

Neurociencia en *Luciérnagas*

Por: Nelson D. Cruz Bermúdez, Ph.D., Catedrático Auxiliar Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras

OBJETIVOS del MODULO

- Desarrollar curiosidad por el funcionamiento del cerebro y del sistema nervioso.
- Tener exposición a algunas nociones básicas de la anatomía y fisiología del sistema visual y del proceso de percepción visual.
- Identificar algunas funciones del cerebro.
- Familiarizarse con discusiones contemporáneas entre la neurociencia y el arte.
- Crear conciencia de la importancia de estudiar la neurociencia y el arte.
- Adquirir vocabulario y términos neurocientíficos.

Ensayo

En 1959, Charles Percy Snow, mejor conocido como C.P. Snow, publicó un ensayo titulado, *The Two Cultures and the Scientific Revolution* (Snow, 1959). C.P. Snow fue científico y escritor y básicamente argumentó que las ciencias y las humanidades se habían convertido en dos culturas disociadas y polarizadas en el siglo XX. Por un lado la biología, la física cuántica y la genética se presentan en conjunto como una fuente de conocimiento objetivo y lógico. Por el otro lado, la literatura, la filosofía y las artes aparecen como entidades subjetivas y extremadamente controversiales. Es decir, científicos tratando de entender y darle sentido a nuestra naturaleza y artistas y literatos “pensando en la inmortalidad del cangrejo.” La idea de “las dos culturas” ha sido estudiada y criticada desde diferentes perspectivas, pero en esencia, C.P. Snow abrió un espacio y tiempo para analizar las semejanzas y diferencias entre las ciencias y las humanidades a la luz de los problemas presentes y futuros (Mooney, 2009).

¿Es posible acercar el arte y la ciencia? ¿Cómo? O quizás, ¿cómo podemos usar el arte para entender cómo funciona el cerebro humano? ¿Puede la neurociencia explicar el arte? La

circularidad de estas preguntas no debe verse como un problema, sino como una oportunidad de diálogo. Hay puntos de intercepción sumamente interesantes entre el arte y la ciencia, aunque existan diferencias teóricas y metodológicas en el acercamiento a los fenómenos. Por ejemplo, Leonardo Da Vinci, arquetipo del Renacimiento, utilizó la sombra y el claroscuro en sus pinturas. Estas técnicas sirvieron de referencia para los investigadores interesados en la percepción de profundidad (Huang, 2009; Pevsner, 2008). En el siglo XIX, Hermann von Helmholtz, médico y psicofísico alemán, entendía que las artes podían ayudarnos a entender el proceso de percepción visual. Helmholtz se destacó por sus teorías y experimentación en el campo de la visión, la percepción y los procesos mentales. En años recientes ha surgido el campo de la neuroestética dentro de la estética empírica (Campos Buenos, 2010; Nalbantian, 2008). Semir Zeki, pionero en este campo, propuso en su libro, *Inner Vision: An Exploration of Art and the Brain*, que los artistas utilizan sus propios métodos para estudiar el cerebro humano (Zeki, 1999). Diferentes trabajos experimentales han provisto información valiosa de cómo el cerebro procesa formas, colores, movimiento y profundidad en una imagen visual. Por lo tanto, la experiencia artística, del artista y del espectador, son experiencias enriquecedoras para la neurociencia, la cual intenta descifrar cómo nosotros entendemos y experimentamos nuestro entorno.

Vilayanur S. Ramachandran, reconocido neurólogo y neurocientífico, y William Hirstein han esbozado una teoría para explicar la experiencia artística humana (Ramachandran & Hirstein, 1999). Uno de los argumentos pilares de su teoría es que el arte no intenta representar la realidad, sino crear una visión exagerada, atenuada, o incluso distorsionada de la realidad. Es decir, el artista amplifica las características esenciales de un fenómeno y minimiza los detalles

(que podrían ser innecesarios) para facilitar la atención y acelerar el proceso de percepción. Lo interesante de la propuesta de Ramachandran y Hirstein es que el cerebro tiene la capacidad de reconocer los detalles más sobresalientes de una pieza artística, substraer lo redundante y añadir información para generar una posible explicación a esa experiencia. Para lograr esta interpretación, el cerebro utiliza una serie de mecanismos tales como agrupación, extracción de contrastes, interpretación de metáforas y refuerzos que los autores describen y discuten en su argumento (Ramachandran & Hirstein, 1999). Partiendo de este marco conceptual, ¿qué elementos de neurociencia podemos encontrar y discutir en la obra *Luciérnagas* de Edgard Rodríguez Luiggi?

El título de la obra de Edgard Rodríguez Luiggi hace alusión a las luciérnagas que son escarabajos con bioluminiscencia. La capacidad de emitir luz mediante reacciones bioquímicas es típica también de otros organismos tales como bacterias, hongos, moluscos, crustáceos y peces. Las luciérnagas son insectos nocturnos y la luz que emiten en la oscuridad crea un efecto de oposición drástica que Rodríguez Luiggi utiliza muy creativamente en su obra. *Luciérnagas* es una cámara oscura; es un cuarto de dimensiones variables, pintado completamente de negro en su interior. Sobre las paredes interiores, el techo y el piso descansan imágenes sinuosas y de diversos tamaños (hechas de papel blanco), e iluminadas con lámparas de luz ultravioleta desde el centro del cuarto. Las imágenes de papel blanco —sobrepuestas al negro oscuro— absorben la radiación ultravioleta, causando la pérdida de energía y la emisión de luz que, ante el ojo, aparenta ser más brillante. Simplemente, la obra es una recreación de las luciérnagas volando en la oscuridad. Ahora, para entender la neurociencia detrás de la obra *Luciérnagas*, es necesario discutir los principios básicos de cómo opera nuestra visión.

El sistema visual humano se extiende desde ambos ojos hasta las regiones cerebrales encargadas de procesar los estímulos visuales. En la parte interna-posterior del ojo se encuentra la retina, una capa de tejido compuesto de diferentes células nerviosas, o neuronas (Field & Chichilnisky, 2007; Masland, 2012). Las neuronas de la retina que convierten la luz visible en información neuronal se conocen como fotorreceptores. Existen dos tipos de fotorreceptores: los conos y los bastones, también conocidos como bastoncillos. Los nombres responden a la morfología de estas neuronas; los conos tienen un extremo en forma de cono y los bastoncillos son alargados. Estas neuronas contienen fotorreceptores que son moléculas sensibles a la luz, responsables de cambiar la actividad electroquímica de los fotorreceptores ante diferentes intensidades de luz visible (Gollisch & Meister, 2010).

La retina contiene más de 5 millones de conos los cuales funcionan óptimamente en la presencia de mucha luz. Se han identificado tres tipos conos que responden a diferentes longitudes de ondas de luz, a saber, azul, verde y rojo, y es lo que nos permite ver los colores (visión fotópica) (Curcio, Sloan, Kalina & Hendrickson, 1990; Hofer, Carroll, Neitz, Neitz & Williams, 2005; Roorda & Williams 1999). El centro de la retina se conoce como la fovea y es donde tenemos una densidad mayor de conos, permitiéndonos tener agudeza visual y capacidad para ver detalles con mayor nitidez.

Por otro lado, los bastones se activan cuando la intensidad de luz disminuye o cuando estamos en plena oscuridad. La retina contiene cerca de 125 millones de bastoncillos (Curcio, Sloan, Kalina & Hendrickson, 1990). Cuando entramos a un lugar totalmente oscuro, luego de haber estado expuestos a la luz, ocurre un proceso conocido como adaptación a la oscuridad,

caracterizado principalmente por la activación de los bastones. Los bastoncillos nos permiten ver en tonalidades de negro, gris y blanco, y esto se conoce como visión escotópica. La agudeza visual y nitidez es menor con la visión escotópica que con la visión fotópica. Un tercer sistema, la visión mesópica, es una visión intermedia entre visión fotópica y escotópica que ocurre cuando la iluminación no es tan potente como la luz del sol, ni hay 100% de oscuridad. En ese caso, tanto conos como bastoncillos están activos.

Los fotoreceptores transforman la luz visible en impulsos nerviosos que son eventualmente procesados por otros tipos de neuronas de la retina. Además de los fotoreceptores, la retina contiene células nerviosas bipolares, amacrinas, horizontales y ganglionares. Todas estas neuronas trabajan en conjunto para procesar los estímulos que entran a través de la pupila y de la cristalina (lento óptico). La información visual procesada inicialmente en la retina se transmite a través del nervio óptico a una región del cerebro conocida como el tálamo. El tálamo recibe información de los sentidos corporales y es importante para la integración de sensaciones, la coordinación del movimiento y la regulación del sueño, la vigilia y la conciencia. La información visual que recibe el tálamo es procesada y reenviada a la corteza visual primaria, localizada en el lóbulo occipital. En el procesamiento de información visual en la corteza se integran memorias y emociones (procesos cognitivos) necesarios para darle significado a lo que vemos de acuerdo a nuestra experiencia. Este conjunto de procesos se conoce como percepción visual.

Cuando uno se ubica dentro de *Luciérnagas* se genera una sensación de inestabilidad. Comienza rápidamente el proceso de adaptación a la oscuridad. ¿Cómo ocurre esa adaptación?

Primero, el diámetro de la pupila se agranda para lograr mayor penetración de luz al ojo. Esta respuesta a la falta de luz se conoce como midriasis y es el resultado de la contracción del músculo dilatador de la pupila que anatómicamente forma parte del iris del ojo. La poca luz de *Luciérnagas* induce adaptación a la oscuridad.

En la retina, los bastones responden efectivamente a la falta de iluminación y se disminuye la actividad de los conos, activando prácticamente la visión mesópica. La reducción de la actividad de los conos limita nuestra capacidad de discriminación y nitidez. Por eso se hace difícil inicialmente percibir los límites del cuarto; se entorpece nuestra capacidad de percibir la profundidad. Los vértices desaparecen momentáneamente. Las imágenes blancas fluorescentes que resaltan sobre el fondo negro activan los mecanismos de atención y discriminación automáticamente. El cerebro trata rápidamente de justificar y explicar lo que está ocurriendo. ¿Qué son estas imágenes? ¿Son letras? ¿Son dibujos? ¿Hay algún mensaje? Algunas imágenes pueden reconocerse con facilidad, mientras que otras resultan inexplicables a simple vista. Toma unos minutos entender finalmente el espacio y las dimensiones de *Luciérnagas*.

La experiencia de *Luciérnagas* no es común. En nuestra vida diaria no estamos constantemente experimentando contrastes drásticos de luz y oscuridad. El orto y el ocaso son procesos de transición que duran minutos y proveen tiempo necesario de adaptación para nuestro sistema visual y cerebro. Por lo tanto, desde la óptica teórica de Ramachandran y Hirstein, Edgar Rodríguez Luiggi presenta una distorsión de la realidad, que si bien imita un contexto de la naturaleza en tanto y en cuanto las luciérnagas emiten luz en la oscuridad, remite a un ambiente poco común y poco frecuentado por el espectador.

GLOSARIO

agudeza visual	capacidad visual para percibir, detectar o identificar objetos con unas condiciones de iluminación buenas
atención	aplicar voluntariamente el entendimiento
bastones o bastoncillos	tipos de fotorreceptores (células) de prolongación cilíndrica, ubicados en la retina del ojo
biología	ciencia que estudia los seres vivos y sus procesos vitales
bioquímica	estudio químico de la estructura y funciones de los seres vivos
bioluminiscencia	propiedad que tienen algunos seres vivos de emitir luz
cerebro	masa de células nerviosas que forma parte del sistema nervioso
conciencia	capacidad y conocimiento que un ser tiene de sí mismo y de su entorno
conos	tipos de fotorreceptores (células) con forma conoidea, semejantes a una botella, ubicados en la retina del ojo
corteza visual	región occipital de la corteza del cerebro que procesa información visual
crystalina	(lento óptico); cuerpo en forma de lente biconvexa, situado detrás de la pupila del ojo que permite enfocar objetos a diferentes distancias
emociones	alteraciones del ánimo intensas y pasajeras, agradables o penosas, que van acompañada de cierta conmoción somática (efecto fisiológico)
escarabajo	insecto coleóptero, de antenas con nueve articulaciones, élitros lisos, cuerpo deprimido, con cabeza romboidal y dentada por delante, y patas anteriores desprovistas de tarsos
estética empírica	estudio de la experiencia y conducta utilizando el método científico
física cuántica	ciencia que estudia el comportamiento de la materia y la luz a nivel atómico y subatómico

fotopigmentos	pigmentos inestables que generan cambios químicos cuando absorben luz
fotoreceptores	células fotosensibles de la retina capaces de convertir la energía óptica de la luz en energía electroquímica
fóvea	porción pequeña de la retina que constituye el punto de máxima agudeza visual
genética	estudio de los genes y la herencia biológica de generación en generación
humanidades	ramas del conocimiento sobre el ser humano y la cultura; incluye la literatura, las artes, la historia, el teatro y la filosofía
iris	disco membranoso y coloreado del ojo en cuyo centro está la pupila
luciérnaga	insecto coleóptero, de tegumento blando y algo más de un centímetro de largo
luz ultravioleta	radiación electromagnética que se encuentra entre el extremo violado del espectro visible y los rayos X y provoca reacciones químicas de gran repercusión biológica
memoria	facultad para retener y recordar el pasado
midriasis	dilatación anormal de la pupila con inmovilidad del iris
nervio óptico	nervio craneal encargado de transmitir información visual de la retina al cerebro
neurociencia	conjunto de disciplinas científicas que se ocupa del sistema nervioso y de sus diversos aspectos y funciones especializadas
neuroestética	estudio de la percepción de la belleza, creatividad, belleza y amor
neurona	célula nerviosa con cuerpo variado y provisto de diversas prolongaciones
ocaso	puesta del sol por el horizonte
ojo	órgano de la vista en los animales
orto	aparición del sol por el horizonte

percepción	capacidad de identificar, organizar e interpretar el ambiente externo e interno a través de los sentidos
pupila	abertura circular del ojo formada por el iris que da paso a la luz
Renacimiento	movimiento cultural de Europa Occidental en los siglos XV y XVI
retina	membrana interior del ojo, constituida por varias capas de células, que recibe imágenes y las envía al cerebro a través del nervio óptico
sensación	impresión que las cosas producen a través de los sentidos
sueño	acto de dormir
tálamo	conjunto de núcleos cerebrales debajo de la corteza cerebral que intervienen en la regulación de los sentidos
vértice	punto donde concurren tres o más planos
vigilia	acción de estar despierto o en vela
visión escotópica	visión con niveles bajos de iluminación
visión fotópica	visión con niveles de iluminación diurnos (muchas luz)
visión mesópica	visión intermedia entre la fotópica y escotópica

BIBLIOGRAFÍA

- Campos Buenos, J. J. (2010). Neuroestética: hacia un estudio científico de la belleza y de los sentimientos estéticos compartidos en el arte. En A. Martínez-Aragú, J. J. Campos Buenos, V. Fernández-Armayo Ajo & O. de Juan Ayala (Eds.), *Neuroestética* (pp. 29-50), Madrid: Saned.
- Curcio, C. A., Sloan, K. R., Kalina, R. E., & Hendrickson, A. E. (1990). Human photoreceptor topography. *Journal of Comparative Neurology*, 292(4), 497-523.
- Field, G. D., & Chichilnisky, E. J. (2007). Information processing in the primate retina: circuitry and coding. *Annual Review of Neuroscience*, 30, 1-30.
- Gollisch, T., & Meister, M. (2010). Eye smarter than scientists believed: neural computations in circuits of the retina. *Neuron*, 65(2), 150-164.
- Hofer, H., Carroll, J., Neitz, J., Neitz, M., & Williams, D. R. (2005). Organization of the human trichromatic cone mosaic. *Journal of Neuroscience*, 25(42), 9669-9679.
- Huang, M. (2009). The neuroscience of art. *Stanford Journal of Neuroscience*, 2, 24-26.
- Masland, R. H. (2012). The neuronal organization of the retina. *Neuron*, 76(2), 266-280.
- Mooney, C. (2009, marzo 24). Re-reading—not misreading—C.P. Snow's “Two Cultures” [*Discover Magazine*]. Recuperado de <http://blogs.discovermagazine.com/intersection/2009/03/24/re-reading-not-misreading-cp-snows-two-cultures/#.UVwfqJPviSo>.
- Nalbantian, S. (2008). Neuroaesthetics: neuroscientific theory and illustration from the arts. *Interdisciplinary Science Reviews*, 33, 357-368.
- Pevsner, J. (2002). Leonardo da Vinci's contributions to neuroscience. *Trends in Neurosciences*, 25(4), 217-220.
- Ramachandran, V. S. & Hirstein, W. (1999). The science of art: a neurological theory of aesthetic experience. *Journal of Consciousness Studies*, 6, 15-51.
- Roorda, A., & Williams, D. R. (1999). The arrangement of the three cone classes in the living human eye. *Nature*, 397, 520-522.
- Snow, C. P. (1959). *The Two Cultures and the Scientific Revolution*. New York: Cambridge University Press.
- Zeki, S. (1999). *Inner vision: An exploration of art and the brain*. New York: Oxford University Press.