color gris sobre un diamante (rombo) de un gris más claro (haz clic en el botón para verificarlo).

3.4.2 El anillo de Koffka. El psicólogo americano de origen alemán Kurt Koffka (1886-1941), fue uno de los fundadores de la psicología de la estructura o de la Gestalt junto con Max Wertheimer y Wolfgang Köhler. La ilusión de Koffka es un anillo gris se superpone en la mitad del fondo de una cortina de colores grises (diferentes del anillo), el anillo parece ser homogéneo. Sin embargo, si el anillo se divide levemente, las dos mitades del anillo parecen tener diferente tonalidad de gris (ver la escena interactiva siguiente). El principio de la Gestalt de la continuidad en la percepción visual explica este efecto.

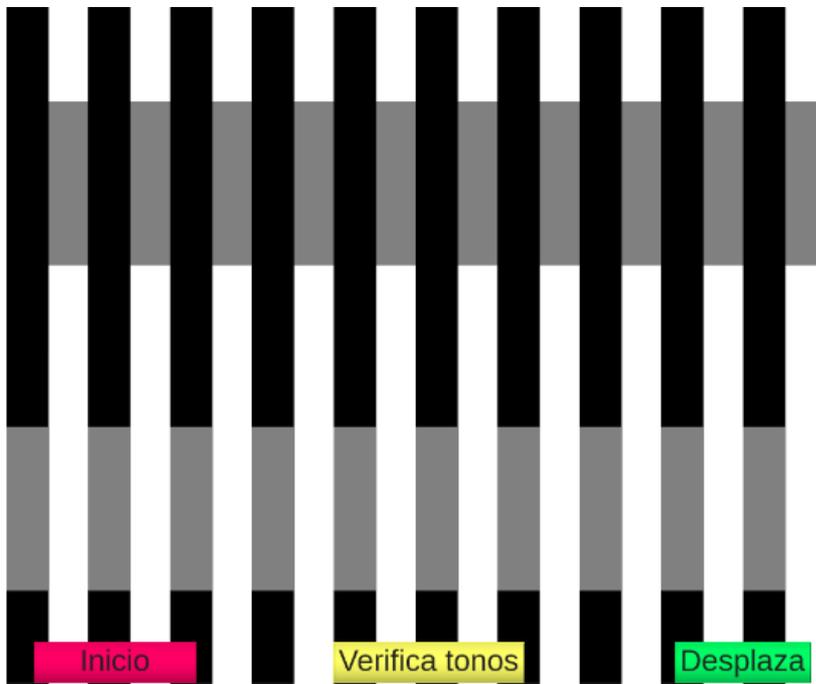


La ilusión 2 de la escena es una opción adicional que el grupo del MIT implementó, la cual consiste en el desplazamiento vertical de una las mitades del anillo.

Otro ejemplo de contexto, que propone este grupo, es la manta escocesa:



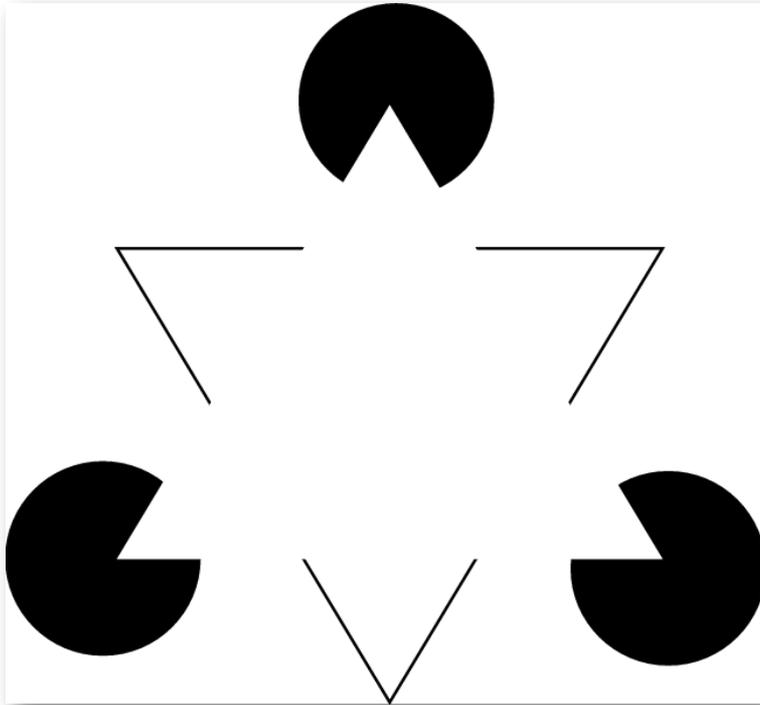
En la siguiente escena interactiva aparecen unas barras grises que aparentan un cambio de tonalidad dependiendo si están rodeadas de barras blancas o negras. El contexto de confinamiento negro o blanco es más evidente en la famosa ilusión de Adelson: "The Checkerboard-Shadow illusion", que presentamos en el capítulo anterior.



3.4.3 La ilusión de Kanizsa

Ya hemos presentado esta ilusión en apartados anteriores, pero por ser una ilusión de contexto nuevamente la retomamos. Gaetano Kanizsa (1913-1993), psicólogo e investigador italiano, presenta este trabajo como un triángulo "fantasma" de color blanco que parece superponerse a otro triángulo y a tres círculos.

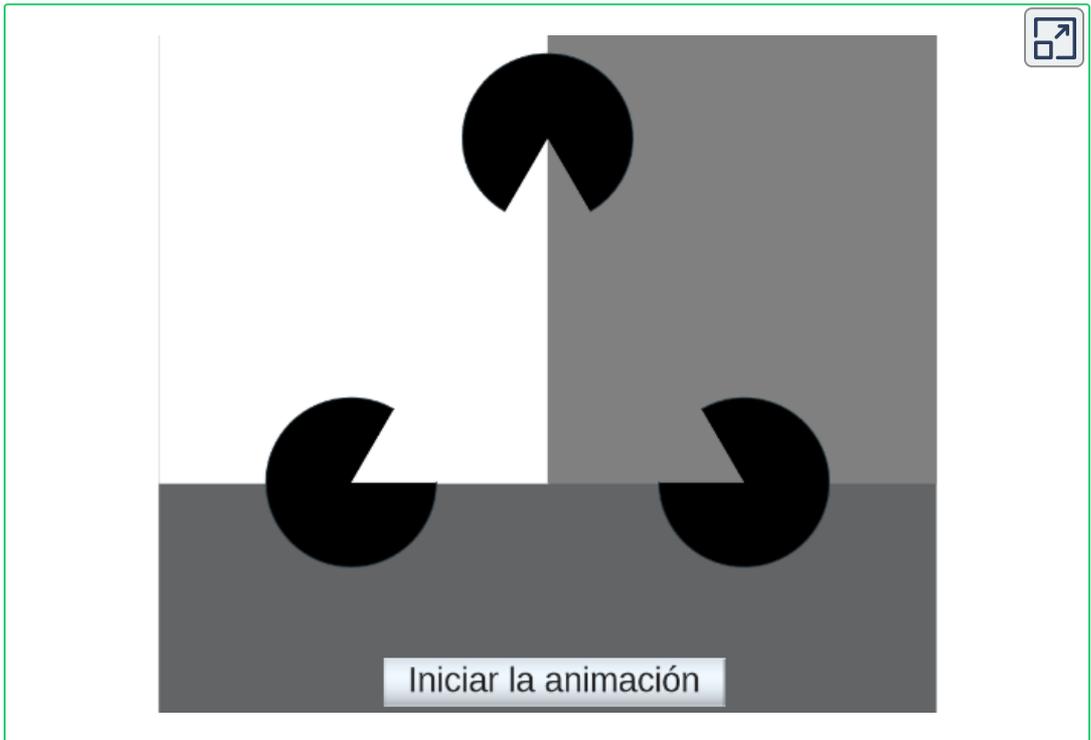
Este triángulo "inexistente" adquiere un color blanco más intenso que el espacio del mismo color que le rodea (observa la siguiente imagen).



Sobre esta ilusión Thomson & Macpherson (2017), explican que:

la ilusión del triángulo de Kanizsa nos hace darnos cuenta de cómo funcionan nuestros sistemas visuales, lo cual no notamos en nuestra experiencia diaria. Mirando la figura, la mayoría de las personas tendrán la experiencia visual de un contorno de brillo aparente que define un triángulo vertical que ocluye tres discos negros y un segundo triángulo invertido delineado en negro. Por supuesto, estos triángulos no existen en realidad, y no estamos percibiendo discos ocluidos, sino fragmentos de discos del tipo "Pac-Man". Un 'relleno' ilusorio similar de color que experimentamos en el triángulo vertical, de modo que la figura aparece llena de un blanco sólido que es más brillante que el resto de la figura. Tenga en cuenta que el triángulo de Kanizsa crean una ilusión de profundidad: la figura central parece sentarse en un plano más alto que los PacMan inductores (o el triángulo que apunta hacia abajo ocluido) (<https://www.illusionsindex.org>)

En 2007, Pietro Guardini y Luciano (Universidad de Padova, Italia) fueron premiados en el segundo lugar de las mejores ilusiones de ese año (*Best Illusion of the Year 2007*), utilizando una innovadora versión de la ilusión de Kanisza, la cual inicialmente es el triángulo con una mitad coloreada de gris. Lo innovador es el uso de una animación que genera una pirámide triangular. En la siguiente escena interactiva, usa el botón de animación para generar la pirámide.



Una vez termine la animación, oculta los PacMan inductores de ilusión y analiza la imagen resultante ¿qué observas?

Sobre esta ilusión, Guardini (2008) hizo varias encuestas y análisis, sobre los cuales concluye:

El triángulo de Kanizsa modificado se ha superpuesto sobre un fondo heterogéneo en el que tres regiones con diferente luminancia convergen en un punto común. El resultado de este procedimiento dio lugar a un objeto contorneado, ilusorio y sólido: los observadores informaron que percibían una pirámide sólida de base triangular que flotaba sobre tres discos negros. Las superficies en el fondo a menudo se reportan como la esquina de una habitación, por lo tanto, se trata de una solución perceptiva cóncava en oposición a la naturaleza convexa de la pirámide.

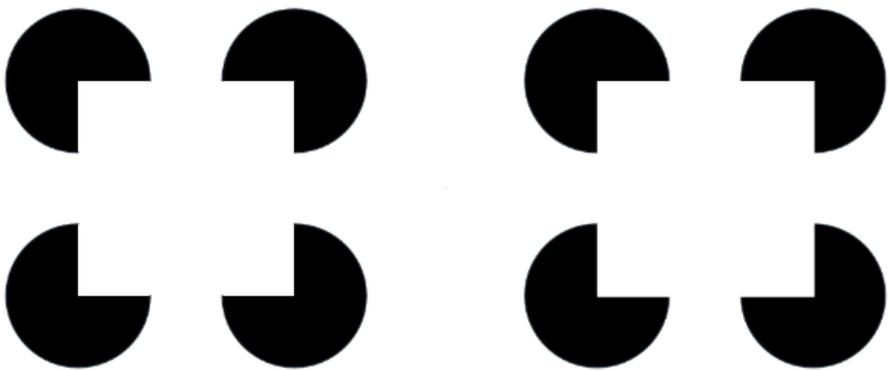
Es de notar que el fondo aquí considerado puede verse como dos percepciones alternativas: 1) como un conjunto de tres formas geométricas planas que se encuentran en el mismo plano de profundidad o 2) como la proyección isométrica del vértice de una forma sólida (por ejemplo, un cubo). Es ampliamente conocido que la falta de claves de profundidad en este tipo de sistema de proyección puede producir ambigüedad perceptiva (Necker, 1832): es posible percibir un vértice cóncavo o convexo. Cuando los PacMan inductores se superponen en este fondo, se evita la biestabilidad de la región interna (la pirámide) debido a la aparición de la forma sólida ilusoria.

Esta doble percepción o ambigüedad (pirámide o esquinas de un cuarto) es uno de los fenómenos que más investigación ha generado en la percepción visual. En los dos apartados siguientes, nos detendremos para analizar otras ilusiones visuales. El primer apartado lo hemos denominado "dos realidades una representación", pues a menudo observamos una imagen que pudo generarse de dos formas (realidades) diferentes. El segundo, en concordancia con este apartado, es la ambigüedad que presentan algunas representaciones, en especial el cubo de Necker y el vaso de Rubin.

3.5 Dos realidades y una representación

Suele ocurrir que una representación puede ser generada desde dos situaciones diferentes o, en algunos casos, la disposición de los elementos de dos imágenes diferentes, permiten que a nuestros ojos parecieran idénticas. Un primer ejemplo es el cuadrado de Kanizsa que, similar al triángulo, muestra un cuadrado "fantasma" o inexistente pero, en la siguiente escena interactiva, ¿es posible que el triángulo exista?

¿Existe el cuadrado? 



Usa el ratón para mover el o los elementos de cada figura.

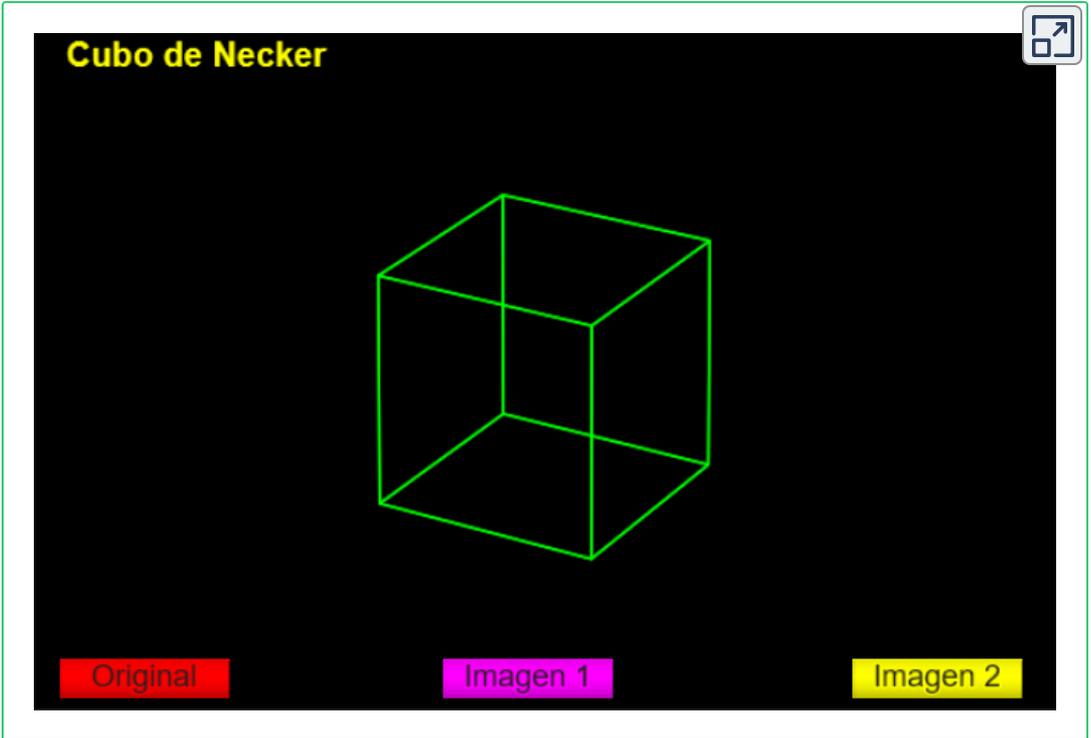
En la siguiente escena interactiva trata de identificar cuál es el cubo que se encuentra en una caja (entre tres paredes) y cuál es el cubo incompleto. Luego verifica si tu mente te ha engañado o no.



Estas imágenes se conocen como "efecto Necker", que se puede interpretar de tres formas diferentes: un cubo grande con un cubo pequeño saliente en una esquina, un cubo grande con un hueco pequeño en una esquina y tres paredes grandes con un cubo pequeño en la esquina.

En la Gestalt se habla de un principio denominado "percepción multiestable" en la que se presenta una tendencia en las experiencias de percepción de imágenes ambiguas a observar alternadamente dos o más interpretaciones de la imagen. Este principio es fácil de verificar en el Cubo de Necker²¹.

²¹ El cubo de Necker es una ilusión óptica publicada por primera vez como romboide en 1832 por el cristalógrafo suizo Louis Albert Necker. Es un simple dibujo de un cubo de alambre de un cubo sin indicaciones visuales en cuanto a su orientación, por lo que se puede interpretar que tiene el cuadrado inferior izquierdo o el cuadrado superior derecho como su lado frontal (<https://en.wikipedia.org>).

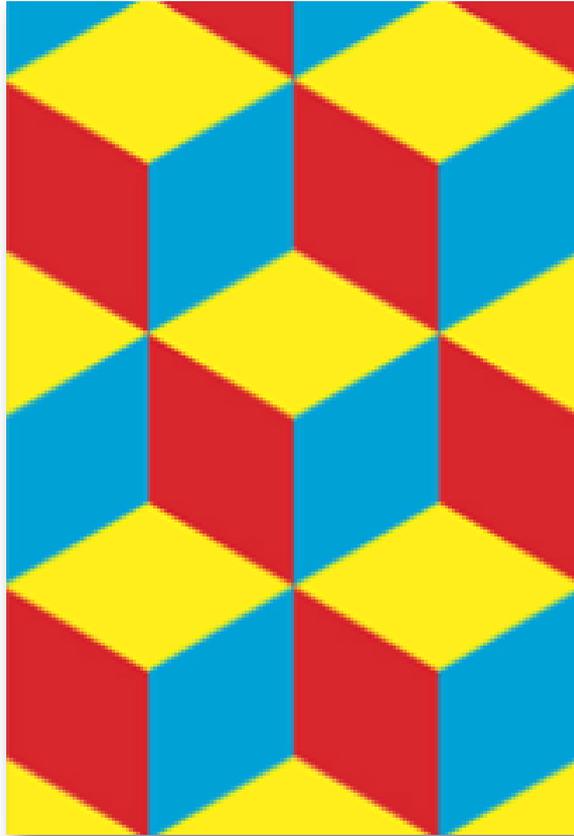


Observa por unos segundos la imagen original del cubo de Necker en la escena interactiva ¿Notas que aparecen alternadamente dos imágenes distintas? Este tipo de ambigüedad es la más conocida, en tanto que hace parte de nuestros primeros trazos geométricos de la escuela y que su dibujo en un papel no representa gran dificultad.

3.6 Ambigüedad

El cubo de Necker es la ilusión óptica más popular, que representa el fenómeno de la ambigüedad. La mayoría de las personas ven la cara inferior izquierda como la parte frontal la mayor parte del tiempo.

Esto posiblemente se deba a que veamos los objetos desde arriba, con el lado superior visible, mucho más a menudo que desde abajo, con el fondo visible, por lo que el cerebro "prefiere" la interpretación del cubo que se ve desde arriba (Ibid) ¿cómo observas los cubos de nuestra portada? Trata de mirar a abajo hacia arriba.

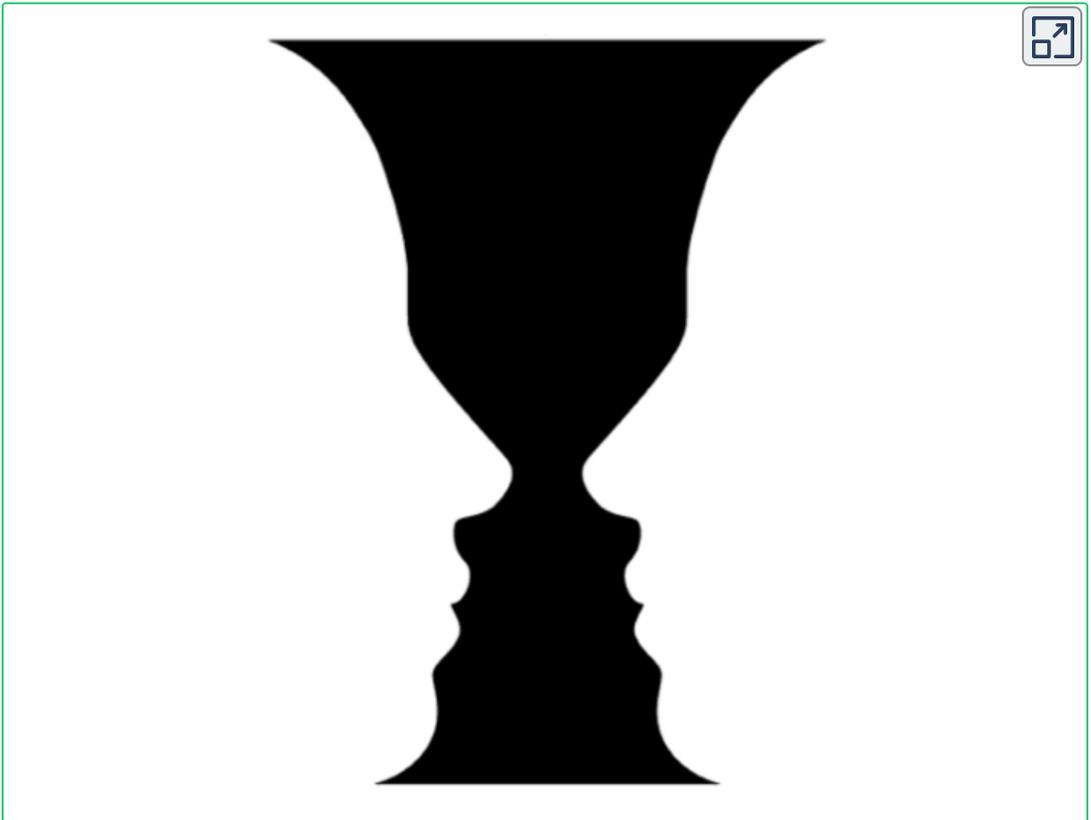


Si observamos el vaso de Rubin²² en la página siguiente, igualmente veremos dos imágenes.

²² El vaso de Rubin recibe el nombre del psicólogo danés que lo hizo famoso en 1915, Edgar Rubin. Sin embargo, es más antiguo. Pueden encontrarse ejemplos en dibujos franceses del siglo XVIII. El vaso de Rubin es una ilusión de ambigüedad fondo-figura (<http://www.anarkasis.net/>).

Si continuamos mirando, parecerá que la figura cambia alternativamente de una imagen a otra, confirmándose el principio de “percepción multiestable”.

Haz clic sobre la imagen alternadamente:



Edgar Rubin introdujo los conceptos de fondo y figura adoptados por los Gestáltistas. Cuando nuestro cerebro capta una de las imágenes ambiguas, los demás elementos se convierten en fondo de la figura formada.

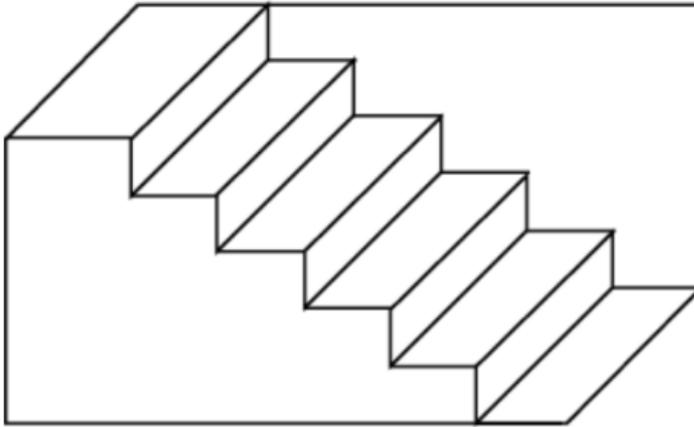
Los dos ejemplos anteriores corresponden a dos tipos de ambigüedad. El caso del cubo de Necker es una **ambigüedad de profundidad**, que se ha prestado para generar confusiones como en la siguiente escena interactiva:



Similar al cubo de Necker, la escalera de Schröder es otro ejemplo de ilusión óptica ambigua de profundidad, la cual puede percibirse como un una escalera que va hacia abajo (de izquierda a derecha) hacia abajo o la misma escalera que se da vuelta boca abajo. Lleva el nombre del científico alemán Heinrich G. F. Schröder.

En la siguiente escena trata de observar las dos posibles interpretaciones de la escalera, sino lo logras, haz clic en el botón "Control".

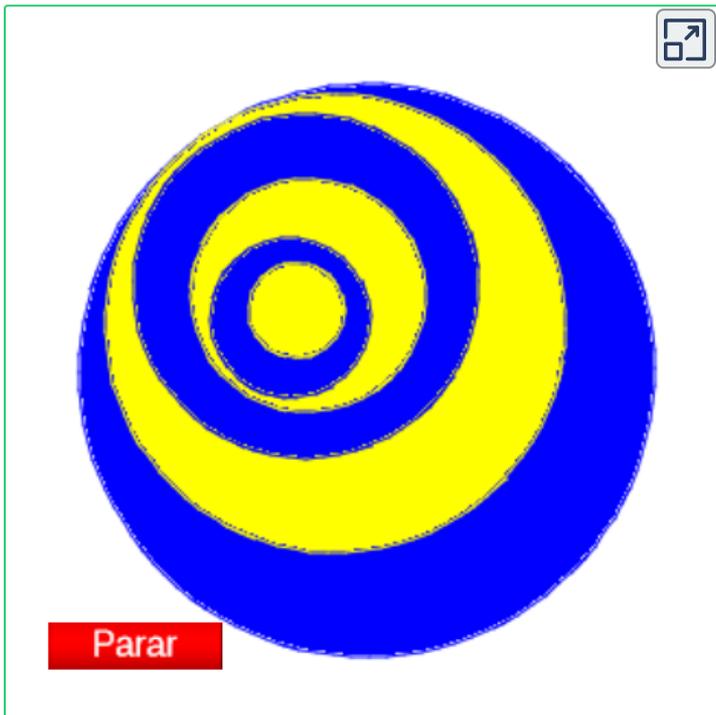
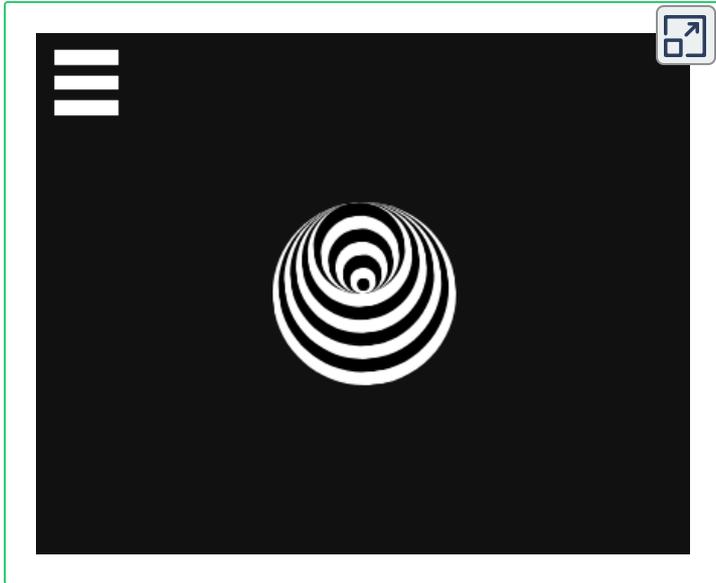
Escalera de Schröder



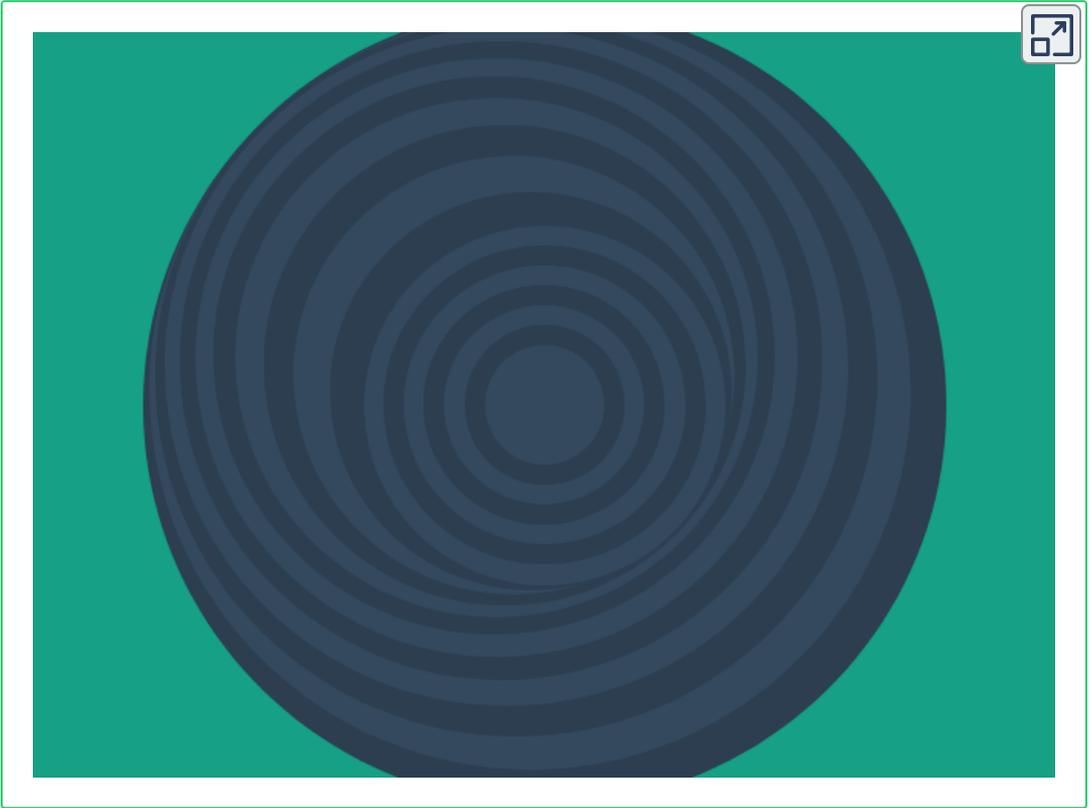
Control

Un último ejemplo de la ambigüedad de profundidad es el efecto Benussi, en el que los círculos son interpretados como integrantes de un cono tridimensional. Presentamos tres versiones a continuación.

La primera versión, diseñada por [Jhey Tompkins](#), permite cambiar los colores de los círculos del cono. La segunda es una versión diseñada con DescartesJS. La tercera versión fue diseñada por [Dimitra Vasilopoulou](#)... te sorprenderá.

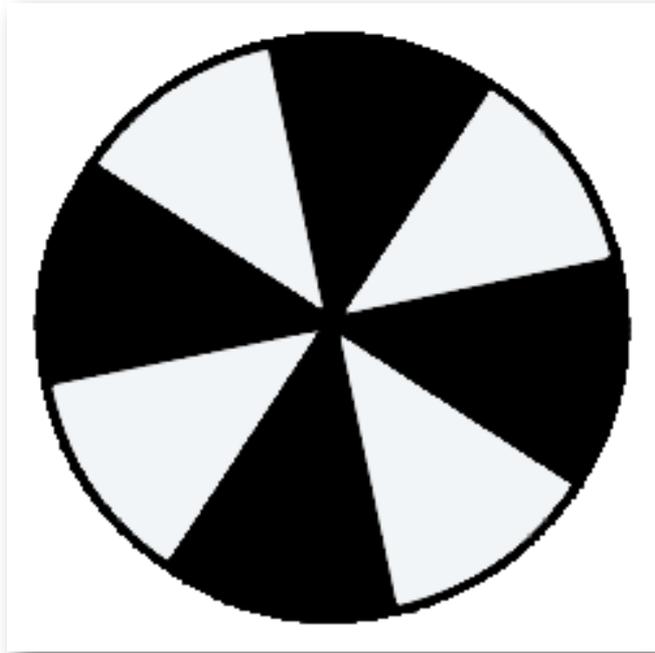


En esta escena puedes observar la versión de la ingeniera griega Dimitra Vasilopoulou:



El cubo de Rubin, por su parte, en la Gestalt se conoce como ambigüedad “Fondo - Figura”. Observa un ejemplo sencillo en la siguiente imagen.

Si miramos durante un rato, se forman ante nuestra percepción dos gestalten diferentes: una cruz clara sobre fondo negro y una cruz negra sobre fondo claro.



Helmholtz en 1866 le dio importancia a la experiencia en el proceso perceptivo. Su teoría enfatizaba en el papel de los procesos mentales para la interpretación de las imágenes ambiguas a través de los estímulos que excitan el sistema nervioso. Usando el conocimiento previo, un observador formula hipótesis, o inferencias, sobre estas imágenes (si el observador nunca ha visto una copa, sólo percibirá los rostros en la copa de Rubin). En ese sentido, la percepción, según Helmholtz, es un proceso inductivo, que parte de imágenes específicas hasta inferir posibles objetos que las imágenes pudieran representar (copa o rostros, en el caso de Rubin). Dado que este proceso ocurre en forma inconsciente, Helmholtz lo llamó inferencia inconsciente. Para la interpretación de las imágenes ambiguas, además del conocimiento previo defendido por Helmholtz, otros factores como la capacidad de fijación visual y la atención son importantes.

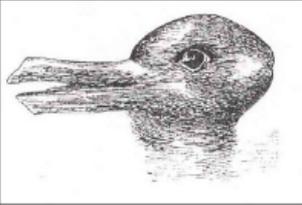
Sobre la ambigüedad "Fondo - Figura", Oviedo (2004) expresa que "el **fondo** es el elemento de homogeneidad que ofrece un grado de información constante e invariable que le permite al sujeto tener una impresión sensorial fácilmente constatable".

Por otra parte, Ian Stewart, en su ponencia "The Mathematics of Visual Illusions" presentada en la Universidad de Oxford, enfatiza en la denominada rivalidad binocular la cual obliga a leer la información con ambos ojos simultáneamente, pues al hacerlo por separado no hay una interpretación coherente. La siguiente escena interactiva es un réplica de una de las diapositivas de [Stewart](#).

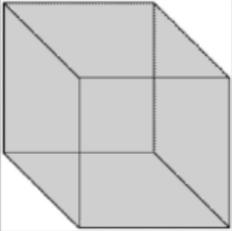
Información presentada a ambos ojos simultáneamente.
Ambiguo (más de una interpretación posible).
El observador cambia repetidamente las interpretaciones.

Ambigüedad

Pato-conejo



Cubo de Necker
Haz clic sobre el cubo

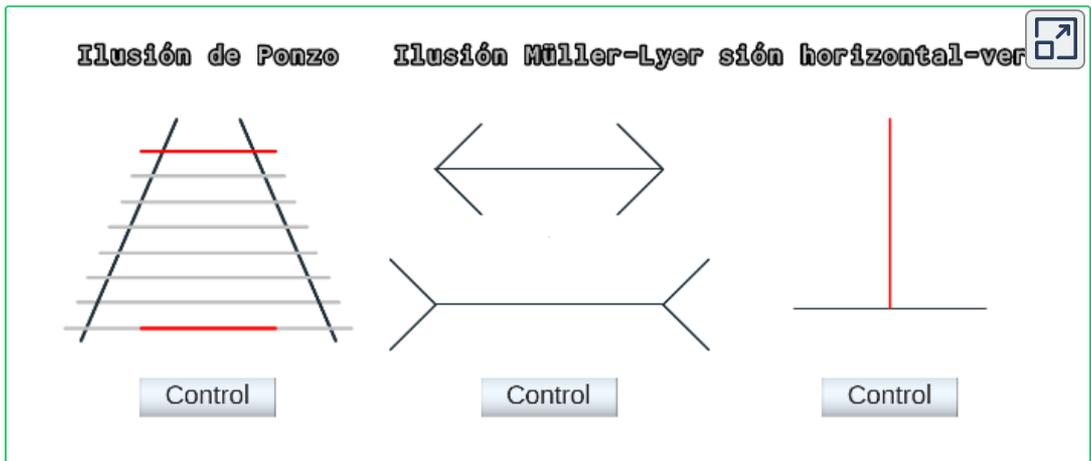


Bailarina



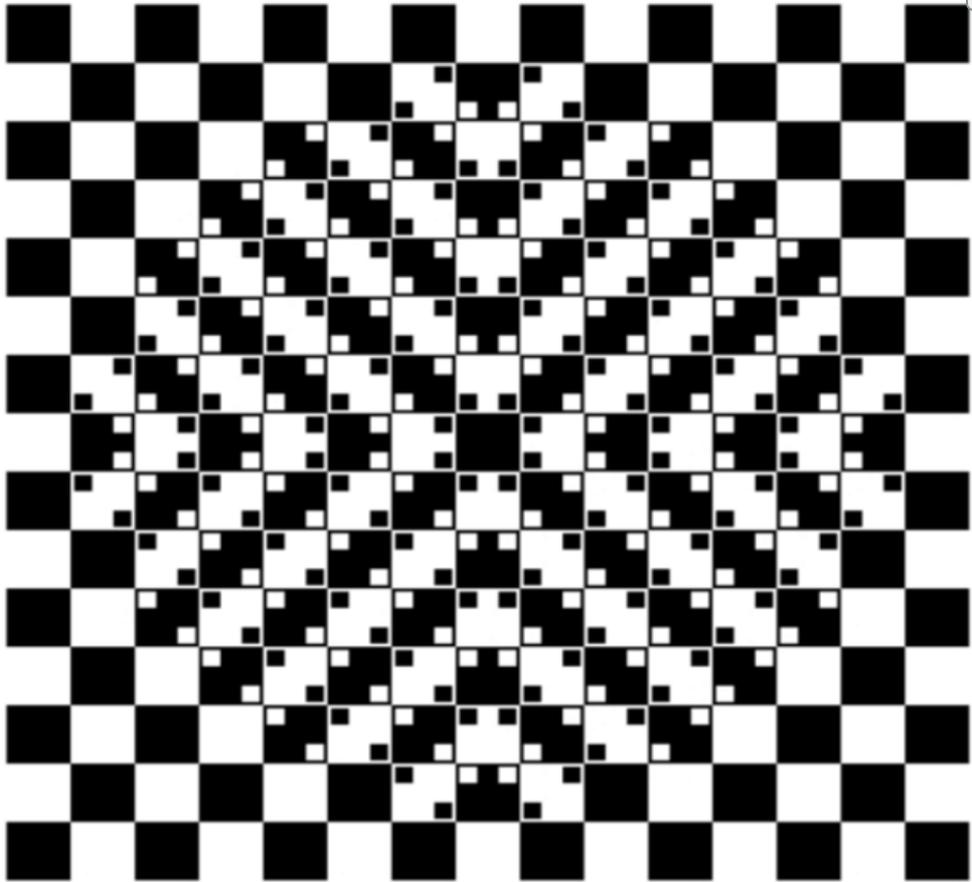
3.7 Ilusiones geométricas

Como hemos visto en los apartados anteriores, nuestros patrones mentales nos conducen al engaño o, mejor, a la ilusión. En la siguiente escena interactiva presentamos tres ilusiones geométricas muy populares, en las cuales existen dos líneas de igual longitud, sin embargo, las percibimos de diferente tamaño.



Existen estudios sobre las anteriores ilusiones, en los que los resultados demostraron que las ilusiones eran más fuertes en los niños que en los adultos de una misma cultura. Además, se encontró mayor susceptibilidad de los grupos occidentales a la ilusión de Müller-Lyer y, de modo complementario, mayor susceptibilidad de los grupos no occidentales a la ilusión horizontal-vertical (Cubero, 2005).

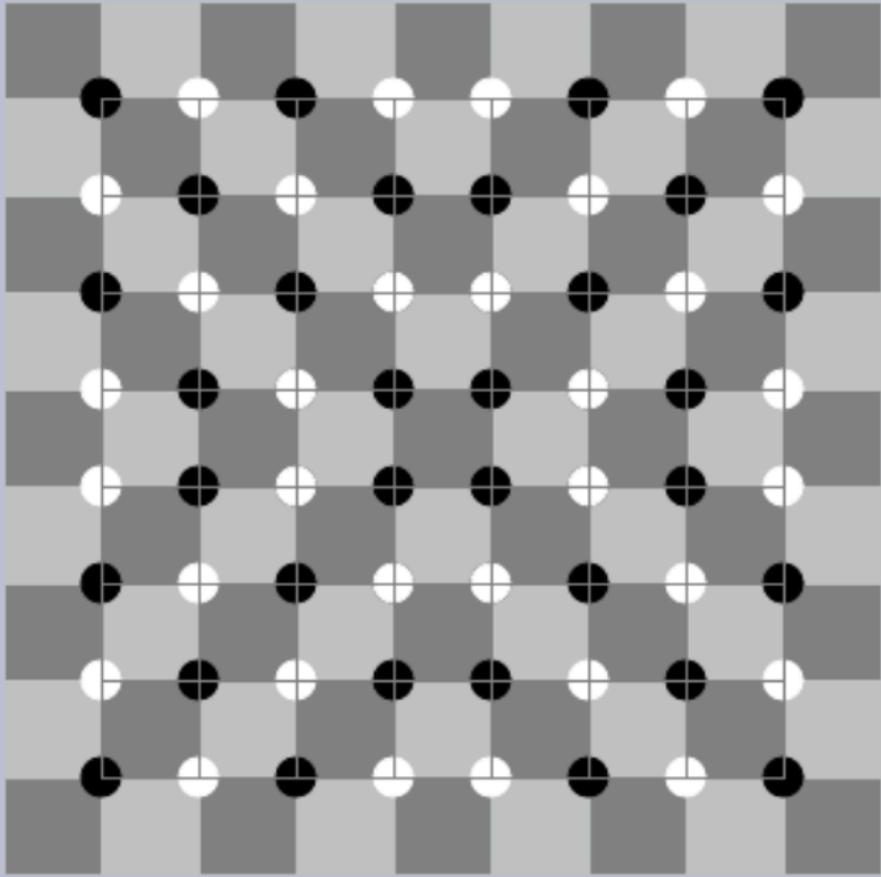
3.7.1 Los abultamientos de Kitaoka. Akiyoshi Kitaoka ha manipulado magistralmente elementos geométricos para generar las ilusiones ópticas que hemos visto al inicio de este capítulo. En la siguiente escena podrás sorprenderte con sus ilusiones de abultamiento.



Un bulto



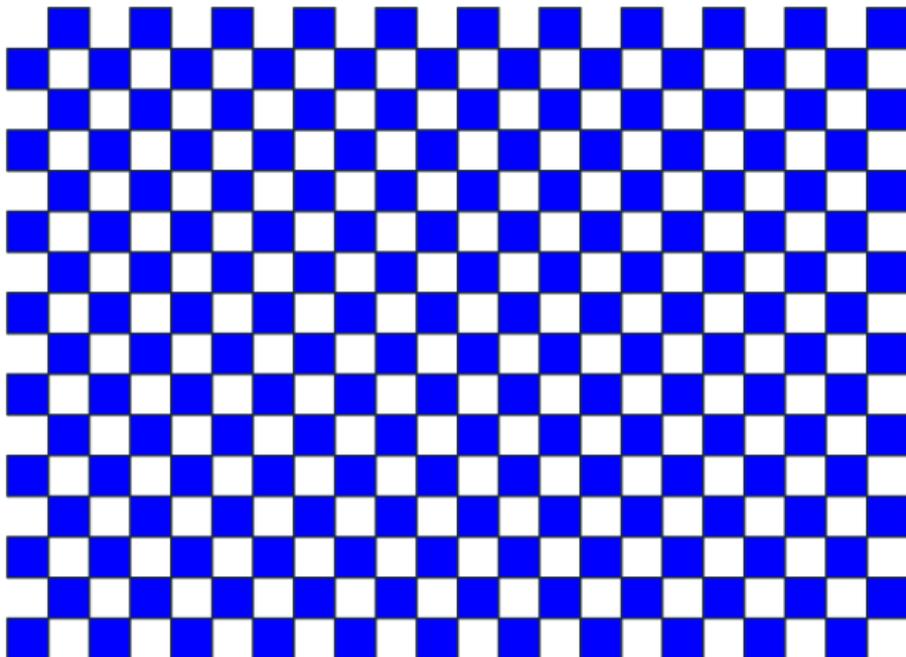
Los abultamientos son un tipo de ilusión en la cual a una cuadrícula se le añaden pequeños puntos o figuras estratégicamente situadas para generar los bultos aparentes que se perciben en las imágenes de la escena anterior. Otra forma es usar una rejilla como en la última imagen, que hemos replicado en la siguiente escena interactiva (usa el control para verificar la influencia de la rejilla).



Sin rejilla

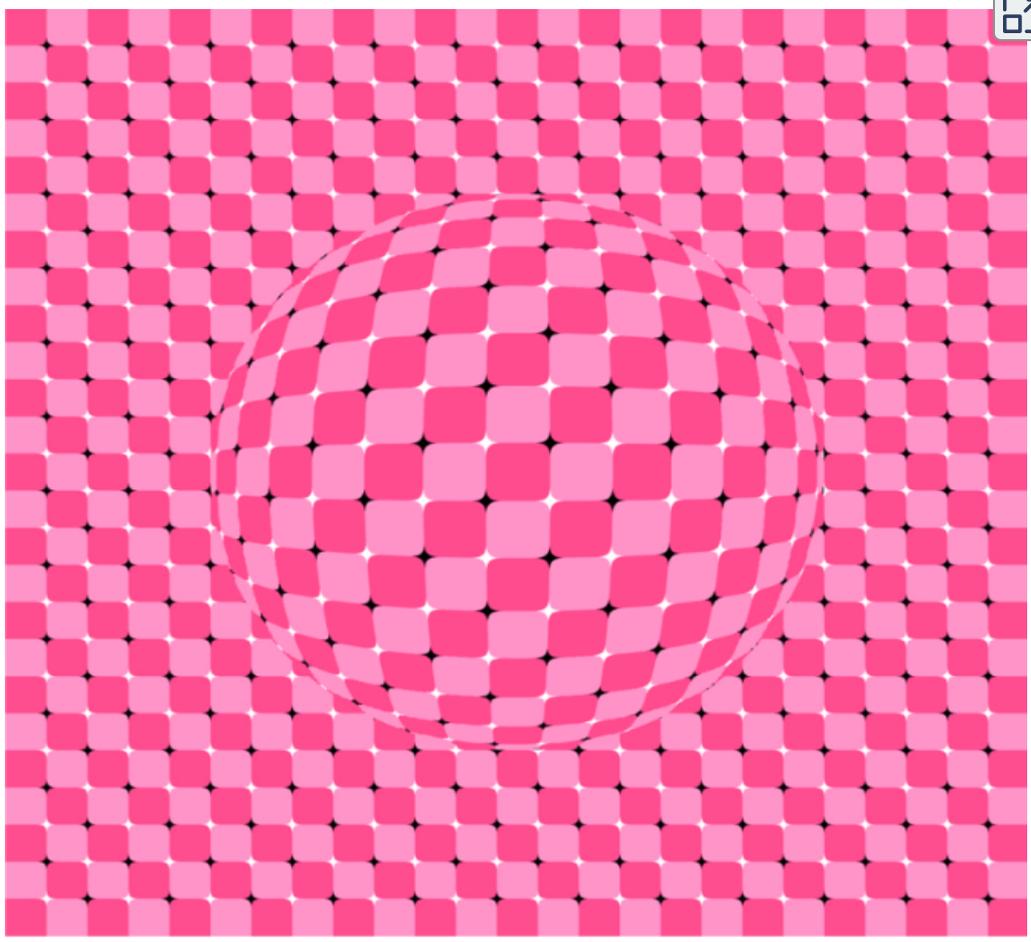


Ilusión del abultamiento



Activa ilusión

3.7.2 Movimientos anómalos de Kitaoka. Una ilusión de abultamiento combinado con un aparente movimiento, la presenta Kitaoka con el nombre de "[Ilusión globo](#)", la cual presentamos en la siguiente escena interactiva que incluye, además, las ilusiones "cherries" (replicada con DescartesJS), "plataforma" y "Bamboo", esta última diseñada por [Nikita Dubko](#).



Globo



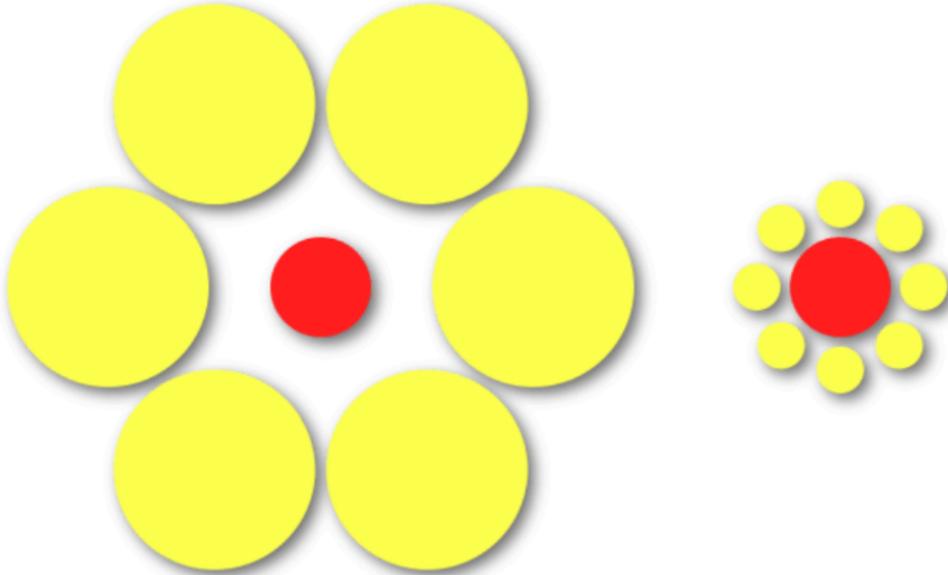
3.7.3 Ilusión de Ebbinghaus. En esta ilusión dos círculos de la misma medida son colocados cercanos pero en diferente contexto, uno de ellos rodeados por círculos de un tamaño mayor y el otro por círculos de menor tamaño. La ilusión que se presenta es la que nos hace ver un círculo más pequeño que el otro.

Es denominada así en honor a su descubridor, el psicólogo alemán Hermann Ebbinghaus(1850-1909) fue popularizada en el mundo de habla inglesa por Titchener en un libro de texto sobre psicología experimental de año 1901, de ahí que su nombre alternativo sea "Círculos de Titchener".

Aunque comúnmente se le ha asimilado como una ilusión de tamaño, trabajos recientes, sugieren que el factor crítico en la ilusión es la distancia de los círculos circundantes y la continuidad del anillo, lo que lo convierten en una variación de la Ilusión de Delboeuf. Si los círculos que rodean están cerca del círculo central, éste aparentará ser más grande, mientras que si se alejan la percepción será contraria. Obviamente, el tamaño de los círculos circundantes dictan cuan cerca pueden estar del círculo central, resultando en muchos estudios que confunden las 2 variables.

La ilusión de Ebbinghaus ha jugado un papel crucial en el reciente debate sobre la existencia de sendas separadas en el cerebro para la percepción y la acción. Se ha argumentado que la Ilusión de Ebbinghaus distorsiona la percepción del tamaño, pero cuando a un sujeto se le pide responder con una acción tal como agarrar con la mano, ninguna distorsión de tamaño ocurre. Sin embargo trabajos recientes, sugieren que los experimentos no estaban correctos. Los estímulos originales limitaban la posibilidad de error en la acción de coger con la mano, por otro lado, al hacer más exacta la acción de agarrar con la mano, y presentados en versiones de grande y pequeño del estímulo aislado -lo que resulta en una "no ilusión", ya que no hay segundo círculo central que actúe como referencia-, Franz et al, concluye que ambos sistemas tanto de percepción como de acción son igualmente engañados por la ilusión de Ebbinghaus (<https://es.wikipedia.org>).

En la siguiente escena, haz clic sobre ella para observar los círculos sin contexto.



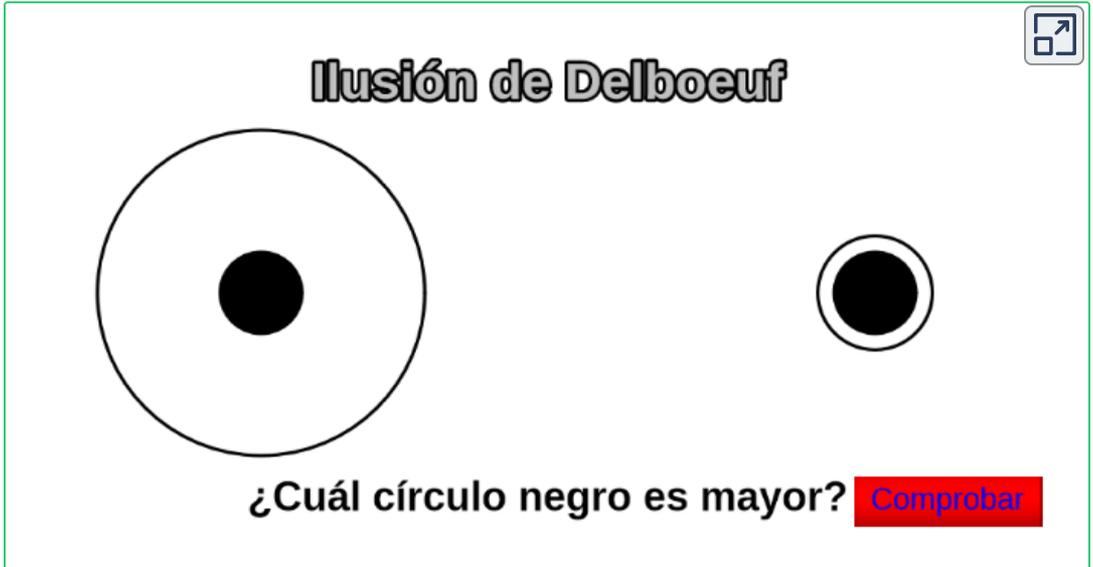
Existen otras versiones de esta ilusión, las cuales incorporan otros elementos para acentuar la aparente diferencia de tamaños de los círculos centrales. Los elementos más comunes son sombras, brillos, cambios de texturas, entre otros.

Pero, ¿por qué somos víctimas de esta ilusión? [Patri Tezanos](#) nos da una posible respuesta, la cual

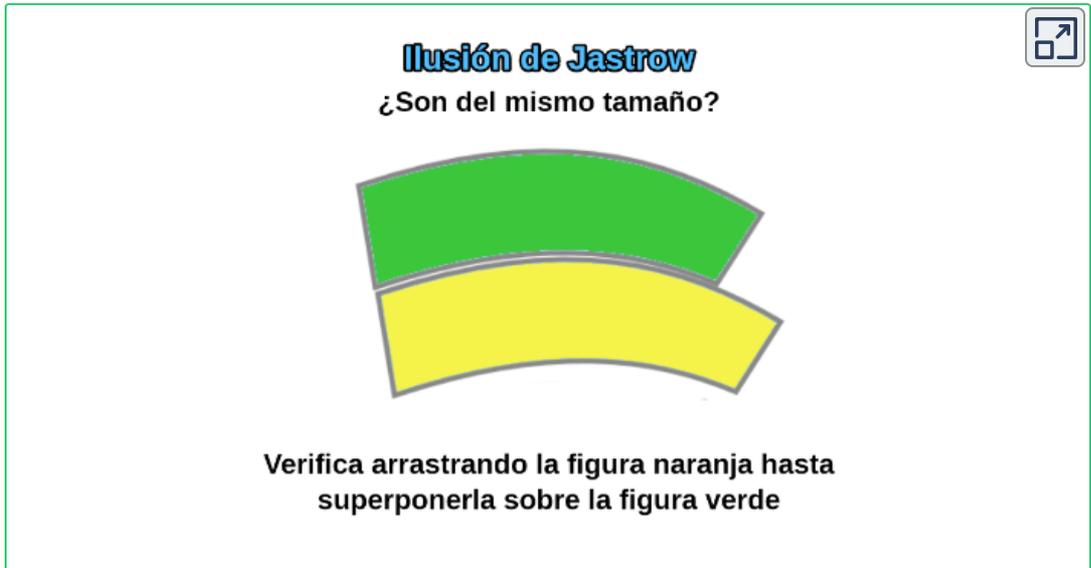
puede encontrarse si se entiende el problema al que se enfrenta la visión en cada momento: a partir de una imagen retiniana (la luz reflejada de los objetos que llega a nuestros ojos y compone una especie de proyección bidimensional) debe juzgar, en este caso, el tamaño. Si nuestro sistema visual tuviese sólo en cuenta el tamaño de la imagen proyectada en la retina para juzgar el tamaño de un objeto, un objeto grande lejano cuya imagen retiniana resulta ser del mismo tamaño que la que proyecta un objeto cercano de menor tamaño, el sistema visual resolvería que son del mismo tamaño, lo cual es un error.

Para “evitar caer en ese error”, que no sería para nada ventajoso en cualquier entorno y menos en uno hostil, nuestro sistema visual ventral interpreta la información del tamaño de la imagen retiniana que proyecta un objeto en relación con otras claves que el entorno ofrece.

Una ilusión similar es la Ilusión de Delboeuf:

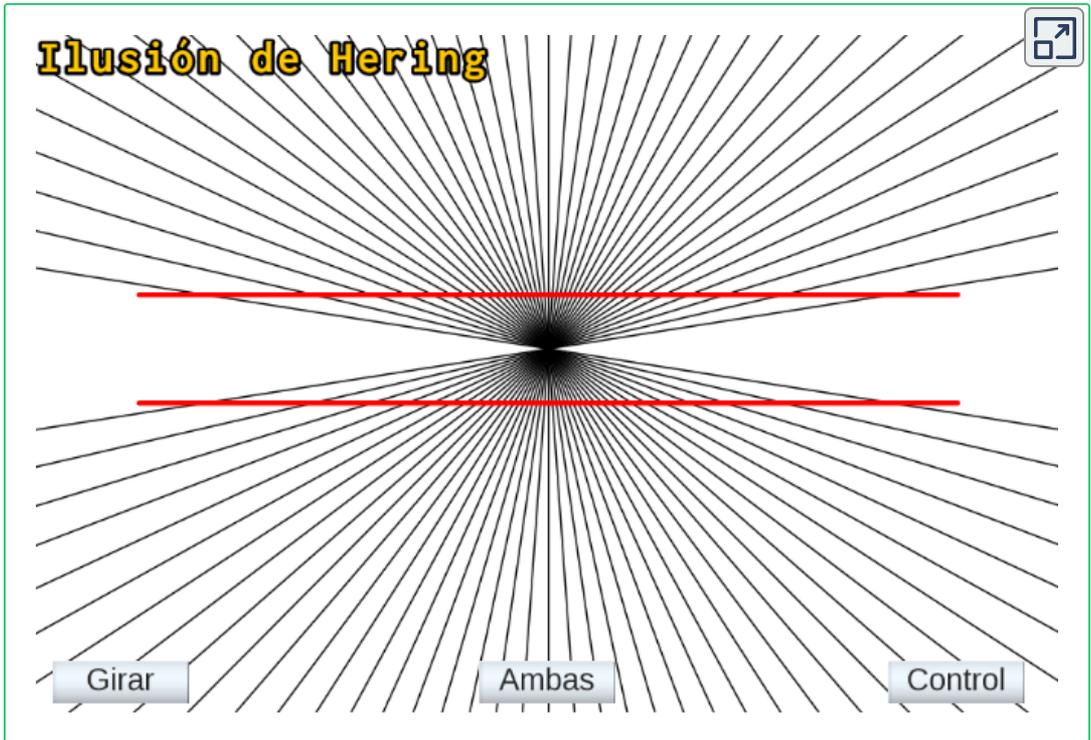


3.7.4 Ilusión de Jastrow. Sin necesidad de recurrir a contextos, Jastrow²³ nos sorprende con esta ilusión:



3.7.5 Ilusión de Hering. La ilusión de Hering se genera por un par de haces de rectas que provoca el efecto de curvar un par de rectas paralelas, por lo que también es una ilusión de contexto.

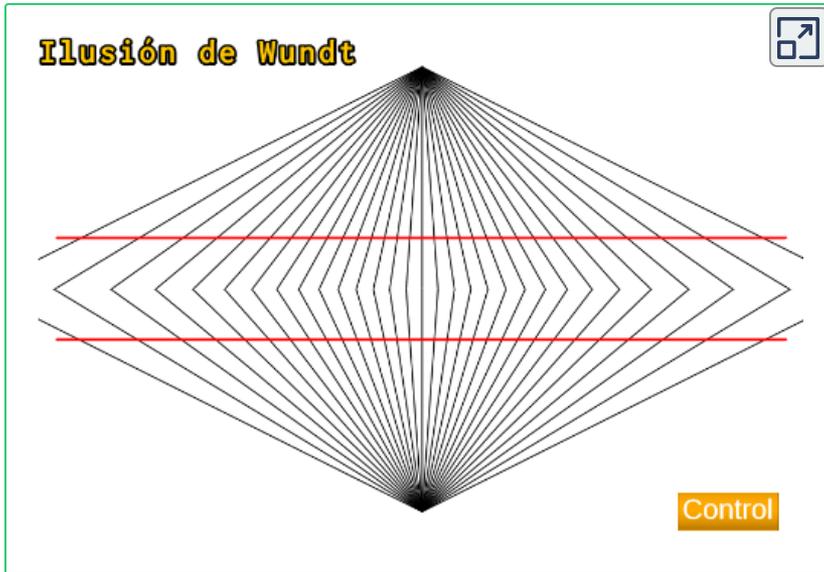
²³ La ilusión de Jastrow es una ilusión óptica descubierta por el psicólogo estadounidense Joseph Jastrow en 1889. A causa de esta ilusión se percibe como de mayor tamaño la figura que está más abajo, cuando en realidad ambas tienen el mismo tamaño. También se les ha llegado a dar color contrastante a cada uno de los lados de las piezas para acentuar el efecto; por ejemplo, el color amarillo se aplica al lado de la figura que aparece tener mayor tamaño y azul marino al que parece ser de menor superficie, pues el color oscuro acentúa la percepción de ser pequeño (<https://es.wikipedia.org>).



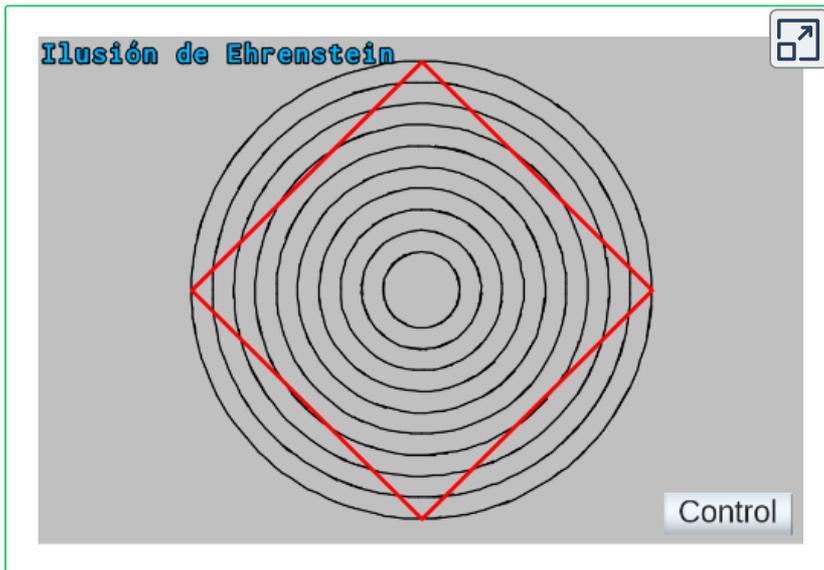
La ilusión de Hering fue descubierta por el fisiólogo alemán Ewald Hering en 1861.

Hay varias explicaciones posibles de por qué la distorsión perceptiva producida por el patrón de radiación. Hering atribuyó la ilusión a una sobreestimación del ángulo formado en los puntos de intersección. Si es cierto, entonces la rectitud de las líneas paralelas cede a la de las líneas radiantes, lo que implica que existe un ordenamiento jerárquico entre los componentes de dicha ilusión. Otros han sugerido que la sobreestimación del ángulo resulta de la inhibición lateral en la corteza visual (<https://es.wikipedia.org>).

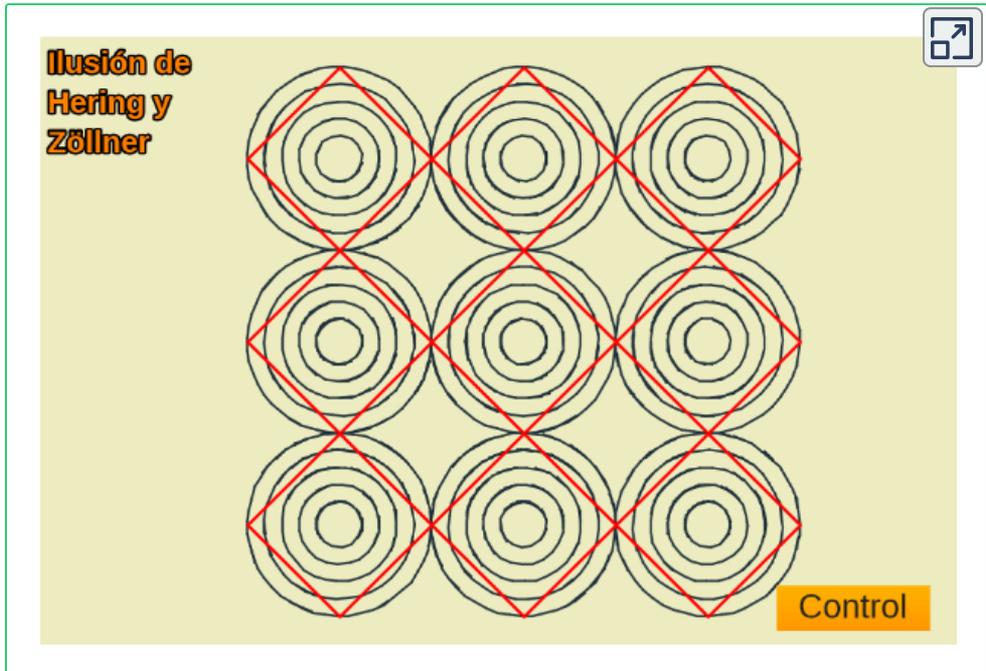
Una ilusión similar es la de Wundt que produce un efecto invertido, la cual fue descrita por el psicólogo alemán Wilhelm Wundt en el siglo XIX.



3.7.6 Ilusión de Ehrenstein. Esta ilusión óptica estudiada por el psicólogo alemán Walter Ehrenstein muestra un cuadrado dentro de una familia de círculos concéntricos. La ilusión es la aparente curva de los lados del cuadrado.

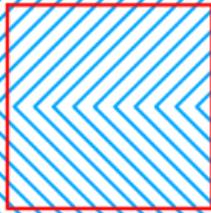


Una malla compuesta por estos cuadrados, genera una ilusión más evidente, tal como lo proponen Hering y Zöllner en la siguiente escena interactiva.



3.7.7 Ilusión de Orbison. Una ilusión geométrica similar a la anterior, la presenta el psicólogo estadounidense William Orbison en una publicación en la *American Journal of Psychology* de 1939. En este caso los cuadrados aparecen ligeramente abultados y los círculos parecen elípticos. Observa la siguiente escena.

Ilusión de Orbison



Control

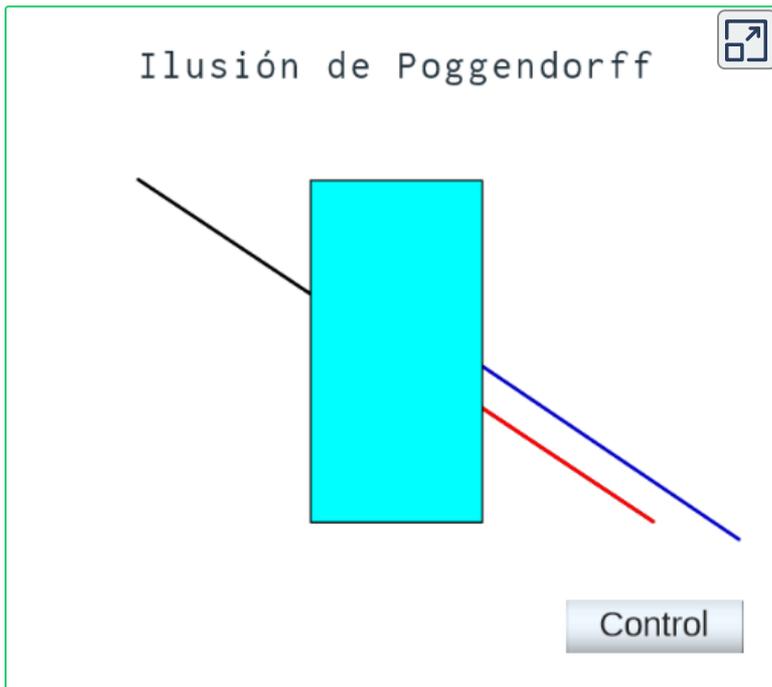
Los filósofos también han estado interesados en lo que las ilusiones pueden decirnos acerca de la naturaleza de la experiencia. Por ejemplo, en el caso de experimentar la ilusión de Orbison, parece ser que uno puede saber que las líneas rojas verticales forman un cuadrado perfecto al mismo tiempo que experimentan la figura como si fuera un cuadrado distorsionado. Si es así, entonces esto podría contradecir la afirmación de que los estados perceptivos son una creencia, porque si los estados perceptivos fueran una creencia así, al experimentar la Ilusión de Orbison, uno creería simultáneamente que las líneas eran, y no eran, rectas. Esto parecería implicar que uno estaba siendo irracional, porque uno estaría manteniendo simultáneamente creencias contradictorias. Pero parece altamente improbable que uno esté siendo irracional cuando está pasando por esta ilusión. Para una discusión de este punto general sobre si las percepciones son creencias, vea Crane y French (2016) (<https://www.illusionsindex.org>).

Debido a la difracción de la luz y otras distorsiones ópticas del ojo, la imagen de un objeto no es exactamente la misma que el objeto. Cuando dos objetos están lo suficientemente cerca, sus dos imágenes se superponen para formar una imagen, ubicada en un lugar entre las dos imágenes originales.

Este hecho se utiliza para explicar las ilusiones producidas por el cruce de líneas, incluidos los de Poggendorffs, Zollner, Hering, Wundt, Müller-Lyer y otras ilusiones de esta clase (Chiang, 1968).

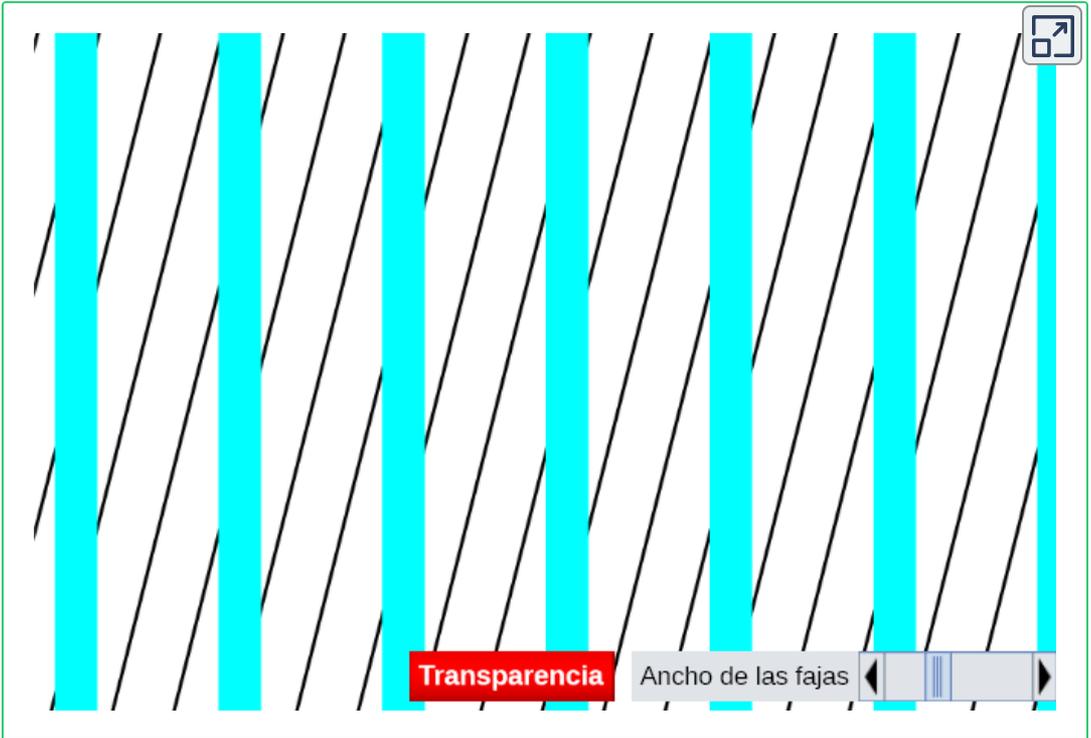
3.7.8 Ilusión de Poggendorff. La anterior escena es una versión de la ilusión de Poggendorff, en la que una línea orientada oblicuamente se interrumpe, generando la ilusión de no ser colineal.

Esta aparente no colinealidad hace surgir la duda de cuál es la línea que ha sido interrumpida, tal como se muestra en la siguiente ilusión de Poggendorff²⁴.



²⁴ La ilusión de Poggendorff se llama así por Johann Poggendorff (1796-1877), un físico alemán que la describió por primera vez en 1860. Poggendorff recibió una carta del astrónomo Johann Karl Friedrich Zöllner, que describe una ilusión creada por un diseño de tela. Mientras reflexionaba sobre esta ilusión (que se conoció como la ilusión de Zöllner, Poggendorff notó que las líneas diagonales en el patrón parecían estar desalineadas. Poggendorff describió esta ilusión, que luego se conoció como la ilusión de Poggendorff (<http://www.newworldencyclopedia.org>).

En la siguiente escena interactiva, se hace más evidente la ilusión de la no colinealidad.

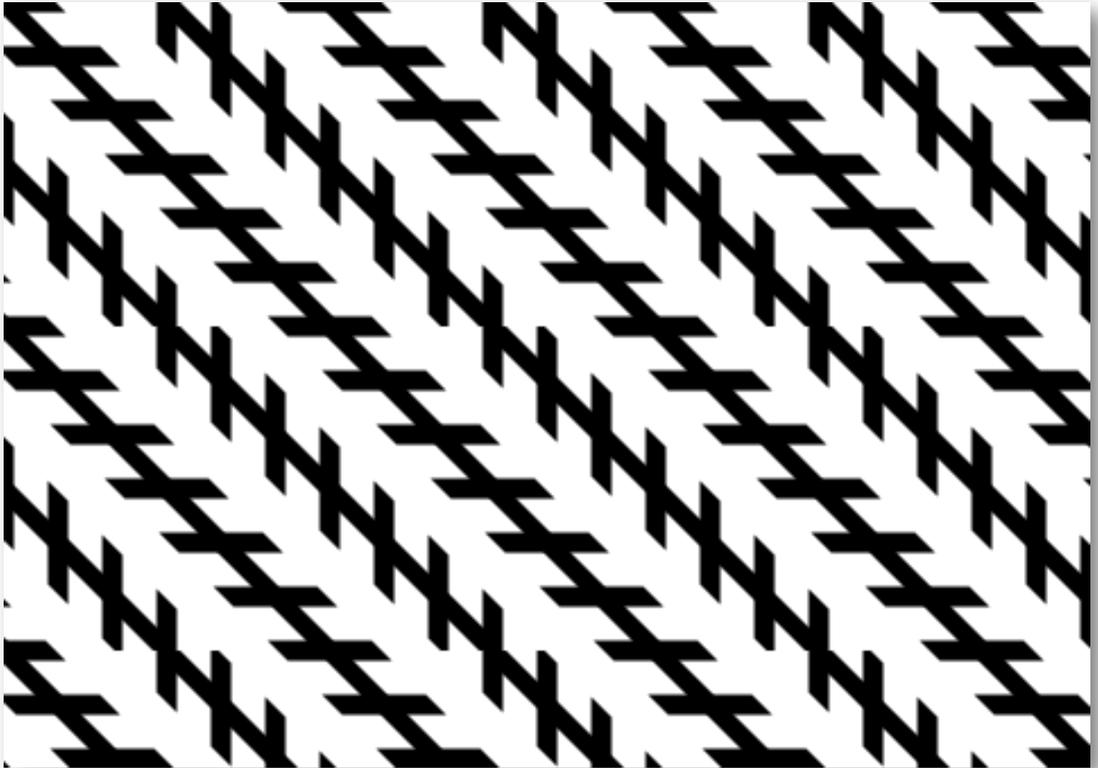


Existen varias teorías que tratan de explicar esta ilusión, de las se destacan dos:

La teoría del desplazamiento angular, que propone en el procesamiento, el cerebro exagera todos los ángulos agudos y minimiza todos los ángulos obtusos. Al detectar la orientación del contorno, la inhibición lateral hace que las células de la retina respondan de manera diferente a diferentes ángulos. Esto provocaría que la orientación de las dos líneas pareciera estar en diferentes trayectorias. **La teoría del procesamiento en profundidad o la consistencia**, que propone que la figura se procesa como un objeto tridimensional, no como una figura bidimensional. La teoría sugiere que el cerebro procesa el rectángulo central

como una figura tridimensional que existe en un plano directamente frente al espectador, mientras que las líneas diagonales se perciben como planos horizontales que se alejan del observador (<http://www.newworldencyclopedia.org>)

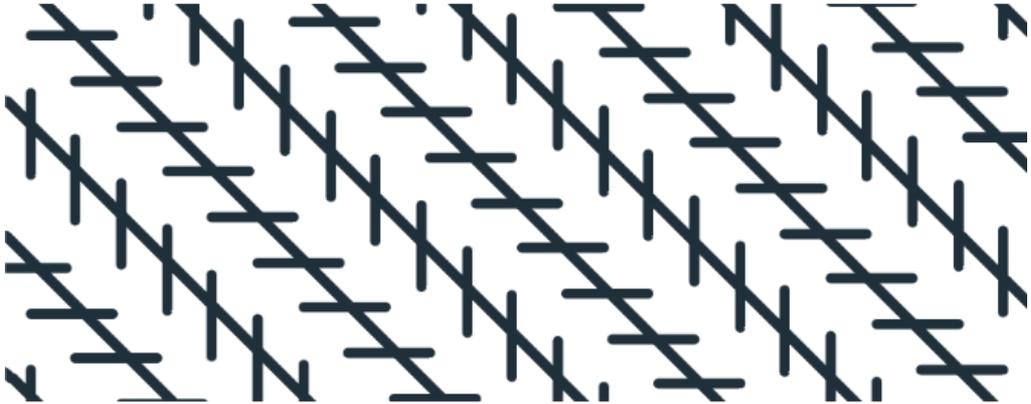
3.7.9 Ilusión de Zöllner



Esta ilusión óptica clásica es un patrón descubierto por el astrofísico alemán Johann Karl Friedrich Zöllner, el patrón rodea líneas paralelas creando la ilusión de que no son paralelas.

En la siguiente página presentamos dos escenas interactivas. La primera es la ilusión de Zöllner original, en la cual se puede eliminar el patrón. La segunda es una versión alternativa que muestra un patrón similar.

Ilusión de Zöllner



Control

Ilusión de Zöllner



Control

3.8 Retorno a la visualización espacial

En el capítulo 2 discutimos ampliamente sobre nuestras dificultades para percibir el mundo 3D, algunas de ellas asociadas a problemas fisiológicos y otras al contexto; sin embargo, también existe una amplia y generosa discusión filosófica sobre la injerencia de la carga teórica²⁵ en la interpretación que le damos a los objetos o eventos percibidos. Un pasaje bastante discutido es el que propone Hanson:

Consideremos a dos microbiólogos. Están observando la preparación de un portaobjetos; si se les pregunta qué es lo que ven, pueden dar respuestas distintas. Uno de ellos ve en la célula que tiene ante él un agrupamiento de materia extraña: es un producto artificial, un grumo resultante de una técnica de teñido inadecuada [...] El otro biólogo identifica en dicho coágulo un órgano celular, un “aparato de Golgi” (Hanson, 1958, p.4).

Hanson sostiene la existencia de percepciones que dependen de la carga teórica; tanto percepción como carga teórica son inseparables. Es decir, el mundo que observamos es el mundo que nuestra carga teórica permite observar. Una postura similar tiene Feyerabend:

²⁵ Podríamos continuar la discusión sobre lo que entendemos por percepción; no obstante, nuestro propósito, en este apartado, es evidenciar la injerencia que tienen nuestros conocimientos previos en el proceso perceptivo. En aras de ubicarnos en nuestra propuesta de la percepción como un proceso, podríamos establecer una analogía de los dos estados enunciados por Hanson: “ver que” como el primer grado de percepción y “ver como” análogo a la percepción en grado sumo. En ese sentido, tanto Tycho como Kepler tienen una percepción del sol, en su primer nivel, similar; es decir, ven el mismo sol. Sin embargo, al ser la percepción un proceso, otros insumos como las experiencias vividas, la memoria y, especialmente la razón, alimentan el proceso para obtener un “ver como” diferente. Estos procesos mentales diferentes los podemos justificar en la diferencia de contextos de los dos sujetos perceptores y en su carga teórica. No obstante, desde el materialismo eliminativo, alguien podría pensar que las diferencias físicas entre los sujetos (no existen dos seres humanos físicamente idénticos) propician estados mentales diferentes (Block, 2001, p.104); sin embargo, esto no explica por qué muchos sujetos tienen un “ver como” similar, lo que en últimas constituye el paradigma dominante.

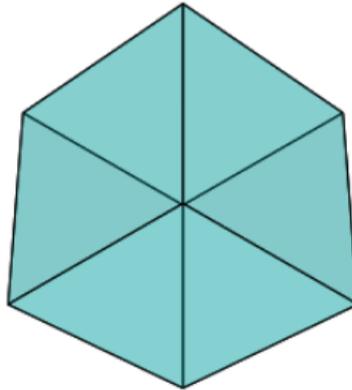
Los procedimientos de enseñanza dan forma a la 'apariencia' o al 'fenómeno', y establecen una firme conexión con las palabras de tal manera que al final los fenómenos parecen hablar por sí mismos sin ayuda exterior y sin conocimiento extrínseco a ellos. Los fenómenos son lo que los enunciados afirman que son (Feyerabend, 1975, p.56).

Estos procedimientos de la enseñanza fijan contextos en nuestra memoria, los cuales nos hacen creer que la siguiente figura es bidimensional.

La influencia del pensamiento plano

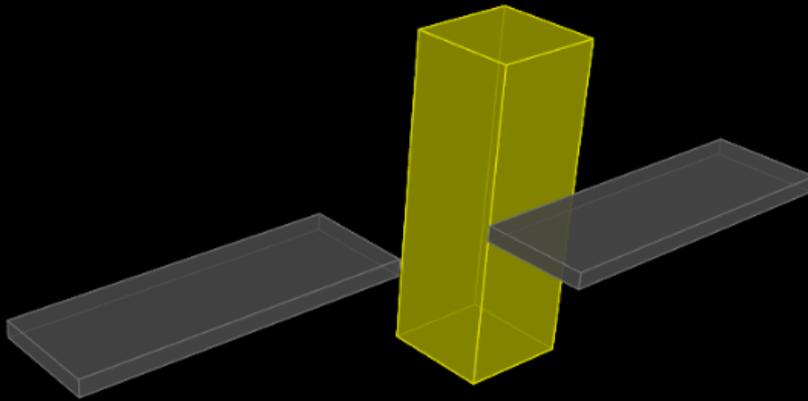
¿Qué figura observas en esta escena?

(Mueve la figura con el ratón)



Procedimientos que, como ya hemos discutido, nos hacen pensar que nuestro cerebro parece que haya perdido su capacidad de visualización espacial. Observa la siguiente escena interactiva.

¿Cuál tabla está más abajo, la izquierda o la derecha?



Control

3.8.1 El tribar. Este "triángulo imposible" o paradoja visual fue dibujada por primera vez en 1934 por Reutersvärd y popularizada por Lionel y Roger Penrose²⁶ en un artículo publicado en la *British Journal of Psychology* en 1958 (<http://www.epsilon.es>).

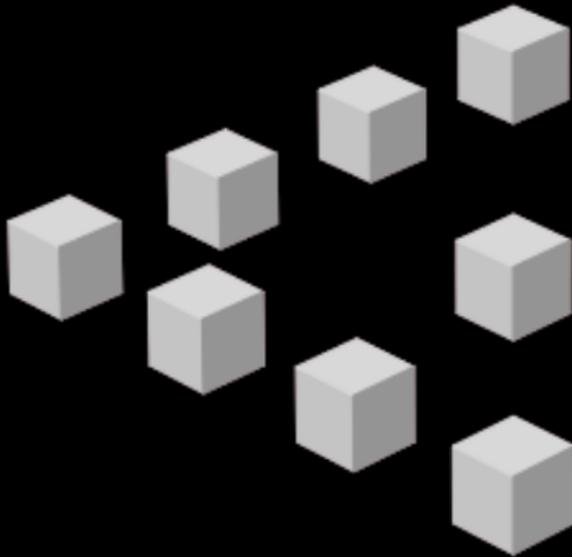
En la siguiente escena interactiva puedes observar el Tribar de Reutersvärd (mueve tribar con clic izquierdo sostenido para identificar el objeto real).

²⁶ Oscar Reutersvärd, artista gráfico sueco, conocido como el "padre de la figura imposible", creó el tribar en 1934 a la edad de 18 años, mientras hacía garabatos como estudiante en su clase de latín. Lionel Sharples Penrose (1898-1972), un psiquiatra, genetista y matemático británico, y su hijo Sir Roger Penrose (1931-), un matemático, físico y filósofo británico de la ciencia descubrieron la ilusión de forma independiente (<https://www.illusionsindex.org>).

Tribar de Reutersvärd



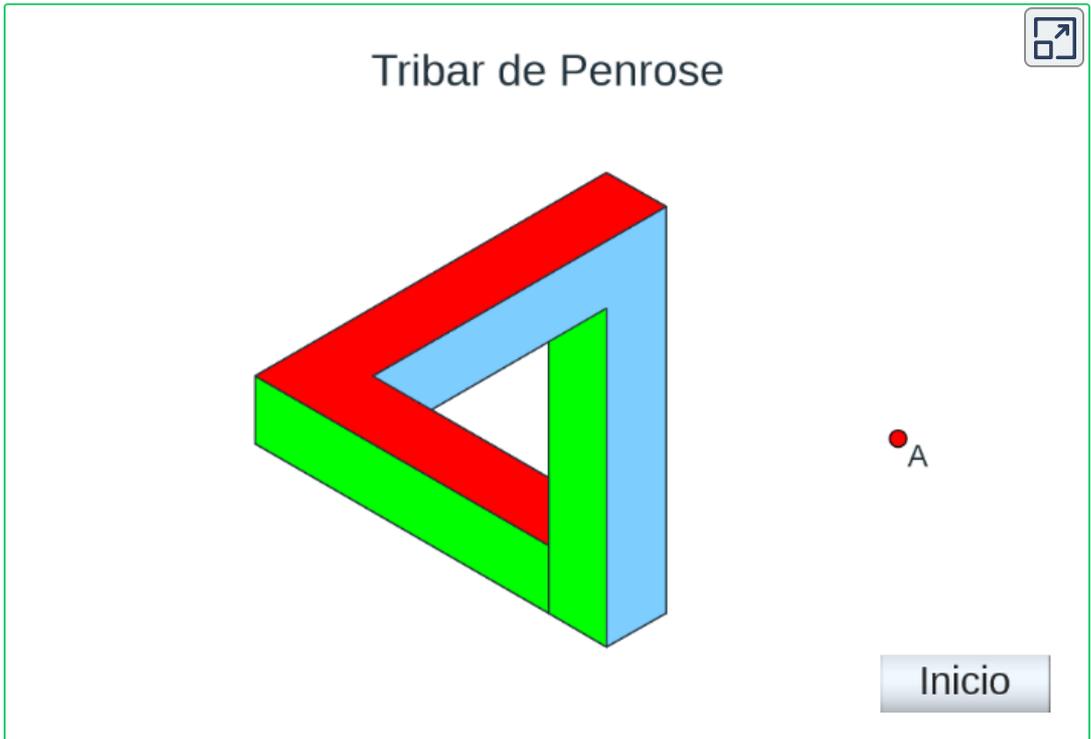
Rota el tribar con el ratón



Tribar

Este interesante arreglo de cubos motivó a Reutersvärd para crear una gran cantidad de figuras imposibles, por ello se ha ganado el calificativo de ser "el padre de las figuras imposibles", algunas de las cuales presentaremos en el próximo apartado.

En la siguiente escena interactiva, diseñada por José Ireno Fernández, puedes observar al Tribar de Penrose (mueve el punto A para identificar el objeto real).



Este triángulo tiene su inspiración en 1954, después que Roger Penrose hubiese asistido a una conferencia del artista gráfico holandés MC Escher. Posteriormente, Escher crea uno de sus maravillosos edificios imposibles, en el cual la base de la ilusión es la inclusión del tribar de Penrose. Este triángulo se repite en el dibujo tres veces.

Si estudiamos cada parte del dibujo por separado no encontramos ningún problema, pero si lo examinamos como un todo nos encontramos con la paradoja imposible de que el agua viaja por un plano pero acaba cayendo de nuevo sobre el molino²⁷:



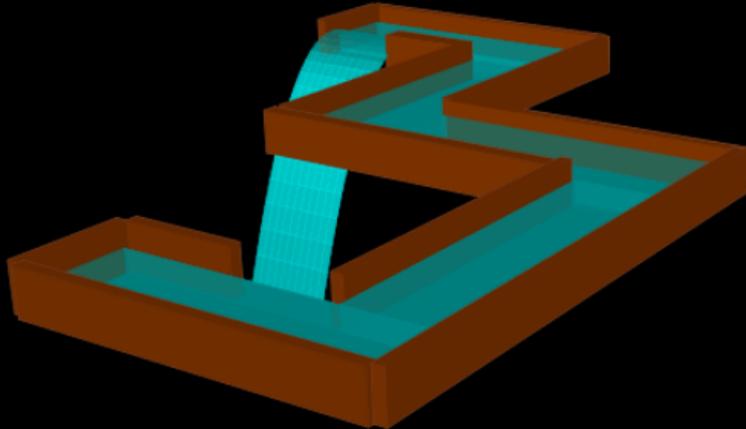
Fuente: <https://en.wikipedia.org>

Este es el tipo de ilusiones que hacen de la obra de Escher algo tan especial. Observa la siguiente escena, diseñada por [Adam Guttentag](#).

²⁷ En 1961 el artista gráfico holandés M.C. Escher, inspirado en la versión de Penrose del triángulo imposible (se le envió una copia del artículo de los Penroses) lo incorporó en su famosa litografía "Cascada".

Desde entonces, el triángulo imposible ha reaparecido en innumerables versiones. Debido a su popularidad, muchas personas consideran que el triángulo imposible es la figura imposible, y se sorprenden al descubrir que hay un número infinito de figuras imposibles posibles. (<http://psylux.psych.tu-dresden.de>).

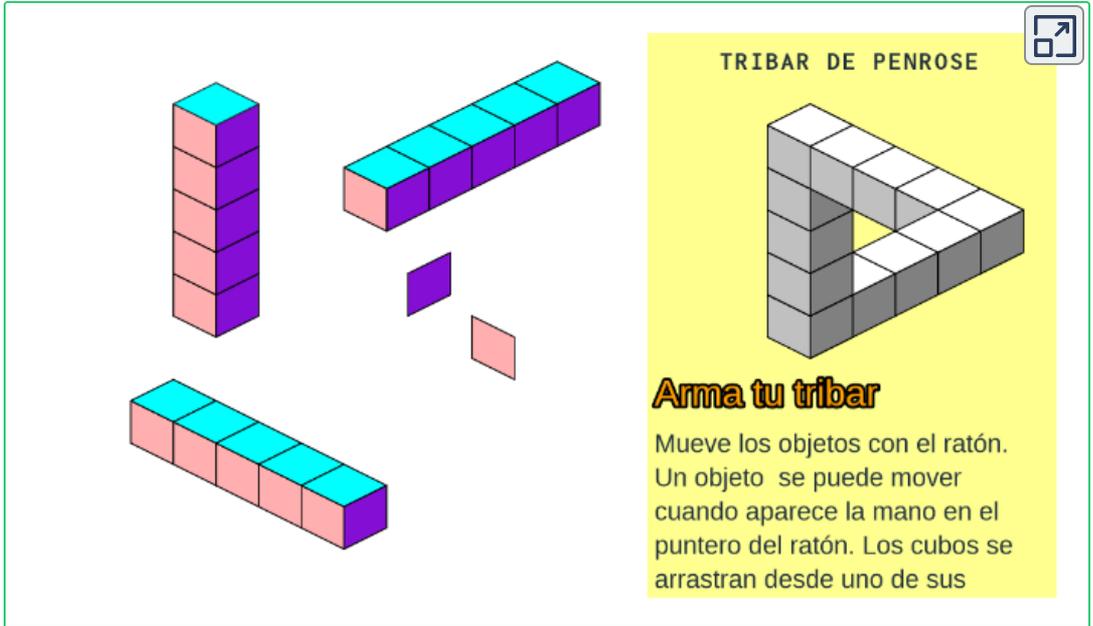
Usa el ratón y gira la imagen



Ilusión

Escher era un amante de las paradojas. En "la cascada" utiliza la ambigüedad de la representación bidimensional para ofrecernos un ejemplo de movimiento perpetuo. La inspiración le vino por la lectura de un artículo de R. Penrose en el que hablaba del tribar, una figura triangular tridimensional imposible (<http://www.epsilon.es>).

Para terminar este apartado, te proponemos que armes tu tribar en la siguiente escena interactiva, para ello, debes arrastrar los elementos de la ventana izquierda y configurar el tribar de Penrose que aparece en la ventana derecha.



3.8.2 Más figuras imposibles Reutersvärd. Además del tribar, existen cientos de figuras imposibles diseñadas por Oscar Reutersvärd²⁸, algunas de ellas presentadas en la escena interactiva de la siguiente página.

Las imágenes y muchas más se pueden consultar en la colección del programador ruso [Vlad Alexeev](#).

Ahora podemos comprender de dónde salió la inspiración de M.C. Escher.

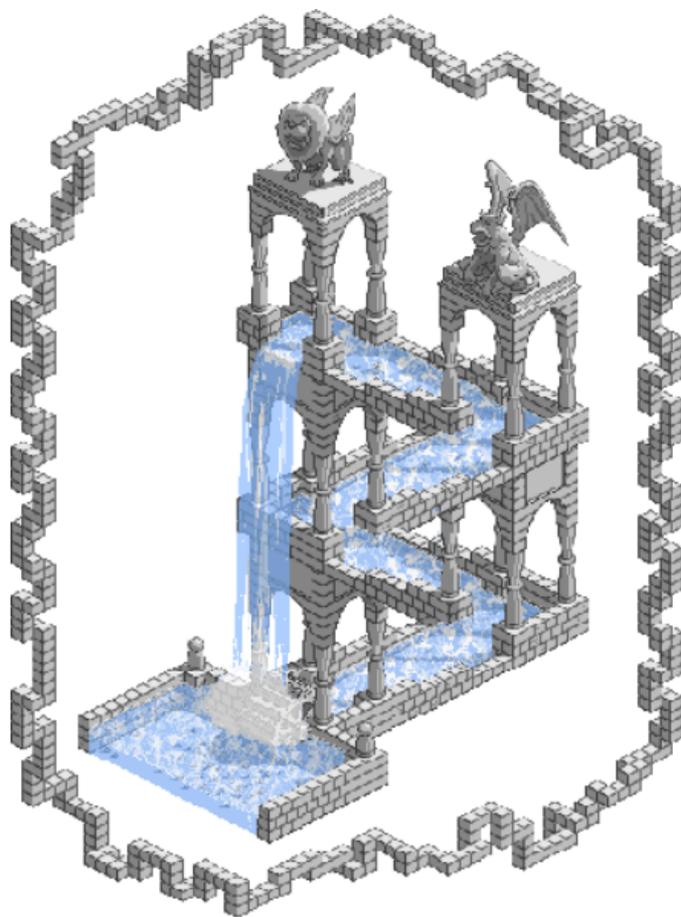
²⁸ Reutersvärd produjo más de 2500 figuras. A lo largo de los años 80 y 90, continuó desarrollando figuras imposibles, llenando muchos cuadernos. Finalmente, a mediados de la década de 1990, su obra fue encargada prominentemente para varios edificios públicos en Suecia, incluyendo algunas de sus figuras en estampillas suecas (<https://en.wikipedia.org>).



De la colección de Vlad Alexeev²⁹, hemos seleccionado las siguientes animaciones:

²⁹ Alexeev reunió una gran colección de figuras imposibles, lo que le permitió crear un sitio web único sobre figuras imposibles donde se publican la mayor cantidad de información posible sobre figuras imposibles y arte imposible. Estableció relaciones directas con varios artistas, incluidos Jos de Mey de Belguim, Vicente Meavilla Seguí de España, Lyubov Nikolaeva (NIKOL) de Ucrania, Stefan Jeppsson de Suecia, Zenon Kulpa de Polonia.

Hay algunas figuras imposibles en el sitio que fueron creadas por él y sus amigos. En febrero de 2009, el sitio fue elegido por el directorio Britannica iGuide de los mejores sitios web.



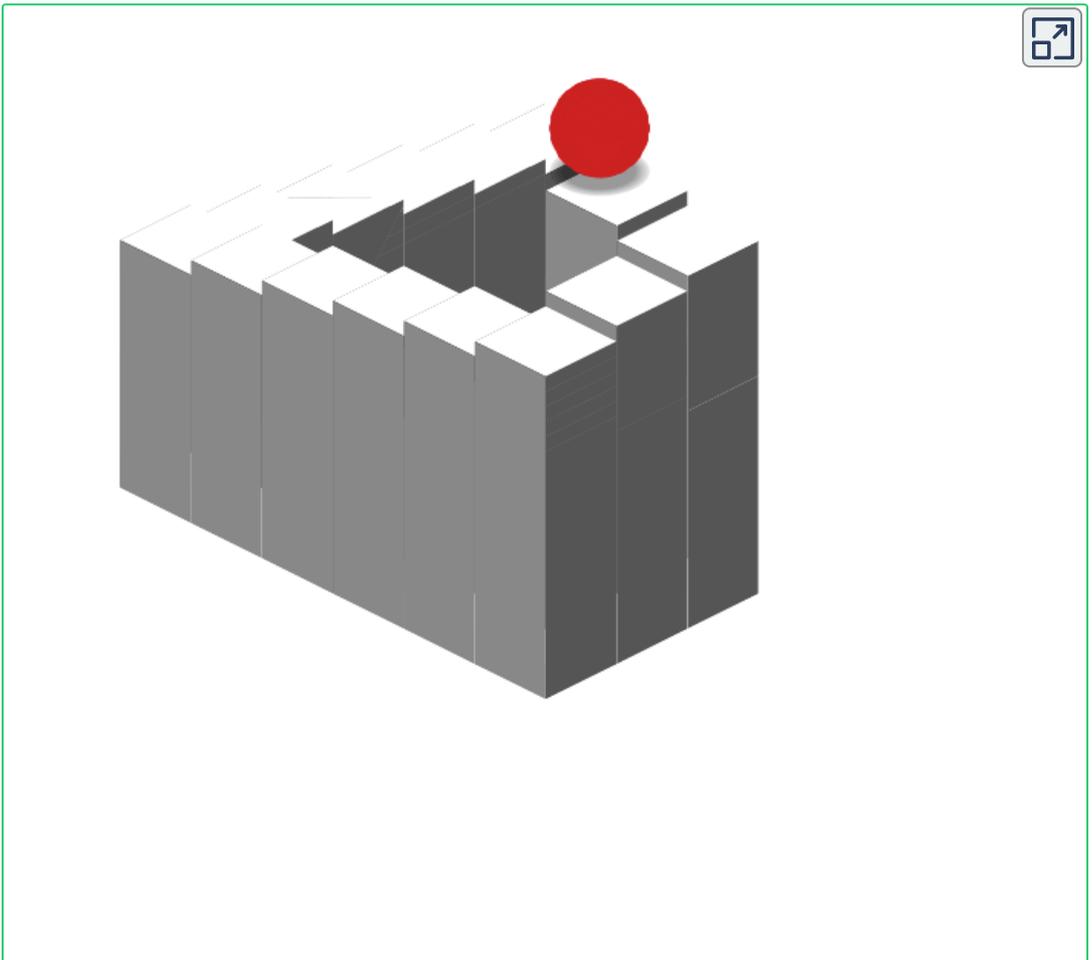
La cascada de Escher



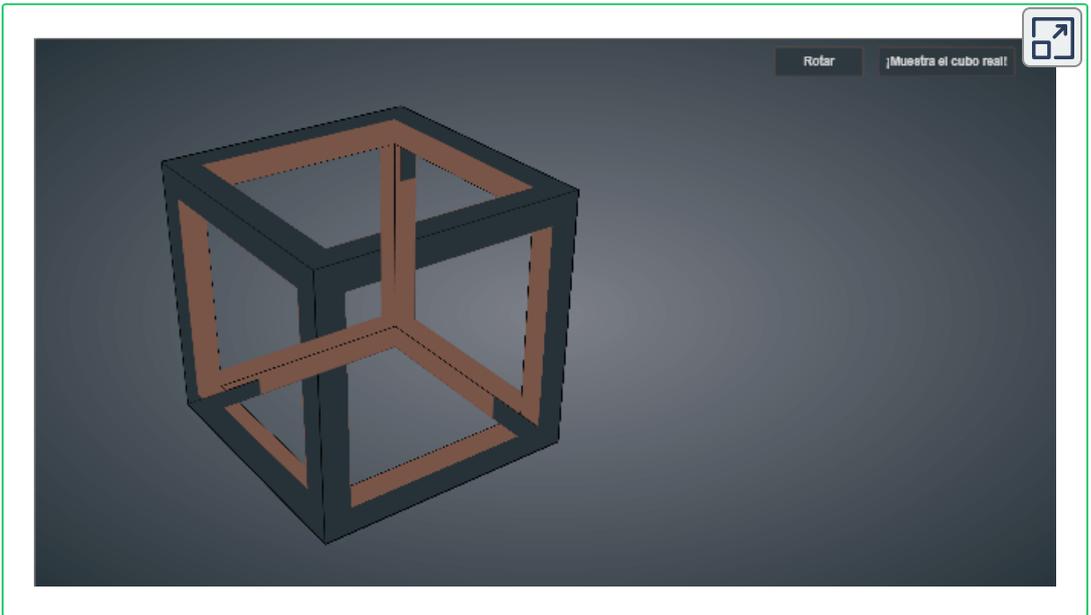
3.8.3 La escalera de Penrose. Entre las animaciones anteriores, observamos la escalera de Penrose, conocida también como "escalera infinita" o "imposible". Nuestros conocidos matemáticos Lionel Penrose y Roger Penrose la publicaron en 1958.

Esta escalera es la representación bidimensional de unas escaleras que cambian su dirección 90 grados cuatro veces mientras da la sensación de que suben o bajan a la vez, sea la dirección que sea. En su versión estricta de 4 escaleras unidas, su construcción 3D es imposible, la ilusión óptica de la imagen de Penrose se basa en engañar la perspectiva (<https://es.wikipedia.org>).

Otra animación interesante sobre esta escalera, nos la ofrece [Jon Kantner](#). Observa el movimiento perpetuo (haz clic sobre la animación para cambio de posición):



3.8.4 El cubo imposible. Otra de las figuras imposibles de M. C. Escher es el "cubo imposible. Una animación de este cubo la hemos encontrado en <https://codepen.io/>:



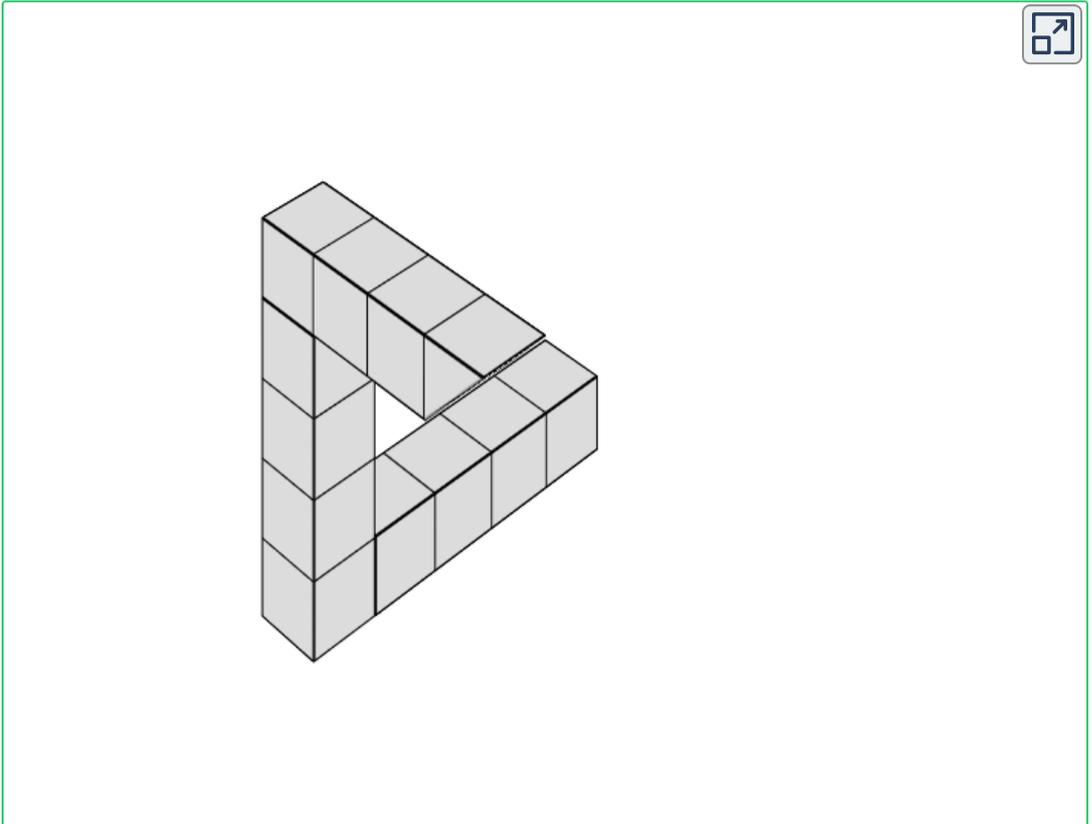
Haz clic en el botón Rotar para que observes los detalles del cubo.

En una de las arquitecturas imposibles de Escher, llamada "El Belvedere", está un hombre que, a los pies de la escalera, sostiene el cubo imposible que, según algunos autores, lo construyó a partir de un esquema del clásico cubo de Necker.

3.8.5 Figuras imposibles con DescartesJS

Tribar de Penrose

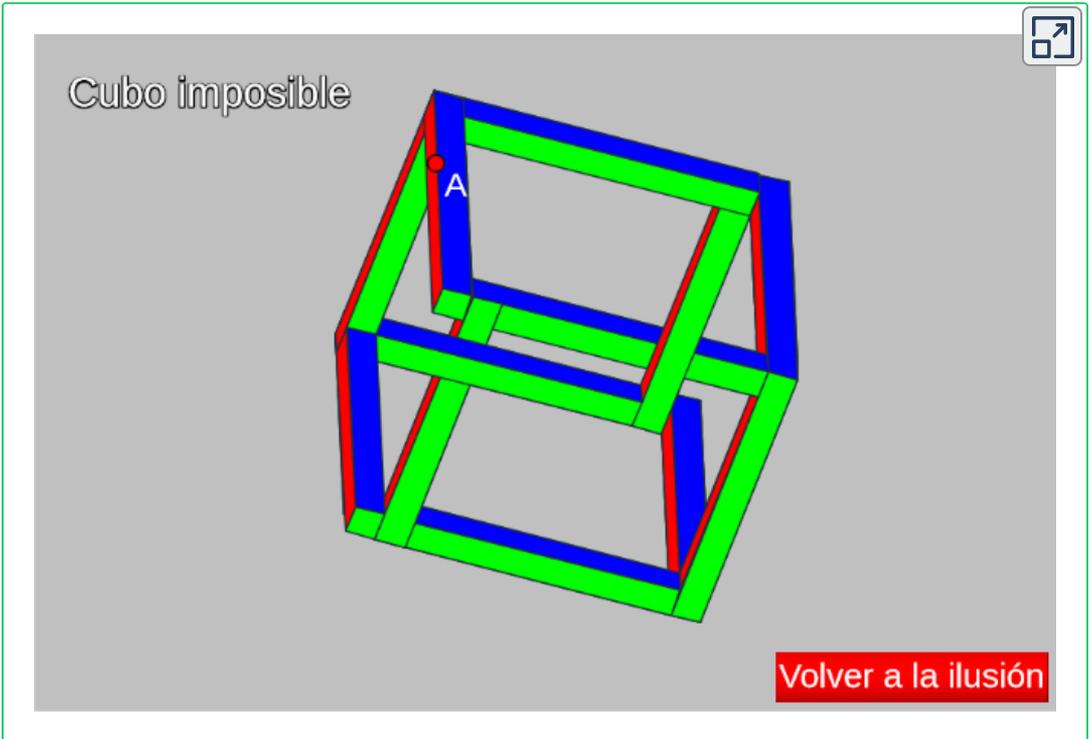
En el apartado 3.8.1 presentamos el tribar de Penrose diseñado con DescartesJS. En la siguiente animación puedes ver el diseño realizado por Ana Tudor (<http://codepen.io>).



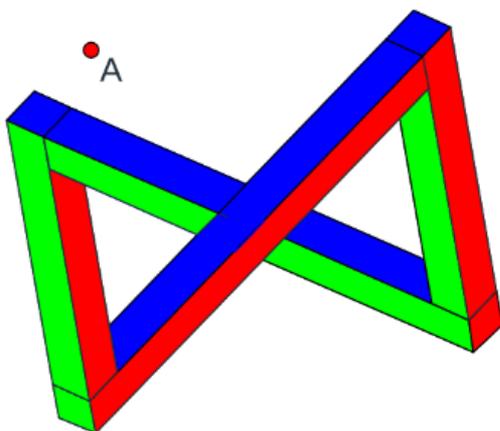
Las siguientes figuras imposibles fueron diseñadas con el editor DescartesJS:

Cubo imposible

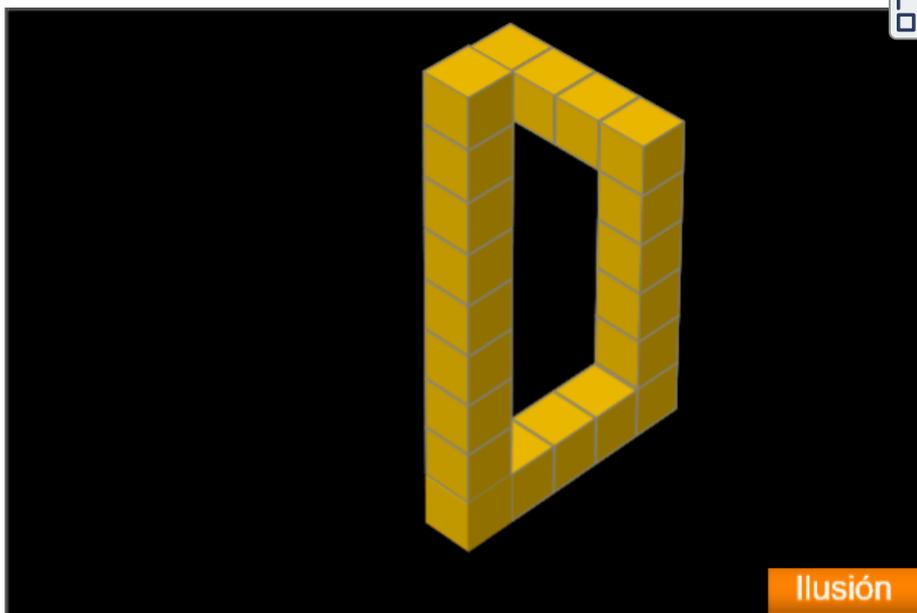
Otra escena diseñada por Ireno (recuerda mover el punto A):



Terminamos con otras tres figuras imposibles. La primera, también de Ireno, es la aparente unión de cuadro maderos. Las segunda y tercera son un grupo de cubos que evocan las figuras imposibles de Escher. Estas dos últimas puedes moverlas con clic sostenido sobre cada figura.



Volver a la ilusión



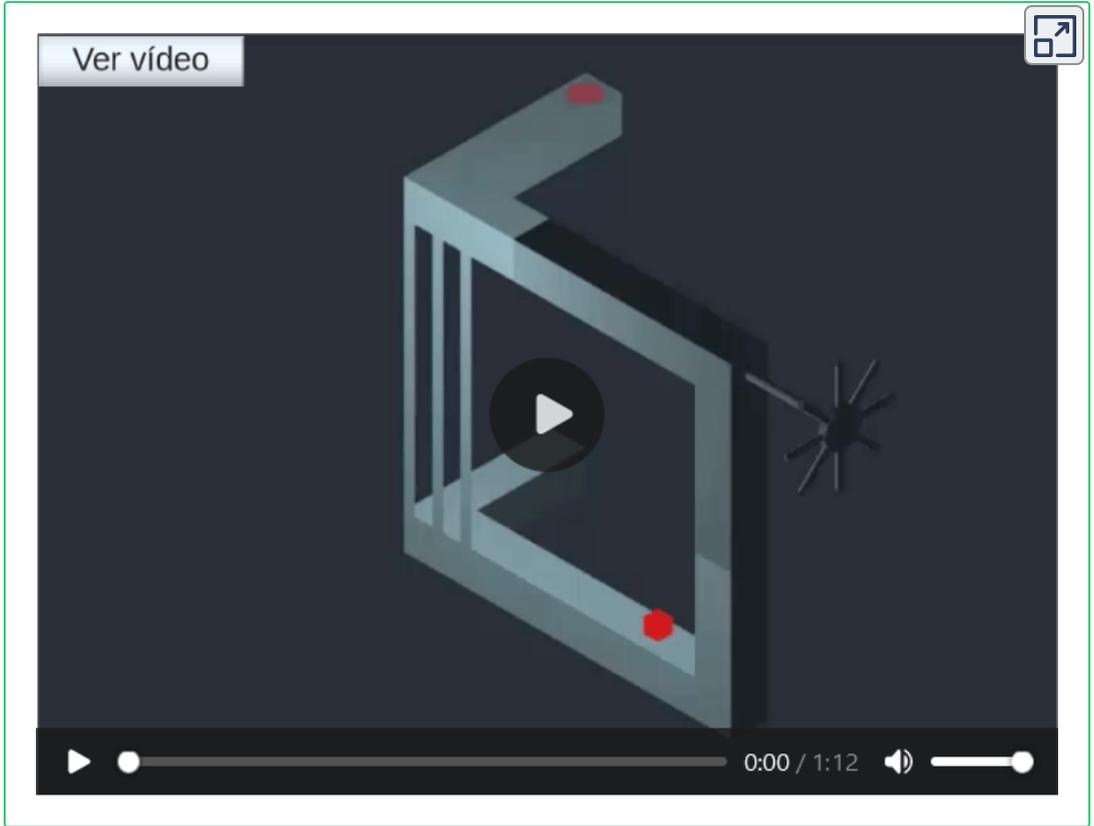
Ilusión



3.8.6 Qube. Para terminar este apartado, presentamos un juego de perspectiva en 3D de dos niveles, diseñado por Jorge Fuentes, Eric Qu y Alex-Tien Tran. Este [juego](#) permite al jugador manipular los caminos del terreno y el movimiento de un cubo para llegar al final de cada nivel.

Hemos incluido un vídeo para observes cómo se desarrolla el juego. Es importante que hagas clic sobre la escena para que el juego aparezca.

Utiliza el botón izquierdo del ratón para seleccionar una posición a la que se pueda mover el cubito rojo. El movimiento se realiza automáticamente, y no se aceptan otras entradas de uso hasta que se complete el movimiento. Algunas plataformas se pueden girar seleccionando y arrastrando el ratón hacia la izquierda y hacia la derecha. Presiona 'p' para alternar con cubos de colores.



¡Se puede lograr gracias a las figuras imposibles!

¿Son las figuras imposibles auténticas paradojas dentro del dominio de la percepción?

Esta pregunta la plantean la pareja de neurocientíficos Vilayanur Ramachandran y Diane Rogers-Ramachandran, quienes argumentan que la percepción misma permanece, o parece permanecer, internamente consistente, coherente y estable, puesto que el choque es entre La percepción y el intelecto; es decir, no existe una paradoja genuina dentro de la percepción misma, como si lo es la frase "esta afirmación es falsa", que es una paradoja completamente en el ámbito conceptual y lingüístico.

La consistencia de la percepción, aseguran los "Rama" permanece en las ilusiones de movimiento:

Si miras fijamente durante un minuto las rayas que se mueven en una dirección y luego transfieres tu mirada a un objeto estacionario, el objeto parece moverse en la dirección opuesta a la que las rayas se movieron. Este efecto se debe a que tu sistema visual tiene neuronas que detectan el movimiento que señalan diferentes direcciones, y las bandas se mueven constantemente en una dirección, lo que "fatiga" a las neuronas que normalmente indican esa dirección. El resultado es un "rebote" que hace que incluso los objetos estacionarios parezcan moverse en la dirección opuesta.

Las señales perceptivas locales y globales en sí mismas se perciben como una sola gestalt con contradicciones internas. Es decir, uno puede aplicar el hecho de que la percepción es virtualmente instantánea, mientras que la reflexión toma tiempo. Uno podría presentar la pantalla brevemente (un tiempo lo suficientemente corto como para evitar que la cognición se active), por ejemplo, una décima de segundo seguido de un estímulo de enmascaramiento [...]. La predicción sería que la imagen ya no debería parecer paradójica a menos que la duración del estímulo se alargara adecuadamente. Tales exhibiciones nos recuerdan que a pesar de la naturaleza casi autónoma modular de la percepción y su aparente inmunidad del intelecto, el límite entre la percepción y la cognición puede desdibujarse (Ramachandran, V. & Ramachandran, D., 2008).

3.9 Ilusiones de abertura

Los seres humanos yerran constantemente en su percepción del movimiento rotatorio vistos a través de una abertura. Una abertura se constituye en una restricción para la percepción visual, la cual se convierte en parte del contexto del objeto percibido. A veces, este nuevo elemento del contexto es preferido por nuestro sistema visual, en tanto que es rígido y demanda menor esfuerzo neuronal. De esta forma, prima la restricción sobre los otros elementos en movimiento. Según Shiffrar & Pavel: *“The visual system has a preference to interpret the image as containing a single, rigid object”* (Shiffrar & Pavel, 1990).

3.9.1 La ilusión del cuadrado palpitante. La siguiente escena interactiva es una ilusión óptica concebida por el profesor Misha Pavel, en la que un cuadrado giratorio está ocluido por otros cuatro cuadrados que dejan una abertura en forma de cruz para ver el movimiento. La impresión que obtenemos es la de un cuadrado que se expande y contrae periódicamente.

Nuestro cerebro intenta representar la imagen en una escena coherente. En el cuadrado palpitante vemos poco la rotación del cuadrado cuando están presentes las aberturas, nuestra percepción se centra en lo que parece ser un crecimiento y de-crecimiento continuo del cuadrado. Es decir, nuestro sistema visual se concentra en el movimiento más sensible, el de los bordes del cuadrado. Este movimiento hacia adentro y hacia afuera lo hace parecer palpitando.

En la escena haz clic en el botón "Verificar", para obtener el movimiento real. También puede aumentar la velocidad de rotación del cuadrado.



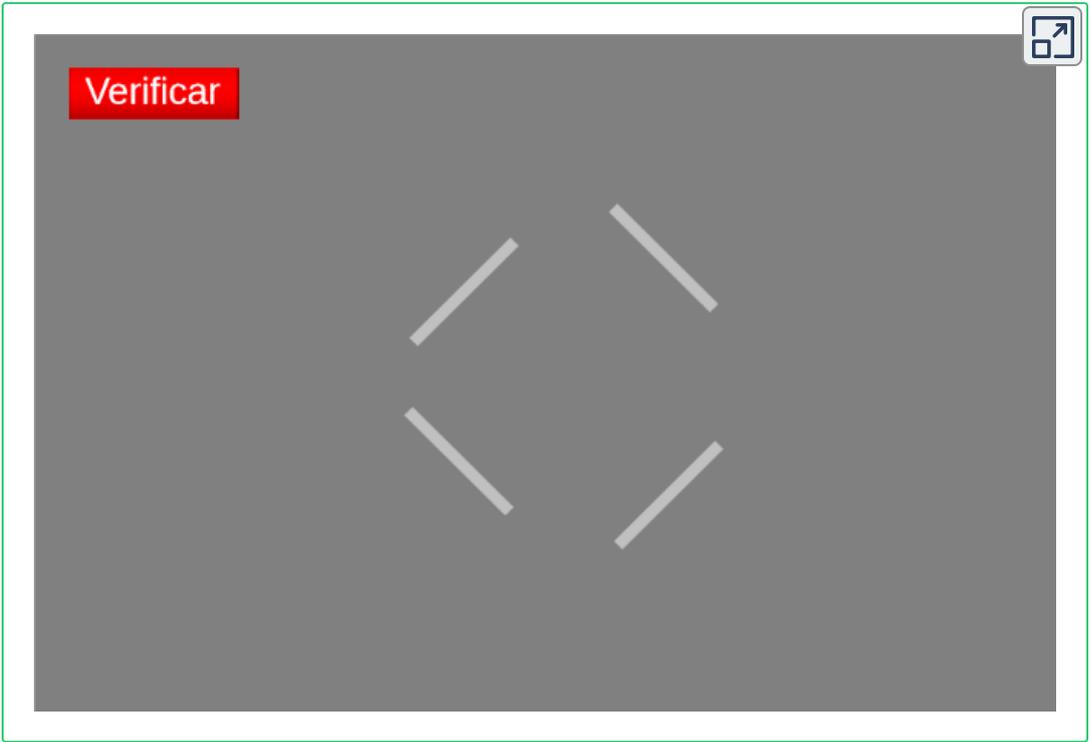
Por lo general, somos muy hábiles para detectar e identificar los límites de la superficie a pesar de la información óptica incompleta. Sin embargo, en "ilusiones respiratorias", las superficies rígidamente rotativas parecen latir o deformarse, aunque un proceso sencillo de interpolación geométrica a través del espacio reconstruiría el límite de la superficie verídica (<https://michaelbach.de>).

Hemos diseñado una escena similar pero con aberturas circulares, la cual puedes observar en la siguiente página.

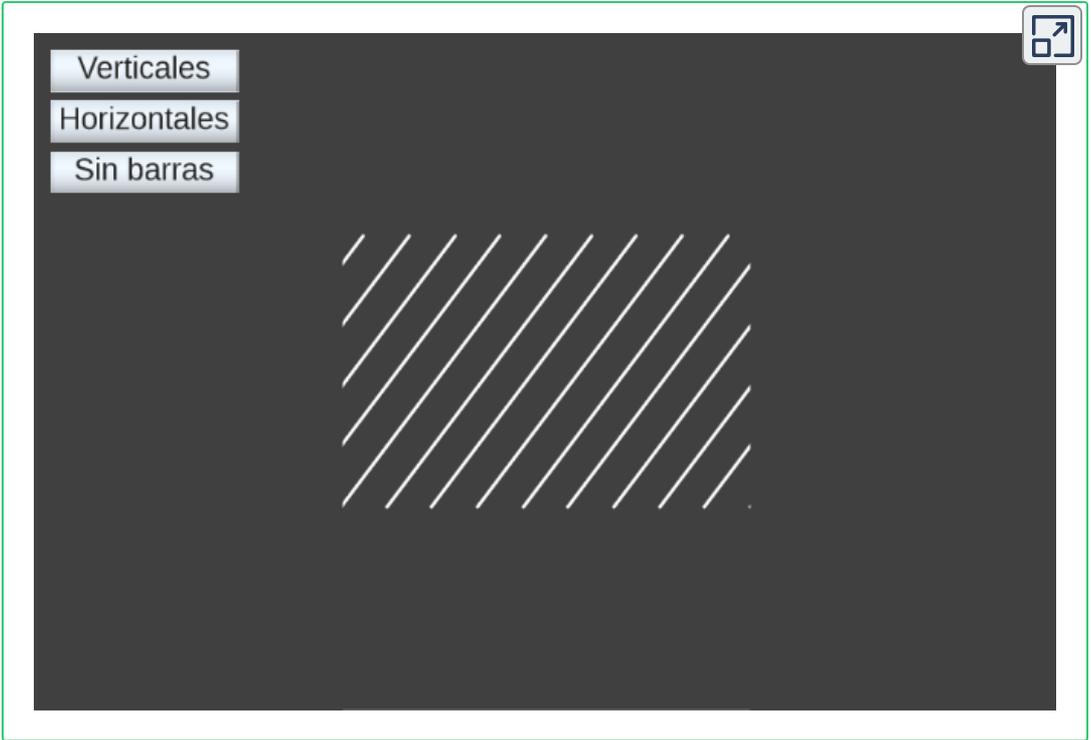


En la siguiente escena interactiva aparecen cuatro segmentos en movimiento ¿Es posible que pertenezcan a una misma figura? Compruébalo haciendo clic en el botón de verificación.

3.9.2 Rombos oclusores



La imagen ilusoria del problema de abertura es más popular en la tradicional ilusión del “poste del barbero” (*barber pole illusion*). En este caso la abertura está determinada por los soportes del poste. En la siguiente escena interactiva puedes evidenciar que al poner o quitar los soportes, la dirección real del movimiento se vuelve ilusoria. El sistema visual resuelve la ambigüedad del movimiento asumiendo una dirección de un soporte a otro.



3.10 Disposición geométrica

La disposición de algunas figuras geométricas engañan nuestra percepción.

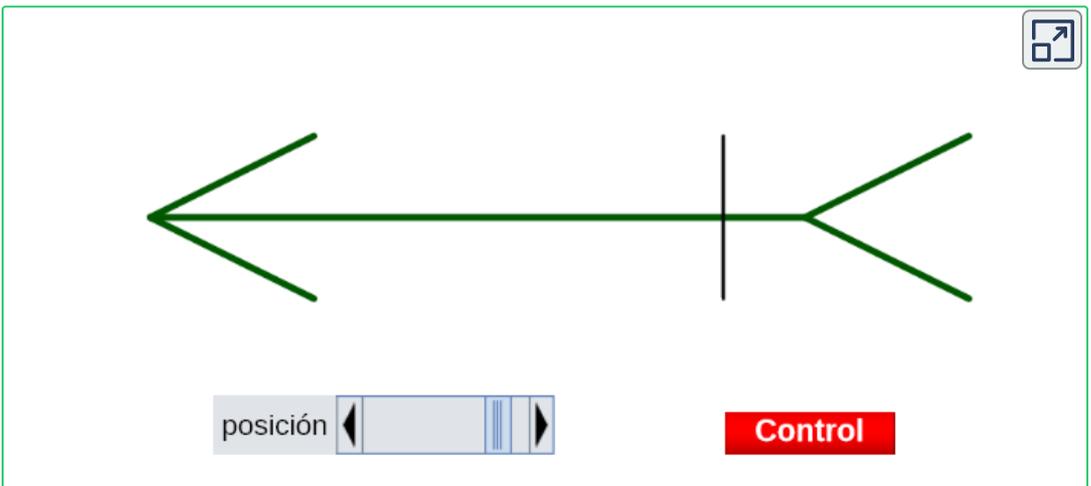
Nuestra percepción se ve afectada por varios factores geométricos. Uno de ellos es el que hemos denominado de contexto, por ejemplo, los dos círculos que se muestran a continuación.

¿El primer círculo es del mismo color que el segundo? Puedes desplazarlo para verificar tu respuesta.

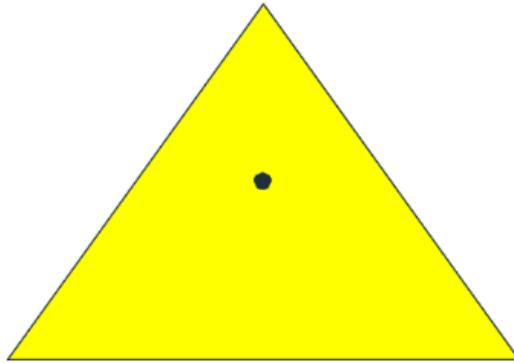


3.10.1 Desplazamiento centroidal

Los juicios de distancia en un objeto visual se ven fuertemente afectados por la disposición de dichos objetos. En figuras como las de Müller-Lyer y otras ilusiones similares, la posición del centroide parece desplazarse; por ejemplo, en la siguiente escena, trata de ubicar el segmento en la mitad de la flecha:



En esta otra escena, ¿el punto está en la mitad de la altura del triángulo?



Control

3.10.2 Ilusión de Ponzo

La ilusión de Ponzo es un tipo de ilusión óptico-geométrica documentada por el psicólogo italiano Mario Ponzo (1882-1960) en 1911. Sugiere que la mente humana estima la medida de un objeto basándose en su entorno. Demostró este efecto dibujando dos líneas de igual longitud sobre un par de líneas convergentes, similares a los rieles del ferrocarril vistos en perspectiva. La línea superior aparenta ser más larga porque la mente interpreta su tamaño de acuerdo con la perspectiva lineal, en la que las líneas paralelas convergen. En este contexto, los observadores interpretan que la línea superior está más alejada, por lo que consideran que es más larga, debido a que un objeto más lejano tendría que ser más largo que uno más cercano para que ambos produzcan una imagen sobre la retina de la misma medida (<https://es.wikipedia.org/>).

Observa esta ilusión en las dos escenas siguientes:

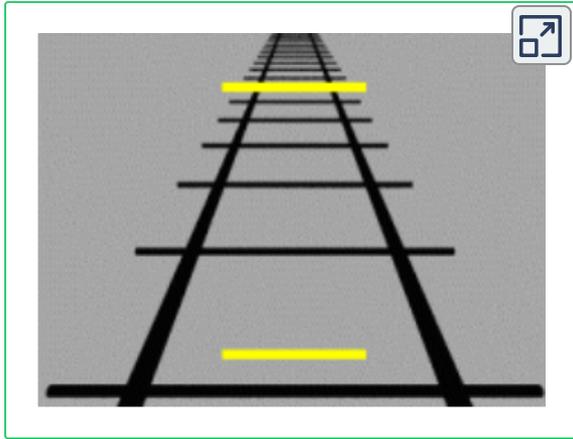
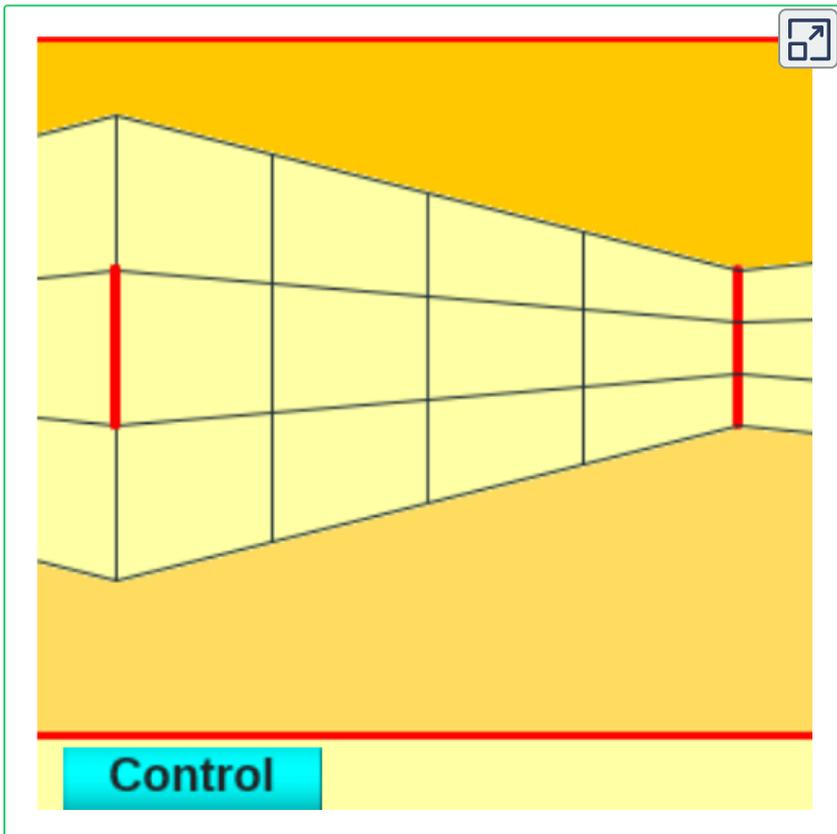
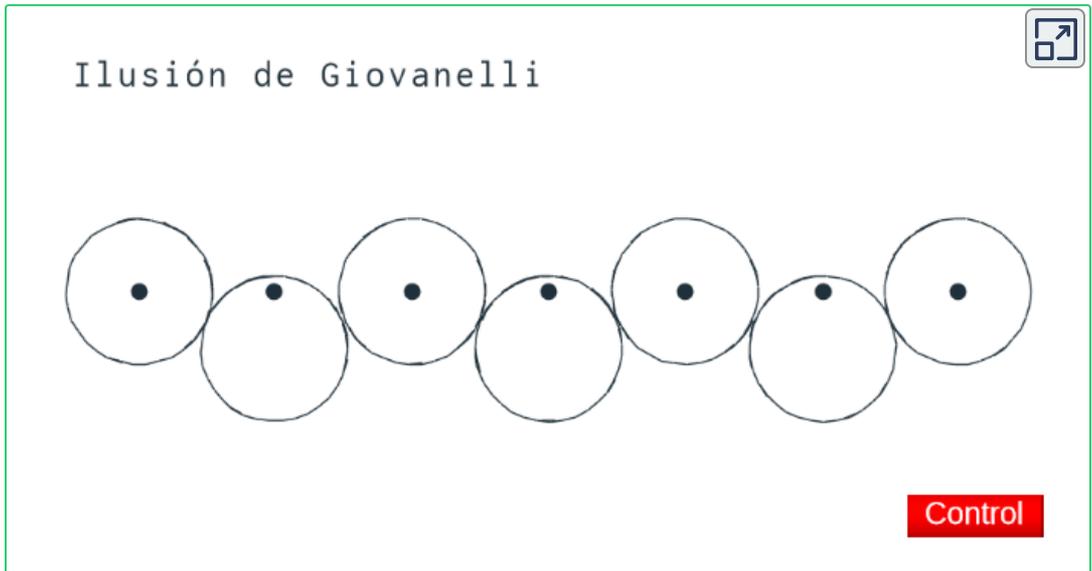


Imagen animada tomada de <https://es.wikipedia.org/>



3.10.3 Ilusión de Giovanelli. En esta ilusión los puntos (colineales) parecen estar desalineados. En esta ilusión, el contexto, determinado por los círculos, es el factor generador de ilusión.



La ilusión de Giovanelli nos muestra como permitimos que la discontinuidad de los discos grandes se traslade a los discos pequeños.

La ilusión de Giovanelli es fundamentalmente una ilusión de contraste de posición ya que el punto tiende a desviarse en la dirección opuesta. Sin embargo, la ilusión distorsionadora de la colinealidad más famosa es la de la pared del café, que presentamos a continuación.

3.10.4 Ilusión de la pared del café (Cafewall). La ilusión de Café Wall es un patrón en los ladrillos de un café en la colina de San Miguel en Bristol, reportada por el psicólogo británico Richard Gregory en 1979.



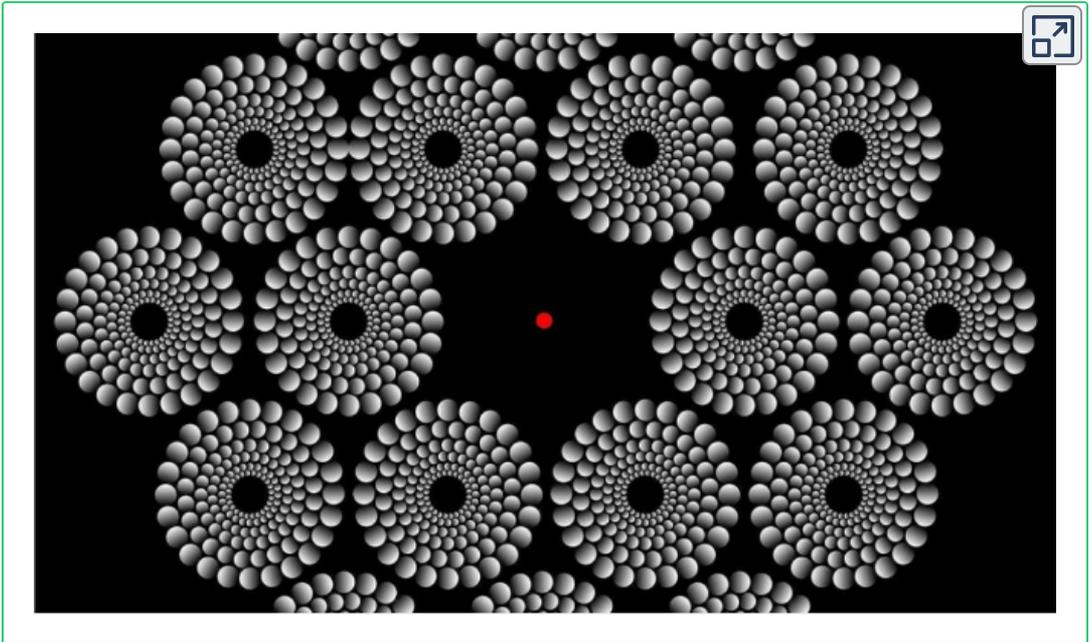
El profesor Richard Gregory visita el Café Wall original en St Michael's Hill, Bristol, en febrero de 2010 (<https://en.wikipedia.org/wiki/>).

En esta escena interactiva, ¿el punto está en la mitad de la altura del triángulo?



La ilusión de CafeWall (vista en los azulejos de un café local) es una figura de tablero de yeso de Münsterberg, pero con líneas paralelas horizontales que pueden tener cualquier luminancia que separa las filas de cuadrados desplazados. Estas líneas de 'mortero' muestran una distorsión de cuña marcada que se ve especialmente afectada por: contraste de los cuadrados ('baldosas'); ancho de las líneas de 'mortero', y su luminancia. La ilusión de Café Wall se atribuye al bloqueo de borde que produce desplazamientos de contorno inapropiados desde regiones vecinas de luminancia contrastante cuando se separan por espacios estrechos de luminancia neutra (Gregory, R. & Heard,P., 1979).

Cerramos este capítulo con una ilusión de movimiento y un artículo de Kitaoka *et al.*



El artículo (en inglés) es una explicación a una de las mejores ilusiones de 2013:

La ilusión de la ruleta (spinner) es interesante porque no hay una razón obvia en física por la cual aumentar el número de puntos debería aumentar su velocidad aparente, suponiendo que todos los puntos sean claramente visibles. Ho y Anstis (2013) originalmente sugirieron que el mayor desenfoque retiniano causado por más puntos podría hacer que se vean más rápido. Si bien se sabe que las rayas de movimiento pueden mejorar la percepción del movimiento (Apthorp et al., 2013; Geisler, 1999), su influencia en la percepción de la velocidad no se ha establecido. Por lo tanto, medimos el efecto de la ruleta con estímulos de onda sinusoidal que son suaves y menos susceptibles a las manchas.

Puedes acceder a este artículo en este enlace:
<https://journals.sagepub.com>

También puedes hacerlo haciendo clic en 

Pero, si estás en tu celular o tableta, es mejor leerlo desde la siguiente escena (recuerda que puedes hacer clic en la esquina superior derecha):

The "Spinner" Illusion: More Dots, More Speed?



The screenshot shows the article page for "The 'Spinner' Illusion: More Dots, More Speed?" in the journal *i-PERCEPTION*. The page includes the journal title, issue information (May/June 2017, 1-14), author names (Hiroshi Ashida, Alan Ho, Akiyoshi Kitaoka, and Stuart Anstis), and an abstract. The abstract describes a study on the perceived speed of a ring of dots, showing that higher radial spatial frequencies (SFs) lead to overestimation of angular speed, while lower SFs lead to underestimation. The study also found that the effect saturates as the test radial SF increases. The abstract concludes that human speed perception is biased by temporal frequency, which increases with SF when speed is constant. The page also features a "Check for updates" button, a "SAGE" logo, and a vertical scrollbar on the right side.

Check for updates

Article

**The "Spinner" Illusion:
More Dots, More Speed?**

i-PERCEPTION
May/June 2017, 1-14
© The Author(s) 2017
DOI: 10.1177/2041669517707972
journals.sagepub.com/home/ipe
SAGE

Hiroshi Ashida
Kyoto University, Kyoto, Japan

Alan Ho
Ambrose University, Alberta, Canada

Akiyoshi Kitaoka
Ritsumeikan University, Kyoto, Japan

Stuart Anstis
University of California, San Diego, CA, USA

Abstract
The perceived speed of a ring of equally spaced dots moving around a circular path appears faster as the number of dots increases (Ho & Anstis, 2013, Best Illusion of the Year contest). We measured this "spinner" effect with radial sinusoidal gratings, using a 2AFC procedure where participants selected the faster one between two briefly presented gratings of different spatial frequencies (SFs) rotating at various angular speeds. Compared with the reference stimulus with 4 c/rev (0.64 c/rad), participants consistently overestimated the angular speed for test stimuli of higher radial SFs but underestimated that for a test stimulus of lower radial SFs. The spinner effect increased in magnitude but saturated rapidly as the test radial SF increased. Similar effects were observed with translating linear sinusoidal gratings of different SFs. Our results support the idea that human speed perception is biased by temporal frequency, which physically goes up as SF increases when the speed is held constant. Hence, the more dots or lines, the greater the perceived speed when they are moving coherently in a defined area.

Keywords
psychophysics, speed perception, visual illusion, visual motion



Capítulo IV

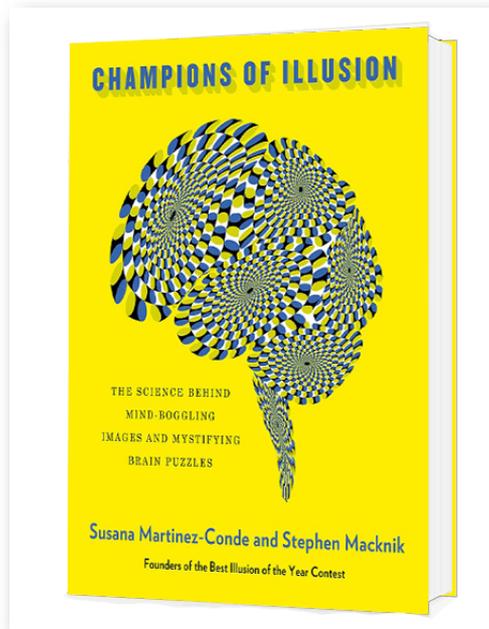


Las ilusiones del año

Introducción

El concurso "La mejor ilusión del año" (*Best Illusion of The Year*) es una celebración del ingenio y la creatividad de la comunidad de investigación de ilusión más importante del mundo. Los participantes de todo el mundo presentan nuevas ilusiones, y un panel internacional de jueces las califica y selecciona la 10 mejores (<http://illusionoftheyear.com/>).

Desde 2005 la *Neural Correlate Society*, cuyo presidente es Susana Martinez-Conde, viene celebrando este concurso, del cual hemos seleccionado algunas ilusiones, no por su premiación, sino porque hemos podido replicar con el editor DescartesJS o porque existe una animación disponible para el formato de este libro (HTML5).



Libro *Champions of Illusions* cuyos autores son Susana Martinez-Conde y Stephen Macknik, fundadores del concurso *Best Illusion of The Year*. En este libro se presentan las mejores ilusiones del concurso.

4.1 ECVP Waves. Finalista 2005

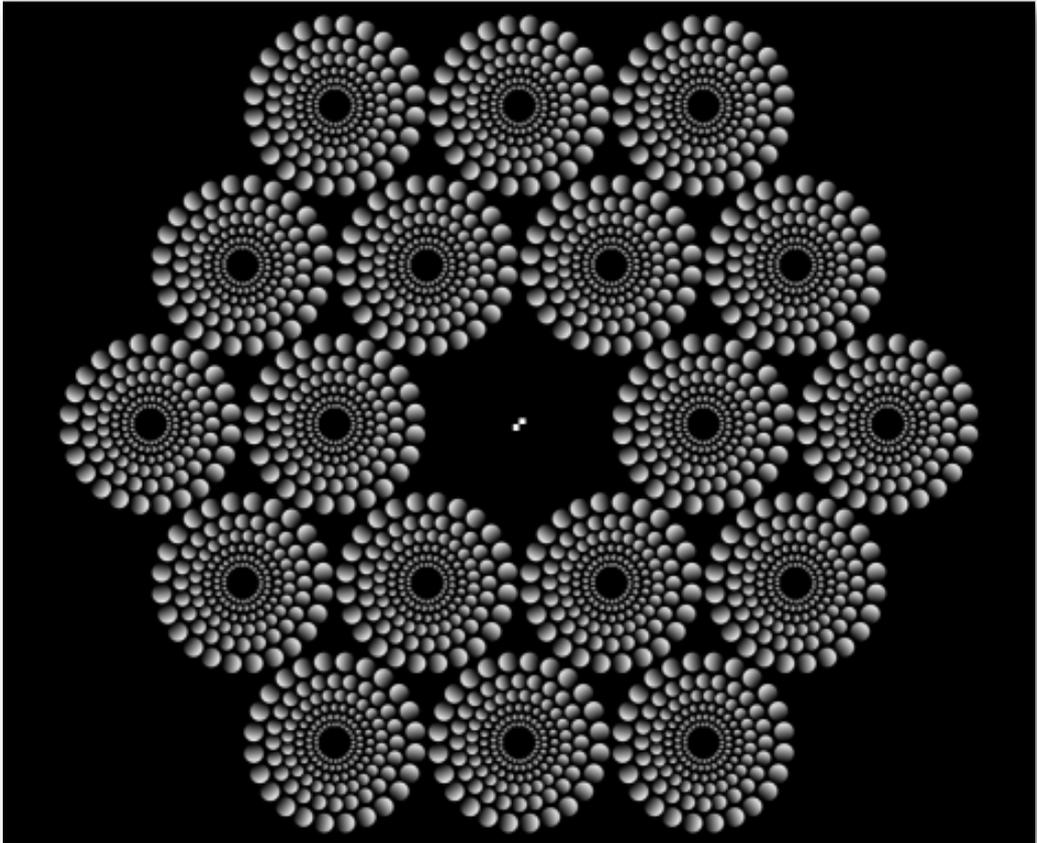
Ya habíamos presentado esta ilusión en el apartado 3.2, en la que "la imagen estacionaria parece ondear sin esfuerzo" (<http://illusionoftheyear.com/>). La ilusión fue presentada por Akiyoshi Kitaoka, profesor de la Universidad de Ritsumeikan (Japón). Haz clic sobre la imagen para ampliarla, así será más efectiva la ilusión.



Soy un psicólogo experimental que estudia las ilusiones visuales y también hace ilusiones en las obras de arte.
Kitaoka

4.2 The Spinning Disks Illusion. Finalista 2005

Ilusión presentada por Johannes Zanker.

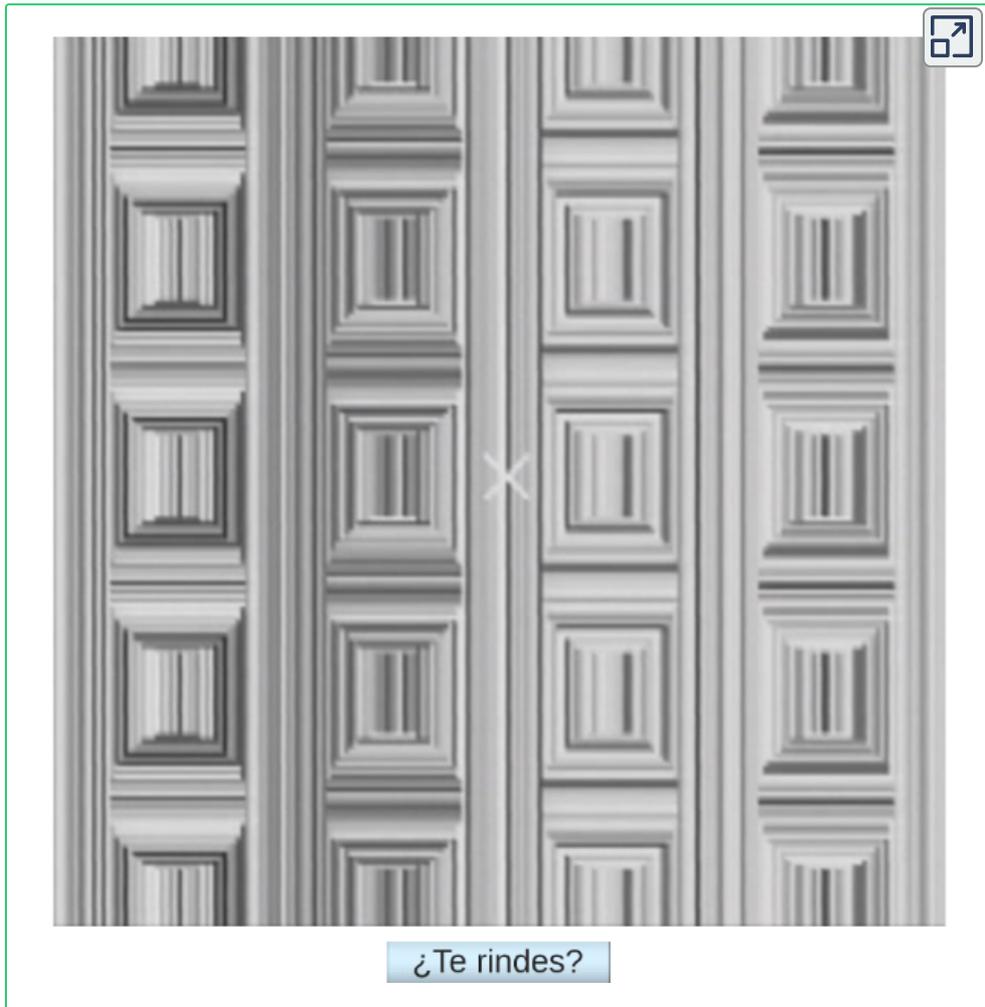


Cuando los conjuntos de discos con gradientes tangenciales de nivel de grises se organizan en círculos concéntricos, la mayoría de los observadores perciben que estos discos se mueven alrededor del centro, de manera similar a la 'ilusión de serpientes' de Kitaoka. Esta ilusión de movimiento se ve reforzada para imágenes a gran escala y brillantes y depende de en gran medida a cambios dinámicos en el estímulo, como los provocados por movimientos oculares involuntarios o parpadeos: al fijar el centro del patrón, se elimina la ilusión, mientras que se analiza la sensación de movimiento en una imagen (<http://illusionoftheyear.com/>).

4.3 *Coffer Illusion*. Finalista 2006

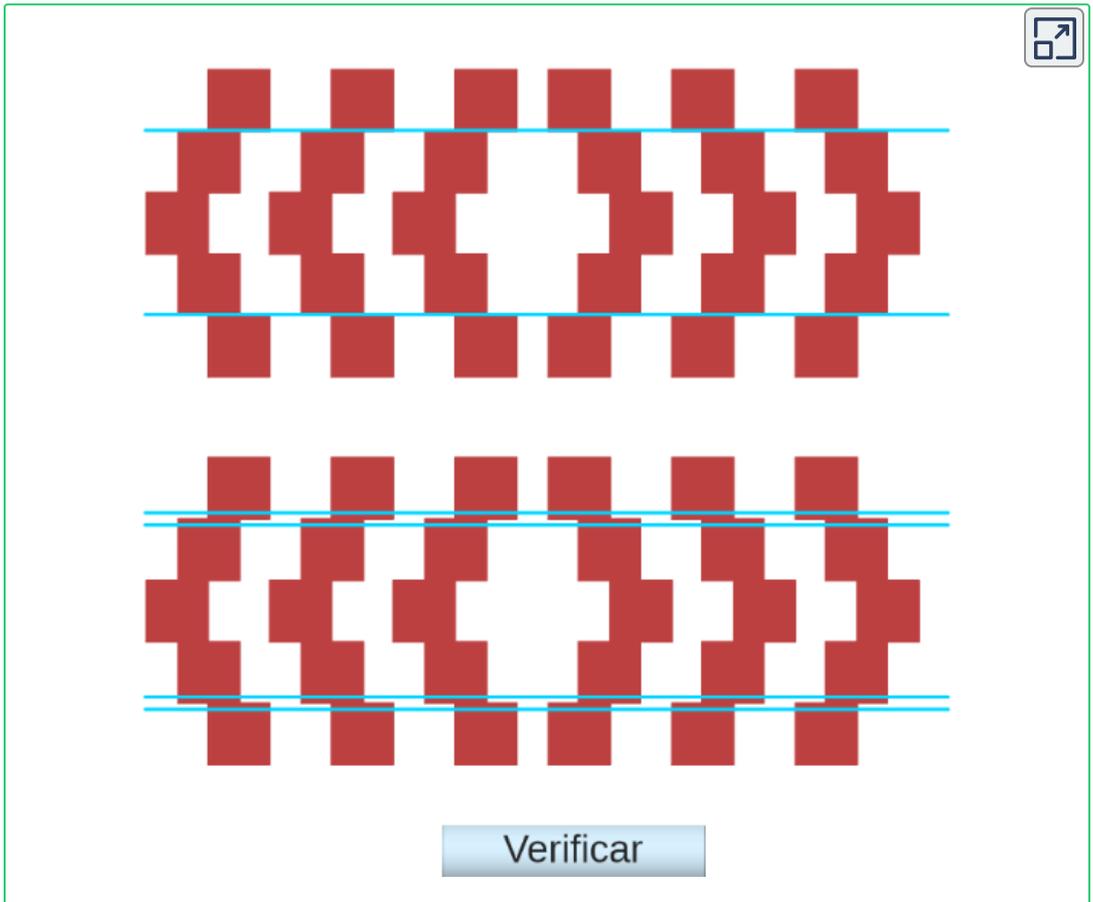
Ilusión diseñada por Anthony Norcia. En la imagen, generalmente, vemos una serie de rectángulos, pero hay varios círculos ¿cuántos?

The Coffer Illusion es una variación de la "Op Art illusion" de Gianni Sarcone.



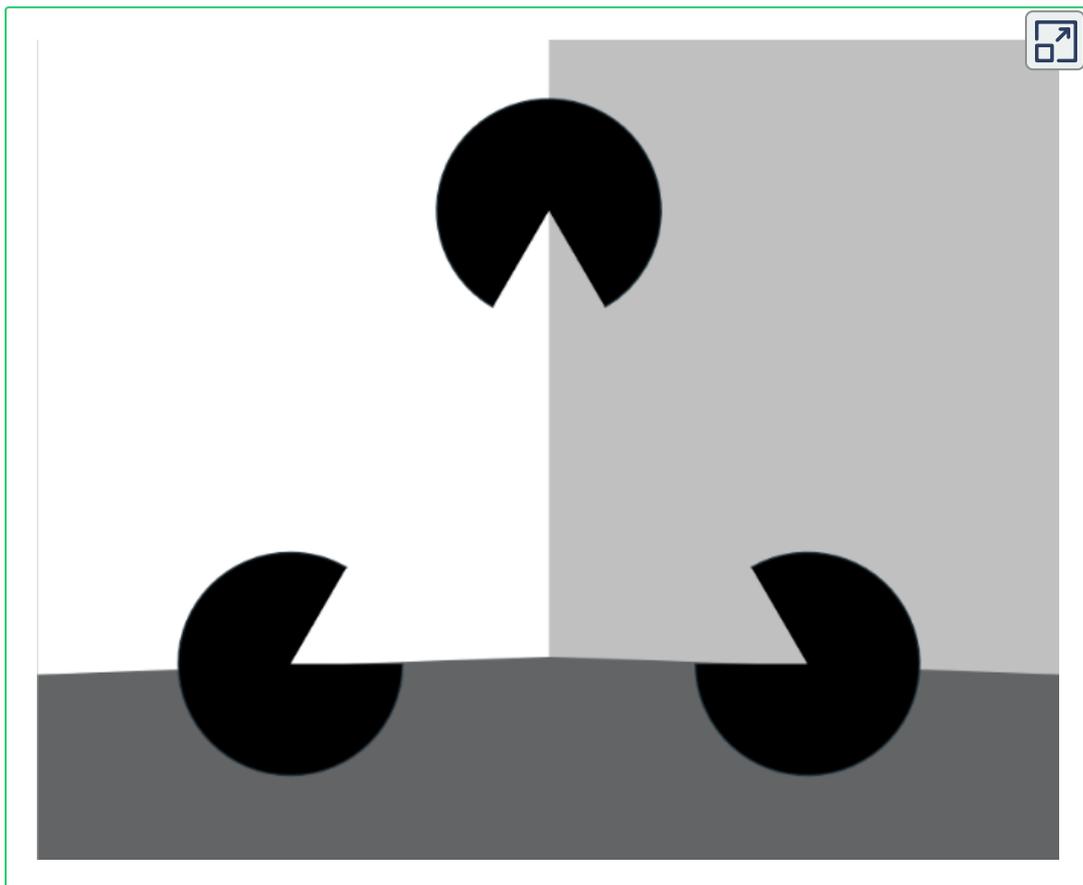
4.4 Clones and Donors Have Opposite Inclinations. Finalista 2006

Ilusión diseñada por Oronzo Parlangeli y Sergio Roncato. Las dos figuras muestran el mismo patrón de inducción; sin embargo, las dobles líneas azules muestran una inclinación diametralmente opuesta: las líneas convexas se convierten en líneas cóncavas y cóncavas se vuelve convexas.



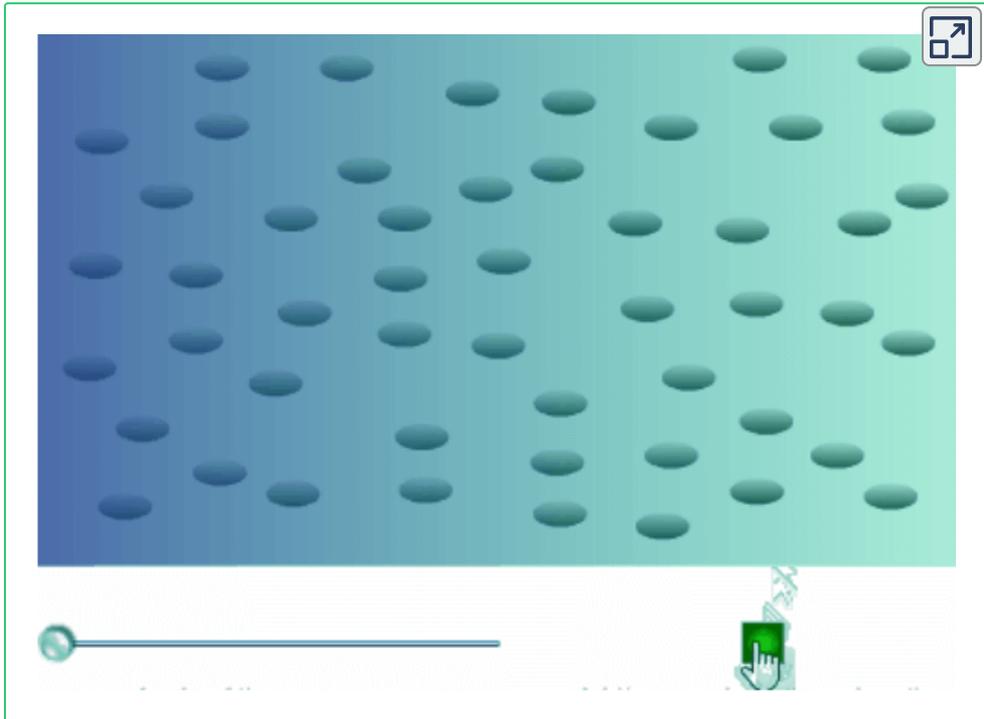
4.5 *The Illusory Contoured Tilting Pyramid.* Segundo lugar 2007

Ya habíamos presentado esta ilusión de Pietro Guardini y Luciano en el apartado 3.4. La escena la hemos modificado para sólo muestre la animación.



4.6 Swimmers, Eels and Other Gradient-Gradient Illusions. Finalista 2007

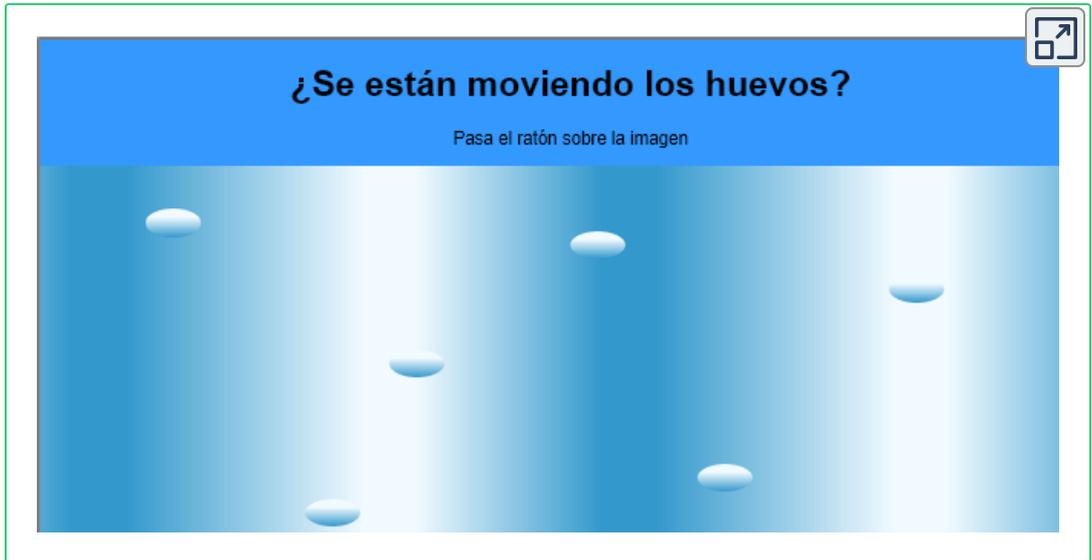
Ilusión diseñada por Emily Knight y Arthur Shapiro. Presentamos una imagen animada de la ilusión original:



Observa que el botón rojo agrega o elimina el movimiento de las barras de fondo, eliminando la ilusión. Los huevos se balancean hacia arriba y hacia abajo cuando están frente a las barras, pero no lo hacen cuando están frente a un fondo uniforme.

El efecto es similar a una ilusión de pasos dentro de un solo objeto: la parte brillante del huevo se mueve hacia la parte brillante del gradiente, y la parte oscura del huevo se mueve hacia la parte oscura del gradiente (<http://illusionoftheyear.com>).

Una ilusión, a partir de la anterior, es diseñada por [Jon Welsh](#) en 2015:



4.7 *The Mutually Interfering Shapes Illusion.* Finalista 2008

Ilusión que presentamos en la introducción del capítulo III. Diseñada por Maarten Wijntjes, Robert Volcic y Tomas Knapen de la Universidad de Utrecht (Holanda).

Un círculo es un círculo y un cuadrado es un cuadrado, ¿verdad? ¡Incorrecto! Solo mira el centro de nuestra pantalla y verás por qué: dos puntos se mueven rebotando entre sí. ¿Ves un cuadrado y un círculo? ¡Ellos realmente están! La ilusión se vuelve aún más fuerte al trazar el cuadrado interior de cerca: verás que el punto exterior se mueve a lo largo de cuatro arcos en lugar de un círculo. Si ahora sigues el punto exterior, ¡el cuadrado de repente parece curvado hacia adentro! (<http://illusionoftheyear.com>).



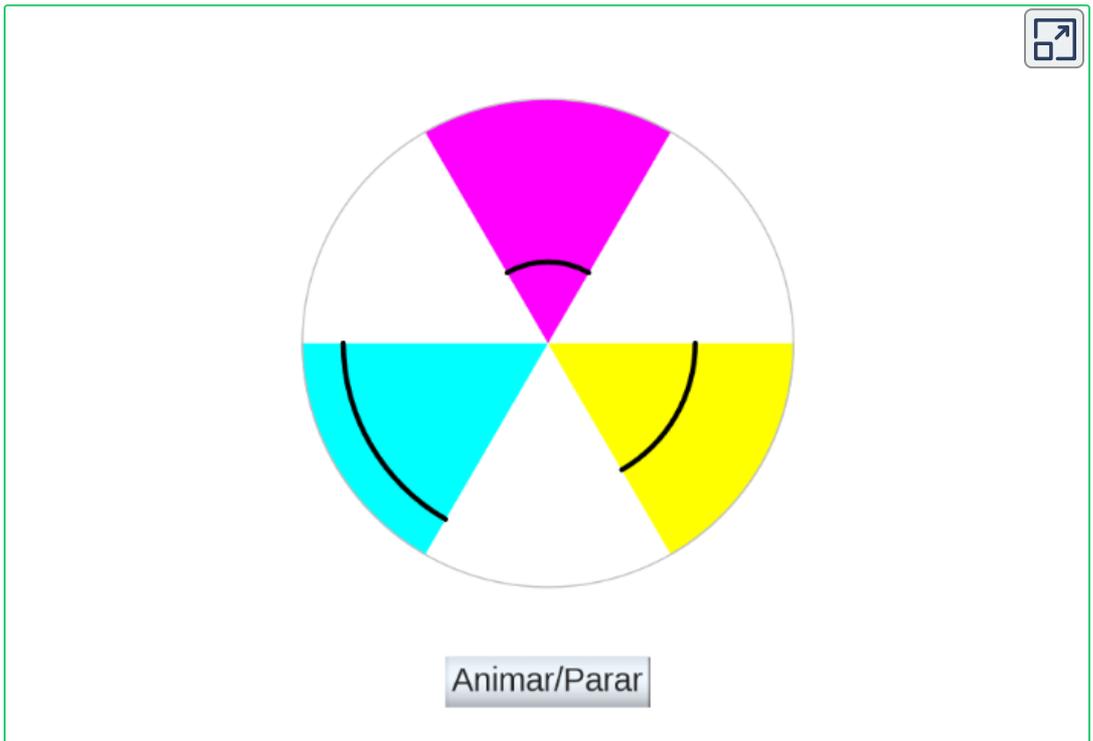
4.8 *Contrast color induced by unconscious surround* Finalista 2009

Ilusión diseñada por Haruaki Fukuda y Kazuhiro Ueda de la Universidad de Tokyo (Japón).

Encontramos una nueva ilusión subjetiva de color utilizando un disco giratorio. El disco está formado por unos arcos negros pertenecientes a sectores coloreados. Cuando este disco gira, se ven colores ilusorios en los anillos que son rastreados por los arcos. es

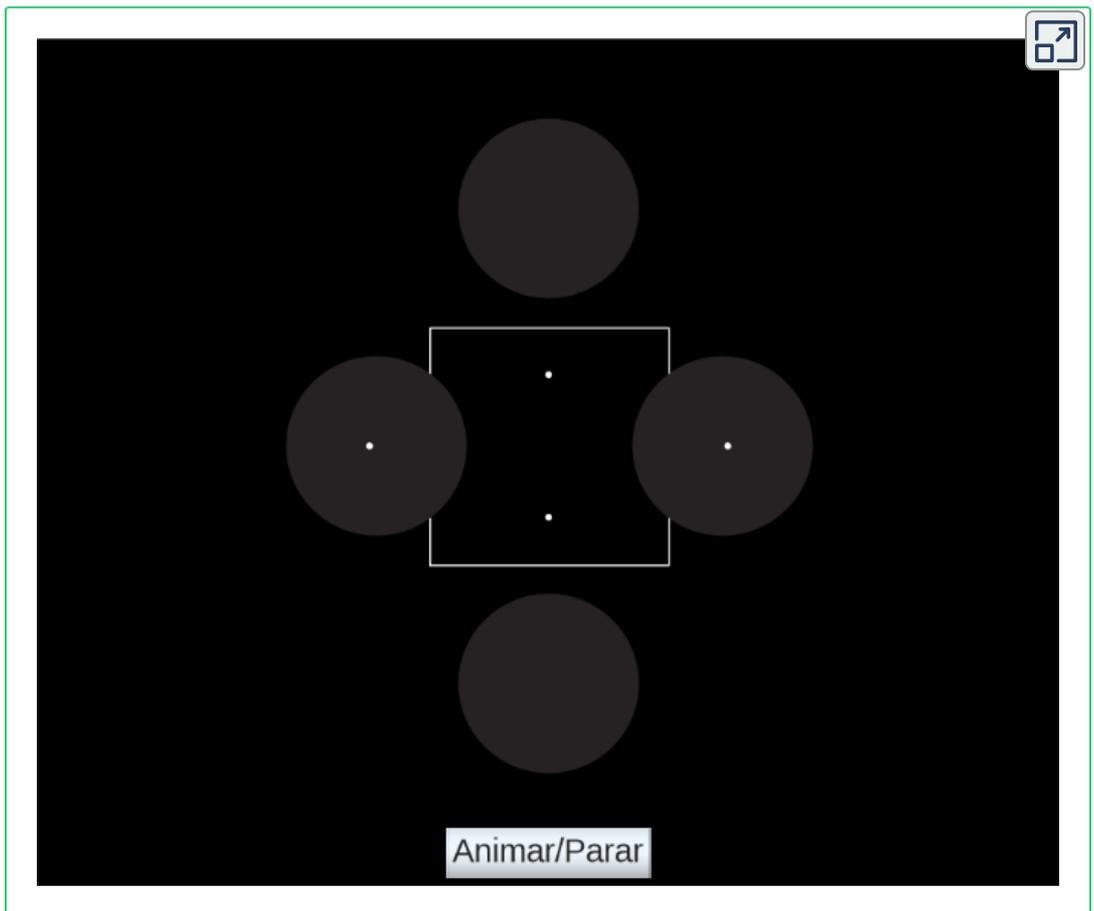
Cada color ilusorio el color complementario del sector al que pertenece el arco correspondiente. Esta ilusión se puede observar incluso si el disco gira tan rápido que no podemos percibir el color de cada sector. Esta ilusión indica que nuestro cerebro puede procesar los colores de los sectores y producir sus colores complementarios, incluso aunque no tengamos conciencia de ellos (<http://illusionoftheyear.com>).

Hemos replicado la ilusión con el editor DescartesJS:



4.9 Counter-intuitive illusory contours. Segundo puesto 2010

Inexplicable ilusión creada por Bart Anderson de la Universidad de Sydney (Australia). Son claros los cuatro discos circulares y el cuadrado delgado, pero inexplicable el contorno ilusorio adicional visible dentro del contorno cuadrado.



4.10 Mask of Love. Finalista 2011

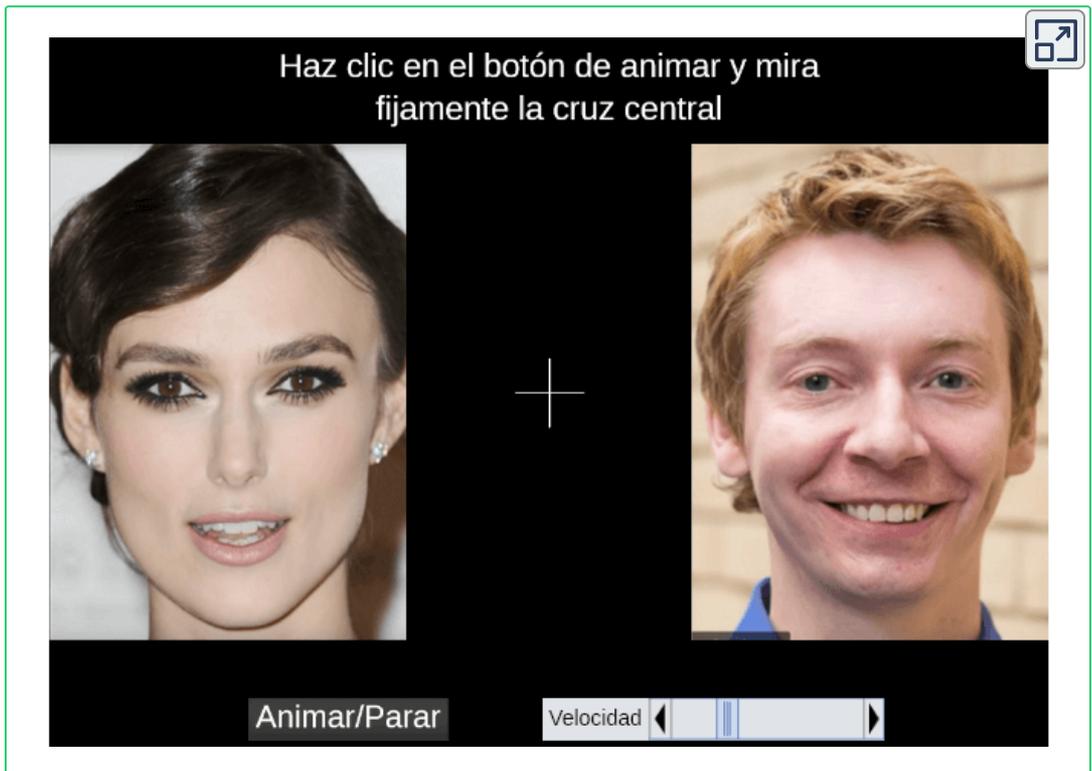


© Gianni A. Sarcone, www.giannisarcone.com – All rights reserved.

Obra artística de Gianni Sarcone, Courtney Smith y Marie-Jo Waeber (Archimedes Lab™ Project, Italia). El espectador (persona de prueba) ve una imagen que representa una máscara veneciana y se le pregunta si nota algo especial en ella. Un número sorprendente no se da cuenta que las características principales de la máscara están compuestas por dos caras distintas: un hombre y una mujer que se besan (<http://illusionoftheyear.com>).

4.11 The Flashed Face Distortion Effect. Segundo puesto 2012

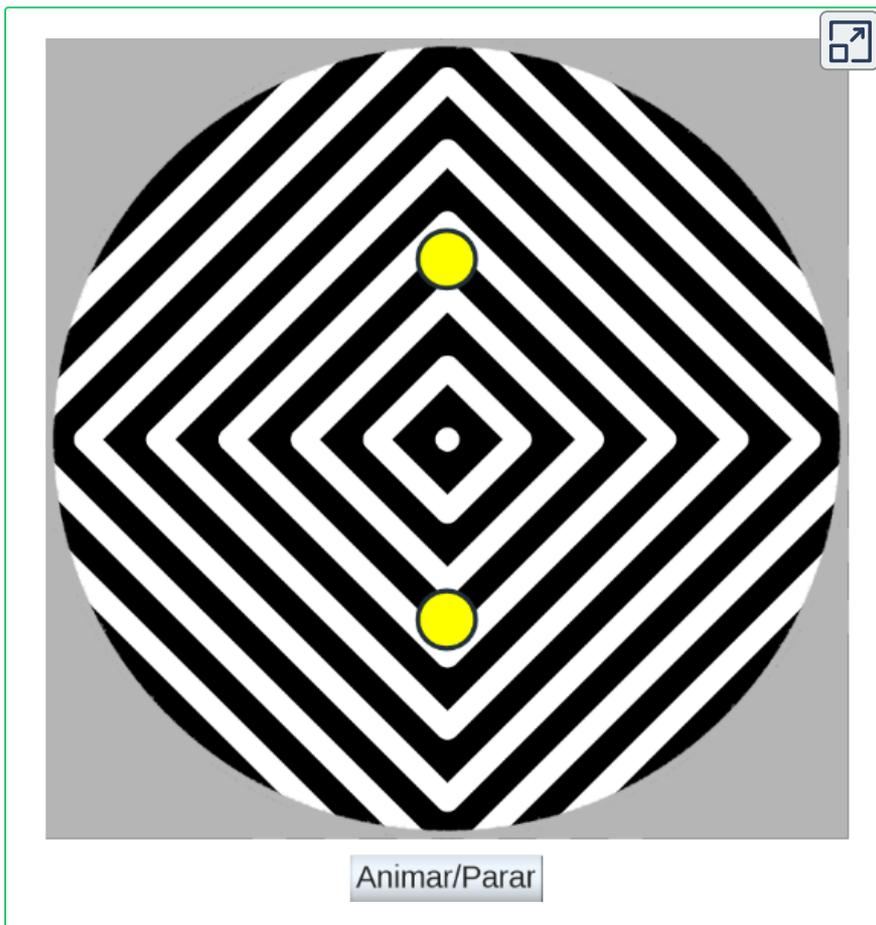
En la siguiente escena interactiva se genera la ilusión de caras distorsionadas. El efecto, según sus autores, depende de las caras que se contraponen, por ello, en algunos casos, no se percibirá distorsión significativa (véase <http://mbthompson.com/research/> o <http://illusionoftheyear.com/2012/>, para más información).



4.12 *The colored dot/peripheral vs. central vision.* Finalista 2012

En esta ilusión, diseñada por Stuart Anstis, los discos se mueven a lo largo de caminos horizontales rectos, pero "míralo en la visión periférica: desvía la vista, viendo la película con el rabillo del ojo. Los caminos de los discos parecen ir en la dirección de las franjas de fondo" (<http://illusionoftheyear.com>).

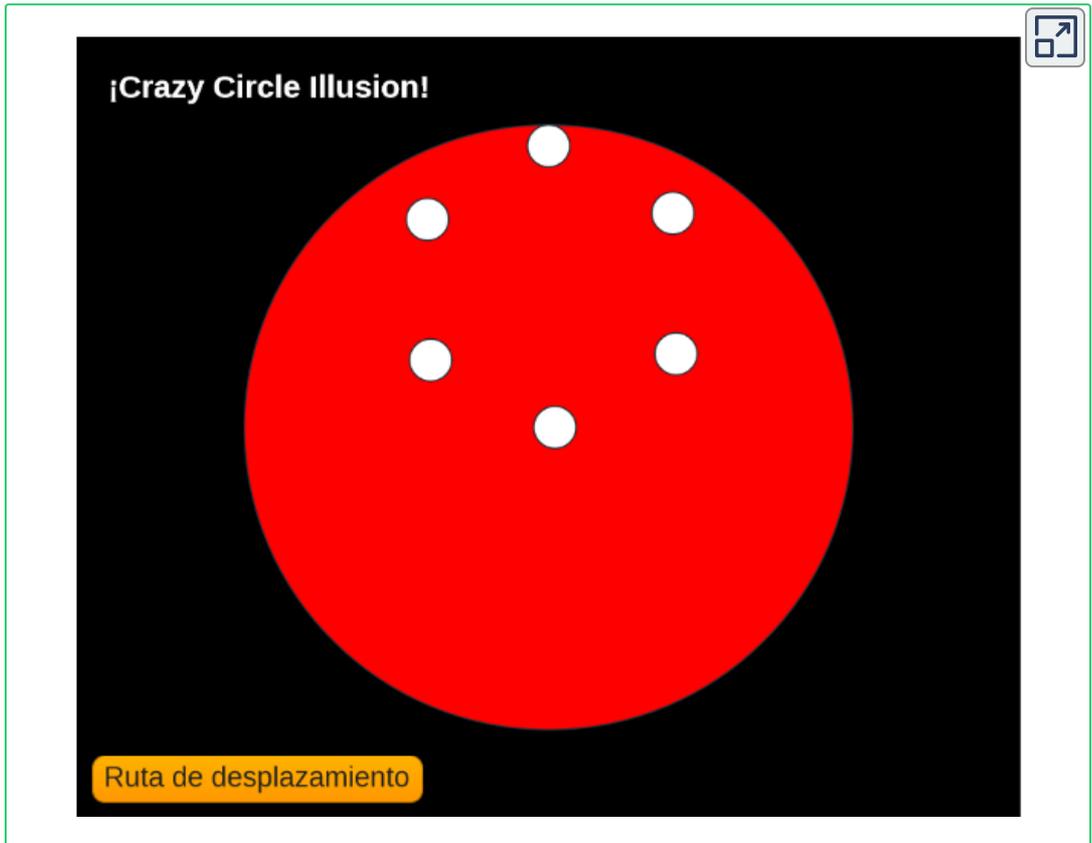
Hemos replicado la ilusión con el editor DescartesJS:



4.13 *Tusi or not Tusi*. Segundo puesto 2013

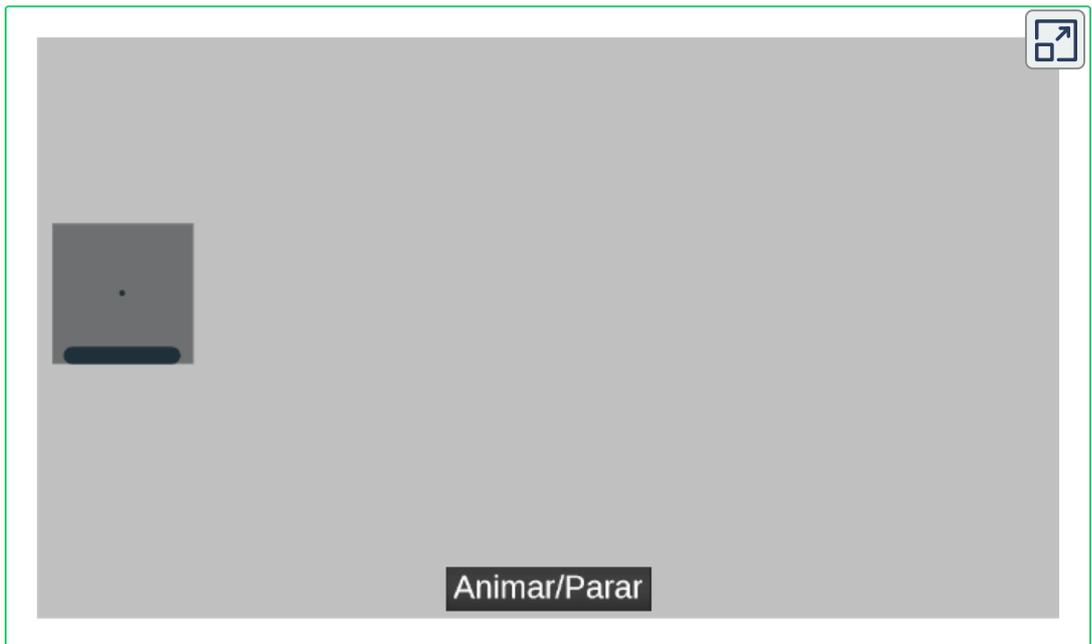
Sus autores, Arthur Shapiro y Alex Rose-Henig, la denominaron "Movimiento Tusi"; sin embargo, se hizo popular con el nombre "*Crazy circle illusion*" (Ilusión del círculo loco).

Ya habíamos presentado una versión al final del capítulo I, observa otra versión diseñada con el editor DescartesJS.



4.14 *Dynamic Size Contrast Illusion*. Finalista 2013

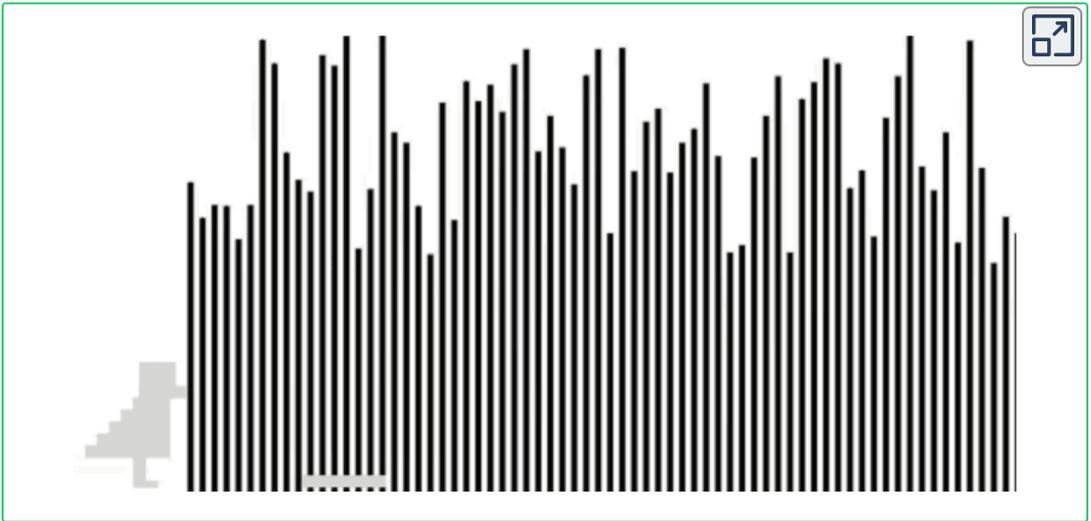
Esta ilusión óptica fue diseñada por Gideon Caplovitz y Ryan Mruczek de la universidad de Nevada (Reno) y del Swarthmore College respectivamente. En la ilusión el tamaño de un objeto (el segmento) en movimiento parece encogerse cuando el fondo crece, y parece agrandarse cuando el fondo se está reduciendo.



4.15 Pigeon-Neck Illusion. Finalista 2014

Ilusión diseñada por Jun Ono, Akiyasu Tomoeda y Kokichi Sugihara de la Universidad de Meiji (Japón).

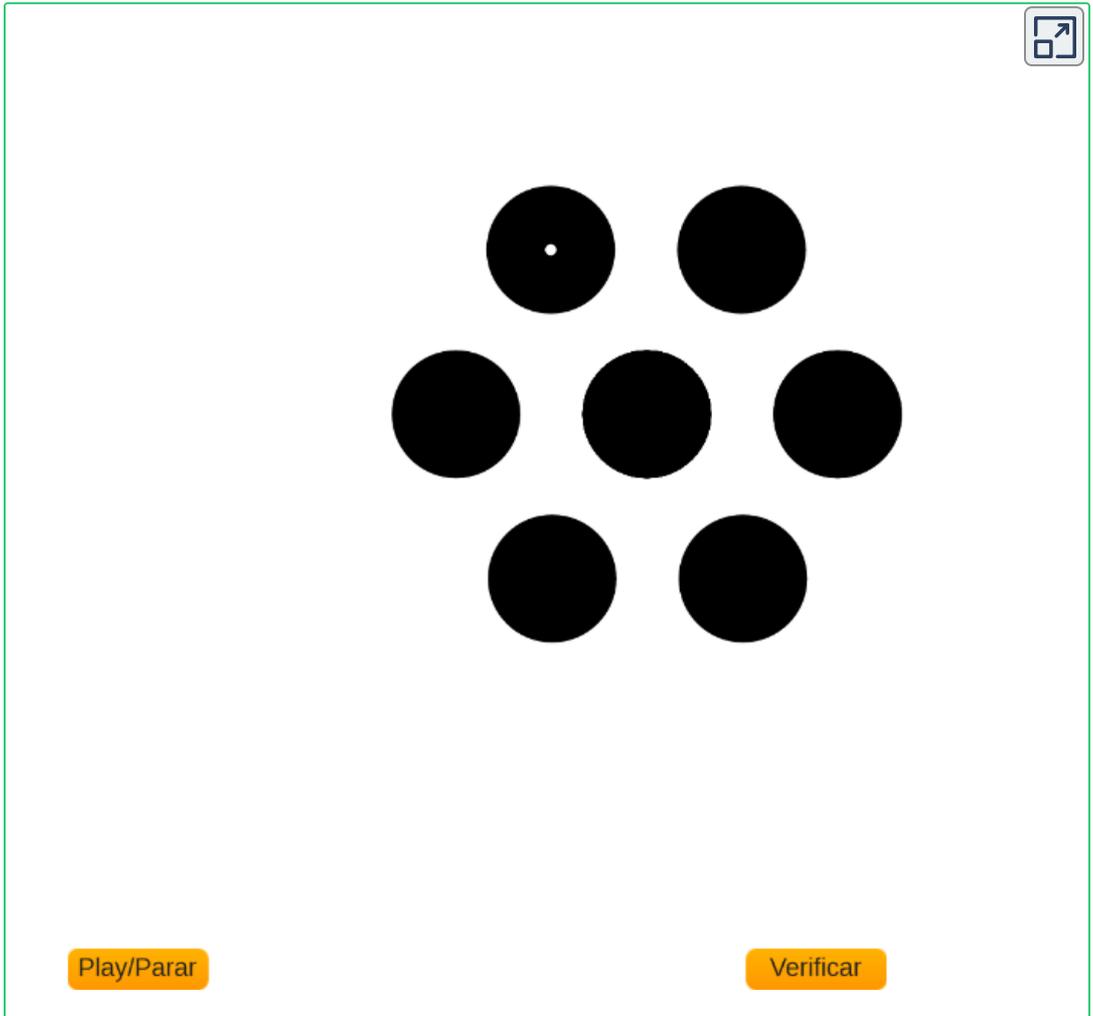
Analiza qué efectos se producen en los cuellos de las palomas (Pigeon-Neck) ¿Cómo es el movimiento ilusorio?



4.16 The Dynamic Ebbinghaus. Primer puesto 2014

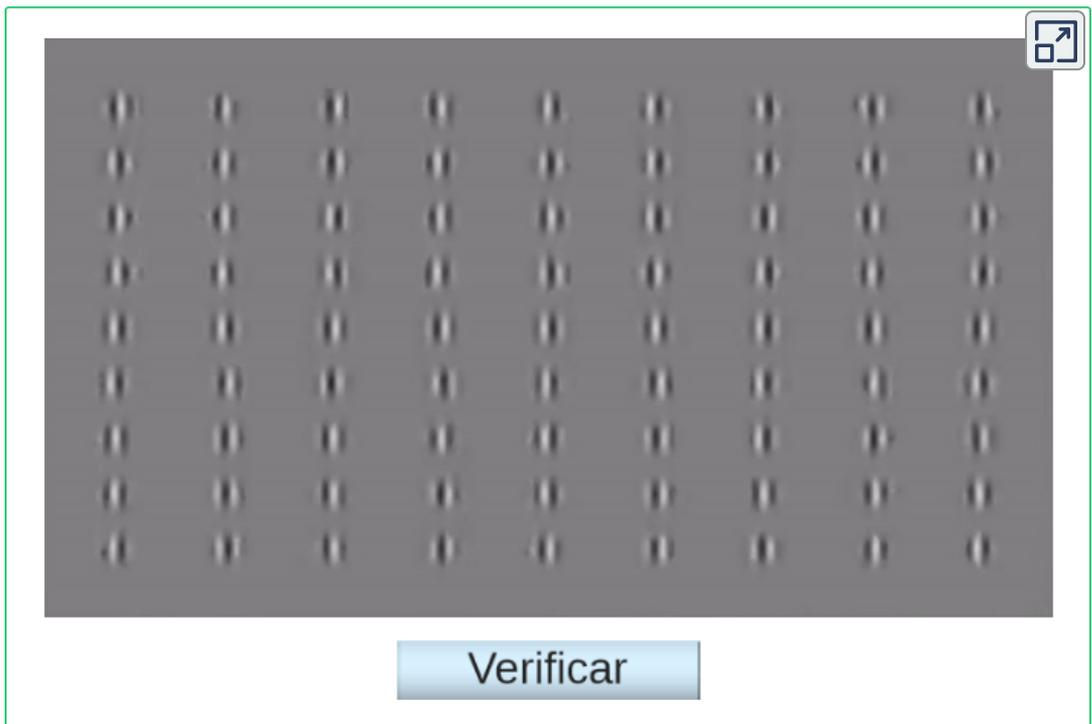
La ilusión de Ebbinghaus (ver apartado 3.7.3) es rediseñada por Christopher D. Blair, Gideon P. Caplovitz y Ryan E.B. Mruzec de la Universidad de Nevada (USA), transformándola en una ilusión dinámica.

El círculo central parece cambiar de tamaño cuando está rodeado por un conjunto de círculos que crecen y se encogen con el tiempo. Para un efecto más fuerte, observa el punto blanco durante la animación. Hemos diseñado una versión con el editor DescartesJS:



4.17 *Motion Integration Unleashed*. Primer puesto 2016

Ilusión presentada por Mathew T. Harrison y Gideon P. Caplovitz, en la que se muestran configuraciones que dan lugar a percepciones de movimiento complejas. En la siguiente escena, sólo mostramos una parte de esta ilusión.

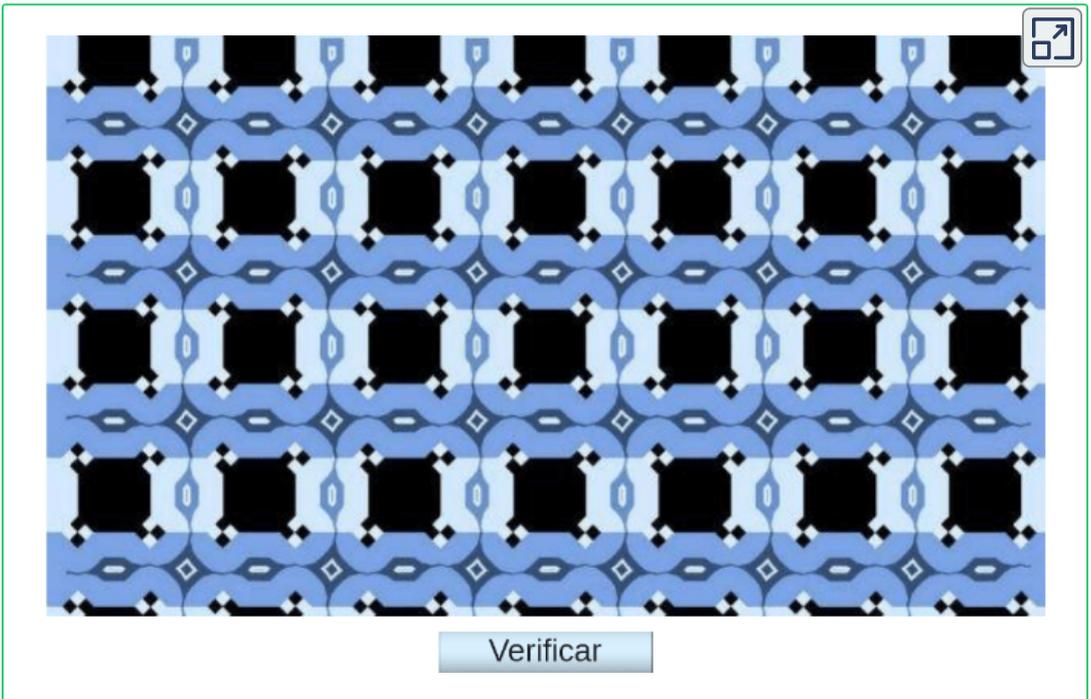


4.18 *Skye Blue Café Wall Illusion*. Segundo puesto 2017

Descripción del autor: ¿Las filas azul marino parecen inclinadas? ¡Sorpresa! Son completamente rectos y en filas paralelas. Las filas parecen inclinarse debido a los contrastes y variantes en luz y color,

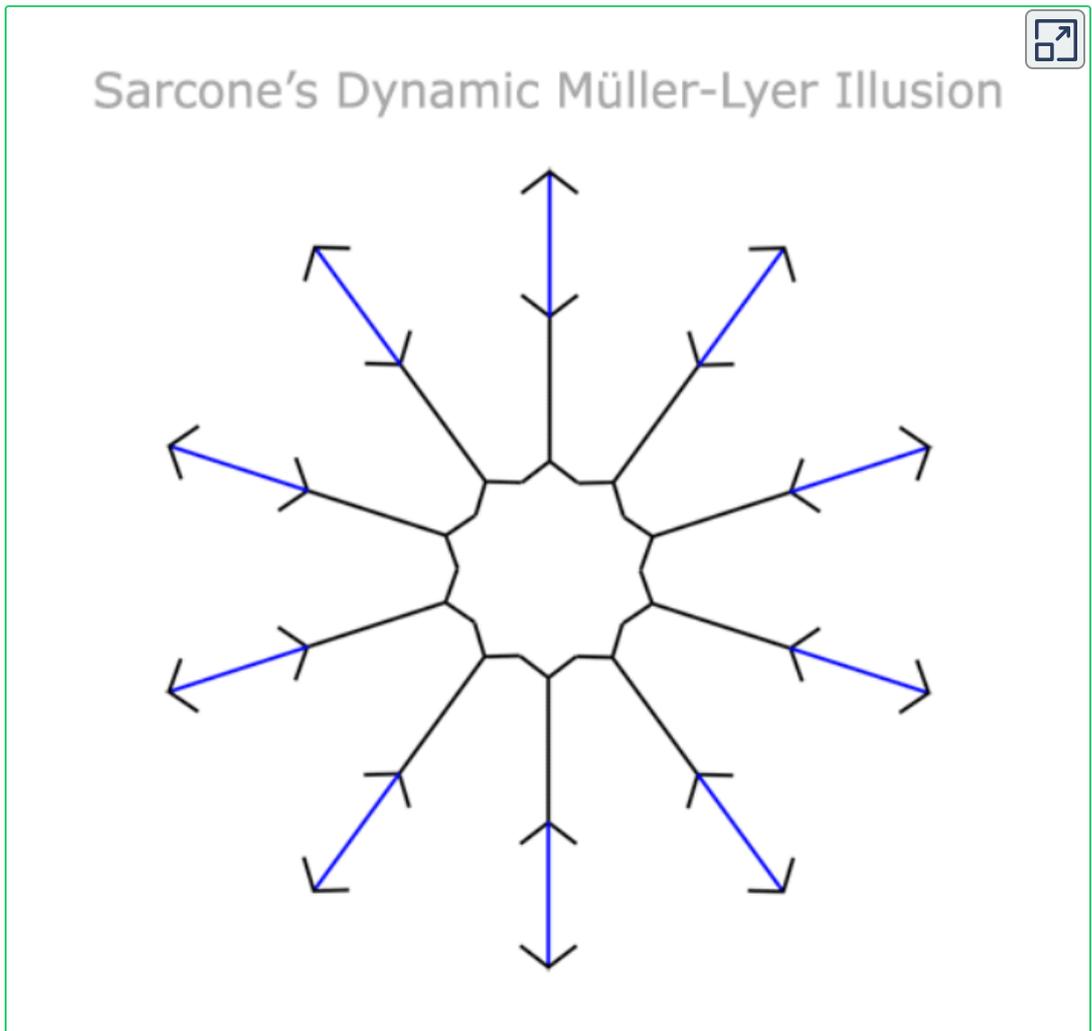
así como a los ángulos variables de los diamantes en las intersecciones.

Al difuminar la imagen se disipa la ilusión disolviendo los contrastes y los ángulos. El Skye Blue Café Wall es una adaptación de versiones previamente descubiertas. Richard Gregory hizo famoso el diseño original de la ilusión después de documentar la ilusión vista en un café de la pared de Bristol, Inglaterra. El profesor Akiyoshi Kitaoka ha creado múltiples versiones de la ilusión que incluyen los objetivos en contraste (<http://illusionoftheyear.com>). Esta ilusión fue diseñada por [Victoria Skye](http://www.victoriaskye.com) (USA).



© Victoria Skie, <http://www.victoriaskye.com> – All rights reserved.

4.19 Dynamic Müller-Lyer Illusion. Tercer puesto 2017



© Gianni A. Sarcone, www.giannisarcone.com – All rights reserved.
Esta ilusión fue presentada por Gianni A. Sarcone (Italia), el cual expresa que,

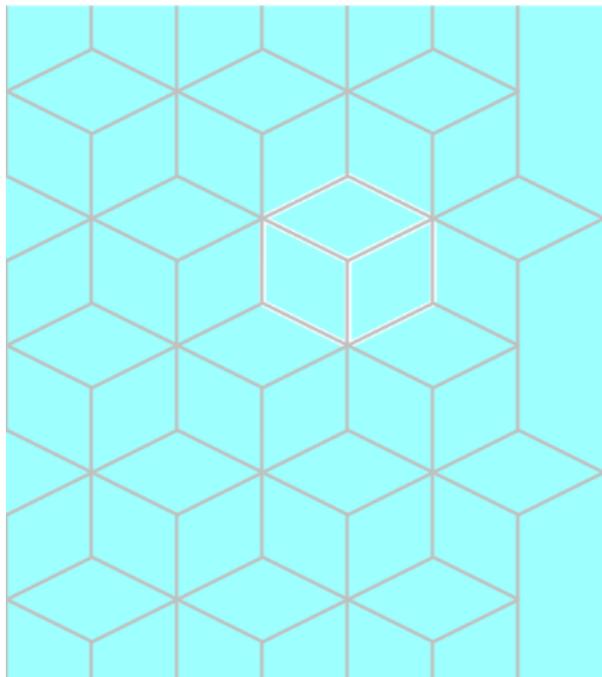
La ilusión de Müller-Lyer demuestra que un segmento puede aparecer visualmente más largo o más corto según el sentido de las puntas de flecha en sus extremos. Como se muestra en la animación, el punto rojo en el centro de la línea es equidistante de los otros dos puntos rojos, ¡aunque los extremos de la línea visualmente parecen estirarse y encogerse alternativamente como una banda elástica! (<http://illusionoftheyear.com>).

4.20 *White + Gray = Red*. Finalista 2018

Ilusión diseñada por Tama Kanematsu y Kowa Koida (Japón).

Esta ilusión induce a crear la apariencia de líneas rojas al colocar bordes blancos alrededor de las líneas grises sobre un fondo cian. Las líneas grises sin los bordes blancos no parecen rojas. Si no puedes ver la ilusión, aléjate de la pantalla hasta que las líneas blancas y grises sean apenas distinguibles, ya que la ilusión requiere líneas estrechas (<http://illusionoftheyear.com>).

Hemos replicado la ilusión con el editor DescartesJS. Observa bien la siguiente escena interactiva, para la cual recomendamos reducir su tamaño, bien sea alejándote de la pantalla o en la ventana emergente (botón ampliar) reducir el tamaño de la escena.



¿Hay un cubo de
color rojo?

¡Aléjate de la
pantalla y lo verás
mejor!

Verificar color

A close-up, grayscale photograph of a human eye, looking slightly to the right. The eye is the central focus, with the iris and pupil clearly visible. The surrounding skin and eyelashes are softly blurred. The image is set against a light gray background.

Capítulo V

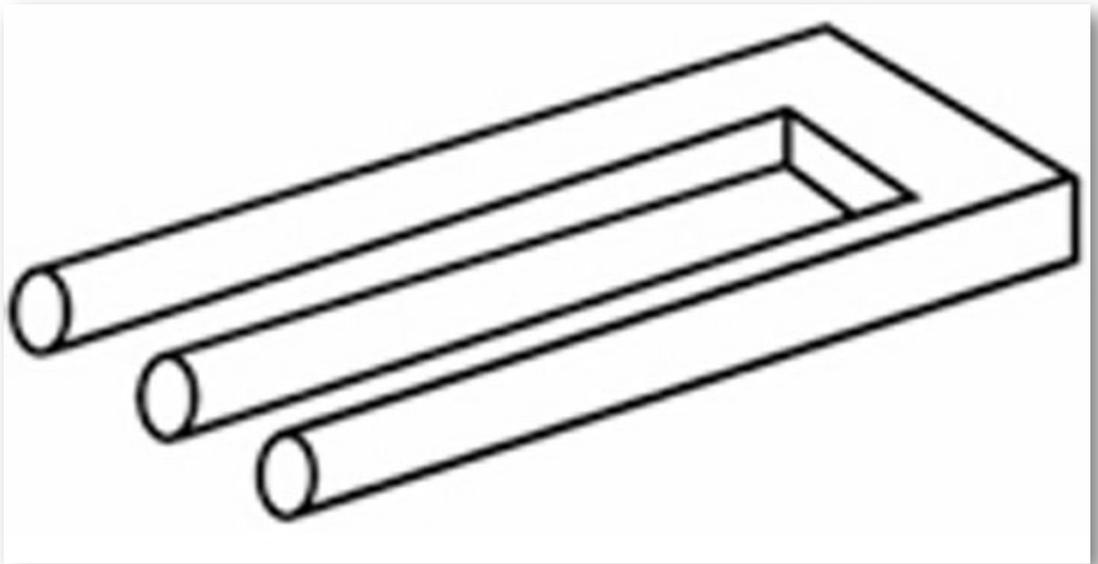
A graphic design featuring a white grid background. Overlaid on the grid are several concentric, semi-transparent circles that create a ripple effect. The circles are centered and expand outwards from the middle of the page.

Crescendo

Introducción

Una de las ventajas de los libros digitales es la posibilidad de ir creciendo gradualmente (*crescendo*); es decir, en investigaciones inacabadas o cuando la creatividad no se agota, el libro, también, es una obra inconclusa.

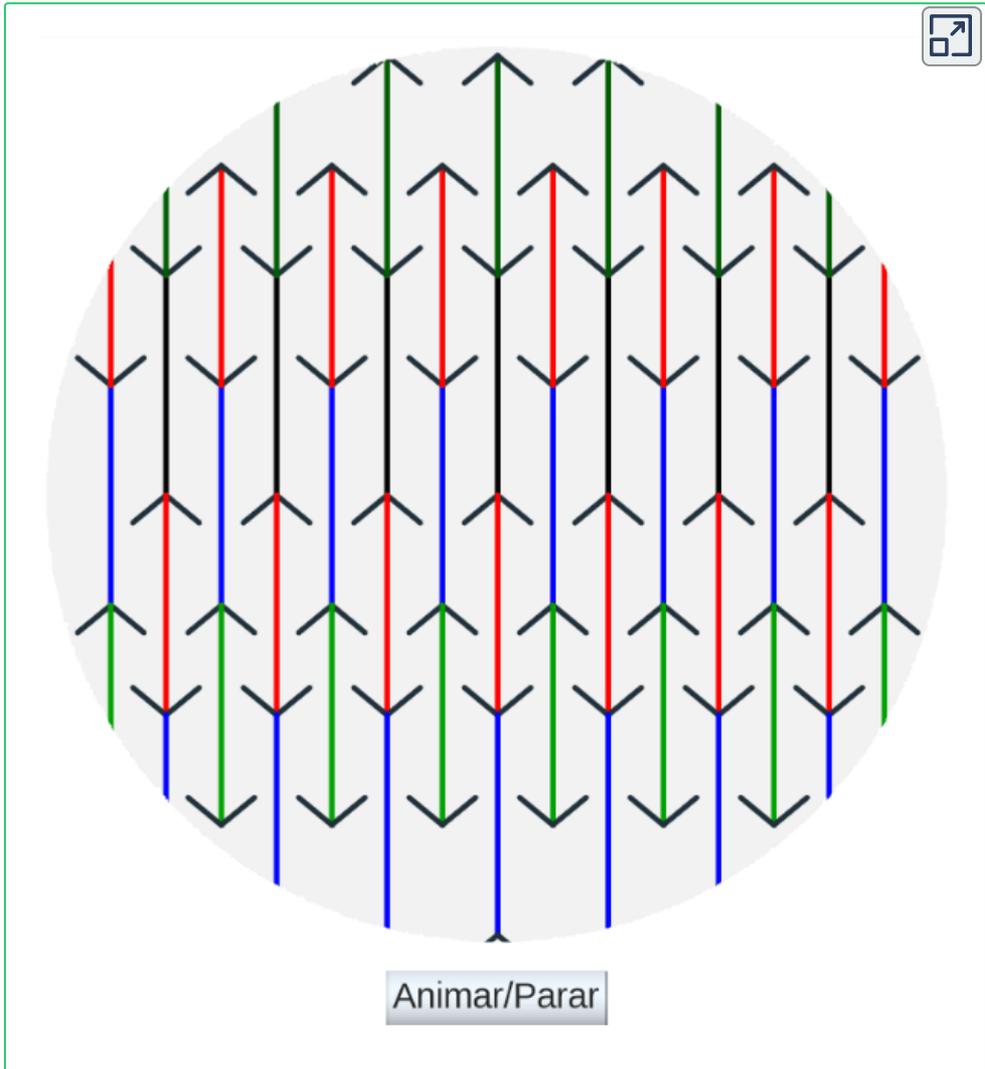
Año tras año surgen nuevas ideas que dan origen a nuevas ilusiones ópticas, por ello, hemos destinado este último capítulo a esas nuevas ilusiones o a otras de gran impacto que hallamos pasado por alto, como la ilusión del tridente imposible, que acompaña esta introducción.



Una de las ilusiones ópticas más famosas. Este objeto imposible, tiene dos dientes rectangulares en un extremo que se transforman en tres dientes cilíndricos en el otro. También se conoce como "El acertijo de Schuster".

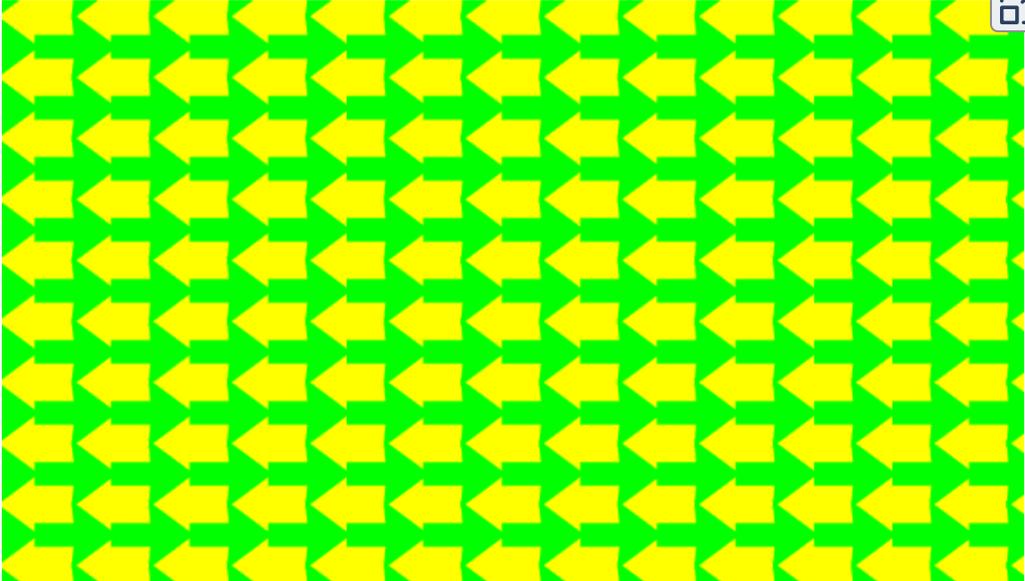
5.1 Otra ilusión de Müller-Lyer dinámica

Con el concepto dinámico de Gianni Sarcone se pueden crear muchas variantes atractivas y artísticas (véase www.giannisarcone.com), como la que hemos diseñado a partir de una sus ideas. Recuerda que los segmentos de color verticales siempre tienen la misma longitud.



5.2 Otra ilusión de ambigüedad

En esta escena se presenta el problema de la doble interpretación o ambigüedad que producen ciertas imágenes.



¿Qué camino debo seguir?... preguntó Alicia

Haz clic sobre la figura

5.3 Creatividad colombiana - la cocina oculta

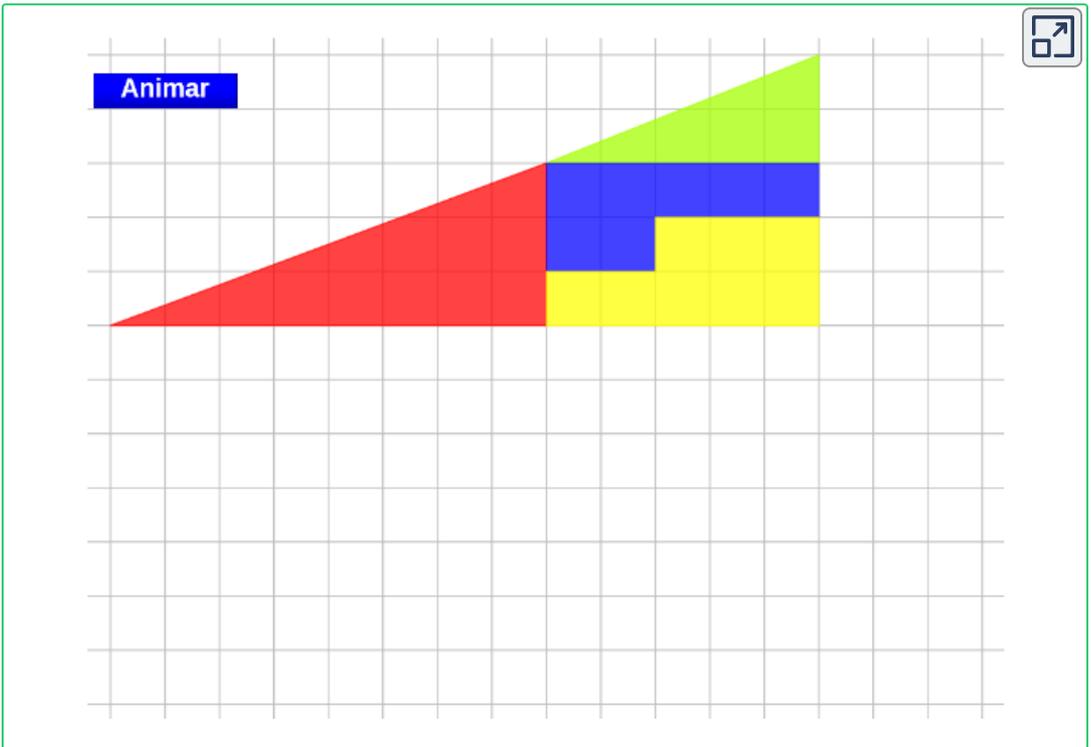
El creativo Felipe Salazar y la diseñadora gráfica Karen Castañeda sorprenden en un periódico con un anuncio para el supermercado HiperCentro Corona ¿Puedes ver una cocina "3D" en la siguiente página?



© Felipe Salazar Rodríguez (Director Creativo) y Karen Castañeda (Directora de Arte).
Agencia: Leo Burnett Colombiana

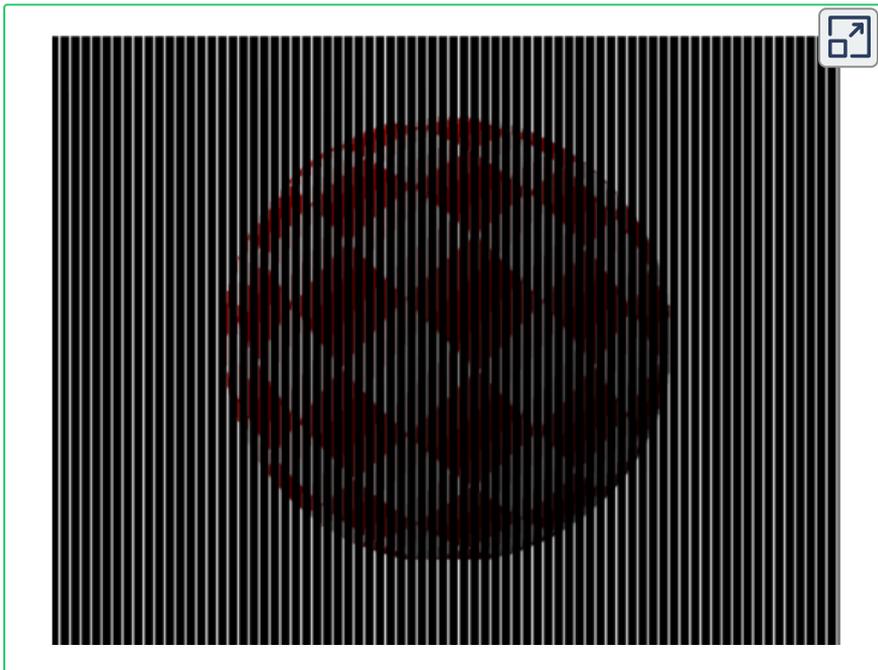
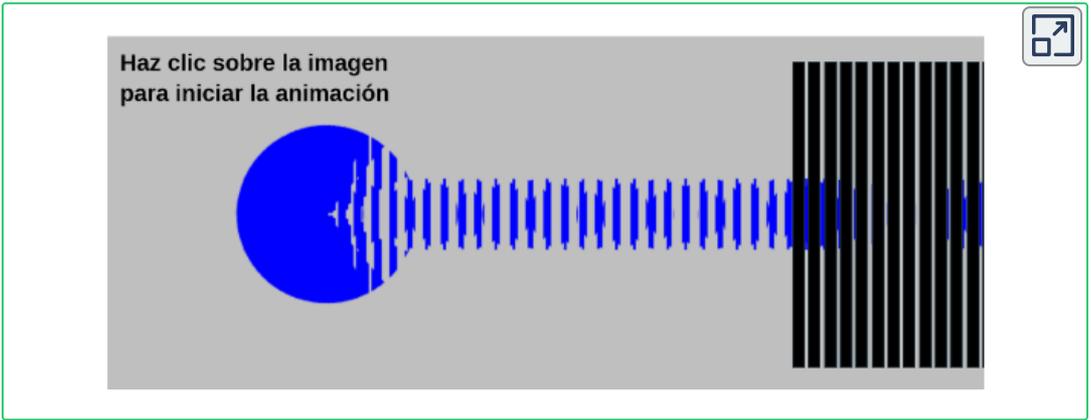
5.4 Paradoja de Curry

Esta ilusión, también llamada "la paradoja del cuadrado perdido", fue creada por Paul Curry en 1953. En la escena se muestran dos triángulos de iguales dimensiones, formados por cuatro piezas distribuidas de manera diferente... pero en uno de ellos falta un cuadrado ¿Cómo es posible que se pierda una región?



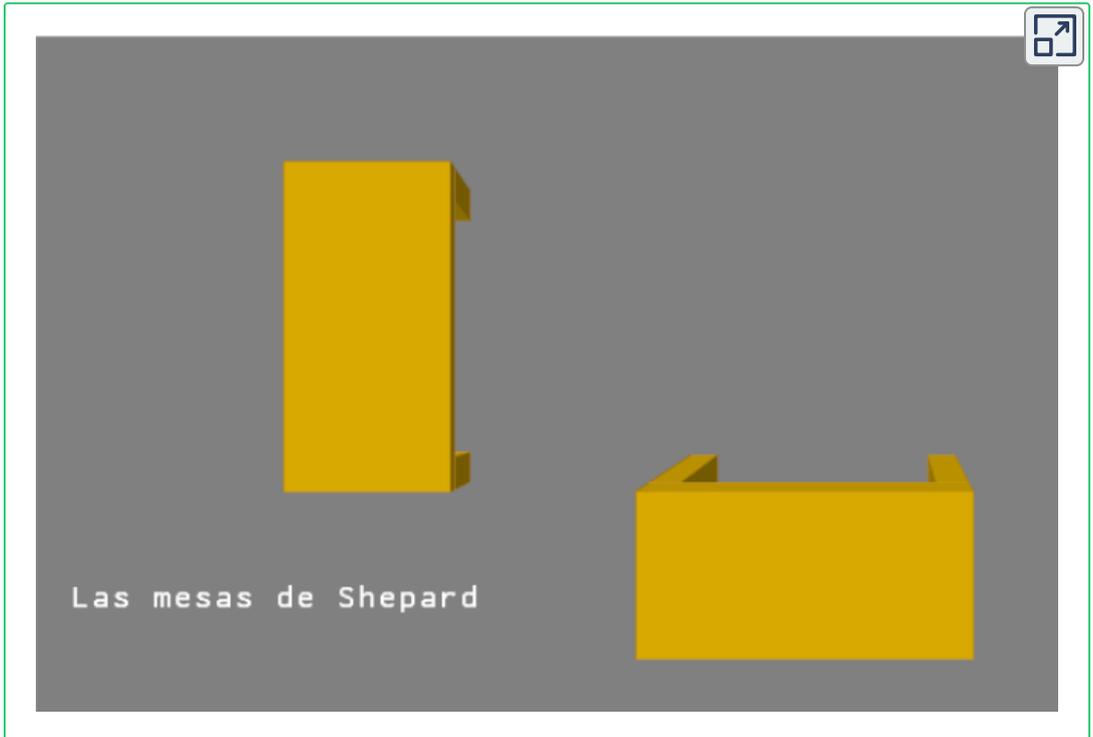
5.5 Scanimation

La técnica scanimation fue implementada por Rufus Butler Seder, que patentó en 1998 con el nombre de Kinetocard. El desplazamiento de la rejilla negra, permite crear un movimiento, como se muestran en las siguientes escenas.



5.6 Las mesas de Shepard

Esta ilusión enunciada por el científico cognitivo Roger Shepard muestra dos mesas en posiciones diferentes, aparentando que una es más larga y más delgada. En la siguiente escena interactiva, mueve las mesas con clic sostenido.



5.7 Arte callejero 3D

El arte callejero en 3D es una obra de arte bidimensional dibujada en la misma calle que nos muestra una ilusión óptica tridimensional, siempre que observemos desde una cierta perspectiva. Presentamos algunas obras en la siguiente escena.



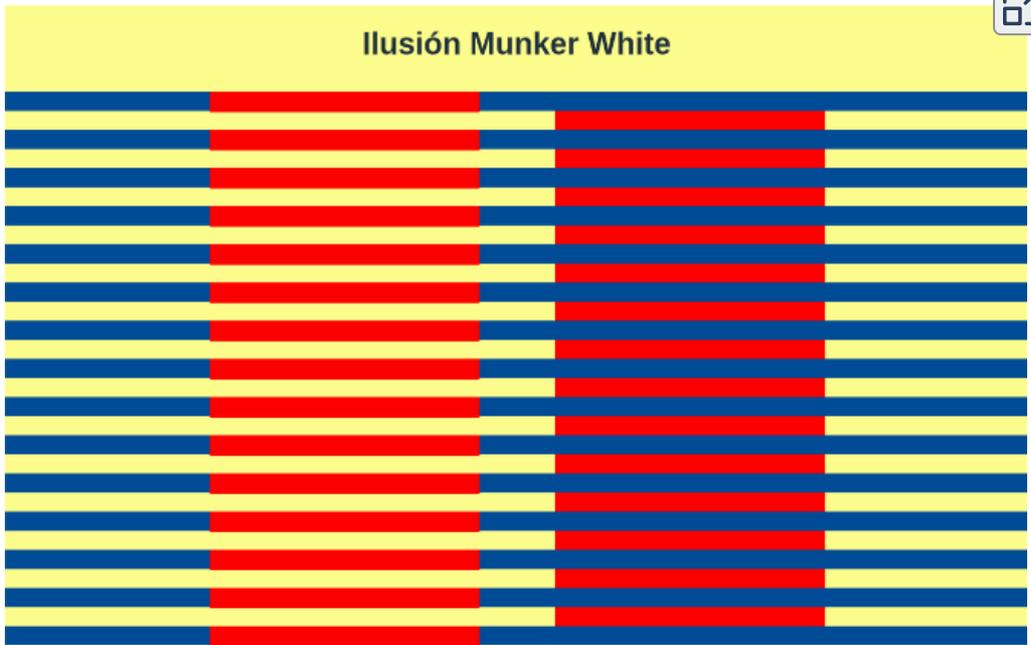
Caverna misteriosa (Edgar Mueller)



5.8 Ilusión Munker-White

Otra ilusión de contexto en el que el color de las franjas se desvía hacia las tonalidades del contexto en el que se encuentran las franjas. En la siguiente escena interactiva, cambia los colores y observa el efecto del contexto.

Ilusión Munker White



Animar/parar

La ilusión de Munker-White nos hace percibir más luminosidad en los tonos cuando están más cerca de colores claros que de oscuros.

Cambiar color

5.9 Mi esposa y mi suegra

Esta ilusión óptica es obra del caricaturista británico William Ely Hill y se clasifica en las ilusiones de percepción facial. Al observar la imagen se puede ver el rostro de una joven o el rostro de una mujer de edad.



Fuente: Wikimedia Commons

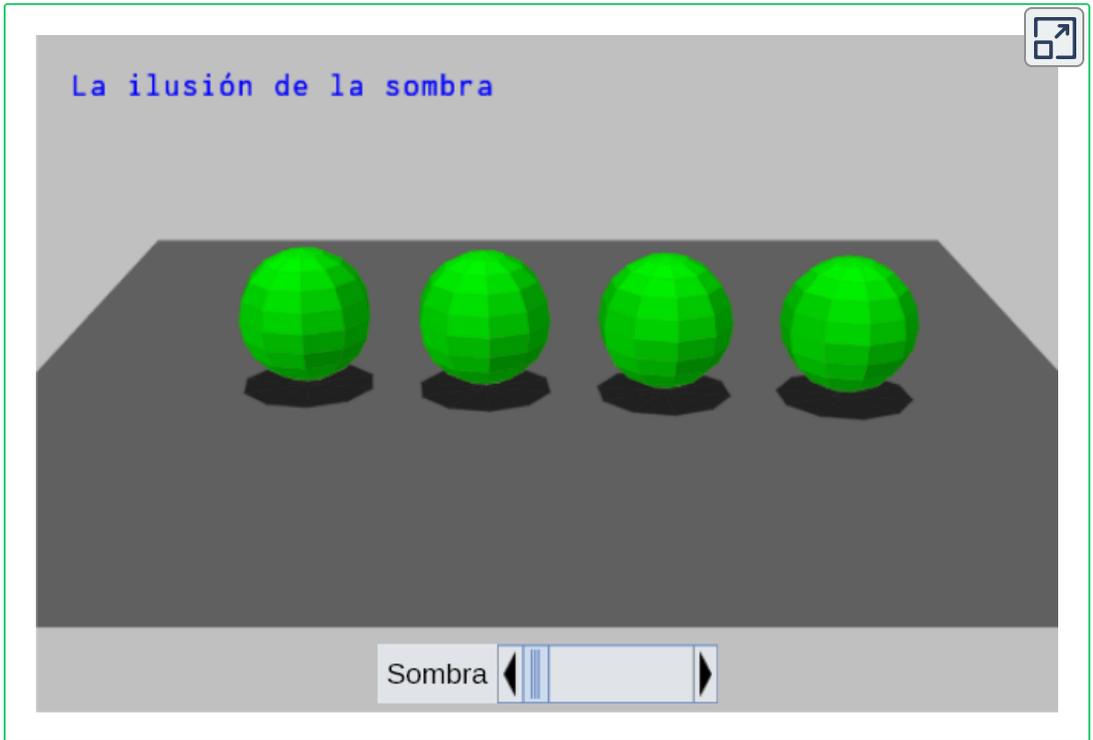
5.10 Sombras ilusorias

Ya habíamos presentado la ilusión generada por la sombra de un cilindro sobre un tablero de ajedrez, publicada por Adelson en 1995 (ver capítulo I - Introducción). Existen otras ilusiones ópticas que han suscitado un gran asombro por el grado de engaño que produce en nuestra percepción. Un primer ejemplo es la foto de George Steinmetz de 2005 que se convirtió en viral en las redes sociales, pues no es fácil identificar cuáles son los camellos y cuáles sus respectivas sombras.



Autor: George Steinmetz

En la siguiente escena interactiva puedes observar el efecto de las sombras sobre cuatro esferas. Usa la barra para modificar la posición de las sombras y con clic izquierdo sostenido mueve la imagen para verificar la existencia de la ilusión.



Cuando mueves la barra a la derecha, percibirás que las esferas de la derecha están mas altas que la superficie; sin embargo, al rotar la imagen se observa que han permanecido en el mismo punto.

Otra foto más reciente, titulada la alfombra voladora, genera una ilusión gracias a la sombra de una de las banderas izadas en la playa, pues la mujer parece estar flotando en el aire.



Fuente: imgur.com

5.11 Graffitis y arte urbano

El arte urbano o callejero trasciende a las espectaculares imágenes 3D, permitiendo transformar entornos en toda una obra de arte. Un primer ejemplo, de los miles de murales y graffitis existentes, lo vemos en la siguiente imagen que muestra la transformación que el artista portugués, Sergio Odeith, hace de un bloque de concreto en un autobús.



En las siguiente escena puedes observar una pequeña muestra de este arte callejero (la imágenes fueron tomadas de [DevianArt](#)). Pero, si estás conectado a la red y quieres disfrutar de más de 100 verdaderas obras de arte, visita: [Información Imágenes](#).



¿Existe el tunel?





Bibliografía



Bibliografía

- [1] Arrieta, M., 2006. La capacidad espacial en la educación matemática: estructura y medida. *Educación matemática*, 18 (1), pp. 99-132.
- [2] Baars, B.J., 1997. In the theatre of consciousness: global workspace theory, a rigorous scientific theory of consciousness. *Journal of Consciousness Studies*, 4 (4), pp. 292-309.
- [3] Baars, B.J., 2003. Treating consciousness as a variable: the fading taboo. En: B.J. Baars, B.J. Banks & J.B. Newman, eds. 2003. *Essential sources in the scientific study of consciousness*. Cambridge: The MIT Press, pp. 1-14.
- [4] Ballesteros, S., 1993. Representaciones analógicas de percepción y memoria: imágenes, transformaciones mentales y representaciones estructurales. *Psicothema*, 5 (1), pp. 7-19.
- [5] Beakley, B. & Ludlow, P., 1992. *The philosophy of mind: classical problems/contemporary issues*. Cambridge: The MIT Press.
- [6] Bodner, G.M. & Guay, R.B., 1997. The purdue visualization of rotations test. *The chemical educator*, 2 (4), pp. 1-17.
- [7] Borst, G. & Kosslyn, S.M., 2008. Visual mental imagery and visual perception: structural equivalence revealed by scanning processes. *Memory & Cognition*, 36 (4), pp. 849-862.
- [8] Botzer, G. & Reiner, M., 2005. Imagery in physics. En J.K. Gilbert, ed. 2007. *Visualization in science education. models and modeling in science education*. Dordrecht: Springer, pp. 147-168.
- [9] Carra, A., 2008. Imaginación y memoria de los sentidos. *Paperback*, 5, pp. 1-8.

- [10] Chalmers, D., French, R.M. & Hofstadter, D.R., 1991. High-level perception, representation, and analogy: a critique of artificial intelligence methodology. *Center for Research on Concepts and Cognition*, pp. 1-34.
- [11] Chalmers, D.J., 2004. How can we construct a science of consciousness? En: M.S. Gazzaniga, ed. 2004. *The new cognitive neurosciences III*. Cambridge: The MIT Press, pp. 1111-1120.
- [12] Churchland, P.M., 1984. *Materia y conciencia: introducción contemporánea a la filosofía de la mente*. Traducido por M.N. Mizraji. Barcelona: Gedisa, 1992.
- [13] Crane, T. & French, C., 2016. The Problem of Perception. En: Zalta, E. N., ed. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Metaphysics Research Lab, CSLI, Stanford University.
- [14] Crick, F. & Koch, C., 1990. Towards a neurobiological theory of consciousness. *seminars in the neurosciences*, 2, pp. 263-275.
- [15] Cubero, M., 2005. Un análisis cultural de los procesos perceptivos. *Anuario de Psicología* [Fecha de consulta: 17 de diciembre de 2018] Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=97017406002>> ISSN 0066-5126
- [16] Damasio, A.R., 1999. *The Feeling of what Happens: Body and Emotion in the Making of Consciousness*. New York: Harcourt Brace.
- [17] Davidson, D., 2004. *Problems of rationality*. Oxford: Oxford University Press.
- [18] Dennett, D.C., 1991. *Consciousness explained*. New York: Hachette Book Group USA.

- [19] Dennett, D.C., 1995a. Is perception the "leading edge" of memory? En: A. Spadafora, ed. 1995. *Iride: Luoghi della memoria e dell'oblio*. Spadafora, pp. 59-78.
- [20] Dennett, D.C., 1995b. *Darwin's dangerous idea: evolution and the meanings of life*. New York: Penguin books.
- [21] Dennett, D.C., 2006. *Breaking the spell: religion as a natural phenomenon*. New York: Penguin Group.
- [22] Edelman, G.M., 2003. Naturalizing consciousness: a theoretical framework. *PNAS*, 100 (9), pp. 5520-5524.
- [23] Edelman, G.M., 2004. Teoría y propiedades de la conciencia. *A Parte Rei*, 34, pp. 1-12.
- [24] Eisenberg, A.N., 1999. *An educational program for paper sculpture: A case study in the design of software to enhance children's spatial cognition*. Boulder: University of Colorado.
- [25] Eliot, J., 2000. *The nature and measurement of spatial intelligence*. University of Maryland.
- [26] García, A., 1995. Qualia: propiedades fenomenológicas. En: F. Broncano, ed 1995. *La mente humana*. Madrid: Trotta, pp. 359-383.
- [27] Garg, A., 1998. *Learning anatomy from rotating three dimensional virtual models*. Ontario: Bell & Howell Information and Learning.
- [28] Gregory, R. & Heard, P., 1979. Border locking and the Café Wall illusion. *Perception*, 8, pp. 365-380.

- [29] Guttman, R., Epstein, E.E., Amir, M. & Guttman, L., 1990. A structural theory of spatial abilities. *Applied Psychological Measurement*, 14 (3), pp. 217-236.
- [30] Güven, B. & Kosa, T., 2008. The effect of dynamic geometry software on student mathematics teacher's spatial visualization skills. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 7 (4), pp. 1303-6521.
- [31] Harnad, S., 1993. Exorcizing the ghost of mental imagery. *Computational Intelligence*, 9 (4), pp. 337-339.
- [32] Hegarty, M. & Waller, D., 2004. A dissociation between mental rotation and perspective-taking spatial abilities. *Intelligence*, 32, pp. 175-191.
- [33] Hume, D., 1738. *A treatise of human nature*. Disponible en: <http://www.philosophia.cl/> [Consultado el 23 de marzo de 2008].
- [34] James, W. 1890. *The principles of psychology, Volume I & II*. New York: Cosimo, Inc., 2007.
- [35] Kahneman, D., 2002. *Maps of bounded rationality: a perspective on intuitive judgment and choice*. Disponible en: <http://nobelprize.org> [Consultado el 30 de noviembre de 2005].
- [36] Kahneman, D. & Novemsky, N., 2005. The boundaries of loss aversion. *Journal of Marketing Research*, 42, pp. 119-128.
- [37] Kitaoka, A., Kuriki, I., Ashida, H. & Murakami, I., 2008. Functional brain imaging of the Rotating Snakes illusion by fMRI. *Journal of Vision*, 8(10), pp. 1-10

- [38] Kosslyn, S.M., 1975. Information representation in visual images. *Cognitive Psychology*, 7, pp. 314-370.
- [39] Kosslyn, S.M., 1996. *Image and brain: the resolution of the imagery debate*. Cambridge: The MIT Press.
- [40] Kosslyn, S.M., 2005. Mental images and the brain. *Cognitive neuropsychology*, 22 (3), pp. 333-347.
- [41] Kubovy, M., Epstein, W., & Gepshtein, S., 2013. Visual Perception: Theoretical and Methodological Foundations. En A. F. Healy, R. W. Proctor, & I. B. Weiner (Eds.), *Handbook of psychology: Experimental psychology*, pp. 85-119. Hoboken, NJ, US: John Wiley & Sons Inc.
- [42] Llinás, R. & Paré, D., 2003. Commentary: of dreaming and wakefulness. En: B.J. Baars, B.J. Banks & J.B. Newman, eds. 2003. *Essential sources in the scientific study of consciousness*. Cambridge: The MIT Press, pp. 965-985.
- [43] Lohman, D.F., 1979. *Spatial ability: a review and reanalysis of the correlational literature*. Technical Report, Stanford University.
- [44] Martínez-Conde, S., Pérez, M. & Martínez, L., 2005. Flipar en colores. *Quo*, 118, pp. 110-115.
- [45] OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico), 2006. *PISA 2006: Marco de la evaluación. Conocimientos y habilidades en Ciencias, Matemáticas y Lectura*. Disponible en: <http://www.pisa.oecd.org/> [Consultado el 2 de abril de 2008].

- [46] Penrose, R., 1989. *La mente nueva del emperador. En torno a la cibernética, la mente y las leyes de la física*. Traducción de J. J. García. México: Fondo de Cultura Económica, 1996.
- [47] Pinker, S., 2002. *La tabla rasa. La negación moderna de la naturaleza humana*. Traducción de R. F. Escolà. Barcelona: Paidós, 2003.
- [48] Prieto, G., Carro, J., Orgaz, B. & Pulido, R., 1993. Análisis cognitivo de un test informatizado de visualización espacial. *PsicoTeham*, 5 (2), pp. 293-301.
- [49] Pylyshyn, Z.W., 2002. *Mental imagery: in search of a theory*. Disponible en: <http://ruccs.rutgers.edu/pub/papers/zpimagery.pdf> [Consultado el 4 de abril de 2008].
- [50] Pylyshyn, Z.W., 2003. *Seeing and visualizing: it's not what you think*. Cambridge: The MIT Press.
- [51] Pylyshyn, Z.W. & Annan, V., 2006. Dynamics of target selection in Multiple Object Tracking (MOT). *Spatial Vision*, 19 (6), pp. 485-504.
- [52] Ramsey, F.P., 1926. *Truth and probability*. En: D.H. Mellor, ed. 1990. *Philosophical papers*. New York: Cambridge University Press, pp. 52-94.
- [53] Richter, W., Ugurbil, K., Georgopoulos, A. & Kim, S.G., 1997. Time-resolved fMRI of mental rotation. *NeuroReport*, 8, pp. 3697-3702.
- [54] Ramachandran, V. & Ramachandran, D., 2008. Paradoxical Perceptions: How does the brain sort out contradictory images?. *Scientific American Reports*, 18 (2), pp. 70-73.

- [55] Russell, B., 1910. *Ensayos filosóficos*. Traducción de J. R. Capella. Barcelona: Altaya, 1993.
- [56] Shepard, R. & Metzler, J., 1971. Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, 171 (3972), pp. 701-703.
- [57] Shepard, R. & Metzler, J., 1992. Mental rotation of three-dimensional objects. En: B. Beakley & P. Ludlow, eds. 1992. *The philosophy of mind: classical problems/contemporary issues*. Cambridge: The MIT Press, pp. 217-221.
- [58] Shepard, J.M., Kho, S., Chen, J. & Kosslyn, S.M., 2006. MiniCog: a method for administering psychological tests and experiments on a handheld personal digital assistant. *Behavior Research Methods*, 38 (4), pp. 648-655.
- [59] Shiffrar, M. & Pavel, M., 1990. Percepts of Rigid Motion Within and Across Apertures. *Journal of Experimental Psychology*, 17 (3), pp. 749-761.
- [60] Tononi, G. & Edelman, G.M. (2003). Consciousness and Complexity. En: B.J. Baars, W.P. Banks & J.B. Newman, eds. 2003. *Essential sources in the scientific study of consciousness*. Cambridge: The MIT Press, pp. 993-1005.
- [61] Tversky, B., 2004. Visuospatial reasoning. En: K. Holyoak & R. Morrison, eds. 2004. *The cambridge handbook of thinking and reasoning*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 209-240.
- [62] Wexler, M., Kosslyn, S.M. & Berthoz, A., 1998. Motor processes in mental rotation. *Cognition*, 68, pp. 77-94.
- [63] Wittgenstein, L. 1953b. *Philosophical investigations*. Traducción de G. E. Anscombe. Oxford: asil Blackwell Ltd, 1983.

