

ó que á cualquier otra altitud. El disco del Sol á su orto y á su ocaso, el de la Luna en iguales circunstancias nos parecen mucho mayores en el horizonte que en el meridiano (1). Lo propio sucede con las constelaciones: cuando sale el cuadrilátero de Orion parece inmenso comparado con el aspecto que presenta en su culminación.

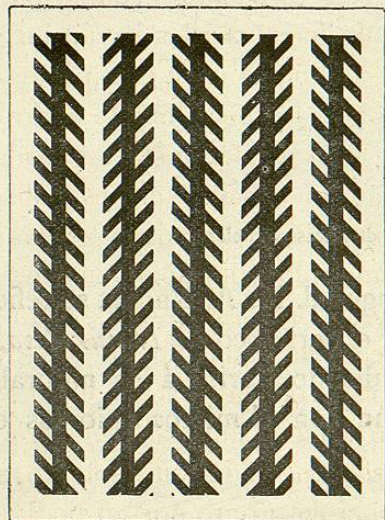


Fig. 191.—Convergencia y divergencia alternativas de líneas paralelas

objetos situados en el horizonte están más distantes de nosotros que en el zenit; pero, á igualdad de dimensiones aparentes, los objetos que suponemos más inmediatos son los que nos parecen más pequeños. De aquí resulta la ilusión que nos hace juzgar á la Luna tanto menos grande cuanto á mayor altura se halla en el cielo. Otros opinan que la causa de esta ilusión consiste en que la Luna en el horizonte se halla aparentemente próxima á los objetos con que podemos compararla y cuyas dimensiones conocemos, como árboles, casas, etc. Esta comparación es imposible cuando dicho astro se halla en el zenit, y como allí está aislado queda reducido á sus verdaderas dimensiones aparentes, que son tan sólo una pequeña fracción del contorno del cielo.

Es posible que la ilusión se deba simultáneamente á ambas causas; pero quizás haya que añadir otra, cual es la débil intensidad de la

(1) Por lo que respecta á la Luna, el efecto es tanto más sorprendente, cuanto que las dimensiones aparentes ó angulares del disco son por el contrario algo más pequeñas cuando el astro está en el horizonte que cuando está en el zenit. En el horizonte, la Luna se halla más distante del observador en una longitud casi igual á la de un radio de la Tierra. Por consiguiente su diámetro debería parecerse más pequeño, pero sucede todo lo contrario.

La ilusión es evidente; pero no lo son tanto las explicaciones que de ella se han dado, y que se reducen á dos: unos atribuyen el fenómeno á la forma aparente de la bóveda celeste, forma que no es hemisférica, sino más bien elipsoidal ó rebajada, y por consiguiente ménos elevada sobre nuestras cabezas que en el horizonte. Según Eulero, esta forma nos hace creer que los

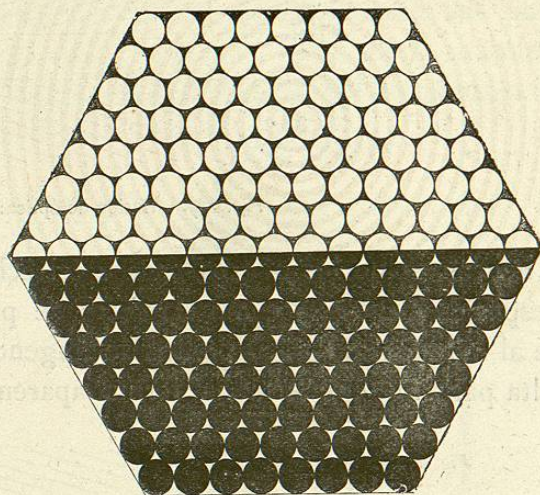


Fig. 192.—Forma exagonal aparente de círculos tangentes: efecto de irradiación.

luz de los discos lunar ó solar amortiguada por la interposición de las capas de vapor, mucho más densas en el horizonte que en el zenit.

Acabamos de hablar de las ilusiones ópticas, entendiendo por tales las falsas apariencias que adquieren los objetos en ciertas circunstancias para una vista sana y normal. Podríamos multiplicar en gran manera los ejemplos que hemos citado; pero hay otras ilusiones que tienen por causa algún defecto en el órgano visual ó ciertas alteraciones morbosas, y cuyo estudio es por lo tanto de la incumbencia del fisiólogo mucho más que de la del físico. Citaremos, no obstante, uno ó dos casos, porque son mucho más frecuentes de lo que se creería.

Empecemos por hacer mención de un defecto que existe hasta en una vista normal, áun cuando en esta no sea tan marcado. Este defecto es el que se llama *astigmatismo*. Mirando fijamente con un solo ojo los círculos concéntricos de la figura 193, se observarán notables diferencias en la nitidez de la visión en sectores opuestos de los círculos. Las líneas blancas y negras se distinguirán claramente siguiendo ciertos diámetros; pero si se siguen otros habrá

confusión, y la superficie de los sectores parecerá nebulosa y cenicienta. La posición de estos sectores de apariencias diversas dependerá de la acomodación de nuestra vista.

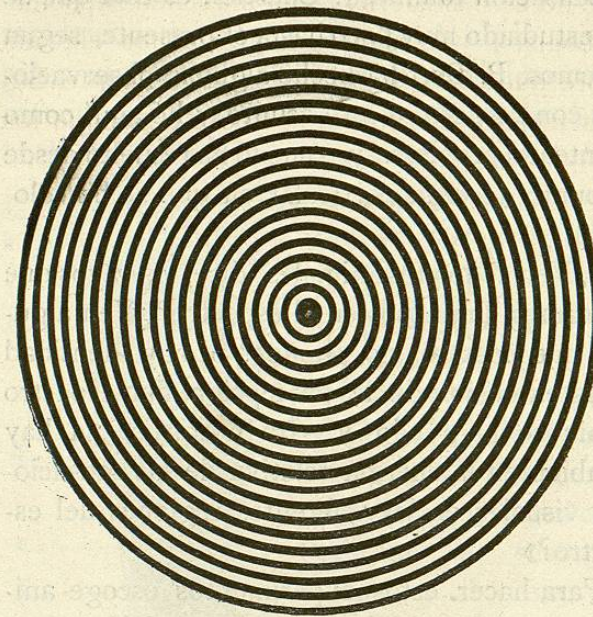


Fig. 193.—Experimento de astigmatismo

La explicación del astigmatismo está en la conformación ó en la curvatura de las superficies refringentes del ojo, que no es simétrica en todos sentidos, de suerte que los rayos no tienen en él el mismo foco en un plano horizontal que en uno vertical. Cuando el ojo está adaptado para la visión distinta de los arcos horizontales, no lo está para los verticales y recíprocamente.

Otro defecto de la vista consiste en no distinguir ciertos colores, ó en distinguir un número menor de los que percibe una vista normal. Dase el nombre de *acromatopsia* á esta afección conocida también con el de *daltonismo*, porque el célebre físico Dalton fué el primero en estudiarla y en sí mismo.

«Los individuos que tienen esta afección completamente desarrollada, dice Helmholtz, no ven en el espectro más que dos colores, que suelen designar con los nombres de *azul* y *amarillo*, en cuyo último color comprenden el rojo, el anaranjado, el amarillo y el verde: llaman *gris* á los tonos azul-verdosos, y *azul* á todo lo demás. Cuando el rojo extremo es débil, dejan de verlo en absoluto, pues sólo lo perciben cuando es intenso. Por esta razón indican comunmente como límite del espectro una parte en que los ojos normales ven distintamente un

rojo débil. Entre los colores de los cuerpos confunden el *rojo* (es decir, el cinabrio y el anaranjado rojizo) con el pardo y el verde en los casos en que los ojos normales ven por lo general el rojo con mucha mayor intensidad que el pardo y el verde. No distinguen el *amarillo de oro* del *amarillo*, ni el *rosa* del *azul*.» (*Optica fisiológica*.)

Este defecto es bastante común para que las compañías de ferro-carriles hayan juzgado necesario, de algunos años á esta parte, disponer que se reconozca especialmente á varios de sus empleados, como maquinistas, guarda-agujas, etcétera, que deben hacer señales ú observarlas. Las luces blancas, encarnadas y verdes ó los discos del mismo color corresponden á indicaciones opuestas, y la confusión de estos colores podría tener consecuencias sumamente peligrosas.

Wallaston se ocupa en los siguientes términos de otro defecto singular de la vista:

«A consecuencia de un violento ejercicio, dice, reconocí de pronto que no podía ver más que la mitad de la figura de una persona que hallé en mi camino, y otro tanto me sucedía cualquiera que fuese el objeto que mirara. Habiendo querido leer el nombre JOHNSON escrito sobre una puerta, veía solamente la sílaba SON: el principio de la palabra desaparecía enteramente de mi vista. En este ejemplo particular, la pérdida de la visión tenía lugar á la izquierda, lo mismo si miraba con un ojo que con el otro. Esta ceguera no era completa, sino que los objetos parecían cubiertos de una sombra intensa y sin contornos bien marcados. La afección duró poco tiempo; en un cuarto de hora se disipó enteramente. Recobré poco á poco la sensibilidad visual que partiendo del centro, avanzó subiendo oblicuamente hácia la izquierda.»

Wollaston sufrió más adelante otro ataque de esta afección, de esta *semi-ceguera* y observó en un amigo suyo un caso análogo, pero persistente. «El campo visual es bastante extenso para que mi amigo pueda leer perfectamente, dice; ve lo que escribe, la pluma que emplea, pero no la mano que la dirige.» Al ocuparse Arago de estos hechos, dice que la afección descrita por Wollaston es bastante común: conocía cuatro personas sujetas á ella, y él mismo se había visto atacado varias veces.

Esta insensibilidad de la mitad de la retina parece como una extension de la *mancha ciega*.

Dase el nombre de *hemiopsia* á la afeccion que acabamos de describir.

IV

LA VISION EN LOS ANIMALES

Los animales vertebrados tienen conformado el órgano de la vista poco más ó ménos como el del hombre, difiriendo solamente en las partes accesorias. La pupila de las especies nocturnas es más ancha, y la superficie de la retina más dilatada. Los animales que viven en la oscuridad tienen ojos enteramente rudimentarios, como por ejemplo, las ratas ciegas de Oriente, los topos y las anguilas. El cristalino de las aves es más aplanado que el de los mamíferos, de suerte que son naturalmente présbites. En los peces sucede lo contrario, pues su cristalino es esférico, por requerir el medio más denso en que viven una lente más refringente que la de los animales aéreos: los peces son míopes.

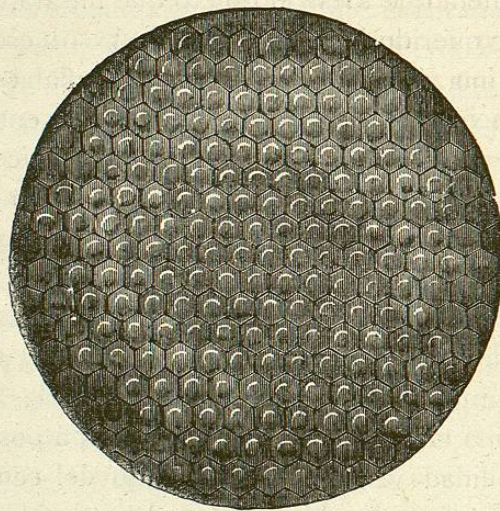


Fig. 194.—Ojo compuesto de los insectos; córnea de mosca

Los ojos de los invertebrados están conformados de muy distinto modo; por lo general se componen de una multitud de ojuelos aislados, cada uno de los cuales tiene un nervio óptico ó más bien una fraccion del nervio óptico. Segun J. Muller, cada ojo elemental de los ojos de facetas que se observan en los insectos (figuras 194 y 195) no percibe más que un punto luminoso, siendo la reunion de estas impresiones múltiples la que constituye la imagen, del propio modo que resulta en nosotros de las

impresiones producidas por la luz en los diversos puntos de la retina.

¿Ven los animales como nosotros? ¿Son las mismas radiaciones las que producen en ellos la sensacion luminosa? Cuestion es esta que se ha estudiado muy poco hasta el presente, segun creemos. P. Bert ha hecho algunas observaciones con respecto á este asunto, y hé aquí como plantea el problema y como lo ha resuelto desde el punto de vista particular en que se ha colocado:

«¿Ven todos los animales, dice, los rayos que llamamos luminosos en el espectro? ¿Ven algunos que nosotros no veamos? Si hay identidad en la extension de la percepcion del espectro luminoso para ellos y para nosotros, ¿la hay tambien en la energía relativa de las sensaciones visuales en las diferentes regiones del espectro?»

Para hacer estos experimentos escoge animales todo lo posible desemejantes del hombre, tanto por su constitucion general como por la estructura de sus ojos. Los elegidos fueron las *Dafnias pulgas*, crustáceos microscópicos muy sensibles á la luz y que se precipitan de noche en derredor de la que se les presenta. Colocados estos animales en una vasija en la que no podía penetrar la luz sino por una angosta rendija, nadaban indiferentemente en todos los puntos del líquido mientras estaban á oscuras, pero se agolparon presurosos en direccion de la hendidura tan luego como se hizo penetrar por ella un haz de luz eléctrica dispersada por el prisma. «Se les hace acudir de este modo, ya se les envien rayos rojos, ó morados, ó la serie intermedia.» En cambio, se mostraron indiferentes á la region ultra-morada del espectro lo propio que á la de los rayos oscuros del rojo extremo. Pero las partes más brillantes del espectro, el amarillo, el rojo, el verde, los atraian de un modo manifesto más que el azul y el morado.

«Así pues, dice M. Bert, primer punto averiguado: las *Dafnias pulgas* perciben en el estado luminoso todos los rayos que nosotros vemos; segundo punto: no perciben en el estado luminoso ninguno de los rayos que nos pasan desapercibidos; por último, la energía relativa de las sensaciones visuales en las varias regiones del espectro es la misma en dichos animales y en nosotros.»

Ahora, ¿es preciso generalizar, como nuestro sabio compatriota, las conclusiones precedentes y admitir que todos los animales de la serie entera ven los mismos rayos con igual intensidad relativa? Unicamente haciendo nuevas observaciones en mayor número de tipos zoológicos se podría confirmar ó invalidar esta manera de considerar el asunto. Sir John Lubbock ha hecho los siguientes experimentos

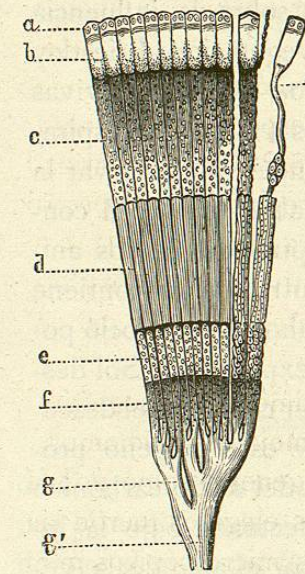


Fig. 195.—Estructura del ojo compuesto de los insectos

en hormigas. Habiendo puesto varios de estos insectos con sus larvas en un cristal cuadrado de las dimensiones estrictamente necesarias para que pudieran moverse en él libremente, cubrió una parte del cristal con una sustancia opaca, y al punto vió que las hormigas trasladaban sus larvas á la region oscura. Poniendo entonces delante de este cristal otros dos, uno amarillo, y otro morado juntos, las hormigas trasladaron su prole detrás del cristal amarillo. De esto deduce M. Lubbock que la luz morada es para las hormigas más trasparente que la amarilla. Otros experimentos le hicieron suponer que dichos insectos perciben los rayos ultra-morados. En resumen, parece probable que los varios rayos del espectro ejercen en aquellos distinta accion que en el hombre.

Finalmente, parece cierto que la luz tiene una influencia especial en ciertos animales privados del órgano de la vista. En este caso parece difícil de definir la naturaleza de la percepcion que estos animales experimentan; pero este hecho es sobrado curioso para que nos permitamos mencionarlo aquí. Conócese ya un crecido número de animales inferiores que, privados de todo órgano exterior de la vision, son sin embargo sensibles á la accion de la luz,

por ejemplo, los pólipos de agua dulce, los balanos. M. Jorge Pouchet ha reconocido y estudiado hace poco esta misma sensibilidad en las larvas de moscas, y en virtud de una serie de experimentos muy decisivos ha probado que estos animales, no tan sólo perciben la luz, sino que saben conocer cuál es la direccion en que les llega; lo cierto es que huyen de ella, dirigiéndose paralelamente al camino seguido por los rayos. «Esta percepcion, dice, no se efectúa por mediacion de los órganos sensitivos aparentes en el primer anillo ó segmento, pues persistia aún despues de cortados dichos órganos. ¿Se efectúa acaso por los botones oculares que flotan en la cavidad visceral ó por algun órgano ignorado, ó bien es sensible á la luz toda la capa hipodérmica? En tal caso, ¿obra esta como obró en los hidras verdes al hacer Tremblay su famoso experimento, ó como en las ranas á las que se ha cegado y que saben á la larga situarse en el punto de su encierro donde más luz pueden recibir? Hay una notable diferencia entre estos últimos actos que sólo suponen una percepcion lenta y oscura de la luz, y los de la larva de mosca. En esta, la percepcion es rápida, instantánea, y además la direccion inmediatamente percibida; de suerte que es difícil no asimilar esta percepcion de la larva, cualquiera que sea, á las percepciones proporcionadas por los órganos sensitivos propiamente dichos y aún notablemente perfectos, puesto que perciben á la vez la direccion y la intensidad.»

Planteadas así todas las cuestiones relativas á las sensaciones luminosas que experimentan los seres vivientes y á la influencia que ejerce la luz en sus órganos y en sus vidas, son del dominio de la fisiología más bien que del de la física; mas para resolverlas hay que recurrir forzosamente á los métodos experimentales de los físicos, por lo cual se puede ver cuánta importancia puede tener para el progreso de las mismas ciencias naturales el estudio de la parte de la Física que acabamos de exponer sucintamente en esta obra.