

**ORIENTACIÓN**

---

**GRAVITACIONAL**

---

**DEL CUERPO**

---

**Y PERCEPCIÓN**

---

**VISUAL:**

DE LA INTEGRACIÓN MULTIMODAL SENSORIAL A LA CONFIGURACIÓN  
PERCEPTUAL DE ESTÍMULOS BIESTABLES

---

# GUILLERMO ANDRÉS RODRÍGUEZ MARTÍNEZ\*

---

\* **Candidato a Doctor en Psicología, Universidad de San Buenaventura de Medellín**  
Magíster en Mercadeo Agroindustrial, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano  
Profesor Asociado II Escuela de Publicidad, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano  
guillermo.rodriguez@utadeo.edu.co

**Sugerencia de citación:** Rodríguez Martínez, Guillermo Andrés. "Orientación gravitacional del cuerpo y percepción visual: de la integración multimodal sensorial a la configuración perceptual de estímulos biestables", *La Tadeo DeArte*, 2(2016): 32-45, doi: <http://dx.doi.org/10.21789/24223158.1165>

---

# RESUMEN

**ALGUNOS ESTUDIOS HAN DEMOSTRADO** que la posición del cuerpo humano influye en la percepción visual. De alguna manera, desde que por procesos evolutivos la percepción involucró aspectos propios de la gravedad, el ser humano pudo desarrollar un modelo interno multimodal sensorial y cognitivo referido a esta fuerza física. Dicho modelo está muy estrechamente ligado a la percepción visual, de modo que la percepción de las imágenes que aceptan dos posibles configuraciones perceptuales (llamadas imágenes biestables) se puede ver influenciada por la información que provee el sistema vestibular. En ese sentido, la orientación gravitacional del cuerpo humano debe ser estimada cuando un observador se enfrenta al proceso de decodificación de un estímulo visual. La percepción biestable está relacionada con habilidades cognitivas, en razón a que este tipo de percepción requiere de un procesamiento central que normalmente involucra las áreas prefrontal y parietal del cerebro humano. Este hecho puede ejercer una influencia en los saltos o cambios de configuración perceptual que se pueden manifestar, entendiendo que el estímulo biestable involucra dos posibles interpretaciones. El concepto de reversibilidad perceptual se hace presente cuando el observador experimenta un cambio entre una configuración perceptual y otra. Así, el número de cambios entre un percepto y otro es el número de reversibilidades perceptuales. Estas alteraciones perceptuales, que normalmente ocurren cuando se observa una imagen biestable, pueden depender tanto de la intención del observador por hacer dichas alternancias como del tipo de imagen biestable o ambigua que está siendo observada.



PERCEPCIÓN DE ORIENTACIÓN



POSTURA CORPORAL

# PALABRAS CLAVE



POSICIÓN ESPACIAL



PERCEPCIÓN VISUAL



PERCEPCIÓN BIESTABLE

# INTRODUCCIÓN

## LA ORIENTACIÓN GRAVITACIONAL DEL CUERPO

humano hace referencia a la posición en la que una persona se encuentra con respecto al vector horizontal que es perpendicular a la línea recta imaginaria que traza un objeto sólido que se desplaza en caída libre en un medio que propicia una aceleración y un sentido de direccionalidad constante. Así, la orientación corporal que supone estar de pie se asume como una postura perpendicular al eje horizontal y paralela a la *up-direction*. Para que el ser humano pueda tener su propia percepción de orientación en el espacio, requiere de una serie de claves que van desde información puramente visual, hasta referencias tanto de tipo somatosensorial como de orden puramente gravitacional (estas últimas procesadas esencialmente por el sistema vestibular). Este procesamiento combinado de información se conoce como integración multimodal sensorial, puesto que diferentes sentidos captan información del mundo exterior para que posteriormente emerja una configuración perceptual de referenciación espacial, esto es, una toma de consciencia sobre dónde se está en relación con un espacio tridimensional.

Además de aportar en la toma de consciencia de la posición corporal con respecto al espacio observado, el flujo de información que ingresa por los ojos y que se convierte en realidad para el ser humano —una vez los centros de procesamiento visual del cerebro (lóbulo occipital) ejercen su función de producir perceptos— puede ser interpretado de maneras diferentes. Dicho de otra manera, la posición del cuerpo con respecto a un eje gravitacional incide en la percepción visual, sin perjuicio de que los *inputs* visuales aporten al mismo tiempo en la percepción

de ubicación y de espacialidad. Esta relación concomitante ha sido abordada por la ciencia, especialmente por la psicología y la psicofísica, esgrimiendo que la integración multimodal sensorial que conduce a la percepción de orientación impacta en la configuración de perceptos visuales, especialmente cuando el cuerpo está dispuesto en posiciones atípicas: boca-abajo, o alineado con respecto a la *up-direction*, pero con la cabeza apuntando al suelo y las piernas hacia el cénit.

En los dominios de las ciencias cognitivas y de la neuropsicología, la influencia de la posición del cuerpo sobre la percepción visual ha sido estudiada de manera empírica, de tal suerte que diferentes modelos explicativos de la configuración de perceptos han sido objeto de estudio, junto con la percepción biestable y el fenómeno de la reversibilidad perceptual. Toda imagen biestable admite reversibilidades perceptuales, puesto que su característica es la de poder ser interpretada en dos sentidos diferentes, por lo que cada posible percepto nunca se traslapa con otro, pero sí permite una alternancia; por eso, cuando se ve una imagen no se aprecia la otra.

En este texto se hace una explicación detallada sobre cómo la percepción de la orientación se funda sobre información somática y visual, en la que la integración multimodal de los sistemas vestibular (sentido del equilibrio), somatosensorial (sentido del tacto más sistemas propioceptivos y kinestésicos en general)<sup>1</sup> y visual, permiten que el ser humano tenga consciencia de su disposición física en el espacio. Así mismo, se ahonda en el fenómeno de la percepción biestable y en cómo la orientación gravitacional ejerce un efecto sobre esta.

## ORIENTACIÓN GRAVITACIONAL Y PROCESOS PERCEPTUALES

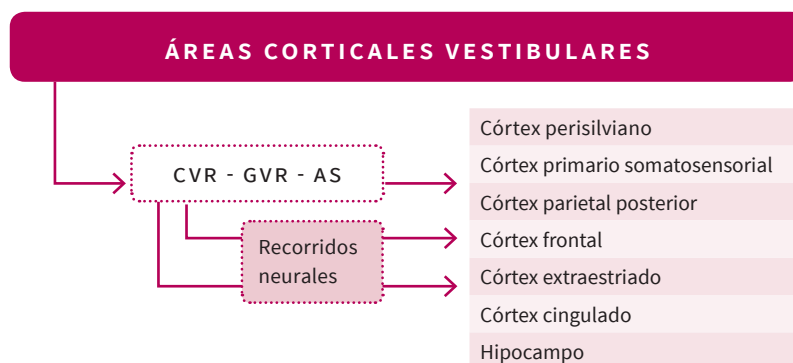
**DESDE EL PUNTO DE VISTA BIOLÓGICO**, la orientación redundante en los procesos perceptuales, puesto que la referencia que se tiene con respecto al contexto espacial produce un efecto en la configuración de perceptos (Bravo). Adicionalmente, circuitos particulares referidos a la percepción visual se activan cuando la percepción del equilibrio y la posición presentan alteraciones (tomando como referencia una línea base), lo cual evidencia una relación entre la información procesada desde el sistema vestibular y los movimientos oculares que pueden suponer la necesidad de hacer correcciones o ajustes perceptuales. Así, el reflejo vestibulo-ocular (*vestibular-ocular reflex, VOR*) da cuenta del fenómeno de la constancia perceptual, esto es, de un esfuerzo involuntario por conservar un percepto en un estado original cuando se presentan alteraciones en el estímulo proximal, siendo el distal constante.<sup>2</sup> Investigaciones sobre la correlación entre la información proveniente del sistema vestibular y el sistema perceptual visual han dado cuenta de diversas acciones de ajuste encaminadas a preservar la estabilidad de la imagen retiniana (Carlson). Dado que los sacos vestibulares responden a la fuerza de gravedad e informan a la zona del encéfalo sobre la orientación de la cabeza (Montserrat), se advierte un reconocimiento de la ubicación espacial, ello fundamentado en la función propia de los canales semicirculares del sistema vestibular. Siguiendo los tres planos principales de la cabeza (sagital, transversal y horizontal), dicho sistema ejerce además un control directo sobre el movimiento de los ojos, para compensar los movimientos repentinos de la cabeza.

La sensibilidad propioceptiva o gravitacional permite que el ser humano advierta una orientación biológica y ecológica, de modo tal que logre reconocer si está en posición vertical, horizontal, inversa, transversal, etc. La percepción referida a la orientación de los objetos percibidos ha sido ampliamente explicada por la *gestalt*, corriente psicológica que arguyó, con base en diversas pruebas psicológicas y cognitivas, que el mundo es percibido en referencia a una orientación espacial. Así, el universo visual contiene claves de información que provienen de un contexto espacial y de una ubicación-posición con respecto a ese espacio. En el marco de la *gestalt*, se postuló que la configuración perceptual de las figuras se produce con mayor facilidad en las orientaciones vertical y horizontal, mientras que estudios posteriores demostraron que la orientación gravitacional del cuerpo puede llegar a impedir la pregnancia de la figura. De hecho, estudios han revelado que el hecho de tener lesiones en el sistema vestibular que impliquen la pérdida del reflejo vestibulo-ocular conduce a tener dificultades para ver objetos mientras se está corriendo (los reportes sugieren que la configuración perceptual se hace borrosa como consecuencia de la ausencia de movimientos oculares que produzcan el ajuste propio del fenómeno de constancia perceptual).

La percepción de la ubicación en el espacio y el control de la orientación del cuerpo requieren que el sistema nervioso central detecte la aceleración gravitacional, de manera que se construya un modelo interno de la percepción de la gravedad (Angelaki et al.). El comportamiento humano en la Tierra supone una representación de la vertical y otra representación de una dirección que normalmente se conoce con el nombre de *up-direction* (Lopez, Bachofner et al.). La dirección vertical en la Tierra es fundamentalmente provista por la aceleración gravitacional, que a su vez da cuenta de la línea imaginaria que se traza desde el centro del planeta hacia su exterior, por la cual un objeto sólido se desplazaría como consecuencia de la fuerza de la gravedad.

Los conceptos de la vertical y de la *up-direction* son nociones espaciales elementales que trascienden las barreras de las diferencias semánticas propias de las culturas (Dehaene et al.). Investigaciones de corte psicológico han demostrado que la percepción de la vertical y de la *up-direction* se fundamenta en la integración multimodal de *inputs* venidos de los sistemas vestibular, somatosensorial y visual. Así, el sistema vestibular desempeña un papel crucial en lo que respecta a la percepción de la vertical (Lopez, Lacour, Ahmadi y otros), mientras que otra referencia importante que el organismo tiene para percibir la vertical y la *up-direction* es la referencia centro-corporal (*body-centered reference*), que

se basa en información somatosensorial proveniente de receptores distribuidos en los músculos, las articulaciones y la piel (Trousselard et al.). Así, las claves visuales se integran a la información procesada por diferentes centros sensoriales para establecer perceptualmente la orientación del cuerpo en condiciones de gravedad 1 (en adelante, G1).<sup>3</sup> En ese sentido, diversas áreas del cerebro se hallan implicadas en la percepción de la orientación, en la cual, más allá de la participación del córtex somatosensorial, intervienen también activaciones neurales propias de los córtex visual y auditivo, agregándose, además, y de manera importante, la vía dorsal, a la que llega información del córtex visual para sinaptar en áreas del lóbulo parietal. Ligado a lo anterior, hacen presencia dentro de la configuración perceptual de orientación diversas áreas del cerebro que, aunadas, darían cuenta del córtex vestibular, que en realidad se debe entender como una red neural paralela distribuida (Lopez). La figura 1 da cuenta de esta red paralela, identificada gracias a investigaciones en las que se usaron tres técnicas esenciales, a saber: estimulación calórica (*caloric vestibular stimulation, cvr*), estimulación galvánica (*galvanic vestibular stimulation, gvr*) y estimulación auditiva (*auditory stimulation, as*). Se destacan las áreas de los córtex perisilviano, primario somatosensorial, parietal posterior, frontal, extraestriado, cingulado e hipocampo (Lopez).

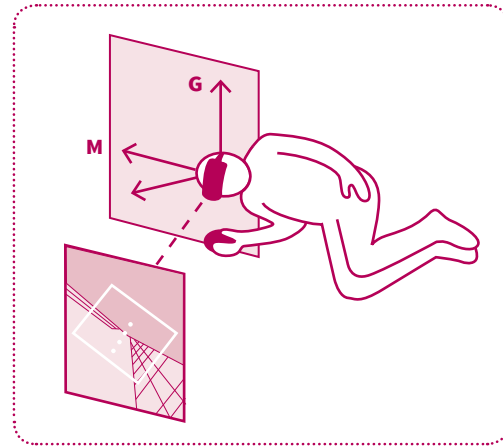


[ **Figura 1.** Áreas corticales vestibulares (red neural paralela distribuida). ]  
**Fuente:** elaboración propia a partir de los planteamientos de Lopez (308-310).

Conviene acá referir que el VOR puede tener un impacto en los tres tipos de movimientos oculares, esto es: los de vergencia (cuya finalidad es que la imagen del objeto se proyecte en la misma zona de ambas retinas); los sacádicos (movimientos bruscos y rápidos para hacer exploraciones de la zona visual); y en los de persecución (cuya función es mantener proyectada en la fóvea la imagen de un objeto en movimiento).

## EJE IDIOTRÓPICO Y EJE GRAVITACIONAL

**DE WINKEL ET AL.** (7-8), Lopez, Lacour, Léonard et al. (2436) y Mittelstaedt (272) afirman que la noción *up-direction* se entiende de acuerdo con «la referencia que tiene el eje idiotrópico con respecto al gravitacional». Fundamentalmente, el eje idiotrópico está marcado por la línea que emerge desde el punto más cenital de la cabeza y que se traza hacia afuera al proyectarse desde el centro de la cabeza. De esta forma, la dirección del vector idiotrópico es la misma *up-direction* cuando una persona está perfectamente erguida y sus ojos en la misma línea del horizonte. Debe entenderse que el eje gravitacional necesariamente es el vector que sigue la trayectoria opuesta a la caída de un objeto sólido desde las alturas en condiciones de  $G_1$ , sin perturbaciones en un medio atmosférico como el aire de la Tierra. En la figura 2, se aprecian las diferencias entre el vector idiotrópico (M) y el gravitacional (G).



[ Figura 2. Ejes idiotrópico y gravitacional. ]

Fuente: Janssen et al. (cit. en De Winkel et al. 8).

## ORIENTACIÓN GRAVITACIONAL Y REVERSIBILIDAD PERCEPTUAL

**LOS PROCESAMIENTOS PERCEPTUALES** de tipo *top-down* dan cuenta de la importancia de los conceptos dados por el informador y de los procesos cognitivos en la percepción de formas. A diferencia de los procesamientos perceptuales de tipo *bottom-up*, que recalcan la forma en que los receptores sensoriales registran los estímulos, los de tipo *top-down* suponen una interpretación de la sensación causada por el sistema *bottom-up*, la cual se establece por conocimientos previamente almacenados en la memoria, o por información que de manera adicional incursiona en el sistema perceptual, generando un eco interpretativo en el momento de definir semánticamente un percepto.

Como lo exponen Intaité et al., la percepción visual fácilmente puede entenderse como una función dinámica del cerebro modulada tanto por los procesamientos sensoriales básicos (*bottom-up*) como por referentes ajenos al estímulo distal que inciden en la interpretación del mismo (procesamiento de tipo *top-down*). Para el caso de las figuras biestables o ambiguas (llamadas así porque admiten diferentes configuraciones perceptuales, de manera tal que para dos posibles interpretaciones se alude

a biestabilidad perceptual y para más de dos a multiestabilidad perceptual), la reversibilidad, esto es, el salto de una configuración perceptual a otra, se ve modulada tanto por la manera en que el sistema sensorial capta el estímulo, como por referentes condicionantes de la interpretación del percepto. Así, factores como la adaptación y el contexto abonan en los procesos perceptuales, junto con las referencias de orden gravitacional que, como ya se dijo, son procesadas desde el sistema vestibular. El fenómeno de la reversibilidad perceptual es intrínseco a todas las imágenes biestables, independientemente de su tipo.

Long y Topino identificaron y tipificaron tres diferentes tipos de imágenes biestables: 1) las *in figure-ground reversals*, reconocibles porque un posible percepto está en el fondo de la imagen, mientras que el otro tiene saliencia con respecto al fondo (tómese como ejemplo la imagen conocida con el nombre de *The vase-face illusion*); 2) las imágenes *in perspective reversal*, para las que aparentemente el percepto cambia su orientación, su sentido perspectivo (el cubo de Necker); y, 3) las imágenes biestables *in meaning-content reversals*, concebidas

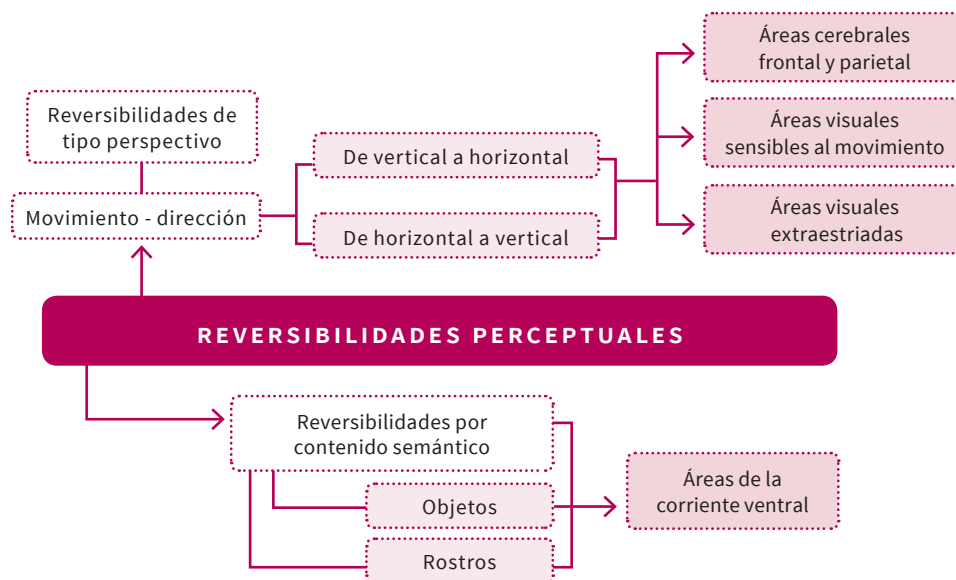


como imágenes que alternan dos perceptos a un mismo nivel de saliencia, de modo que cada uno de ellos es diferente en términos de forma y significado, como sucede en la imagen de Boring *My girlfriend or my mother-in-law*.

También se ha encontrado que la reversibilidad perceptual está relacionada con aspectos referidos a la manera en que se presentan las figuras biestables (o multiestables, según el caso), a direcciones en su movimiento cuando se refiere el fenómeno en el contexto de la agudeza visual dinámica, y también a variaciones en los bordes, color y textura. Como se había acotado, se habla de figuras biestables o ambiguas, puesto que el estímulo puede ser interpretado de dos maneras diferentes, de forma tal que esa ambigüedad da lugar al concepto de la reversibilidad perceptual, relacionado con la posibilidad de pasar de un percepto al otro (Eagleman; Fagard et al.). Dicho de otra manera, la reversibilidad perceptual se fundamenta en un *switching*, en el cual muchas veces el paso de una configuración perceptual a otra es totalmente involuntario, pese a que en un momento dado se pueden ejercer controles atencionales que direccionan la percepción. En ese orden de ideas, se habla de la presencia de la atención voluntaria y cómo ella puede ejercer un rol importante durante procesos de rivalidad binocular (Borisjuk, Chik y Kazanovich; Meng y Tong; Slotnick y Yantis; Hancock y Andrews). Más aún, apuntar que el abordaje científico de las dinámicas propias de la atención se ha fundamentado en el uso del fenómeno de la percepción multiestable, relacionado con la rivalidad binocular (Tong et al.; Blake y Fox). Al percibirse la imagen proyectada en una retina, la imagen proyectada en la otra retina es suprimida. La percepción alterna entre las dos imágenes a intervalos irregulares; ese fenómeno,

denominado rivalidad binocular (Brascamp et al.; Luna y Tudela), es una característica de la percepción que se puede apreciar a partir de la observación de imágenes biestables, proceso en el cual hace presencia el fenómeno de la dominancia perceptiva. Como soporte a esta idea, se han hallado correlatos neurales de la rivalidad binocular en las células del núcleo geniculado lateral; así mismo, se ha establecido que lesiones en esta zona del tálamo tienen serias repercusiones en la manifestación de las reversibilidades perceptuales. Como exponen Munar et al., «las neuronas del NGL parecen reflejar la dominancia perceptiva durante la rivalidad binocular» (67).

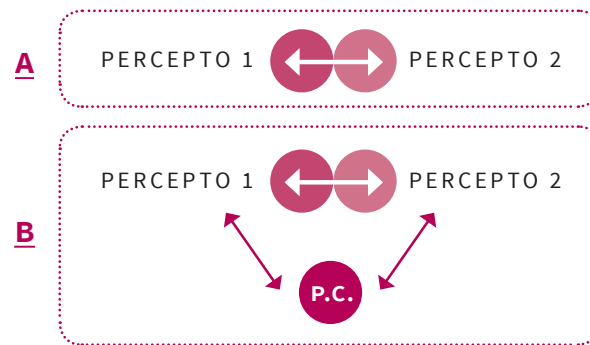
Por otra parte, considerando de manera específica la actividad neural manifestada durante la expresión de las reversibilidades perceptuales, Sterzer y Rees convienen en que, según diversas investigaciones realizadas con resonancia magnética funcional (fMRI), participan varias áreas corticales, dependiendo del tipo de imagen reversible o biestable observada. Así, para imágenes biestables de tipo perspectivo (como el cubo de Necker), o para imágenes biestables que admiten configuraciones perceptuales diversas en lo que respecta a percepción de sentido de orientación y movimiento (como la bailarina de Nobuyuki Kayahara), se observa actividad neural en áreas de los lóbulos frontal y parietal, en áreas visuales referidas al movimiento y en áreas del córtex visual extraestriado. Para reversibilidades perceptuales referidas a imágenes biestables de contenido semántico (como *My girlfriend or my mother-in-law*, de Boring) se registra importante actividad en áreas de la corriente ventral (vía lóbulo occipital a lóbulo temporal). A continuación, en la figura 3 se esquematizan estas diferencias.



[ Figura 3. Activaciones neurales en la manifestación de las reversibilidades perceptuales. ]

Fuente: elaboración propia a partir de los planteamientos de Sterzer y Rees (102).

En consonancia con lo anterior, corresponde decir que los procesamientos de tipo *top-down* han sido inscritos dentro de un modelo denominado teoría de nivel alto (Sterzer y Rees). Como se aprecia en la figura 4, existen dos maneras en las que se hace manifiesta la reversibilidad perceptual: la alternativa A, asociada a la teoría explicativa de bajo nivel (*low level*), que sugiere que alternancias espontáneas tienen lugar en el córtex visual. Esta alternativa es el fundamento del denominado procesamiento de tipo *bottom-up*. En cuanto a la alternativa B (*high level*), se expresa que para que se den las reversibilidades perceptuales, es necesario un procesamiento central (P.C.) que puede involucrar regiones cerebrales del área frontal, entre otras (Sterzer y Rees). En este último modelo se afincan los procesamientos *top-down*, los que, a su vez, guardan relación con aspectos psicológicos del individuo (Barrera y Calderón).



[ Figura 4. Modelos *low level* y *high level*. ]

Fuente: elaboración propia a partir de los planteamientos de Sterzer y Rees (98).

Considérese además que diversos estudios refuerzan la idea de que tanto el procesamiento *top-down* como el *bottom-up* implican un efecto en la percepción. Por ejemplo, investigaciones realizadas para estudiar el fenómeno de la reversibilidad perceptual de figuras ambiguas o biestables dan cuenta de la importancia de los dos tipos de procesamiento (Gale y Findlay; Hochberg y Peterson; Kornmeier y Bach; Kornmeier et al.; Kornmeier y Bach; Hsiao et al.; Leopold y Logothetis; Long y Toppino; Long, Toppino y Kostenbauder). Evidencias de la repercusión de los procesamientos *top-down* y *bottom-up* han sido reportadas también cuando en la revisión de la reversibilidad perceptual de este tipo de figuras (biestables), se presenta a los sujetos por un tiempo una imagen que no acepta reversibilidad perceptual e inmediatamente después se expone la figura ambigua, de modo tal que el aprendizaje obtenido con la revisión de la primera aporta en la percepción del perceptor alternativo de la imagen biestable, lo que supone un efecto de adaptación (Long y Moran; Qiu et al.; Long y Olszweski; Long, Stewart y Glancey; Long, Toppino y Mondin; Orbach, von Grünau, Wiggin y Reed). Ese hecho pone en evidencia que el conocimiento previo de objetos, formas, texturas e imágenes cumple una función en la configuración de las percepciones. En ese sentido, la memoria ingresa como un actante y orienta las estructuraciones perceptuales, especialmente en lo relacionado con el *post-momentum* de la producción de las sensaciones.

# ORIENTACIÓN GRAVITACIONAL DEL

**INTÉGRESE AHORA LA ORIENTACIÓN GRAVITACIONAL** del cuerpo con los procesos perceptuales implicados en la observación de imágenes que admiten reversibilidad perceptual: diversos estudios han querido establecer si la orientación gravitacional del cuerpo influye en las configuraciones perceptuales manifestadas durante la observación de imágenes biestables. En 2006, Yamamoto y Yamamoto examinaron el efecto del cambio en la relación entre la gravitacional vertical y la dirección vertical modificando la postura del cuerpo sin variar las imágenes en la retina. Estudiaron el efecto de la gravedad en posición vertical, dirimiendo que la percepción de una figura reversible puede implicar «una integración multimodal de los sistemas vestibular, propioceptivo y táctil» (218). El estudio no supuso una rotación de la posición del cuerpo de 180 grados (solo giros de 90 grados a la izquierda y a la derecha), ni contempló la presencia de moduladores de la reversibilidad perceptual para implicar de esta manera un efecto de congruencia semántica. Cada figura reversible tuvo dos interpretaciones dependiendo de si era vista verticalmente, con un giro de 90 grados, o al revés. Cuando era presentada la imagen horizontalmente, ambas interpretaciones se alteraban. Los sujetos debían indicar cuál interpretación era percibida después de ver brevemente la presentación horizontal en un dispositivo instalado en la cabeza. Cuando el sujeto estaba en posición vertical, cada interpretación ocurrió por casualidad. Cuando el sujeto estaba hacia un lado, la figura horizontal era generalmente percibida como si estuviera presentada verticalmente con un lado hacia abajo. Los resultados

sugirieron que la percepción de las figuras reversibles está influenciada por la gravitación vertical, la que a su vez podría ser reconstruida por la integración multimodal de entradas vestibulares, propioceptivas y táctiles.

Por otra parte, los investigadores Long y Toppino hallaron que la percepción de las figuras reversibles o biestables implica procesos visuales y psicofísicos. Adicionalmente, encontraron que daños del lóbulo frontal, en particular las lesiones frontales derechas, reducen la transición de las percepciones con figuras reversibles (Ricci y Blundo; Meenan y Miller). Estos resultados sugieren que la reversibilidad perceptual no solo se debe a un procesamiento simple del tipo *bottom-up*, sino que da cuenta del uso de procesos cognitivos de interpretación y de significación, claramente implicados en los procesamientos visuales de tipo *top-down*.

Clément y Eckardt hicieron importantes aportaciones en lo referente a la interpretación de estímulos cuando estos se mantienen estáticos mientras el cuerpo rota. Encontraron que hasta ciertos grados de rotación, el fenómeno de la equivalencia o constancia perceptual<sup>4</sup> se hace presente, especialmente cuando la cabeza llega hasta 45 grados con respecto a una posición base de verticalidad no invertida. Esta investigación, que fue realizada en Francia, se centró en analizar cuándo y cómo se perciben ilusiones orientadas geométricamente. La percepción de figuras ambiguas se analizó en 24 sujetos durante la inclinación estática del cuerpo en relación con la gravedad en la Tierra. Los resultados mostraron que

# CUERPO Y PERCEPCIÓN BIESTABLE

las ilusiones como la del diamante/cuadrado de Rock y la de Ponzo se manifestaron con menos frecuencia, y que la reversión de la profundidad de las figuras ambiguas tomó más tiempo cuando los sujetos estaban hacia un lado que verticalmente. De lo anterior se infirió que la referencia gravitacional tiene relevancia en la percepción de estas ilusiones visuales. La estructura de las imágenes, la representación del entorno y la orientación relativa a la gravedad son partes integradas en la interpretación visual de imágenes.

En otro estudio de corte experimental realizado por Clément y Demel se investigó si la percepción de profundidad y la predominancia perceptual de las figuras reversibles o biestables se altera cuando el cuerpo humano está en microgravedad o en hipergravedad. Un conjunto de cinco figuras ambiguas biestables fue presentado a 10 participantes en G1, G0 y G1.8, durante un vuelo parabólico. Las figuras incluían imágenes estáticas como el cubo de Necker; también se expusieron muestras de imágenes que generaban efectos cinéticos de profundidad tales como cuadros en movimiento y una esfera llena de puntos en movimiento que rotan en una de las dos direcciones; y una fotografía de una silueta. Para cada estímulo de la figura, los sujetos reportaron cuál de las dos posibles configuraciones de percepción vieron primero e indicaron cuándo se produjeron reversiones de percepción entre los rangos de duración que van desde los 20 a los 30 segundos. Se informó la misma percepción entre G1, G0 y G1.8. El tiempo de retardo para la primera reversibilidad perceptual entre las dos posibles interpretaciones de la imagen era

más larga y «el número de reversiones era menor en G0 en comparación a G1 para cuatro de las cinco figuras» (145). Los efectos opuestos se observaron al pasar de G0 a G1.8. Estos resultados confirmaron que, en concordancia con un enfoque multisensorial para la percepción de la forma tridimensional, la gravedad tiene un efecto claro sobre la interpretación de los estímulos basados en la profundidad, y este componente basado en la gravedad interfiere con la estabilidad de la percepción visual.

Para cerrar, se hace necesario aseverar que, si bien el abanico de pesquisas disponibles sobre el particular es más amplio, puede convenirse que la relación entre la orientación gravitacional del cuerpo y la percepción visual es un campo de investigación que ha encontrado un importante desarrollo, especialmente debido a que ciertos dominios industriales como la aeronavegación, la conducción de automotores o la fijación de objetivos militares reclaman del abordaje científico de este tipo de variables, justo como remarcan Yu y Chan. En suma, tendrá que entenderse que la apropiación de conocimiento frente a esta temática impactará en el desarrollo de modelos cognitivos que permitan entender de qué manera el ser humano interactúa con su entorno. Así mismo, una aproximación científica a la configuración perceptual en posiciones corporales donde los ejes gravitacional e idiótrópico no se correspondan podría tener aplicaciones en el terreno de la comunicación, especialmente en lo tocante a mensajes que por una u otra circunstancia tendrán que ser decodificados por observadores posicionados corporalmente en orientaciones gravitacionales atípicas.

## NOTAS

- 1 Por propiocepción se entiende la sensación-percepción del propio cuerpo. La percepción del cuerpo en movimiento es la kinestesia. Monserrat plantea que «a esta sensación contribuyen, sin duda, la totalidad de fibras nerviosas que, de una u otra manera, distribuidas por todo el cuerpo, constituyen los sentidos somáticos» (466).
- 2 Como lo anotan Luna y Tudela, el estímulo distal o distante alude a «las propiedades físicas de los objetos percibidos» (349), en tanto que el proximal o próximo se refiere a las «propiedades de la estimulación que actúa sobre los receptores» (350). Así, el estímulo proximal es, sin más, la representación del estímulo distal en la retina.
- 3 La fuerza G1 es estimada como la gravedad estándar en el planeta Tierra, que es de 9.80665 metros sobre segundo al cuadrado ( $m/s^2$ ). Debe advertirse que la modificación de G1 a condiciones de hipo e hipergravedad (menor y mayor fuerza de aceleración que G1, respectivamente), tiene un efecto sobre la percepción de la orientación, lo mismo que sobre los procesos perceptuales visuales (Clément y Eckardt).
- 4 Para Feldman, la constancia perceptual «es un fenómeno en el que los estímulos de la realidad se perciben como invariables y constantes, independientemente de los cambios en su apariencia y de las alteraciones del medio en el que se presentan» (126). La constancia perceptual se da en buena medida gracias a unos mecanismos denominados en psicología como «ecualizadores» o "mecanismos de regulación", por los cuales se modifican los estímulos sensoriales variables, llevándolos a un nivel estabilizado que conlleva una constancia perceptual (Morales).

## REFERENCIAS

- Angelaki, Dora; Shaikh, Aasef; Green, Andrea y Dickman, David. Neurons compute internal models of the physical laws of motion. *Nature*, 430 (2004): 560-564. Impreso.
- Barrera, Mauricio y Calderón, Liliana. Notes for supporting an epistemological neuropsychology: contributions from three perspectives. *International Journal of Psychological Research*, 6 (2) (2013): 107-118. Impreso.
- Blake, Randolph y Fox, Robert. (1974). Adaptation to invisible gratings and the site of binocular rivalry suppression. *Nature*, 249, 488-490. Impreso.
- Boring, Edwin. A new ambiguous figure. *American Journal of Psychology*, 42 (1930): 444-445. Impreso.
- Borisyuk, Roman; Chik, David y Kazanovich, Yakov. Visual perception of ambiguous figures: synchronization based neural models. *Biological Cybernetics*, 100 (2009): 491-504. Impreso.
- Bravo, Tomás. *La organización perceptual*. España: Centro Asociado UNED-Bergara, 2009. 1-17. Impreso.
- Brascamp, Jan; Knapen, Tomas; Kanai, Ryota; Noest, André; van Ee, Raymond y van den Berg, Albert. Multi-timescale perceptual history resolves visual ambiguity. *PLoS One*, 3 (1)e1497 (2008). Web. 8 Mar. 2016.
- Carlson, Neil. *Fisiología de la conducta*. Madrid: Pearson Educación, 2006. Impreso.
- Clément, Gilles y Demel, Michael. Perceptual reversal of bi-estable figures in microgravity and hipergravity during parabolic flight. *Neuroscience Letters*, 507 (2012): 143-146. Impreso.
- Clément, Gilles y Eckardt, Jennie. Influence of the gravitational vertical on geometric visual illusions. *Acta Astronaut*. 56 (2005): 911-917. Impreso.
- De Winkel, Ksander; Clément, Gilles; Groen, Eric; y Werkhoven, Peter. The perception of verticality in lunar and Martian gravity conditions. *Neuroscience Letters*, 529 (2012): 7-11. Impreso.
- Dehaene, Stanislas; Izard, Véronique; Pica, Pierre y Spelke, Elizabeth. Core knowledge of geometry in an Amazonian indigene group. *Science*, 311 (2006): 381-384. Impreso.
- Eagleman, David. Visual Illusions and neurobiology. *Nature Reviews Neuroscience*, 2 (2001): 920-926. Impreso.
- Fagard, Jacqueline; Sacco, Silvia; Yvenou, Chantal; Domellöf, Erik; Kieffer, Virginie; Tordjman, Sylvie; Moutard, Marie-Laure y Mamassian, Pascal. The role of the corpus callosum in the perception of reversible figures in children. *Vision research*, 48 (2008): 2451-2455. Impreso.
- Feldman, Robert. *Psicología con aplicaciones en países de habla hispana*. Ciudad de México: McGraw-Hill, 2006. Impreso.
- Gale, A.G. y J.M. Findlay. "Eye-movement patterns in viewing ambiguous figures." *Eye movements and psychological functions: international views*. Hillsdale NJ: LEA, 1983. 145-168. Impreso.
- Hancock, Sarah y Andrews, Timothy. The role of voluntary attention in selecting perceptual dominance during binocular rivalry. *Perception*, 36 (2007): 288-298. Impreso.
- Hsiao, Jhih-Yun; Chen, Yi-Chuan; Spence, Charles y Yeh, Su-Ling. Assessing the effects of audiovisual semantic congruency on the perception of a bistable figure. *Consciousness and Cognition* 21 (2012): 775-787. Impreso.
- Hochberg, Julian y Peterson, Mary. Piecemeal organization and cognitive components in object perception: Perceptually coupled responses to moving objects. *Journal of Experimental Psychology: General*, 116 (1987): 370-380. Impreso.
- Intaité, Monika; Koivisto, Mika y Castelo-Branco, Miguel. Event-related potential responses to perceptual reversals are modulated by working memory load. *Neuropsychologia*, 56 (2014): 428-438. Impreso.

- Jannsen, Maurice; Lauvenberg, Marc; van der Ven, Wesley; Bloebaum, Twan y Kingma, Herman. Perception threshold for tilt. *Otology & Neurotology*, 32 (2011): 818-825. Impreso.
- Kornmeier, Jürgen y Bach, Michael. Bistable perception - along the processing chain from ambiguous visual input to a stable percept. *International Journal of Psychophysiology*, 62 (2006): 345-349 Impreso.
- Kornmeier, Jürgen y Bach, Michael. Ambiguous figures – What happens in the brain when perception changes but not the stimulus. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6 (2012): 1-23. Impreso.
- Kornmeier, Jürgen; Hein, Christine y Bach, Michael. Multistable perception: when bottom-up and top-down coincide. *Brain and Cognition*, 69 (2009): 138-147. Impreso.
- Leopold, David y Logothetis, Nikos. Multistable phenomena: changing views in perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 7 (3) (1999): 254-264. Impreso.
- Long, Gerald y Moran, Cindy. How to keep a reversible figure from reversing: Teasing out top-down and bottom-up processes. *Perception*, 35 (2007): 431-445. Impreso.
- Long, Gerald y Olszowski, Anthony To reverse or not to reverse: When is an ambiguous figure not ambiguous? *American Journal of Psychology*, 112 (1999): 41-71. Impreso.
- Long, Gerald; Stewart, Joseph y Glancey, Diane. Configural biases and reversible figures: Evidence of multilevel grouping effects. *American Journal of Psychology*, 115 (2002): 581-607. Impreso.
- Long, Gerald y Toppino, Thomas. Multiple representations of the same reversible figure: implications for cognitive decisional interpretations. *Perception*, 10 (1981): 231-234. Impreso.
- Long, Gerald y Toppino, Thomas. Enduring interest in perceptual ambiguity: alternating views of reversible figures. *Psychol. Bull.* 130 (2004): 748-768. Impreso.
- Long, Gerald; Toppino, Thomas y Kostenbauder, John. As the cube turns: Evidence for two processes in the perception of a dynamic reversible figure. *Perception & Psychophysics*, 34 (1983): 29-38. Impreso.
- Long, Gerald; Toppino, Thomas y Mondin, Gregory. Prime time: Fatigue and set effects in the perception of reversible figures. *Perception & Psychophysics*, 52 (1992): 609-616. Impreso.
- Lopez, Christophe. (2015). Vestibular cortex. *Brain Mapping: An Encyclopedic Reference*. 305 – 312. Impreso.
- Lopez, Christophe; Lacour, Michel; Ahmadi, Abdessadek; Magnan, Jacques y Borel, Liliane. Changes of visual vertical perception: A long-term sign of unilateral and bilateral vestibular loss. *Neuropsychologia*, 45 (2007): 2015-2037. Impreso.
- Lopez, Christophe; Bachofner, Christelle; Mercier, Manuel y Blank, Olaf. Gravity and observer's body orientation influence the visual perception of human body postures. *Journal of Vision* 9(5):1; (2009) 1-14. Impreso.
- Lopez, Christophe; Lacour, Michel; Léonard, Jacques; Magnan, Jacques y Borel, Liliane. How body position changes visual vertical perception after unilateral vestibular loss. *Neuropsychologia*, 46 (2008): 2435-2440. Impreso.
- Luna, Dolores y Tudela, Pío. *Percepción visual*. Madrid: Editorial Trotta, S.A., 2011.
- Meenan, J.P. y Miller, Laurie. Perceptual flexibility after frontal or temporal lobectomy. *Neuropsychologia*, 32 (1994): 1145-1149. Impreso.
- Meng, Ming y Tong, Frank. Can attention selectively bias bistable perception? Differences between binocular rivalry and ambiguous figures. *Journal of Vision*, 4 (2004): 539-551. Impreso.
- Mittelstaedt, Horst. A new solution to the problem of the subjective vertical. *Naturwissenschaften*, 70 (1983): 272-281. Impreso.
- Morales, Hernando. "Psicología y percepción del arte". *Neurociencias en el arte*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2011. 61-63. Impreso.
- Monserrat, Javier. La percepción visual. *La arquitectura del psiquismo desde el enfoque de la percepción visual*. Madrid: Editorial Biblioteca Nueva, 2008. Impreso.
- Munar, Enric; Roselló, José; Maiche, Alejandro; Travieso, David y Nadal, Marcos. "Modelos teóricos y neurociencia cognitiva de la percepción". *Manual de Neuropsicología*. España: Viguera Editores, 2008. 59-96. Impreso.
- Orbach, Egmont; Ehrlich, Dan y Heath, Helen. Reversibility of the Necker cube: I. An examination of the concept of "satiation of orientation". *Perceptual and Motor Skills*, 17 (1963): 439-458. Impreso. Qiu, Jiang; Wei, Dongtao; Li, Hong; Yu, Caiyun; Wang, Ting y Zhang, Qinglin. The vase-face illusion seen by the brain: An event-related brain potentials study. *International Journal of Psychophysiology*, 74 (2009): 69-73. Impreso.
- Ricci, Carlo y Blundo, Carlo. Perception of ambiguous figures after focal brain lesions. *Neuropsychologia* 28 (1990): 1163-1173. Impreso.
- Slotnick, Scott y Yantis, Steven. Common neural substrates for the control and effects of visual attention and perceptual bistability. *Cogn Brain Res*, 24 (2005): 97-108. Impreso.
- Sterzer, Philipp y Rees, Geraint. Bistable Perception and Consciousness. *Encyclopedia of Consciousness* (2009): 93-106. Impreso.
- Tong, Frank; Nakayama, Ken; Vaughan, J. Thomas y Kanwisher, Nancy. Binocular rivalry and visual awareness in human extrastriate cortex. *Neuron* (1998): 753-759. Impreso.
- Trousselard, Marion; Barraud, Pierre-Alain; Nougier, Vincent; Raphel, Christian y Cian, Corinne. Contribution of tactile and interoceptive cues to the perception of the direction of gravity. *Brain Research: Cognitive Brain Research*, 20 (2004): 355-362. Impreso.
- Yamamoto, Shinya y Yamamoto, Mami. Effects of the gravitational vertical on the visual perception of reversible figures. *Neuroscience Research* 55 (2006): 218-221. Impreso.
- Yu, Rui-feng y Chan, Alan. Visual search time in detection tasks with multiple targets: Considering change of the effective stimulus field area. *International Journal of Industrial Ergonomics* 43, (2013): 328-334. Impreso.