

NUEVAS ORIENTACIONES PARA LA TEORÍA DE LA VISIÓN

POR

D. MANUEL MALUQUER

INGENIERO DE CAMINOS

Conferencias dadas en el Ateneo de Madrid en los días 24 y 26 de Marzo último.

(CONTINUACIÓN) (1)

El espongiblasto como los hilos de derivación, del telégrafo de Gray, está en comunicación por una parte con *tierra* (aquí las amacrinas de asociación), por otra con el extremo de las bipolares correspondientes; entre ambas partes una pequeña solución de continuidad que rítmicamente se anula al ponerse ambas en contacto tantas veces por segundo. Esas dos partes distintas del espongiblasto ó amacrina son dos redes de neurofibrillas interiores existentes que están en contacto normalmente y se separan al pasar la corriente como un interruptor de timbre. El tono es distinto para cada espongiblasto. La reunión de las neurofibrillas y su separación está comprobada al entrar en reposo ó actividad dichas células.

La vibración ó interrupción de corriente nerviosa que proponemos no tiene más remedio que existir. ¿Cómo se explica si no el que una corriente eléctrica *constante* que lancemos á través de la retina produzca una corriente nerviosa seguida, cuando todo nervio se impresiona sólo por corrientes variables, ó al empezar y cesar una corriente constante?

Y de que puede soportar la corriente nerviosa esas altas frecuencias no hay duda. Las fibras sensitivas de la lengua pueden transmitir, según Grünhage, hasta 10 000 sacudidas eléctricas por segundo sin confundirse.

En el *ojo eléctrico* "Fonopticon", inventado por el doctor Brown la separación de las corrientes producidas por la variación de resistencia en distintas células de selenio se consigue también dando á cada una distinta frecuencia de vibración.

En resumen: por efecto de las células amacrinas, la corriente nerviosa que pasa por cada bipolar de cono queda interrumpida un cierto número de veces por segundo, y ese número es distinto para cada una de las bipolares que desembocan en la misma ganglionar, con lo cual dichas corrientes pueden viajar juntas á lo largo de la ganglionar sin confundirse.

TERCERA NEURONA

PASO DE LA CORRIENTE Á LA GANGLIONAR, AMPLIFICANDO LA VARIACIÓN Ó DIFERENCIA DE INTENSIDADES.—JUSTIFICACIÓN DE LAS TRES NEURONAS DE LA RETINA.

Las diferencias de *intensidad* de la luz se recogen ampliadas (efecto de la variación de resistencia del selenio) por la primera corriente nerviosa que se engendra en la cé-

lula visual, quedando traducidas en diferencias de intensidad de dicha corriente. Ésta sufre, en mi opinión, una ampliación de *potencial* al pasar de la bipolar á la ganglionar. ¿Cómo? A semejanza, según creo, del audiófono Forest, de reciente invención, que es el re-elevador telefónico más perfecto. Digamos dos palabras sobre su funcionamiento.

Se compone de tres circuitos (fig. 1): el 1.º con la corriente de variaciones débiles que se quiere reforzar; el 3.º

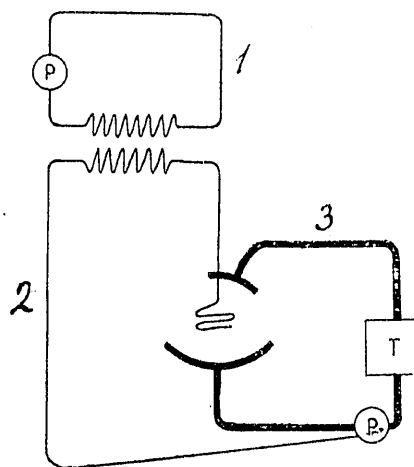


Fig. 1.

con la reforzada que se acusa en el teléfono *T*, y el 2.º, ó intermedio, con la que realiza la ampliación. La 1.ª influye en la 2.ª por inducción, y la 2.ª en la 3.ª porque hace variar el flujo de electrones (corriente de convección) que salta, dentro de una ampolla de gas enrarecido, del cátodo — al ánodo + en la corriente local 3.

En la retina la disposición del amplificador es la siguiente (fig. II) (1):

El circuito 1.º lo constituye la célula visual, células horizontales, los reflejos del pigmento retiniano y éste.

El circuito 2.º ó intermedio las fibras centrifugas, las células horizontales (2), la bipolar y la ganglionar.

El circuito 3.º la célula amacrina, la ganglionar y la fibra centrifuga.

La ampolla de gas, el espacio comprendido entre las dos membranas limitantes de la retina, la externa y la interna.

Esto justifica, aparte de la función de asociación variable de unas células con otras, la razón de ser de las tres neuronas de la retina, que motivaron el que Ebner, al no ver su necesidad para *recoger* tan sólo las impresiones visuales,

(1) En *C* se supone el cerebro.

(2) La comunicación entre ambas (aunque para otro objeto) fué propuesta por el ilustrado Dr. D. Manuel Márquez.

(1) Véase el número 2, 131.

creyese que se verificaba en la retina un principio de síntesis ó interpretación de las impresiones y consideró á aquélla como un cerebro oftálmico á que Schälwbe llamó *oftalmen-céfalo*. No hay nada de eso como vemos; en la retina se *recogen* impresiones, se *amplifican* y se *reunen* en limitado número de cauces para su transporte al cerebro.

Tal amplificación viene además favorecida, como dijimos

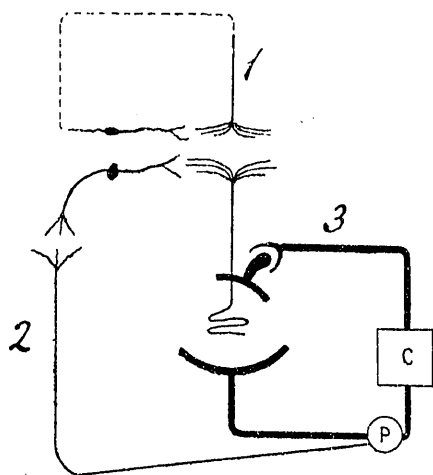


Fig. II.

al describir la retina, por estar ésta á contraluz y tener que atravesar ésta las soluciones de continuidad interneuronales para impresionar la célula visual.

Así como en el audiófono Forest hay el tipo de amplificador sencillo, el doble y el triple, así en las aves tenemos la amplificación doble y triple con las amacrinas y ganglionares bi y triestratificadas.

Excusado es decir que todas esas amplificaciones aumentan la agudeza visual, y que según las características de las corrientes 2.^a y 3.^a, variables por el ejercicio de la atención, puede variar el grado de aquéllas; y no sólo por la atención, sino también por movimiento reflejo, con lo cual se gradúa el potencial para que esté siempre comprendido entre límites pocos separados (aumentándolo si no llega al menor y disminuyéndolo si pasa del mayor); sirve para la adaptación retiniana á la intensidad luminosa general que, como se sabe, sigue á la adaptación pupilar que es la más rápida, pero pasado el primer momento y sustituida por aquélla, desaparece por inútil, tomando el iris su forma normal. Es lo que se llama adaptación del ojo á una cierta luz á la que contribuyen también la regeneración ó desgaste de la eritrosina en los bastones y la mayor ó menor emigración del pigmento coroidiano. Así resulta que en tanto que la intensidad de la luz crece en progresión geométrica, la intensidad de la corriente nerviosa lo hace sólo en progresión aritmética, cosa que extrañó cuando se empezó á apreciar la magnitud de las estrellas por fotómetros en lugar de la visión. Esta acomodación natural á una intensidad media contenida entre límites poco distantes hace que consiga la pintura, á pesar de su pobre escala de intensidades de los colores (de 1 á 30), conseguir los efectos que nos da la Naturaleza entre límites tan extensos como 1 y 1.500.

Lo mismo pasa en los demás sentidos, entre ciertos límites, á los que se acomodan automáticamente como es bien conocido en el acústico.

* *

Expuesto lo que precede veamos su relación con lo que dijimos acerca de las células amacrinas en su función de etiquetar las corrientes de las bipolares.

En la figura III puede apreciarse esto con claridad. La corriente centrifuga llega al espongiblasto ó célula amacrina A y por medio de sus expansiones a' , a'' , a''' pasa á las ganglionares G' , G'' , G''' á través de las expansiones bipolares B' , B'' , B''' , como hemos dicho al tratar de la amplificación de las corrientes visuales V' , V'' , V'''

Esta figura en planta sería: el espongiblasto A una de las filas verticales de la figura 10, y las ganglionares G' , G'' , G''' las tres filas horizontales de dicha figura, proyectándose en sus cruzamientos respectivos, señalados con signos convencionales, los pies de las bipolares (normales al plano de la figura 10) B' , B'' , B''' .

En resumen, la figura adjunta es el alzado y la figura 10 la planta de la misma figura. En aquélla se proyectan, por tanto, sobre la célula A las otras cuatro amacrinas que envían sus corrientes á las mismas ganglionares G.

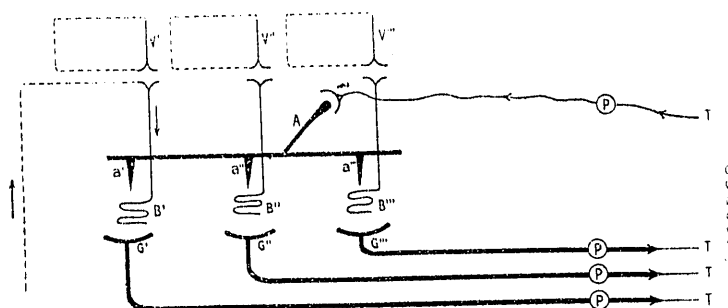


Fig. III.

Cada corriente centrifuga, al entrar en la amacrina queda interrumpida por ésta, con su frecuencia propia, en un cierto número de veces por segundo; así transformada en alterna de alta frecuencia (la misma frecuencia para todas las derivaciones de la misma amacrina) pasa á las ganglionares modificada á su paso por las bipolares que traen el ritmo de la impresión visual con todas sus tonalidades.

* *

Hasta aquí hemos hablado de la cadena *cono*, detallando cómo la corriente pasa de éste á su bipolar y de ella á la ganglionar; ocupémonos ahora de la cadena *bastón*.

Las bipolares, células horizontales y ganglionares enlazadas con bastones son más gruesas que las relacionadas con conos; la corriente nerviosa que circula por los elementos de la cadena *bastón* es de potencial débil y gran intensidad; por eso los discos de la varilla fotosensible están montados en cantidad, á fin de que la resistencia del selenio sea lo más pequeña posible, como en todo el circuito. No se amplifica el potencial al pasar de la bipolar á la ganglionar cuando no tiene ganglionar propia sino que empalma con una de cono, lo hace por el soma para evitar el paso por el amplificador y á la vez el etiquetado de las células amacrinas.

El circuito *cono* es en cambio de alta tensión y poca intensidad.

En resumen: el plexo ó trío expansional "amacrina-bipolar-ganglionar" es un regulador del potencial de la corriente cuando pasa de cierto límite, inferior ó superior, y esta función es compatible con la de etiquetado por las células amacrinas.

NERVIO ÓPTICO

(CONTINUACIÓN DE LA TERCERA NEURONA)

El nervio óptico, que como los de los demás sentidos, excepto el del tacto, es uno de los doce pares de nervios craneales, entra en el cerebro por el *tálamo óptico*, donde se bifurca el haz de sus fibras para ir unas á la capa cortical y las otras al *tubérculo cuadrigémino anterior*, desde donde baja la corriente al bulbo. Hacia arriba la sensación, hacia abajo la corriente motora refleja, que es esa que sin necesidad de subir al cerebro va de la cadena sensitiva á la motora por un cortocircuito.

El sitio del *tálamo óptico* por donde entra el nervio óptico es el *cuerpo geniculado externo*. En la figura 11 se ve la sección del cerebro por el plano central de simetría que pasa por la nariz y la nuca. Vía de la sensación luminosa; nervio óptico (el trazo lleno inclinado)—*geniculado externo* (la mancha elíptica)—y *fisura calcarina* del *lóbulo occipital* (un repliegue ó surco que hay en la cara plana de cada semi-

Llegan las fibras del nervio óptico al *cuerpo geniculado externo*, penetran las finas y pasan de largo las gruesas para ir á parar al *tubérculo cuadrigémino anterior*, centro de los reflejos visuales.

Las que penetran en el *geniculado* (fig. 12) terminan cada una en arborizaciones abundantes (en forma de cipreses), dispuestas en tres filas (cuatro en los pájaros, pero una creo debe estar destinada á los movimientos reflejos).

Esto, en cuanto á las fibras sensitivas ó *centrípetas* en que la corriente va de fuera á dentro; mezcladas con las mismas van en el nervio óptico las fibras motoras ó *centrífugas* que proyectan su corriente desde los centros nerviosos interiores al órgano exterior de que hemos hablado; fibras ó nervios que no se diferencian entre sí más que en sus aparatos terminales.

No es despreciable la parte motora en la visión, realizada por el nervio óptico y otros dos craneales: el *parpadeo*, la *contracción de la pupila*, el *descenso del pigmento de la*

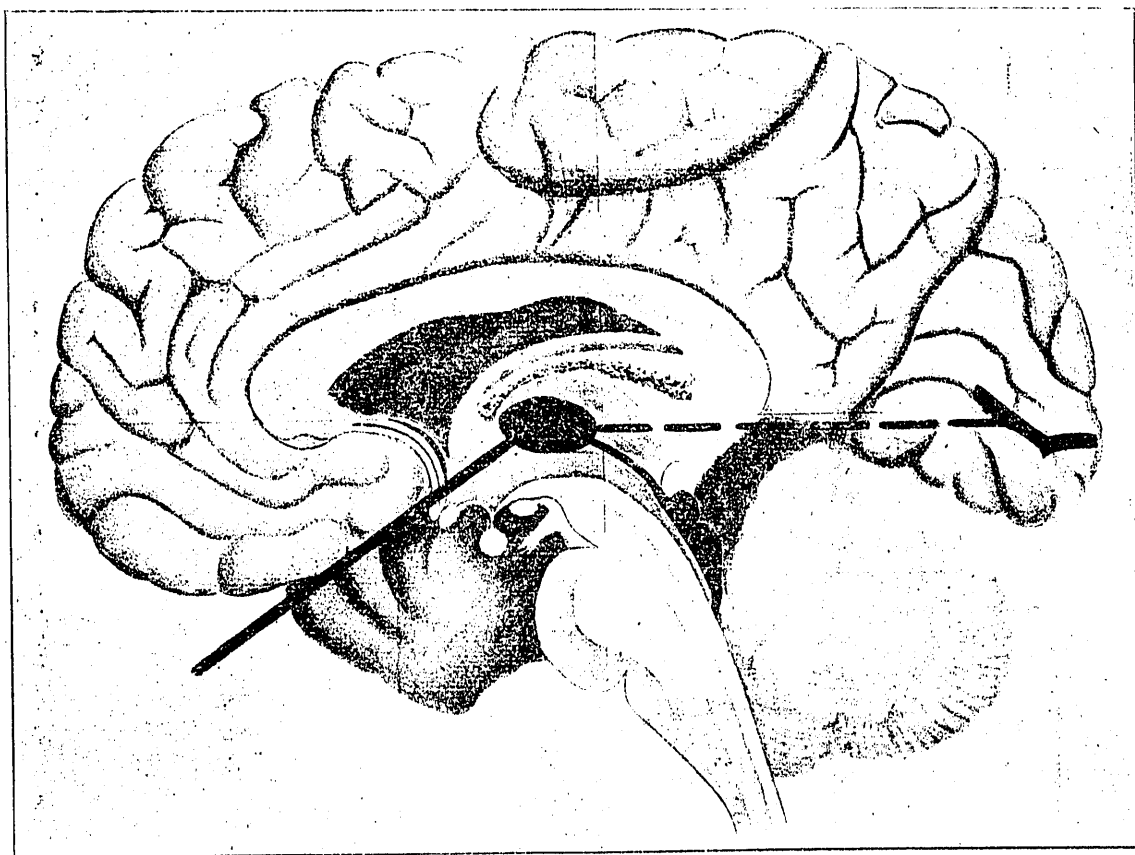


Fig. 11.

cerebro, donde están las células en que se realiza la percepción visual y de donde sigue la corriente á los centros memorativos) proyectada sobre el trazo lleno señalado en la figura en forma de V abierta; pronto entraremos en esa región misteriosa tangente á la conciencia. Vía del movimiento reflejo; nervio óptico—se apoya en la superficie del *geniculado externo*, pero sin penetrar en él, va al *tubérculo cuadrigémino anterior* (en la figura la mancha bilobulada), y de ahí pasa la corriente al bulbo raquídeo ó *medula oblongada* (*pedúnculo central inferior* de la figura).

Compónese el nervio óptico de fibras gruesas y finas; las primeras, destinadas á movimientos reflejos, vienen de las *ganglionares gruesas de la retina*, células bipolares gruesas y bastones de la periferia; los bastones centrales envían su impresión de luz á los reflejos por medio de las células horizontales.

coroides entre los bastones y conos de la retina, el giro del globo del ojo para que caiga la imagen sobre la foseta, la acomodación del cristalino á la distancia del objeto, la convergencia de ambos ojos para fundir las imágenes ó enfocar la hipersecreción del lagrimal y otras glándulas, la contracción y dilatación de los vasos, la fijación de la atención que se traduce en varias deformaciones y cambios energéticos....

De todos estos movimientos, unos deforman el órgano visual para ponerse en la actitud en que funcione mejor; constituyen la reacción ó adaptación á las circunstancias exteriores para ver siempre en su grado máximo de perfección.

Otros tienen por objeto escoger el campo visual, aumentar la agudeza en una parte de él ó efectuar la visión en circunstancias distintas de las espontáneas, para un fin determinado.

Juntas van todas las fibras mencionadas en el *nervio óptico* á modo de los alambres en un cable, pero no van revueltas, sino colocadas en relación con la posición de los puntos de la retina cuyas impresiones llevan (1).

Corrientes sensitivas y motoras, de distintos potenciales, intensidades y ritmo van por el cable, ¿cómo derivan unas de otras, dónde se plantea el conflicto del cambio entre ambas, por dónde van á la conciencia y entra la acción de la voluntad?

CEREBRO

I

EN EL VESTÍBULO

CUARTA NEURONA

SEPARACIÓN DE LAS CORRIENTES, SEGÚN LOS COLORES EN EL CUERPO GENICULADO EXTERNO

Partiendo de mis propuestas, antes consignadas, se puede reducir á los siguientes términos la función visual precebrebral:

Cada punto del objeto á ver, pinta en la retina su ima-

de intensidad luminosa del punto del objeto) que salta de neurona en neurona, modificándose, hasta llegar al cerebro.

En el primer momento de aparición de luz sobre la retina sólo los bastones están en estado de funcionar; envían su corriente al cerebro y éste por acción refleja envía á los conos la corriente eléctrica que ha de circular por su varilla. El elipsoide del cono empieza entonces su contracción rítmica, con lo cual los estuches de cada color se suceden siempre en el mismo orden y al envolver cada uno á la varilla del cono varía, como antes dijimos, la resistencia eléctrica y consecuentemente la corriente nerviosa que nace en la primera neurona. Mientras la retina está en luz siguen funcionando bastones y conos.

La corriente nerviosa de la primera neurona-cono induce otra en la segunda ó bipolar, y ésta, á su vez, hace variar por flujo electrónico el potencial de la corriente que va por el circuito amacrina-ganglionar-cerebro, cogiendo en su primer incremento de la onda positiva, ó sea con el potencial menor, la corriente correspondiente al color amarillo; en el segundo, ó con potencial positivo máximo, el color rojo; y sucesivamente con potencial negativo débil el color azul, y con potencial negativo máximo el color verde.

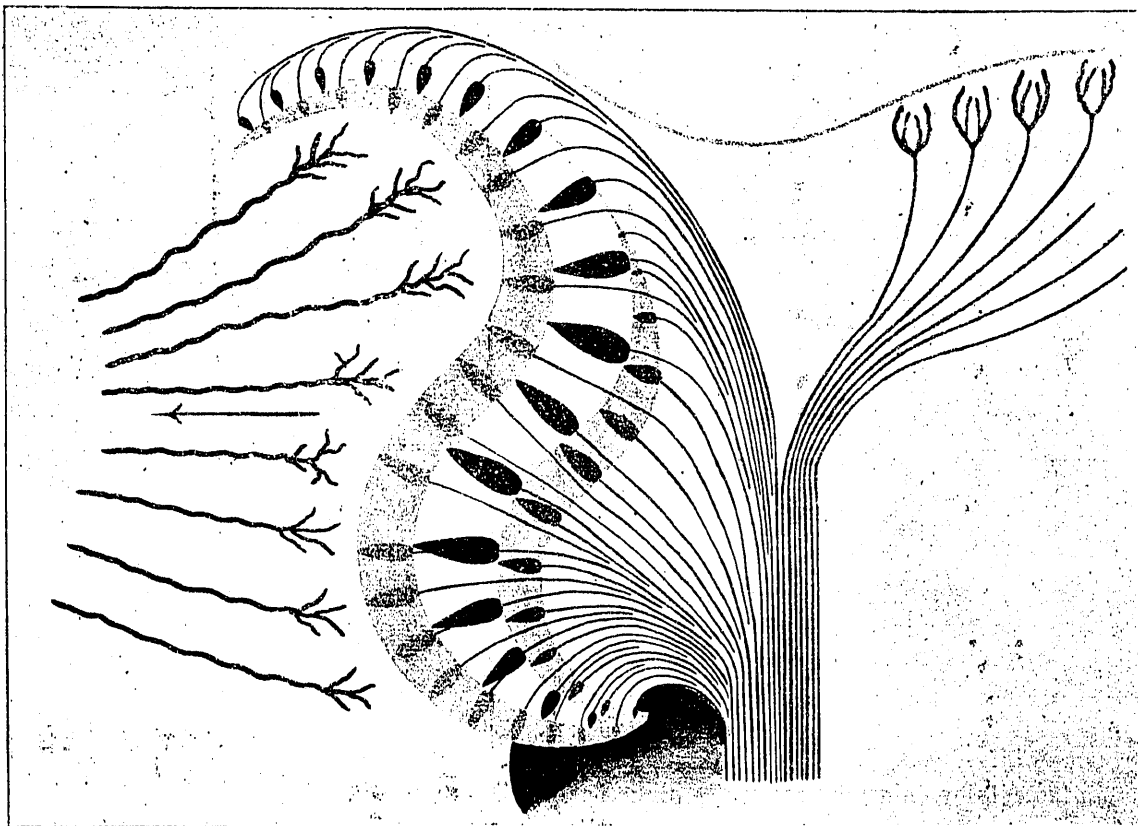


Fig. 12.

gen en forma de estuche coniciforme luminoso que envuelve á la varilla fotosensible del bastón ó cono que en ese sitio haya; su intensidad luminica hace variar, en relación con ella, la resistencia del selenio de dicha varilla á la corriente eléctrica que la atraviesa ordinariamente, con lo cual varía en intensidad ésta; estas variaciones de la corriente eléctrica en la primera neurona originan en su segmento interno una corriente nerviosa variable (en relación con las variaciones

A la vez, las amacrinas interrumpen la corriente de cada bipolar antes de entrar en la ganglionar, distinto número de veces por segundo para cada una; de modo que las corrientes cromáticas llevan selladas en su frecuencia la posición del punto de la retina en donde se originaron.

Las corrientes nerviosas procedentes de los bastones no tienen modificación ninguna en su onda rítmica ni en su potencial, que desde luego es pequeño.

Y por las fibras del nervio óptico marchan hacia el cerebro (y ahora entrarán en su vestibulo) las corrientes de bajo potencial y onda larga procedentes de los bastones, y las corrientes de potencial medio y máximo procedentes de los

(1) No nos ocupamos del kiasma ó cruce de parte del nervio óptico de cada ojo para la congruencia de la imagen en los animales de campo de visión común, porque se sale de los límites de nuestro tema.

conos (1); estas últimas llevando unas el signo positivo y otras el negativo y además viniendo rizada su onda en un cierto número de ondulaciones por segundo distintas dentro de cada fibra óptica (que procede de una sola ganglionar).

Las corrientes de bajo potencial llevan la luz blanca, gris ó negra; las de potencial positivo medio el color amarillo; potencial positivo máximo el color rojo; potencial negativo medio el color azul, y las de potencial negativo máximo el color verde.

Todas estas corrientes, ó sea todas las fibras ópticas que las conducen, van á entrar ahora en determinados centros del vestíbulo del cerebro, el *cuerpo geniculado externo* y el *tubérculo cuadrigémino anterior*, que podríamos comparar, respectivamente, con la estación para el interior y el puerto franco del cerebro.

Veamos antes la situación de tales centros dentro del sistema nervioso general.

* *

Así como el esqueleto es la armadura anatómica ó mecánica del organismo, el sistema nervioso es la armadura fisiológica ó de la vida, subdividido, según que se trate de la vida vegetativa ó de la de relación, en el sistema del *gran simpático* y el del *eje cerebro-raquídeo*.

Largo collar el primero, que llevamos colgado á la espalda de la primera vértebra cervical, para dar la vuelta por la última del sacro, es un cordón sin fin, de ganglios, adosado á cada lado de la columna vertebral; tiene además ganglios destacados en distintos órganos. A los estímulos fisiológicos que las membranas de éstos reciben, responde impulsando el movimiento de sus paredes, de los vasos, de secreción de las glándulas, etc.

Todos los demás nervios sensitivos y motores, que sirven para la vida de relación, forman parte del sistema cerebro-raquídeo, compuesto de la medula espinal á lo largo del dorso, con sus 31 pares laterales de nervios de ambas clases y encima la medula oblongada ó bulbo raquídeo que forma parte del encéfalo, la protuberancia anular ó puente de Varolio, los pedúnculos cerebrales y el cerebro, en cuyo interior hay varios ganglios como los del tálamo óptico y algunos otros, en que se reúnen todos los nervios sensitivos y motores á manera de torre de central telefónica para abrirse en abanico sobre la capa cortical, formando lo que se llama corona radiante. Las corrientes nerviosas de la sensibilidad general de la piel y músculos suben por la medula espinal hasta la corteza cerebral, atravesando los órganos citados y reduciéndose cada vez más el número de fibras hasta el centro de distribución del *tálamo óptico*, donde vuelven á aumentar y á desplegarse.

Los 12 nervios craneales hacen su acometida en el tronco cerebro-raquídeo, por los pisos superiores.

Por fuera de la vía principal está en una vía afluyente ó apartadero el cerebelo, que es el centro estabilizador del equilibrio, el cual es tanto más voluminoso cuanto más esfuerzo se necesita para mantener aquél, como sucede en el hombre para la posición inestable sobre sus pies, del que, por cierto, llegamos á no darnos cuenta.

En el mencionado tálamo óptico se hallan el cuerpo ge-

niculado externo y al lado el tubérculo cuadrigémino anterior, que son abultamientos caracterizados por las distintas diferenciaciones ó asociaciones independientes de células, dentro de la masa encefálica.

* *

Al tratar del nervio óptico dijimos que las fibras que entran en el cuerpo geniculado externo terminaban en arborizaciones, semejantes á cipreses dispuestas en tres filas (fig. 12).

Cada fila abarca tres pisos de células distintas, que tienen ahí el soma y su ramaje dendrítico y envían su axón al centro perceptivo de la corteza cerebral. Cada arborización acoge dentro de su ramaje varias células de los tres pisos de la fila correspondiente (fig. 13).

Las tres clases de células, correspondientes á los tres pisos, se distinguen por su *forma*, por sus *dimensiones* y por su *naturaleza*; deben desempeñar funciones distintas. El ratón, animal nocturno, que según experiencias de John B. y Mary L. Watson, F. M. Gregg y C. A. MC. Pheeters, **no ve los colores**, como el buho, sino nada más la escala de los grises, tiene arborizaciones escasas y no hay tal clasificación de esas células que, en mi opinión, *responden á los colores elementales*, es decir, al blanco-negro, rojo-verde y amarillo-azul. Las células grandes, las medianas y las pequeñas, por el orden en que han ido apareciendo en la evolución del órgano visual, al principio serían de una sola clase, después se empezarían á diferenciar, pero todas revueltas, sin orden, como en el ratón; más adelante se clasificarían juntándose en un mismo piso las de la misma especie, quedando con ello establecido materialmente el pentágrama de los colores. Esta idea es correlativa de la pancromatización que Schenck suponía en la protoneurona ó célula visual de la retina.

Hay arborizaciones (que ocupan regiones determinadas á lo largo de esa S invertida que forman todas ellas) en que predominan las células grandes, ó sean las de blanco-negro; en otras las medianas y pequeñas, las de los colores solos; las primeras corresponden á fibras nerviosas de bastones de la retina y las segundas á las de conos de la fovea central; esto se ve claramente en los vertebrados inferiores en que hay arborizaciones largas, medianas y achatadas; que estas últimas son las que cogen menos clases de células (una probablemente) se comprende al comparar los batracios y peces que apenas ven colores y tienen las arborizaciones aplastadas, con los pájaros que los ven todos y tienen arborizaciones de las tres clases, además de una para los movimientos reflejos.

Esto se halla de acuerdo, aunque partiendo de distinto punto de vista, con lo que dice Ramón y Cajal. Apunta la idea de que las arborizaciones apretadas y largas se deben relacionar con las células retinianas de la visión distinta (fovea central); y yo digo lo mismo, aunque no por ser visión distinta, ó sea por su mayor agudeza visual, sino por ser la región de los conos que toman más colores, razón por la cual la arborización ha de ser más larga para abarcar los tres pisos bien repletos de células de distinta categoría.

Las arborizaciones aplastadas y laxas—dice—corresponderán á la visión indirecta; lo mismo digo, pero no por ser visión más confusa, sino por estar en ella los bastones (luz blanca, uno de los pisos de células) y porque los conos de esa región toman menos colores, por lo cual exigen menos pisos de células y menos células en cada piso.

(1) Todas las corrientes procedentes de las células visuales (bastones y conos) son de bajo potencial, pero ese amplificador lo aumenta para la corriente-cono, en general, á potencial medio, y además, para las corrientes-conos de la región cromática central de la retina, á potencial máximo.

En mi propuesta sobre análisis del color por los conos dije que cada uno de los colores fundamentales se recogía con una corriente de potencial adecuado, menor para el amarillo y el azul y mayor para el rojo y el verde, siendo positivo para el amarillo y rojo y negativo para el azul y verde.

Al llegar la corriente de bajo potencial al cuerpo geniculado, á la arborización terminal de las fibras ópticas, salta al piso inferior de células que ofrece menos resistencia, que por eso queda siempre adscrito al color blanco. Si por ser el potencial mayor puede saltar al piso siguiente de células, ó sea el del medio (destinado al amarillo y azul), pasa á él, y mientras por él circula, inhibe ó aísla el piso inferior hasta que, bajando otra vez el potencial, se interrumpe la corriente de dicho piso intermedio y queda abierto el paso al inferior; y si aún es mayor el potencial entra la corriente por el piso superior (destinado al rojo y verde), inhibiendo á los inferiores mientras circula por él.

En el cuerpo geniculado se hace, pues, automáticamente

tizan grandes masas de bosques, campos, ciudades, lagos, que atraviesan á gran velocidad.

En resumen: cada fibra óptica que llega al geniculado externo da pues lugar á tres clases de fibras que van al centro cerebral visual y llevan, respectivamente, los colores blanco-negro, rojo verde y amarillo-azul, que se distinguen dentro de cada par por el signo positivo ó negativo de la corriente, haciéndose aquella clasificación automáticamente según el potencial.

II

EL PROBLEMA DEL CEREBRO

Parece que vamos llegando rápidamente á la terminación del tema planteado, como en esas producciones literarias en que se está viendo ya el desenlace. Al salir del cuerpo geniculado tenemos separadas por pares de colores comple-

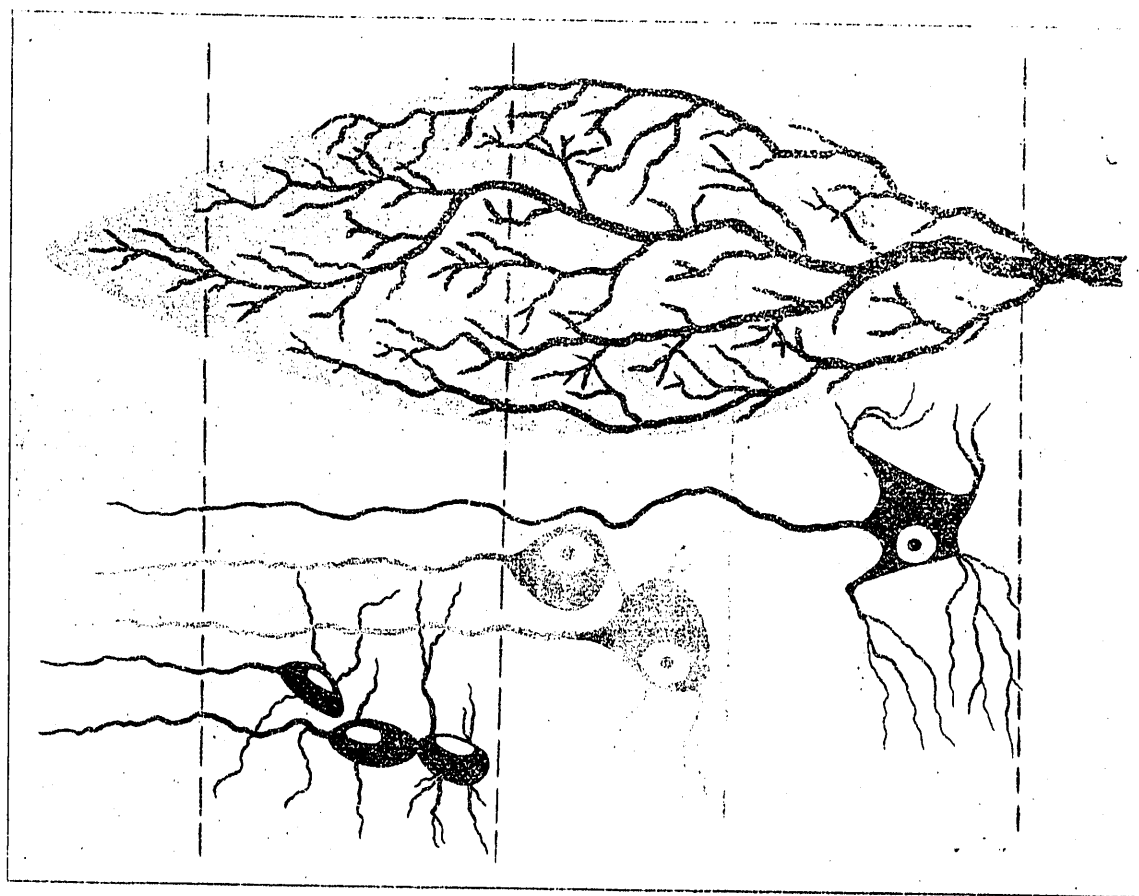


Fig. 13.

la clasificación de las corrientes cromáticas por pares de colores; es la caseta de enclavamientos colocada á la entrada de la estación final ó cerebro.

El Dr. Tello, que ha hecho un concienzudo estudio histológico del cuerpo geniculado que me ha servido de base anatómica para sentar mi hipótesis fisiológica, dice que las células grandes están en la parte inferior de cada piso, y que *de trecho en trecho hay una muy grande*; en mi opinión, estas células gigantes deben servir de descargador del potencial cuando por cualquier circunstancia anormal pasa del límite conveniente; es el pararrayos que tiene toda central ó instalación eléctrica.

Otras regiones de la visión difusa envían sus ramificaciones directas ó por colaterales al lóbulo ó foco dorsal del geniculado externo; esas deben servir quizá en las aves para la visión de las raudas manchas de conjunto en que se sinte-

mentarios las corrientes nerviosas procedentes de la retina; en el signo de la corriente llevan la distinción dentro de cada par y en la frecuencia de su vibración la especialización de la célula adonde han de ir á parar; el tamiz para esta separación por células puede estar constituido por condensadores acordados respectivamente al unísono con dichas frecuencias como en el teléfono múltiple de Maurice Leblanc.

El pensamiento en sus ansias de simplicidad va derecho á no ver en la región cerebral más que tantas células nerviosas como células visuales tuvo la retina, y que cada una reciba la impresión de su homóloga; es decir, que toda la complicación neurónica, toda la maravillosa arquitectura cerebral y precerebral no tendría más objeto que realizar el transporte de la retina y quedaría en pie el mismo problema planteado: *eso, ¿cómo se ve?, ¿qué es ver?, ¿qué sensaciones produce esa pléyade de puntos luminosos?, ¿qué síntesis se*

realiza y cómo se combinan esas síntesis? Para guardar la memoria, el recuerdo de la sensación de cada instante, ¿va á archivar una serie de millares de millones de clisés de esas distintas retinas cerebrales con esa pléyade de puntitos luminosos cada uno y en cada reminiscencia hará falta otro proceso psíquico igual al realizado en la percepción, para volver á interpretar cada clisé? ¿Será en otro centro cerebral donde se verificará la percepción y la síntesis de esta para la memoria?

Buena es la división del trabajo, la localización cerebral de las funciones distintas, pero no llevada á tal extremo que dentro de la misma cota, de la más alta jerarquía de asociaciones neurónicas no hagan unas más que el papel de espejo y otras se abroguen en lo material la representación del alma.

Hemos llegado al punto en que la fisiología pone sordina á sus inducciones, y las hipótesis psicofisiológicas hablan con carácter algo vago de sensaciones, percepciones, imágenes, etc., sin precisar todo lo que á cada una corresponde, dejando sólo entrever la clasificación y leyes generales de funciones. Con lo que he leído y lo que me imagino, iremos siguiendo la explicación por terreno tan difícil y con tan poca luz para guiarnos.

En la zona cerebro-visual creo que no sólo se recibe la sensación, sino que **se percibe** ésta plenamente con todas sus síntesis. Y, además, en ella se redacta la nota para el archivo, para el registro de la memoria.

Eso no impide que haya luego quien coteje percepciones y recuerdos para idear; al contrario, para eso precisamente tiene que empezar por haber *lo uno y lo otro*.

En una palabra: la región cerebro-visual **es plenamente activa**, á mi entender, no limitándose á experimentar la sensación puntual, que sería bien poca cosa, una fosforescencia psíquica de esa constelación de puntos, que no dice nada en tanto no se la interprete. Sería como si puestos ante una página impresa conociésemos tan sólo las letras, pero no supiésemos conjugar sílabas, ni palabras, ni la significación de estas.

Con lo que llevamos dicho hasta ahora de la teoría de la visión, no tenemos más que la *libreta de campo*, y conste que no nos vamos á limitar á dibujar el terreno por puntos aislados, sino la superficie con sus ondulaciones para apreciar todas las características de la misma y luego ver á qué género pertenece para poner en su etiqueta un sólo nombre para el registro.

El complicado mecanismo cerebral, que luego describiremos á grandes rasgos, no es inerte, no es un conjunto de vías pasivas sobre las que se desarrolle una interesante función; las neuronas toman parte activa en ella con todas sus energías, sus quimismos, sus amiboidismos, etc. La función que se va á representar es muy importante, es la primera aparición del proceso psíquico, paralelo al fisiológico; todo está preparado para la maravillosa representación; las corrientes sensoriales no entran en silencio, deslizándose á lo largo de los carriles nerviosos para esconderse en las células y limitarse dentro de la vasija de su núcleo á realizar modestamente una combinación química; no; entran á tambor batiente, hasta una espléndida iluminación fosforescente surge de los cables nerviosos, una actividad grande se muestra por todos lados; es la unión de dos mundos la que se realiza, el exterior y el interior; *es el alma que se asoma*.

Los fenómenos llamados errores ópticos.—¿Qué funciones ejecuta la zona cerebro-visual aparte de la sensación puntiforme?

Todas las de síntesis que nos conducen desde esa impresión individual á la visión de conjunto; la percepción de la forma de líneas, de superficies, planas ó curvas, de volúmenes; la situación de cada uno de estos en el medio ambiente; la relación de cada objeto con todos los demás del campo visual, en intensidad de luz, en modalidad y saturación de color, en magnitud; la forma de la deformación ó del movimiento, y en el equilibrio estático ó dinámico la tonalidad sentimental resultante que conduce al sentimiento estético, á la armonía. Ni cada imagen parcial del campo visual es una constelación de puntos, ni el conjunto de imágenes es un cromó ó simple yuxtaposición de ellas sin más unión que la ausencia de solución de continuidad; no, no es eso; se trata de una verdadera obra de arte al estilo no superado de Velázquez, de un *conjunto plenamente integral, en que cada elemento induce á los demás con todas sus cualidades y cantidades y es inducido por ellos*.

¿En qué forma se exterioriza esa síntesis, esos lazos de unión de todo con todo?

Si los efectos de la inducción han de ser sobre las cualidades y las cantidades de la visión (forma, movimiento y color = magnitud, distancias, velocidad, intensidad y saturación), y esos efectos han de ser vistos, es natural que (más ó menos desvanecidos dentro de la zona de influencia) consistan en alteraciones de tales cualidades y cantidades con respecto á su presentación aislada: *deformaciones; alteración de la clase de movimiento, cambio de la modalidad del color, cambio de tamaños y distancias, de velocidad y de intensidad relativa y saturación*. En una palabra, todo lo que viene clasificado en las obras de psicología y fisiología como **errores ópticos**, ilusiones engañosas de nuestro sentido de la visión, desde que Oppel á mediados del siglo pasado publicó su colección de errores geométricos, todos los cuales podemos comprender bajo el nombre de **fenómenos ópticos de contraste**.

Aprovechándose de esas *ilusiones*, de esas influencias de unas cualidades sobre otras que la Naturaleza da, han conseguido los grandes pintores hacer fotogramas de la realidad que al ser heridos por la luz viva han reproducido la sensación de aquélla como el fonograma reproduce la de la voz al moldear en él la energía mecánica.

Ilusiones ópticas, ó recursos de la pintura para el efectismo, constituyen las síntesis de enlace que dan la visión de conjunto, *la visión integral*.

Y puesto que así *se ve*, esos modos de ver son otras tantas funciones del órgano de la visión.

Si nos penetramos bien de la diferencia entre la factura mecánica de la fotografía y la genial de un cuadro, en que se tocan ó subrayan los distintos efectos, podemos decir que *la impresión sobre la retina es una fotografía y la impresión sobre la corteza cerebral un cuadro*; un cuadro que se auto ve.

Así como las máquinas de calcular que realizan varias operaciones conjuntas lo hacen á la vez y no sucesivamente como en el cálculo mental, así la región cerebro-visual al mismo tiempo que es atravesada por las corrientes puntiformes labora con las inducidas por ellas, para hacer síntesis y *sintetizar éstas*; sí, sintetizarlas, porque al fin y al cabo la *percepción* es una función de paso, no es término de línea, es el presente, pero todo presente deja su huella, embrión del

porvenir, para revivir en los presentes siguientes; necesita registrarse en el centro conmemorativo y no es cosa que en éste vayamos á sellar en cada uno de los millares de millones de trozos sensacionales de nuestra vida tantas células como tiene la región cerebro-visual para recoger cada sensación de conjunto; hay que simplificar, hay que reducir á un grupo pequeño, á una quizá con sus distintas expansiones y su fibra, especie de clave sinóptica de sensaciones más elementales aquel campo de fuerzas de la misma manera que con unas cuantas notas se ejecutan en el piano innumerables composiciones. Esa síntesis de síntesis constituye otro orden de funciones de la región cerebro-visual.

En resumen, hay tres clases de funciones:

—Percepción de las *cualidades y cantidades* de la visión, en sí, ó sean percepciones fundamentales.

—Percepción de sus enlaces en la visión de conjunto ó integral; y

—Síntesis comprimida de todas ellas para el registro de la memoria.

* *

Percepciones fundamentales —Recorramos á la ligera (por no formar parte de nuestro cuestionario algunas y por tratarlas ampliamente más adelante las otras) estas percepciones que son las de las *cualidades y cantidades* propias de la visión:

Forma.—Las líneas (serie de puntos ó células en correspondencia unívoca) á lo largo de las cuales se mantiene una intensidad media que contrasta con las próximas y que muestran, al pasar á éstas, una caída brusca de impresión, un acantilado de la luminosidad ó bien las superficies (conjunto de células correspondientes á ellas) de iluminación media que forman una isla en la luminosidad del campo ó las más complicadas de intensidad progresivamente variable de un lado á otro; en una palabra, los conjuntos de células cerebrales que se destacan de sus vecinas que las rodean por la intensidad luminosa ó por el color, constituyen un campo de fuerzas *sui géneris*; cuando al actualizarse encuentra resonancia en otro grupo ó célula sola de la región conmemorativa se produce la sensación: la correspondiente á esa imagen anteriormente adquirida. Es como si emitiéramos una nota delante de los resonadores de Helmholtz que refuerzan sus sonidos propios, al tiempo de pronunciarlos y nuestro oído estuviese adaptado para no oír más que los sonidos reforzados siendo sordo para los débiles (pronunciados sin reforzar); solamente si había el resonador correspondiente á esa nota la oíríamos.

De que en la forma se trata de agrupaciones de intensidades nos da idea la pintura que con ellas da la sensación de formas ó figuras corpóreas.

Si no tenemos en el archivo mnemónico imagen semejante, el caso es más complicado, pues se tiene que fabricar con ayuda de otros centros una *nueva* combinación de partes de esa imagen que tengan sus semejantes en el archivo.

Movimiento.—Es una forma ó figura de sensaciones originadas por las caídas bruscas (en el tiempo) de intensidad que quedan vibrando por bajo del umbral sensorial un corto espacio de tiempo; tan corto que si el móvil va muy despacio se extinguen sin que haya nunca estela y sin la percepción de la estela no hay sensación de movimiento. El sentido de éste es el del crecimiento de intensidades de tales sensaciones oscuras.

Prueba de lo expuesto es la ilusión de movimiento que

produce una serie de bombillas que se enciendan y apaguen sucesivamente en un sentido determinado.

Si el movimiento es muy rápido y la persistencia de la sensación luminosa es más fuerte que esa sensación oscura, no se ve movimiento sino la trayectoria iluminada.

Color, intensidad y saturación.—Por pertenecer á nuestro tema nos ocuparemos de ello con extensión al tratar de las neuronas cerebrales.

Distancia.—La del plano enfocado la da la sensación de esfuerzo de acomodación, ya sea del cristalino ó de la inclinación de ambos ojos. La distancia relativa, sin precisar su cuantía, al plano enfocado la da para cada punto la separación de los centros de los dos círculos de difusión de ambas retinas.

Magnitudes.—Resulta en esencia de la relación entre las sensaciones de la imagen, la de una-patrón conocida y la de distancia del objeto.

En una palabra: para ver *qué es lo que se recoge* en las sensaciones fundamentales no hay más que ver qué sustitutos se conocen que produzcan la misma ilusión sin existir el objeto real.

* *

Percepción de enlaces.—a) *Ley general de las ilusiones ó inducciones ópticas.*—La irradiación ó *contraste de intensidades*, que aumenta el tamaño de los objetos de mayor luminosidad á costa de los circundantes, rodea á aquéllos de una aureola luminosa ó de negación de visualidad de detalle en las aguas jurisdiccionales de aquellos focos, y da la sensación aparente del negro en muchos casos; el *contraste de colores* (que Chevreul definió bien al decir que al dar una pincelada de color en una tela, no sólo se pintaba el espacio cubierto con ella, sino que se teñía á la vez al resto con el color complementario) alterando su modalidad ó aumentando su saturación según fuesen los puestos en acción mutua; la deformación de líneas y superficies y variación de tamaños ó *contraste de figuras*; las inversiones de la perspectiva ó *contraste subjetivo*; la ilusión de velocidades no existentes ó *contraste de velocidades*, todos los llamados *errores ópticos*, en suma, obedecen á una sola ley.

Para establecerla partiremos: 1.º, de que la magnitud de la sensación, como toda cantidad, está en razón inversa de la magnitud de su unidad de medida; 2.º, de que el órgano de la visión escoge como unidad de medida la mínima sensación perceptible en cada estado suyo, y 3.º, que adapta su estado para cada cualidad á la intensidad de impresión que domine más en el campo visual; resulta que siempre la unidad de medida que adopta para todo el campo visual será adecuada solamente para medir esa impresión dominante (pequeña para impresión débil y grande para impresión fuerte) (1).

En su consecuencia, podemos formular la siguiente *ley general de los fenómenos de contraste ó errores ópticos*:

La variación de la sensación, en cualquier punto ó región del campo visual, respecto de la normal, se verifica en razón inversa de la relación en que está la sensación dominante y la del resto.

(Concluirá.)

(1) Como se hace para toda medición de magnitudes, desde tomar como unidad de medida la longitud que recorre la luz en un año para apreciar la distancia de las estrellas á tomar la millonésima de milímetro para estimar las ondas luminosas.