

los resultados obtenidos en el pretest, donde se evidencian confusiones con respecto a los conceptos de elemento, compuesto y reacción química (Rodríguez y Torres, 1992).

BIBLIOGRAFIA

BERNAL, J.D. Historia Social de la Ciencia. Barcelona: Península. 1967.

GENE, A. y GIL, D. Tres Principios básicos en la formación del profesorado. Andecho Pedagógica, 18. 1987. P 28-30.

GIL, D. La investigación en el aula de Física y Química. Madrid: Anaya. 1982.

GIL, D. La metodología científica y la enseñanza de las ciencias: Unas relaciones controvertidas. Enseñanza de las ciencias. Vol. 4 No. 2. 1986. P. 111-121.

GIL, D. y otros. La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria. Barcelona: Horson. 1991.

RODRIGUEZ, Blanca y TORRES, Nancy P. Las prácticas de laboratorio como medio de familiarización con la metodología científica en el modelo de enseñanza-aprendizaje por investigación. Ejemplo de aplicación: El

PORQUE EL HOMBRE VE A COLOR ?

FUNDAMENTACION DEL MECANISMO DE LA VISION *

Por CEMELIA SANCHEZ MARQUEZ**

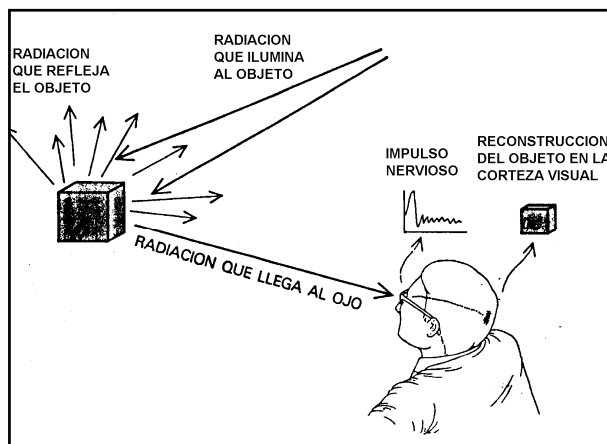
"Las moléculas responden a la luz como las personas a la música. Algunas no absorben nada. Otras se limitan a mover un pie o un dedo. Pero también las hay que se levantan, bailan y cambian de pareja".

WILLIAM A. H. HUSHTON
Universidad de Cambridge.

El hablar del "Porqué el hombre ve a color?" bajo una fundamentación del mecanismo químico de la visión, implica conjugar una serie de criterios estructurales y de interacción molecular que en este caso conforman un discurso explicativo químico de un hecho tan "corriente" que tiene que ver con casi todos los hombres como el poder ver los colores en un mundo

donde ver forma parte de la "realidad" misma.

El color es el resultado de una compleja serie de respuestas fisiológicas y psicológicas a las radiaciones de longitud de onda situadas en el intervalo 400-750 nm, cuando éstas inciden en la retina del ojo. Lo que un observador ve es el producto de la luz que sale del objeto observado (emisor), se refleja en el (o transmite a través del) objeto y llega a la retina del ojo, transformándose en impulsos nerviosos que se transmiten a la corteza



cerebral para dar lugar a la sensación (fig. 1).

Figura 1

El reconocimiento de qué es lo que se encuentra allí, tamaño, forma, luminosidad y distancia del objeto que se ve, es materia de la física ocular y de la biología del cerebro. Sin embargo, todo esto depende de un evento enigmático: la luz hace "algo" en la retina del ojo "algo" que desata todo el proceso sin el cual no habría visión. Ese "algo" es de hecho, una transformación puramente química.

Ahora bien, el problema además de tratar de esbozar el mecanismo químico de la visión, está en dar una explicación de cómo el sistema visual puede extraer una información cromática fidedigna del mundo que rodea al hombre: un mundo en el cual cada escena prácticamente está iluminada de modo desigual; un mundo en el cual la composición espectral de la radiación incidente en una escena puede variar enormemente. Lo cierto es que los objetos retienen su identidad de color bajo una gran variedad de

* Ponencia presentada en el seminario de Química en Abril 22 de 1992.

** Estudiante del Departamento de Química. PPDQ II.

condiciones lumínicas. Esta constancia no es un efecto menor de segundo orden, sino algo tan fundamental como para requerir una nueva descripción de cómo ve el hombre los colores.

En esta ponencia los nombres de los colores "rojo", "verde", "azul", etc., quedarán reservados para designar la sensación de color que tiene el hombre cuando mira el mundo que lo rodea. En síntesis, "solo nuestros ojos pueden categorizar el color de los objetos, no así los espectrofotómetros" (LAND, 1978).

LOS FOTORRECEPTORES DE LA VISION

El ojo humano contiene dos clases de células fotorreceptoras en la retina, denominadas bastones y conos, en razón de sus formas peculiares. Los bastones permiten formar imágenes en blanco y negro a iluminación tenue; los conos posibilitan la visión en color a iluminación brillante. La retina humana contiene tres millones de conos y cien millones de bastones.

Actualmente se conoce más de los bastones que de los conos. Por una parte, los bastones en su función de fotorreceptores han alcanzado la máxima sensibilidad. Puede excitarlos un solo fotón, la menor cantidad de luz posible. El bastón es una estructura larga delgada, dividida en dos sectores. El segmento externo contiene la mayor parte del aparato molecular de detección de luz y de inicio del impulso nervioso. El interno está especializado en generar energía y renovar las moléculas necesarias para el segmento externo. Además, en este último se encuentra una terminal sináptica que proporciona la base de comunicación con otras células (fig. 2).

La molécula protéica fotorreceptora de los bastones es la rodopsina (fig. 3) que absorbe un fotón y genera la respuesta inicial de la cadena de fenómenos que subyacen al sentido de la visión. La rodopsina, tiene dos componentes denominados 11-cis retinal (es una molécula orgánica derivada de la vitamina A) y la Opsina (cadena polipeptídica constituida por 348 Aminoácidos), una proteína capaz de desempeñar funciones enzimáticas.

La absorción de un fotón por parte del 11-cis retinal desencadena la actividad enzimática de la opsina y pone en movimiento la cascada bioquímica de la visión al sensibilizar a la rodopsina. Tanto la rodopsina como la opsina se encuentran unidas

Figura 2

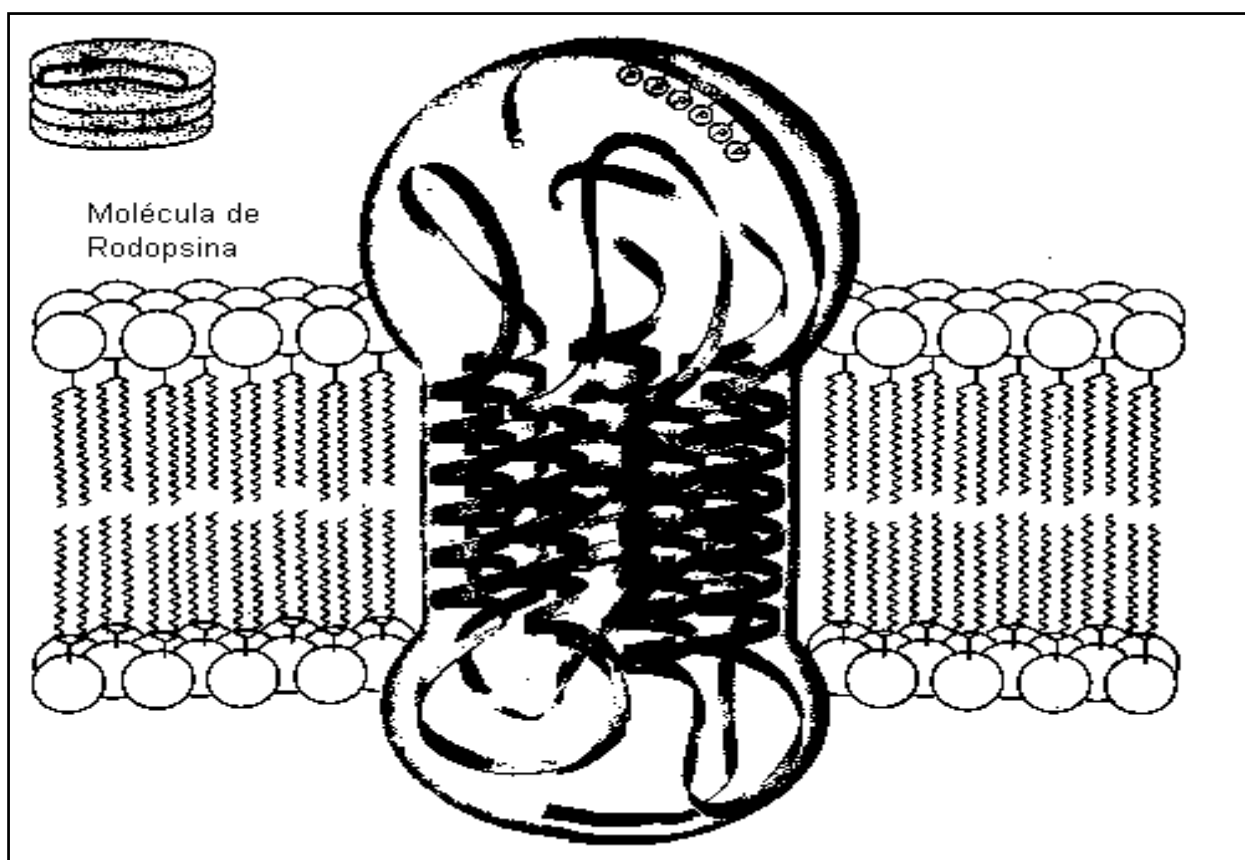


Figura 3

mediante una función imina, formada a partir del grupo 11-cis retinal y un grupo amino de la proteína opsina (fig. 4).

MECANISMO MOLECULAR DE LA VISION

Cuando un fotón incide en la retina, la rodopsina que lo recibe experimenta una serie de transformaciones que la convierte en unos intermediarios denominados metarodopsinas (ver fig. 5).

Durante este proceso se genera el impulso nervioso a la par que el doble enlace en los carbonos 11-12 del 11-cis-retinal se isomeriza (11-cis-retinal a todo trans-retinal (ver fig. 6).

Aquí, es donde vale la pena el observar como un hecho teórico, como lo es la isomerización de una molécula (11-cis-retinal), no implica simplemente un cambio en la disposición espacial de la molécula sino el desencadenamiento funcional a nivel químico de una reacción en la cual sin dicho cambio el fenómeno no sucedería (es así como la teoría adquiere sentido

Figura 4

*Figura 5**Figura 6*

cuando es utilizada en la explicación de fenómenos).

Retomando el tema de interacción del fotón con la retina. Resulta importante saber qué mecanismo molecular se desencadena (ver fig. 7). De lo cual, se ha determinado que: Cuando el retinal absorbe un fotón (fig. 7, I) y se activa la opsina, la rodopsina activada (fig. 7, II), activa a su vez, la enzima transducina que constituye un intermediario clave de la cascada excitadora.

La transducina activa una fosfodiesterasa específica, que abre, a continuación, el anillo del GMP cíclico hidrolizándolo (fig. 8).

Esta atracción provoca la sustitución del GDP por GTP en la subunidad alfa de la transducina (fig. 7, III); determina también que la subunidad alfa se separe de la porción enzimática formada por el complejo beta-gamma (fig. 7, III). La transducina libera a la fosfodiesterasa inactiva (FDEi) de la inhibición a que está sometida, quizás retirándole su subunidad gamma.

La fosfodiesterasa activada empieza entonces a escindir gran número de moléculas GMP cíclico (fig. 7, IV). Luego, un temporizador adosado a la subunidad alfa de la transducina hidroliza el GTP en GDP. Así, la subunidad alfa se asocia con la unidad beta-gamma y se reensambla la fosfodiesterasa. Se inactiva entonces la rodopsina, para reagruparse luego la configuración que presentaba antes de la activación (fig. I).

La rodopsina se desactiva por medio de una enzima, que "reconoce" su estructura específica: el enzima quinasa, que une numerosos grupos fosfato a los aminoácidos de un extremo de la cadena de opsina.

A continuación, la rodopsina forma un complejo con la arrestina, proteína que bloquea la unión de la transducina y devuelve el sistema al estado de oscuridad.

Aquí surgiría una inquietud: Para que se detiene el ciclo?

El ciclo se detiene para que el organismo vea en más de una ocasión, ya que sin la conversión del GTP en

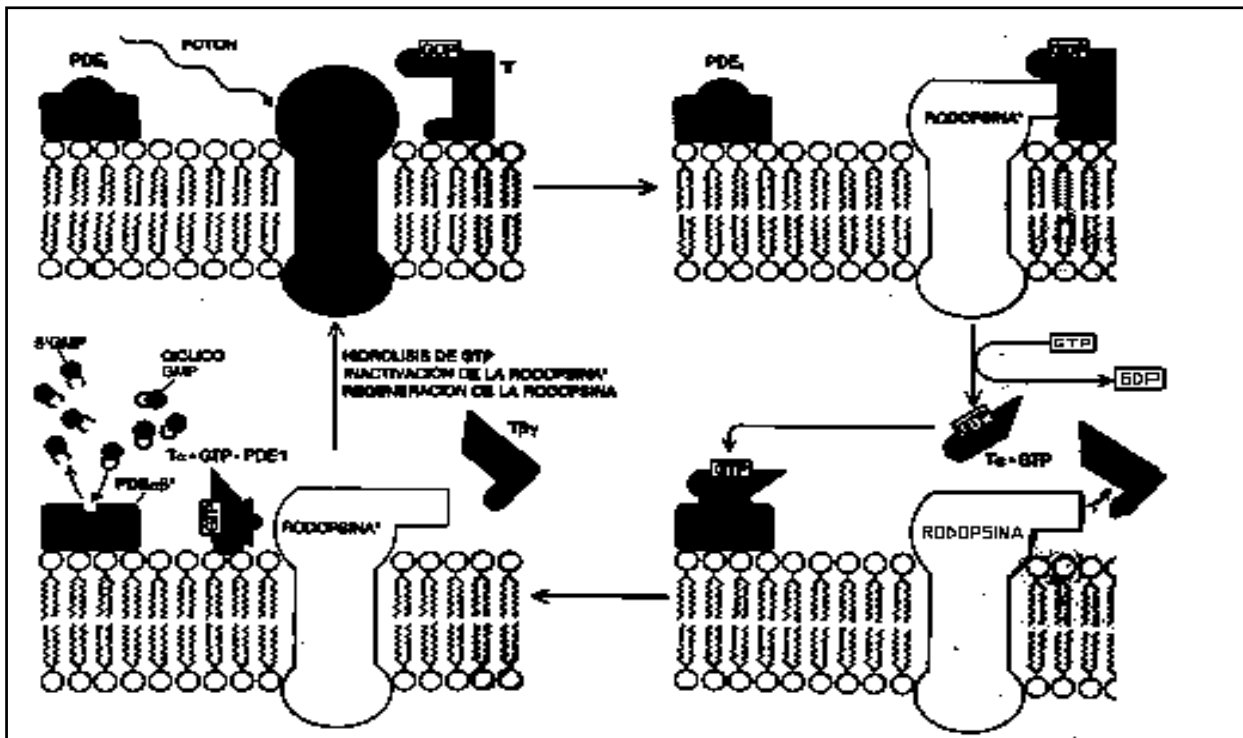


Figura 7

Figura 8

GDP no puede comenzar de nuevo el sistema para excitaciones ulteriores. Es decir, la rodopsina se debe regenerar para que se mantenga la visión (fig. 9).

Se ha descrito hasta el momento el mecanismo molecular que se desencadena cuando la luz (fotón) incide en la retina produciendo la visión. Pero, qué es lo que al final de dicho mecanismo genera el impulso nervioso que va al cerebro?

La membrana plasmática que, en este caso corresponde a la del bastón, posee permeabilidad selectiva a los iones que llevan carga eléctrica neta. Existe, por tanto, una diferencia de potencial

eléctrico entre el interior y el exterior del bastón. Después de la iluminación, la diferencia de potencial aumenta (este incremento varía en función de la intensidad del estímulo y la iluminación de fondo). De tal manera el incremento de la diferencia de potencial (denominada hiperpolarización), responde a la absorción de un sólo fotón que bloquea la entrada de millones de iones sodio, a causa de la hidrólisis del GMP cíclico, pues provoca el cierre de centenares de canales de sodio de la membrana plasmática.

Tras el cierre de los canales de sodio, la hiperpolarización inducida por la luz se transmite a lo largo de la membrana externa, hasta la terminal

Figura 7, Resumen de las transformaciones del ciclo visual.

sináptica del otro extremo de la célula, donde se genera el impulso nervioso. Cabe anotar que al cesar la iluminación es el GMP cíclico el que "abre" los canales de sodio de la membrana externa.


Por otra parte, como se había mencionado anteriormente, la visión de los colores está mediada en los conos de la retina por tres fotorreceptores fundamentales (pigmentos visuales análogos a la rodopsina). Los espectros de absorción de estos tres pigmentos fotorreceptores que se obtuvieron iluminando los conos con un haz de luz monocromática (1 m de diámetro) permitieron discriminar tres grupos de conos: unos que experimentan la excitación máxima con la luz azul, otros con la verde y los demás con la roja. El cromóforo de los tres tipos de conos es el 11-cis-retinal. Los pigmentos de los conos al igual que la rodopsina, se pliegan en una estructura de siete hélices. Además, el mecanismo de transducción de los conos es igual que el de los bastones. La transducina, la fosfodiesterasa y el conducto sensible GMP cíclico de los conos es muy semejante a sus homólogos de los bastones. La ceguera a los colores se debe a la carencia o a una anomalía o defecto en un tipo de opsina de los conos.

Prácticamente, el proceso que se ha descrito muestra (a nivel molecular) como la retina del ojo humano como sistema de fotorrección, está constituida de

tal forma que, de entre la variada oferta de radiaciones energéticas de las más diversas longitudes de onda, puede "captar" unas determinadas (entre 400 nm y 700 nm). A esta parte del proceso se le denomina "Campos de recepción de luz por parte de conos" que se diferencia de las "Fuerzas de sensación de color", las cuales se originan en los impulsos eléctricos que, conforman los códigos que a través del sistema nervioso son enviadas al cerebro. Es por esto que las células fotorreceptoras de la visión (conos y bastones) en sentido estricto no ven ni luz y ni colores, pues no son más que recolectores de cuantos de luz. La sensación de color, como producto del funcionamiento del órgano de la vista, sólo nace en el cerebro. En síntesis, el hombre ve a color como producto del funcionamiento de la impresión sensorial resultante de la codificación de las señales nerviosas generadas por los fotorreceptores que cumplen una función discriminatoria de las longitudes de onda emitidas, reflejadas o difractadas de los cuerpos materiales.

Resultaría interesante seguir pensando el porqué el color es un atributo sensorial del hombre y en particular de la visión.

BIBLIOGRAFIA

LAND, Edwin. La teoría retinex de la visión del color. Investigación y ciencia. No. 17, Febrero. 

LOGICA DEL EXPERIMENTO *

Por MARISOL SEGURA ROJAS**

La química es una ciencia experimental por lo cual, los trabajos experimentales deben jugar un papel importante en su enseñanza, en donde :

"Se acepta que esta ciencia no es un conjunto de recetas probadas empíricamente, ni una teoría que se reduce al seguimiento estricto de los pasos y procedimientos para poner en práctica dichas recetas" (PPDQ, 1988)

Cuando se habla de trabajo experimental, es necesario mirar su transfondo, su base fundamental, es decir la concepción de experimento sobre lo que esta infiriendo conocimiento.

Este conocimiento constituye un sector considerable del trabajo cognoscitivo del hombre y tan importante como el conocimiento lógico-matemático, ya que esta ligado a el de manera no disociable, como afirma Piaget: "el conocimiento lógico-matemático aunque en su fuente provenga de las coordinaciones generales de acción, normalmente no se ejecuta en el vacío y versa sobre objetos", es decir, todo conocimiento del objeto es siempre asimilado bajo esquemas que llevan consigo una organización lógica o matemática aunque sea elemental.

El laboratorio no es simplemente asignar a los estudiantes un trabajo práctico donde sea mínima la necesidad de pensar; no debe ser utilizado como un medio para desarrollar simplemente la observación y la habilidad manual. Es por esto que el trabajo en química debe conducir al estudiante a la búsqueda de un nuevo significado el cual se ve afectado por el trabajo experimental que generalmente esta precedido de los contenidos teóricos.

La necesidad de relacionar la teoría con la práctica nace de que la primera, en su afán de buscar la verdad, llega algunas veces a conceptos que no son fácilmente asimilados por los alumnos. Pero cuando esta relación se da de manera armónica, el alumno esta en capacidad de aprender a leer los hechos, a leer los instrumentos de medición, utilizarlos o incluso a construirlos; ya que el laboratorio no es un lugar exclusivo para científicos. pues en este sitio también se puede desarrollar la creatividad, autonomía, autoconfianza, y deseo de conocer y la

necesidad de logros por parte del estudiante.

Al respecto, Ausubel (1976) plantea el trabajo experimental en ciencias como una estrategia integradora de elementos teórico-conceptuales, con elementos metodológicos esenciales, que permite entender la construcción y naturaleza del concepto científico y el papel que desempeñan los conceptos en la observación.

"En este modelo no solo es importante lo que alumno posee sino que el aprendizaje se constituye en un actividad de alta racionalidad, que necesita de un espectro muy variado de estrategias de aprendizaje en incluye la construcción y comprensión de una imagen menos deformada de la ciencia y sus métodos" (Ramírez, 1989)

El experimento como medio de enseñanza supone algo más que el contacto directo de objetos y acontecimientos, o la simple observación de un hecho. Este implica una relación entre los conocimientos teóricos y el trabajo experimental para que el alumno pueda construir su propio conocimiento; esto lo logra en el momento en que el relaciona los conceptos relevantes y los organiza jerárquicamente, obteniendo así un aprendizaje significativo, entendiendo este como el proceso por el cual se relaciona una nueva información con algún aspecto ya existente (ideas previas) en la estructura cognitiva de la persona.

Se puede considerar el trabajo experimental como una estrategia pedagógica en la enseñanza de la química; más no debe quedarse en la reproducción de una guía de laboratorio sino despertar en el alumno el animo de descubrir por si mismo, de buscar sus propias explicaciones, apoyado en los conocimientos teóricos abordados en clase.

Una explicación de esto puede verse en el siguiente ejemplo: En la valoración de un ácido con una base, se obtuvieron los siguientes datos:

"Cambios en el pH durante la valoración de 50 ml de HCl 0.100 N. con NaOH 0.100 N."

* Ensayo presentado en el Seminario de Pedagogía y Didáctica en Nov. 23 de 1992.

** Estudiante del Departamento de Química. Pedagogía y Didáctica. PPDQ II.