

Dr. Arturo Solís Herrera

Melanina

La clorofila humana

Y la posibilidad de que sea
la tan buscada materia oscura
(dark matter) del Universo.



"Nosotros sabemos que para investigar en México, se requieren agallas, por ello es que es admirable lo que logró el Dr. Solís Herrera"

Ing. Dennis Ross Morey, Octubre 2008.

" Su descubrimiento es asombroso, es algo que va a cambiar al mundo, Bingo!!!!"

George Schultz, Nov. 2007.

" Estamos muy interesados en colaborar con su proyecto."

Dr. Kai Cheng, Universidad Brunel, Londres, UK; Head of Department, Chair Professor in manufacturing systems." Sept. 2008.

La Melanina y la influenza humana H1N1

Aunque al inicio, el escepticismo, las apuestas en contra e inclusive la risa era la respuesta en general, poco a poco, ha ido ganado aceptación la fotosíntesis humana, frase que de acuerdo a su descubridor, pasará a formar parte, tarde o temprano, de todos los lenguajes del mundo.

He aquí lo que señala el Doctor Arturo Solís Herrera, sobre la pandemia que está propagándose por el mundo: "Lo más urgente es que en este momento me crean las autoridades respectivas, lo más pronto posible e igualmente lo apliquen a la brevedad: **que la estimulación farmacológica de la fotosíntesis humana (melanina) disminuye la mortalidad en los enfermos de influenza H1N1, antes llamada gripe porcina, por lo menos en un 75 %, pues con esto se salvarían muchas vidas**".

"Usualmente me cuesta mucho trabajo que me crean, porque los conceptos rayan en lo increíble. Pero me sucede una y otra vez, como cuando predije que la **melanina** dura mucho tiempo generando energía pues es extraordinariamente estable, lo más que me atreví a decir es que podría durar miles de años, pero ahora otro autor ya me corrigió: dura millones de años."

"También cuando adelanté que se podría tratar un sinnúmero de enfermedades, pues no hay discusión en que todos los órganos del cuerpo humano desempeñan diferentes funciones, pero tampoco admite discusión que todas y cada una de las células que los conforman tienen una necesidad vital: **AGUA**."

"En el 2007, le comenté a mi equipo de colaboradores que si utilizábamos la **melanina** como aditivo de concreto se incrementaría en forma significativa su resistencia, su ductilidad y sus propiedades fisicoquímicas en general, inclusive sus propiedades anticorrosivas, (entre un 75 y un 100 %). Un año después los resultados de las pruebas destructivas, así como el módulo de elasticidad y Poisson fueron asombrosamente congruentes... "

PRESENTACIÓN

Este libro documenta lo que, a mi juicio, podría ser el descubrimiento y la investigación más importantes en materia científica que se han realizado en México en las últimas décadas. El hallazgo de la fotosíntesis humana es el resultado de la intensa vocación de búsqueda de nuevas terapias médicas, que llevó al Dr. Arturo Solís Herrera a cuestionar tesis consideradas como verdades fundamentales sobre la vida y a ofrecer nuevas y asombrosas teorías al respecto que día a día ganan aceptación entre la comunidad científica nacional e internacional.

Vivir y trabajar en Aguascalientes, México, lejos de los grandes centros de investigación del país y del mundo, no inhibe el espíritu genial nato que ha movido a Solís Herrera a hurgar en las fronteras del conocimiento humano—ese mismo espíritu que motivó, en otras circunstancias, a Galilei Galileo, a Isaac Newton y a Charles Darwin a cuestionar los conceptos más arraigados de ese conocimiento y a cambiar el curso de la historia— y que hoy nuevamente nos obliga, a fuerza de pruebas contundentes, a modificar nuestra concepción de los orígenes y de los procesos de la vida.

El descubrimiento de que no sólo

los vegetales realizan la fotosíntesis, sino también el ser humano y todo ser viviente cuyo código genético expresa la melanina, nos obliga a reescribir infinidad de páginas de la ciencia, abriendo, al mismo tiempo, otra infinidad de nuevos derroteros para la investigación en la física, la química, la energía, la medicina y en todas las ciencias básicas.

El trabajo modesto y constante, en su laboratorio de oftalmología, con pequeñas celdillas fotoelec-troquímicas de melanina, redefine totalmente nuestra concepción de cómo la luz actúa sobre y dentro del cuerpo humano. Demuestra, sin la menor duda, que la melanina—sustancia poco conocida, que muchos científicos han descartado como inútil e irrelevante— permite, mediante fotólisis, extraer energía al desligar y ligar del oxígeno los átomos de hidrógeno en la molécula del agua. En otras palabras, la melanina es fundamental para la vida, porque las moléculas de agua, en presencia de melanina y luz, se convierten en átomos de hidrógeno y oxígeno, más energía, y luego se vuelven a unir los átomos de hidrógeno y oxígeno, brindando agua y electricidad, sin que la molécula de melanina sufra cambios,

lo cual permite perpetuar esas reacciones en el tiempo. Este asombroso hallazgo, patentado por Solís Herrera, brinda una veta totalmente novedosa para la investigación en materia de energía renovable e inagotable.

Investigaciones científicas en otros países tienden a corroborar el hallazgo de la fotosíntesis, sin que sus promotores alcancen el pleno entendimiento del fenómeno que nos revela Solís Herrera. Por ejemplo, un equipo de investigadores del Albert Einstein College of Medicine, encabezado por la Dra. Ekaterina Dadachova, ha estudiado el desmedido crecimiento de hongos, en presencia de melanina y radiaciones, en Chernobil. Este hecho generó especulación en medios científicos de Estados Unidos acerca de la posibilidad de que la fotosíntesis con melanina pudiera ser una base para el cultivo masivo de hongos que servirían para producir los biocombustibles del futuro.

“Esto sugiere que la propia naturaleza ha producido otro escenario de energía alternativa que es completamente inesperado. (...) ¿Significa que algún día grandes granjas de hongos

en las laderas de los Andes o de la Himalaya nos brindarán combustible para nuestros automóviles?” dice un artículo de Technology Review, del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT).

Las celdillas fotoelectroquímicas brindan una opción más viable de captura de la energía producida por la fotosíntesis con melanina, a tal grado que ya se plantea su aplicación en situaciones de iluminación en México.

Es previsible que la demanda futura de celdillas fotoelectroquímicas de melanina, con fines de iluminación y de provisión de energía, pueda llegar a ser arrolladora. Además, se trata de una forma de energía compatible con la búsqueda de formas de combate al calentamiento global. El crecimiento económico insostenible del mundo actual se basa todavía en un consumo creciente de combustibles fósiles, pero a costa de los ecosistemas del planeta, por lo que se requieren soluciones energéticas radicalmente diferentes. Es en este contexto en el que debemos comprender el verdadero potencial de captar el poder de la fotosíntesis con melanina.

DAVID SHIELDS.

Breve reseña de los principales eventos que sustentan el concepto de la existencia de la fotosíntesis en los humanos.

Arturo Solís Herrera, MD, PhD.

Melanina

La clorofila humana,
su papel en el origen
de la vida y la posibilidad
de que sea la tan buscada
materia oscura (dark matter)
del Universo.

CENTRO DE ESTUDIOS DE LA FOTOSÍNTESIS HUMANA, S. C.

Dr. Arturo Solís Herrera

Dirección: Centro de Investigación sobre la Fotosíntesis Humana, A. C.

López Velarde 108, Centro. Aguascalientes, Ags., México, CP 20000.

Comagua2000@yahoo.com

INDICE

	Presentación	I
CAPÍTULO 1	La fotosíntesis vegetal, humana y sus implicaciones	1
CAPÍTULO 2	Al cuerpo humano, ¿la luz le sirve sólo para ver?	7
CAPÍTULO 3	La fotosíntesis en los vegetales, el papel de la clorofila	11
CAPÍTULO 4	El agua, indispensable para la vida pero ¿cuáles son sus funciones en el cuerpo humano?	13
CAPÍTULO 5	Definición de fotosíntesis	19
CAPÍTULO 6	Melanina, la clorofila humana	21
CAPÍTULO 7	¿Por qué es tan importante la energía que obtenemos de la luz?	27
CAPÍTULO 8	La melanina, precursora de la vida en la Tierra	31
CAPÍTULO 9	El agua como solvente	41
CAPÍTULO 10	La luz	43

CAPÍTULO 11	La interacción entre el agua y la melanina como resultado de la irradiación electromagnética	45
CAPÍTULO 12	¿Por qué los dispositivos energizados con melanina funcionan día y noche?	51
CAPÍTULO 13	Impacto de la fotosíntesis humana en otras áreas del conocimiento	55



CAPÍTULO 1:

La fotosíntesis vegetal, humana y sus implicaciones

Introducción:

Conocemos poco de los orígenes de la vida. Se desconocen los confines del Universo. No se sabe con certeza si se está expandiendo o contrayendo. La teoría del big bang ha decaído. La ley de la gravitación universal no explica el estado actual del Universo, pues, de acuerdo con dicha ley, el Universo debía colapsarse, ya que le hace falta 500 por ciento más de materia, de masa, dado que sus efectos gravitatorios se requieren para explicar por qué no sucede dicho evento. Se especula sobre la supuesta existencia de la una materia adicional, la cual, al no poder ser detectada se le nombra dark matter (materia oscura).

Luego el Sol, esa enorme masa gaseosa que emana cantidades casi inimaginables de energía con base en la fusión de átomos de hidrógeno para formar átomos de helio, entraña muchos misterios. La Tierra también es desconocida en muchos aspectos, ya que las mayores perforaciones sólo han llegado a arañar la corteza terrestre, pues hablamos de 10 kilómetros a lo sumo. El agua también guarda misterios fascinantes todavía. Se acepta que su fórmula tradicional, H₂O, sólo se maneja con para fines académicos, ya

que se desconoce la real. Es inusual que sea un líquido a temperatura ambiente, cuando otras moléculas parecidas que pudieran tomar su lugar son gases en las condiciones terrestres. Se comprende poco acerca de su elevada temperatura de ebullición, sus clatratos o complejos de inclusión, sus puentes de hidrógeno, su naturaleza constantemente cambiante, etcétera.

También es desconocida la melanina, molécula que ha llamado la atención desde hace siglos, pero que, debido a sus dificultades para estudiarse en el laboratorio, ha sido considerada algo así como un lodo, pues resiste los métodos actuales de análisis, a pesar de que se ha estudiado y se estudia en laboratorios del Primer Mundo. Y sin embargo, las conclusiones son semejantes: la melanina es intratable en el laboratorio.

Resumiendo lo anterior, los elementos fundamentales de la vida superan con mucho nuestra capacidad de abstracción, ya que ni siquiera somos capaces de imaginar una explicación o explicaciones para todos y cada una de ellos. No los entendemos, pero estamos de acuerdo en que estos elementos –y aquí argumento que la melanina es uno de

ellos— son necesarios para originar la serie de procesos dinámicos y cambiantes que denotamos como vida.

Hasta ahora se supone que primero fue el Universo, después la Tierra, enseguida el agua, poco después las ATP-asa, es decir, las enzimas que sintetizan la molécula de intercambio universal de energía que es el adenosin trifosfato (ATP por sus siglas en inglés), enseguida la clorofila y después la vida.

Esta serie de eventos se enfrentan con contradicciones que no han podido ser resueltas. Por ejemplo, la ATPasa —el sufijo “asa” quiere decir que no gasta ATP, a diferencia de las sintetasas que sí gastan ATP para realizar su función— es una estructura conformada por aminoácidos (compuestos que contienen en su estructura aminos —NH₂— y ácidos —COOH—). Sin embargo, es una estructura muy regular, muy uniforme, conformada por numerosos aminoácidos (100 aminoácidos) que no están distribuidos al azar, sino todo lo contrario. Su orden es tal que la naturaleza las repite una y otra vez. Este orden en el Universo o en la Tierra misma es difícil de aceptar tal como se propone hasta ahora: que su origen es abiótico, es decir, son moléculas implementadas por entes que no tienen vida, pero que fueron capaces de sintetizar una y otra vez las cantidades necesarias de dicha enzima hasta que, con el paso de millones de años, se concatenaron las primeras moléculas de clorofila y paulatinamente el resto de ellas. Lo anterior es como pretender que todas las partes de un complicado reloj cayeron del cielo, llegaron a la Tierra de tal forma que justo

se embonaron unas con otras, se formó el reloj y lo asombroso de todo, que dicho mecanismo empezó a funcionar perfectamente.

Es difícil conceder tal milagro, pues es menester que se repitiera una y otra vez. Inclusive hasta la fecha, sería un evento que requiere suceder con la suficiente frecuencia como para que, eventualmente, el resto de las reacciones químicas que conforman la vida se enlazaran en su exacto orden actual y que no ha variado desde el principio de los tiempos.

La vida no es una serie de reacciones químicas que suceden por casualidad y en cualquier orden. La expresión de la vida requiere que se siga el mismo orden tal cual fue creada. En este sentido siempre es primero la reacción primaria o inicial o número 1, en seguida la número 2, luego la 3 y así sucesivamente, y llega un momento que debido al elevado número de aminoácidos que conforman a los organismos empieza a haber pequeñas diferencias, por ejemplo, en número y localización, pues las posibilidades de combinación son infinitas. Basta recordar que las notas musicales son siete, pero la cantidad y variedad de melodías que se han creado y se siguen componiendo parecen inacabables. Si meditamos que el número de aminoácidos presentes en los organismos terrestres son 20, entonces la capacidad de combinación se eleva exponencialmente. Pudiéramos afirmar que hay más aminoácidos que melodías. Esas pequeñas diferencias que se amplifican conforme se suceden las reacciones químicas son las que dan origen a las diversas especies.

Pero volvamos a la reacción primaria. La pregunta hasta la fecha es: ¿quién pagó el precio energético de la primera reacción que dio origen a la vida? Comprendemos que la energía se define como la capacidad de hacer un trabajo y éste puede ser de distinta índole, algo que se mueve, algo que se contrae o que se expande, algo que se combina, etcétera. Por otra parte, la NASA (National Aerospace Administration) define la vida como una serie de reacciones químicas autosustentables que eventualmente entran en evolución darwiniana (la supervivencia del más apto).

¿Y la primera reacción química? ¿Cómo sucedió? No pudo ser debida a la casualidad, porque entonces su misma aleatoriedad hubiese hecho casi imposible que se generara la vida, pues si sucedía de vez en cuando y quién sabe dónde, ¿cómo entonces los demás elementos se iban a ordenar? Hubiera sido impensable que en medio de un caos se generara la vida que, aunque no es perfecta, sí manifiesta un orden relativamente constante pues inclusive se repite una y otra vez, con ciertas diferencias compatibles con la vida misma. Sin embargo, cuando dichas variaciones se salen de cierto rango, la vida simple y sencillamente no se expresa.

Entonces, volvamos a esta primera reacción inicial, primordial en el origen de la vida y replanteemos la pregunta: ¿cómo fue que se generó una energía en forma adecuada en tiempo, forma, cantidad y demás cualidades necesarias para que se concatenara, a través del paso de millones de años, la serie de reacciones químicas que conforman la vida misma?

Podemos escribir muchas teorías como se ha hecho hasta ahora: origen extraterrestre, origen divino, la casualidad, origen abiótico, etc., pero si tomamos en cuenta la melanina, nuestro entendimiento cambia radicalmente.

¿Por qué?

Porque hasta ahora la melanina se consideraba algo así como un enigma, y un enigma que va desapareciendo conforme las naciones avanzan en su grado de civilización. El 99% de los estudiosos piensan que con la melanina pasa como con el agua, que todo está escrito al respecto, que ya no hay nada más que decir, hacer, estudiar y descubrir. Pero no, de ninguna manera, ambas sustancias tienen misterios fascinantes.

En la melanina de pronto se ha centrado la atención de un número cada vez mayor de científicos. La razón es muy poderosa: en el 2002, merced a un estudio que iniciamos en 1990 sobre las tres principales causas de ceguera en México, mediante modelos matemáticos con la finalidad de desarrollar nuevas formas de tratamiento, nosotros descubrimos una serie de eventos bioquímicos en la retina humana que nos llevó a experimentar y comprobar científicamente una determinante realidad que podemos resumir en la siguiente frase:

La melanina es al reino animal lo que la clorofila es al reino vegetal.

Este concepto ha causado y causa un impacto muy significativo y si lo expresamos en otras palabras también:

La melanina es la clorofila humana.

Es la frase que acuñamos hace ya varios años con la finalidad de atraer la atención de los demás hacia un hecho innegable: la existencia de lo que podemos llamar la fotosíntesis humana.

¿Fotosíntesis humana? Tal aseveración no ha sido siempre bien recibida, pues en más de una ocasión fuimos el blanco de burlas y apuestas en contra por parte de connotadas personalidades. Pero así lo demostraron nuestros estudios efectuados en la retina humana como parte de un proyecto que iniciamos en el Centro de Estudios de la Fotosíntesis Humana en 1990 –en ese entonces, no se llamaba así, lo denominábamos Consultorio para Enfermos de los Ojos– sobre las tres principales causas de ceguera, con la finalidad de desarrollar nuevos métodos terapéuticos. El hecho es que, a pesar de todos los avances tecnológicos y científicos, la incidencia y prevalencia de las mismas parecen no cambiar, lo que significa que los tratamientos actuales no son eficientes y/o eficaces. Nuestros estudios nos permitieron también, gracias a la aplicación de modelos matemáticos, incrementar en forma significativa la sensibilidad y especificidad de los métodos utilizados, así como corroborar la validez de nuestras conclusiones. Nos permitieron percibir, sustentar y, más tarde, defender la extraordinaria importancia de la melanina en la fisiología y fisiopatología de las enfermedades de los ojos. Vimos que la retina humana es un tejido exquisitamente

sensible a las variaciones del oxígeno o, mejor dicho, a sus niveles en los tejidos y/o en la sangre. Pudimos observar y registrar digital y directamente en el vivo, sin hacer daño, y como parte de estudios de rutina, las variaciones vasculares retinianas que resultan de la relación estructura-actividad de la melanina en el ojo humano.

Nos tomó doce años comprender el por qué del papel fundamental de la melanina tanto en el ojo como en el resto del cuerpo humano. No fue fácil si tomamos en cuenta que los datos de laboratorio son paupérrimos, debido a que, al ser la melanina una sustancia cuya dinámica molecular es extraordinariamente compleja mucho más allá de lo que somos siquiera capaces de imaginar, los métodos empleados por los investigadores hasta entonces eran algo así como tomar fotografías y luego pretender, con una fotografía, por ejemplo de la Luna o el Sol, tratar de entender el Universo entero o por lo menos nuestra galaxia.

Simple y sencillamente no es posible comprender el papel que juega la dinámica molecular de la melanina en el laboratorio. Para entender una de las principales propiedades de la melanina, por lo menos en relación al origen de la vida y su papel en el concierto de reacciones bioquímicas, es menester observar el tejido que la contiene, observarlo en el vivo, una y otra vez, tratando de discernir lo mejor posible el contexto que le rodea, de tal manera que sus acciones, sus efectos y sus deficiencias nos fueran estructurando un esquema mental coherente, que finalmente y a lo largo de doce años de repente nos tomó

por sorpresa: la melanina disocia la molécula de agua.

¿Pero ello qué significa?

Pues nada menos que el origen de la vida. Volvamos a la primera reacción, a la primordial, a la inicial de la vida misma y que, de acuerdo a la NASA, se puede resumir de la siguiente manera: tuvo que ser una reacción química autosustentable y que eventualmente entrara en evolución darwiniana.

¿Y por qué la disociación de la molécula de agua por la melanina llena esta definición? Pues, porque cuando la molécula de agua, H_2O , se rompe, se disocia, se desdobra, nos queda eventualmente $H_2 + O$, es decir, hidrógeno y oxígeno molecular O_2 , y para equilibrar la ecuación simplemente requerimos dos moléculas de agua las cuales se disocian al mismo tiempo o casi al mismo tiempo y, en esa transición, dejan de ser líquidos pues se transforman en el estado de la materia denominada gaseoso.

¿Y esto qué implica?

La respuesta, de acuerdo a la exigencia de los científicos, es sencilla: tenemos al hidrógeno libre, cuyo valor radica en que es la parte del agua que va a transportar la energía del enlace roto. Apreciemos aquí al hidrógeno como un acarreador de energía. No es un acarreador de energía cualquiera, ni el más perfecto, pero sí el que más utiliza la naturaleza, aunado al hecho de que el hidrógeno es el átomo más pequeño (de ahí las extraordinarias dificultades para envasarlo, por ejemplo para

los automóviles) y esta pequeñez lo hace muy práctico, pues cabe en cualquier recoveco de la célula eucarionte, lo cual le permite ser muy maniobrable, pues es energía necesaria, útil, que llega a todos los rincones. Es un error colectivo, tal como sucede en cualquier área del conocimiento, pensar que el valioso es el oxígeno sobre el hidrógeno. Basta recordar lo que hacen las plantas con el oxígeno una vez que la clorofila disocia también la molécula de agua: lo envía de regreso a la atmósfera, casi como un desecho o quizá realmente un desecho. Sin embargo, nosotros los mamíferos lo utilizamos un poco más: le pegamos electrones y lo enviamos a la atmósfera, lo que lo hace un poco más aprovechable, pues formamos con él la forma más oxidada del carbono: el CO_2 (bióxido de carbono, $O=C=O$), el conocido gas invernadero.

Es comprensible que el oxígeno fuese reconocido con más facilidad, pues es 16 veces más grande que el hidrógeno y, por ende, varias veces más fácil de detectar que el valiosísimo hidrógeno. Si imaginamos por un momento en los tiempos ancestrales donde no existía la vida, sólo la Tierra con agua bañada por el sol, con lagos y ríos primigenios, y si aceptamos la presencia de melanina, suceso que no es difícil de imaginar si sabemos que la melanina se forma incluso en forma espontánea, y en medio acuoso es estable durante miles, quizá millones de años. (Una prueba irrefutable de ello es que han sido detectadas moléculas de melanina flotando, vagando en el espacio estelar –se le llaman cósmidos–, indistinguibles de la neuromelanina de los

mamíferos). Volviendo a esos ríos y lagos primigenios hipotéticos y a la melanina dissociando la molécula de agua día y noche durante miles y miles, o millones y millones de años, poniendo a disposición de su entorno energía química transportada o acarreada por el hidrógeno, la energía química es la única forma en que los organismos vivos pasados y presentes que viven en nuestro amenazado planeta pueden aprovechar la energía fotónica, es decir, la energía que se transmite a través de las radiaciones electromagnéticas.

Luego entonces, el punto de acuerdo al que pretendo inducir es que la energía solar es la que impulsó e impulsa la vida en la Tierra. Sucede todos los días, como era menester para que a través de prueba y error, las reacciones químicas fueran eventualmente a lo largo de los milenios, autosustentables. Podemos afirmar que los organismos no pueden captar directamente la energía del

sol, pues se requiere un transductor o en otras palabras, algo que transforme la energía radiante, fotónica, de las radiaciones electromagnéticas emanadas principalmente del sol y secundariamente de otras fuentes estelares más lejanas, en energía química.

Sostengo que la vida se explica sólo es a través de este mecanismo, único desde entonces y hasta nuestros días: sol + agua + melanina = energía química. En otras palabras, radiaciones electromagnéticas + energía contenida en los enlaces entre el hidrógeno y el oxígeno + melanina = hidrógeno molecular acarreado energía (química en este momento). Estoy convencido y propongo que aceptemos: el hidrógeno y su valiosa carga de energía que fue liberada del agua por la melanina, utilizando para ello la energía del sol, es la explicación del origen de la vida en nuestro planeta.



CAPÍTULO 2

Al cuerpo humano, ¿la luz le sirve sólo para ver?.....

Lo que comúnmente se conoce por luz o radiaciones electromagnéticas es una de las principales manifestaciones de la existencia de energía en el Universo. A esta última la podemos definir como la capacidad de efectuar un trabajo, pero una definición de lo que llamamos luz es mucho más compleja. Baste decir que ni siquiera entendemos su naturaleza, ya que parece comportarse a veces como onda y a veces como partícula. En otras palabras, no se comprende a cabalidad la naturaleza de la misma. Pongamos un ejemplo: si pudiéramos amplificar lo suficiente un haz de luz nos percataríamos de que llega un momento en que es indiferenciable de la materia en sí, porque, en un instante dado, no sabríamos si estaríamos observando fotones –que son las partículas elementales de las radiaciones electromagnéticas– o estamos observando leptons, quarks o gluones, por ejemplo. A nivel infinitesimal, la materia y la energía son indistinguibles. La luz es un fenómeno extraordinariamente complejo, mucho más de lo que somos capaces siquiera de imaginar.

Como la luz está compuesta primordialmente de energía, de ahí la expresión de que la naturaleza la utiliza en el Universo entero

para llevar energía de un lugar a otro. La energía que emana del sol llega a la Tierra a través de radiaciones electromagnéticas y la porción que percibimos la denominamos luz. Es esta energía la que ha hecho posible la vida en nuestro planeta.

Ya expresamos que la NASA define la vida como un sistema químico autosostenible y que eventualmente entra en evolución darwiniana. Entonces, tuvo que haber una primera reacción química que diera lugar a las siguientes, ya que si esta reacción inicial podía suceder con la continuidad necesaria, sólo es cuestión de tiempo para que se concatenara una serie de reacciones químicas, las que en conjunto conformaron lo que llamamos vida. Pero esta primera reacción química tiene un costo en términos energéticos. Es un gasto de energía, un costo que se tuvo o se tiene que pagar. Es sensato pensar que la energía requerida para impulsar o energizar esta primera reacción química se obtuvo de la luz. La historia del Universo y, por ende, de la Tierra es congruente con ello. La energía solar, y la que emana del Universo entero, bañan la Tierra día y noche desde el principio de los tiempos.

Pero hasta ahora se pensaba que los

seres humanos no podíamos aprovechar directamente esta energía luminosa y que sólo la clorofila contenida en los vegetales, bacterias y algas tenía esa capacidad. De los cinco grupos de pigmentos orgánicos conocidos, los que se encuentran en los seres vivos, sólo la clorofila poseía, aparentemente, la capacidad de transformar la energía luminosa (fotónica) en energía química, la cual sí es directamente aprovechable por las células procariontes y eucariontes. Los otros cuatro pigmentos –carotenoides, bioflavonoides, los pigmentos del grupo hemo y la melanina– se suponía que no poseían esa valiosa cualidad y que sus funciones eran otras relativamente importantes, pero mucho menos trascendentales.

De la melanina, sólo se encontraba en la literatura que sus funciones eran como filtro solar (protección contra los efectos dañinos de la radiación solar), para interacción social y para protección (mimetismo por ejemplo) [Andrzej Slominski 2004]. Entonces, a los seres humanos la luz nos sirve principalmente para iluminar los objetos de manera que podamos observar claramente nuestro entorno y, con la excepción de la síntesis de la vitamina D, a la irradiación solar no se le concede ningún otro papel relevante en el mamífero. En contraste, con los vegetales se acepta sin discusión que sin luz y agua no son capaces de sobrevivir, de eclosionar, ya que en ausencia de cualquiera de estos dos factores desaparecen irremediablemente.

En consecuencia, la respuesta a la pregunta con que iniciamos el capítulo sería: sí, la luz sólo le sirve al cuerpo humano para ver

mejor. Se suponía que para aprovechar la energía luminosa, ésta debe ser transducida (transformada de una forma de energía a otra) primero por los vegetales, de manera que el resultado final de ello, nosotros lo obtengamos a través de la ingestión de los alimentos. En otras palabras, de acuerdo a la literatura científica clásica, somos incapaces de aprovechar la energía contenida en la luz en forma directa. Ello sólo puede ocurrir merced a la ingestión de alimentos y que la energía que requerimos en forma cotidiana, la de todos los días, proviene en su totalidad de los lípidos, glúcidos o prótidos, similares y conexos (vitaminas por ejemplo) que forman parte de nuestra dieta diaria.

Sin embargo, si nos ponemos a pensar, nos damos cuenta que la vida no es posible sin luz, ya sea invisible o visible. Por ejemplo, no han existido comunidades que hayan eclosionado bajo tierra. Inclusive no se han construido grandes ciudades o siquiera complejos comerciales que puedan funcionar todo el tiempo, porque los seres humanos tienden a enfermarse y a morir rápidamente. La manifestación inicial usual o más frecuente, aunque no la única, son alteraciones del sistema inmune.

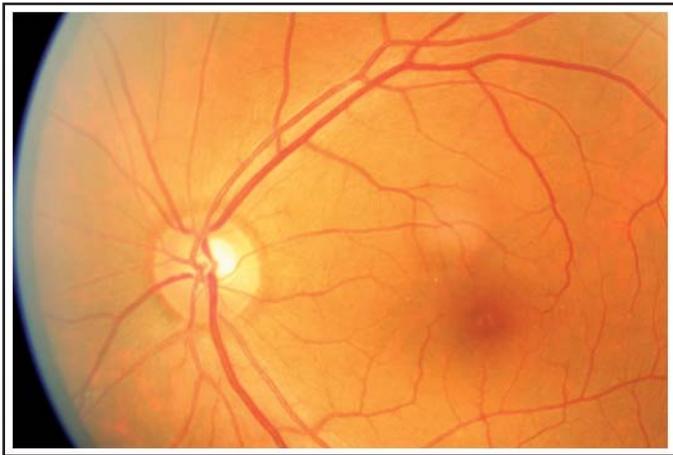
Hasta ahora, era una herejía siquiera suponer otra fuente de energía para nosotros, cualesquiera que esta fuera. Se suponía que los seres humanos, y por ende el reino animal entero, sólo aprovecha o utiliza la luz para ver. La excepción que confirmaba la regla era la minúscula fracción de la irradiación que podemos utilizar para la síntesis de la

vitamina D. La prueba contundente de ello es que en la noche no vemos o casi no vemos, dependiendo de las fases lunares que nos permiten, merced a la reflexión de la luz solar por la superficie lunar, observar por lo menos parcialmente nuestro entorno, de ninguna manera como en el día, pero la oscuridad de la noche se atenúa ya que la oscuridad total es aterradora. Es innato el miedo irracional, el pavor a la ausencia total de luz.

La visión nocturna está muy lejana a la visión diurna. La brillantez, la definición

de los objetos, plantas o animales no tiene parangón.

En una palabra, la luz es indispensable para ver, pero sólo porque, al reflejarse sobre las estructuras, la retina humana puede captar las formas, los movimientos, los colores, etcétera. Se ha pensado que es sólo por eso y de ninguna manera por otra razón, mucho menos pensar que la energía que es transportada por los rayos luminosos pudiera ser utilizada de manera significativa por los tejidos humanos, llámese retina o cualquier otra.

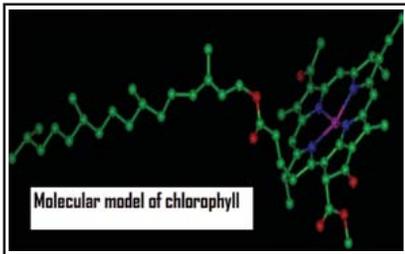


Fotografía de la retina humana, ojo derecho. La estructura semicircular del lado derecho, de donde salen los vasos sanguíneos (líneas rojas) es el nervio óptico, cuya dimensión es de aproximadamente 1200 micras, el equivalente a doce cabellos humanos juntos; en promedio cada uno de ellos mide 100 micras.

CAPÍTULO 3

La fotosíntesis en los vegetales, el papel de la clorofila

El reino vegetal y el reino animal tienen diferencias sustanciales y una de ellas es que los vegetales son capaces de transformar la energía fotónica en energía química, y los humanos o animales no. Por lo menos, hasta ahora eso se creía. La fotosíntesis tiene un primer paso imprescindible y trascendental, que es la disociación, partición o desdoblamiento de la molécula de agua, lo que nos permite obtener hidrógeno y oxígeno. Es tan importante, que si no sucede, la vida vegetal no es posible, no se expresa.



La molécula de la clorofila, donde podemos observar el centro de reacción conformado por 4N (nitrógenos).

¿Pero, por qué es tan relevante?

Existen varias razones.

1.– Sucede a temperatura ambiente y esto nos parece tan natural, tan sencillo,

porque observamos que sucede todos los días en todos los vegetales. Prueba de ello es que los vegetales florecen y dan frutos, al parecer sin más que luz y agua. Pero hay un inconveniente: si queremos reproducir la partición de la molécula de agua, de manera que obtengamos hidrógeno y oxígeno, como en los vegetales, requerimos nada menos que elevar la temperatura de la misma a 2,000 °C, ya que a 100 °C solo obtenemos moléculas de agua en forma de vapor, pero el hidrógeno y el oxígeno continúan unidos.

2.– El componente valioso para los vegetales resultante de esta reacción es el hidrógeno por la sencilla razón de que es un acarreador de energía, la energía más limpia que se conoce. La célula vegetal va a utilizar este valioso hidrógeno para energizar las reacciones subsecuentes que conllevan a la síntesis, por ejemplo de glucosa ($C_6H_{12}O_6$). Recordemos que las plantas absorben el bióxido de carbono (CO_2) y, como resultado de la fotosíntesis, a esta molécula que es la forma más oxidada del carbono, la célula vegetal le agrega hidrógenos principalmente, pues a cada molécula de bióxido de carbono los vegetales le agregan 12 átomos de hidrógeno y 4 de oxígeno para formar la principal fuente de

carbono del reino animal y vegetal: la glucosa (glucosa 6 fosfato en términos bioquímicos, cuando el organismo le añade un fosfato).

Curiosamente, el vegetal pareciera desechar el oxígeno. De hecho, lo envía a la atmósfera sin utilizarlo, a diferencia del hidrógeno que lo atesora de inmediato y fuertemente mediante el NAD y el FAD, moléculas que lo captan y funcionan como reservas del mismo, pues lo ceden y lo captan según lo requieran las diversas reacciones químicas que suceden constantemente dentro de la célula y que resultan en lo que conocemos como vida. El NAD se convierte en NADH (reducido) y el FAD se convierte en FADH (reducido), una vez que captan el hidrógeno y su valiosísima carga energética.

Hasta aquí, encontramos dos situaciones parecidas entre vegetales y animales: en primer lugar, el cuerpo humano parece desechar el oxígeno, aunque no en forma tan inmediata y sin modificaciones como los vegetales, pues le pega electrones a cada átomo de oxígeno y también lo envía de regreso a la atmósfera en forma de bióxido de carbono (la forma más oxidada del carbono, $O=C=O$) y, en segundo lugar, el ser humano y los mamíferos en general también poseen NAD y FAD, moléculas con funciones indistinguibles en ambos reinos, pues cumplen la misma función: captar el hidrógeno.

Lo importante de este capítulo es subrayar que el primer paso de la fotosíntesis es la disociación, partición, desdoblado o ruptura

de la molécula de agua. La energía que se requiere para ello, la célula vegetal la obtiene de la luz. Al captar la energía luminosa mediante la clorofila y utilizar dicha energía para el rompimiento o desdoblado de la molécula de agua, está sucediendo la transformación de la energía luminosa a energía química, es decir, el vegetal es capaz de aprovechar en forma directa la energía luminosa, aunque restringida a la longitud de onda comprendida en 400 nm y 700 nm. El resto del espectro visible lo refleja, por lo que nosotros vemos a los vegetales verdes, aunque se sabe que los verdes no existen en la naturaleza.

La absorción de la energía luminosa por un pigmento y, como resultado de ello, iniciar un evento iónico es un suceso común en la naturaleza, pero hasta ahora nosotros lo aceptábamos sólo en el reino vegetal, cianobacterias y algas, es decir, todo aquel ente viviente que poseyera clorofila.

Hay ejemplos de melanina en el reino vegetal –la berenjena es uno de ellos–, pero ejemplos de clorofila en el reino animal parecen muy escasos. Uno recién observado es la mariposa pero solo en la fase de oruga.

Los vegetales “respiran” bióxido de carbono (CO_2). ¿De dónde salió CO_2 , si se supone que primero fueron los vegetales y luego los animales? Sin embargo, son los animales la fuente principal de CO_2 . Esto ya implica confusión si continuamos empeñados con las teorías clasistas acerca del origen de la vida.

CAPÍTULO 4

El agua indispensable para la vida pero ¿cuáles son sus funciones en el cuerpo humano?

La siguiente definición, tomada de un diccionario de medicina, dice así: “Agua (H₂O). Compuesto químico cuya molécula está constituida por un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno. Casi las tres cuartas partes de la superficie terrestre están cubiertas de agua, la cual es además esencial para la vida y constituye más de un 70% de la materia viva (representa un 65 % del peso total del cuerpo humano). El agua pura se congela a 0°C y hierve a 100°C a nivel del mar.” Nótese que el autor del diccionario emplea la frase: esencial para la vida.

Otra definición, tomada de un diccionario de química, dice: “Como líquido polar, el agua es el solvente más poderoso que se conoce”. Es el papel principal que se le ha reconocido hasta ahora: solvente. Es decir, se pensaba que el agua era importante, porque en ella sucedían las reacciones químicas que conforman lo que llamamos vida. En otras palabras, sólo se consideraba un sustrato, una especie de soporte, no tenía nada que ver con la generación de energía, excepto en los vegetales. ¿Y los animales, qué? Se consideraba que toda la energía provenía de los alimentos, aunque algunos libros de fisiología celular

aceptaban que sólo el 90% de la energía que requerimos todos los días provenía de los alimentos y no especificaban de dónde venía el 10% faltante.

El papel del agua en los procesos biológicos

Los procesos químicos y físicos de la vida requieren que las moléculas puedan desplazarse, encontrarse e intercambiar ligandos (se refiere a electrones que se comparten, por ejemplo, aunque hay otros tipos de enlaces) esto representa un proceso muy dinámico, muy cambiante, incesante dentro de los todavía no comprendidos, muy complejos y complicados procesos del metabolismo y de la síntesis celular, pero son procesos que en su conjunto son indispensables para que la célula exprese la vida. Por otro lado, un entorno líquido permite una movilidad molecular, un transporte muy adecuado, también un control de la temperatura por medio de la sudoración (por ejemplo) y el agua no sólo es el líquido más abundante en la Tierra sino que también está admirablemente adecuado para esta y otras finalidades indispensables para el buen funcionamiento del organismo, aunque nunca

antes se sospechaba que los humanos y/o los mamíferos en general pudiéramos extraer la energía que contiene en forma directa. Examinemos detalladamente las propiedades fisicoquímicas del agua.

La estructura y propiedades del agua

Aunque se tienda a dar por supuestas las propiedades del agua, en realidad se trata de una sustancia muy particular. Si comparamos el agua con otros compuestos de peso molecular parecido o características estequiométricas más o menos similares, encontramos varios hechos destacables. La mayoría de esos compuestos (CH_4 , NH_3 , H_2S), con bajo peso molecular, son gases a temperatura ambiente y tienen unos puntos de ebullición muy inferiores al del agua. Recordemos que una de las principales propiedades contempladas en el agua es que se considera el solvente universal. Entonces, un gas no podría funcionar fisiológicamente como lo hace el agua. Esta importante propiedad del agua de servir como solvente, como soporte para que sucedan las otras reacciones químicas que son necesarias para el correcto funcionamiento del organismo, se explica por la tendencia del agua a formar puentes (o enlaces) de hidrógeno.

Cada molécula de agua es simultáneamente un donador y aceptor de enlaces de hidrógeno. En consecuencia, la evaporación del agua requiere una cantidad de energía excepcional para una molécula de su tamaño. Por consiguiente, tanto el calor de evaporación como el punto de ebullición son excepciona-

lmente elevados en el agua, sobre todo si lo comparamos con moléculas de características estequiométricas similares arriba anotadas (CH_4 , NH_3 , H_2S). El agua por ende, permanece en estado líquido a las temperaturas propias de gran parte de la superficie terrestre.

Cuando el agua se congela, los enlaces de hidrógeno entre las moléculas de agua pasan a ser más regulares y mejor definidos, creando una red tetraédrica rígida en la que cada molécula está enlazada a otras cuatro mediante enlaces (puentes) de hidrógeno. Esta estructura de red se desmantela sólo parcialmente cuando el hielo se funde y persiste un cierto orden a largo alcance, incluso a temperaturas más elevadas. Se ha descrito la estructura del agua líquida como agrupaciones parpadeantes de puentes de hidrógeno con restos de la red de hielo que continuamente se escinde y se vuelve a formar a medida que las moléculas se desplazan. La estructura relativamente abierta de la red de hielo explica otra de las propiedades poco corrientes del agua: en estado líquido tiene mayor densidad que en estado sólido, ya que cuando la red se rompe, las moléculas pueden acercarse más. Este hecho aparentemente banal es de suma importancia para la vida terrestre. Si el agua se comportara como la mayoría de las sustancias, cuya densidad aumenta cuando se congelan, el hielo que se forma cada invierno en las superficies de los lagos y los océanos se hundiría hasta el fondo. Una vez allí, aislado por las capas que lo recubren, se iría acumulando con los años y entonces la mayor parte del agua en la Tierra estaría retenida en

forma de hielo.

En comparación con los líquidos orgánicos, el agua tiene mayor viscosidad, que es una consecuencia de la estructura trabada de los puentes de hidrógeno. Esta cohesión explica también la elevada tensión superficial del agua. La constante dieléctrica elevada del agua es consecuencia de su carácter bipolar. Un campo eléctrico generado entre dos iones produce una orientación considerable de los dipolos de agua situados en él así como una cantidad significativa de polarización inducida. Estos dipolos orientados contribuyen a un contra-campo, reduciendo la fuerza electrostática efectiva entre los dos iones.

En los libros sobre fisiología podemos encontrar lo siguiente: “nosotros tomamos agua cuando tenemos sed, también ingerimos comida para obtener energía, pero la comida siempre contiene grandes cantidades de agua”. El agua, como solvente, la utilizamos (como vehículo) para excretar los deshechos normales de las funciones corporales, para hidratar iones y para control de la temperatura corporal por medio del sudor. Nos ayuda a mantener un volumen sanguíneo, por lo que también incide en la presión arterial. También es el componente principal del líquido intersticial y del líquido intracelular, pero nunca mencionan la importancia de extraer la energía de la misma y que es fundamental para la vida, pues la energía que la célula puede extraer directamente del agua, a través de la fotosíntesis humana, representa el 34% del total que requerimos todos los días y sólo el 66% restante proviene de la comida.

Intrínsecamente hablando, esto no nos saca de la duda de lo que dicen los libros actuales de fisiología. ¿Por qué es indispensable para la vida? De acuerdo a lo anterior, el agua en el cuerpo humano sólo sirve para transportar sustancias, en el torrente sanguíneo, en la orina, en el sudor, en el contenido intestinal, en el líquido cefalorraquídeo, por citar algunos ejemplos. Pero, al final, cuesta trabajo aceptar que una sustancia así, que sólo parece que sustenta, que soporta, que transporta, que disuelve, sea tan indispensable para la vida. En otras palabras, sin agua no hay vida, sin agua la vida no puede expresarse, y esto tanto en los vegetales como en los animales. ¿Tanta similitud y unos pueden extraer energía del agua y otros no?

¿Cómo es posible que un ser humano muera relativamente rápido en cuestión de pocos días, quizá tres días (dependiendo de las condiciones del entorno, tales como presión, luz y temperatura) al no ingerir agua? La duda nace de que, siendo el agua un solvente, quizá el más conocido, el más difundido, el más utilizado, resulta que tampoco es el único y en un momento dado, pudiera haber vida basada en otros solventes, por ejemplo el metano o el amonio. Quizá en la Tierra no pudiera suceder porque, a temperatura ambiente, existen más como gases que como líquidos, pero en otros planetas que reúnan las condiciones de presión y temperatura adecuadas, sería posible encontrar tal fenómeno, es decir, la expresión de vida sin agua. De ahí la descripción de entes muy diferentes a nosotros en las narraciones de ciencia-ficción sobre la

vida en otros planetas, de la cual hasta ahora no se ha encontrado ni el más remoto indicio o vestigio, pues, de acuerdo a nuestros conocimientos actuales, sin agua no hay vida de manera alguna, por lo que pudiéramos añadir: sin melanina y clorofila, tampoco.

La vida, tal como la conocemos, no se expresa si no están presentes el agua y el sol. Esto es válido tanto para el reino animal como para el reino vegetal, porque los vegetales sin agua tampoco sobreviven. En éstos, las funciones del agua son muy parecidas, porque el agua funciona como solvente, como diluyente, como volumen, como control de temperatura por medio de la evaporación y hasta ahí las funciones son semejantes a las del cuerpo humano. Sin embargo, la función principal del agua en los vegetales, que es la generación de energía por medio de la luz del sol, lo que se denomina fotosíntesis, se suponía que no existe en los humanos. Se suponía que no existe en los animales que el agua genere energía a través de la luz. Sólo se aceptaba (hasta ahora) en los vegetales, cianobacterias y algas, pero por el contrario, en los humanos, en los mamíferos, en ningún ejemplo del reino animal parecía existir tal proceso.

En los vegetales es más claro, más perceptible: el agua es esencial para ellos, porque es el primer paso en la serie de reacciones químicas que dan origen a la vida, que hacen posible la vida y que es la fotosíntesis, es decir, la obtención de la energía que contiene el agua, y para ello se requiere por lo menos tres cosas: agua, luz y clorofila. A pesar de que el proceso de fotosíntesis en los vegetales ya

se acerca a los 400 años desde que se empezó a estudiar, todavía hay varios mecanismos que no se comprenden del todo a nivel molecular. Ha sido un proceso largo, pues no fue algo instantáneo sino que primero se dedujo que los gases recién descubiertos en ese entonces –hidrógeno y oxígeno– eran necesarios para que el vegetal viviera y que los podía generar. De ahí la palabra autótrofos (que se nutre a sí mismo), mas los animales no lo lograban y de ahí el término heterótrofos (que se nutren de otros). Este proceso de entender la fotosíntesis vegetal se inició con el conocimiento de los ciclos de las plantas y de su estructura física. En 1640, el trabajo tanto de Johannes (Jan) Baptista von Helmont (1577-1644) y del clérigo inglés y fisiólogo Stephen Hales indicaban que las plantas requieren de aire y agua para crecer. En 1700, los químicos empezaron a identificar los gases individuales involucrados en el proceso de combustión, respiración y fotosíntesis. Joseph Priestley (1733-1804) demostró que las plantas verdes pueden restaurar un ambiente pobre en oxígeno de tal manera que son capaces de sostener la combustión y la respiración.

El médico y fisiólogo holandés Jan Ingenhousz (1730-1799), inspirado por la investigación de Priestley, encontró poco después que sólo las partes verdes de las plantas pueden revitalizar el aire viciado, o mejor dicho, pobre en oxígeno –esto es, pueden captar el bióxido de carbono del aire y liberar oxígeno– y esto lo pueden hacer sólo en presencia de la luz del sol. Esta fue la primera indicación del papel de la luz en el proceso

fotosintético. Ingenhousz también descubrió que sólo la luz del sol –y no el calor que ella genera– es necesaria para la fotosíntesis.

En el siglo XIX, la investigación sobre la fotosíntesis se centró en el proceso químico en el cual el carbón es “fijado” en forma de carbohidratos. A fines de los 1800, el botánico alemán Julius von Sachs (1832-1897) sugirió que el almidón es un producto del bióxido de carbono ($O=C=O$). También argumentó en 1865 que en presencia de luz la clorofila cataliza las reacciones fotosintéticas y descubrió que los llamados cloroplastos contenían la clorofila. En 1880, el fisiólogo alemán Theodor Wilhelm Engelmann (1843-1909) destacó que las reacciones a la luz que capturan la energía solar y la convierten en energía química se dan dentro de los cloroplastos y responden sólo a los colores rojo y azul de la luz natural.

No fue hasta el siglo XX que los científicos empezaron a entender la compleja bioquímica de la fotosíntesis. Richard Willstätter reconoció que hay dos tipos principales de clorofila en las plantas terrestres: azul-verde o tipo “a” y amarillo-verdoso o tipo “b”. Martin David Kamen, un bioquímico americano de origen canadiense, utilizó el isótopo oxígeno 18 (siendo un isótopo la forma de un elemento que tiene el mismo número atómico, pero diferente peso atómico, debido a que difieren entre sí en el número de neutrones –Mader, 1990–) para poder trazar su “recorrido” químico durante el proceso. Con ello, confirmó que el oxígeno creado durante la fotosíntesis proviene sólo de las moléculas de agua presentes en el medio. El bioquímico alemán Otto Warburg



Melvin Calvin en su laboratorio.

encontró que, bajo condiciones adecuadas, la eficiencia del proceso fotosintético puede llegar al 100%, lo que significa que casi toda la energía del sol absorbida por la clorofila (esto es, 400 y 700 nm solamente) es convertida en energía química.

En 1940, el descubrimiento del carbono-14, un isótopo radiactivo aislado por Kamen, permitió estudios más detallados de la fotosíntesis. Utilizando el carbono-14, Melvin Calvin fue capaz de trazar la vía a través del proceso completo de la fotosíntesis. En la década comprendida entre 1950 y 1960, él confirmó que las reacciones a la luz que involucraban a la clorofila instantáneamente capturan la energía del sol. Luego, también estudió las reacciones subsecuentes “oscurecidas”, llamadas así porque suceden aún sin la presencia de la luz del sol. Encontró que las moléculas de carbohidratos empiezan a formarse en este estadio del proceso. Trabajando con células verdes de algas, Calvin interrumpió el proceso fotosintético en diferentes etapas y sumergió las células en una solución de alcohol. Entonces, utilizando una técnica de laboratorio llamada cromatografía en papel, analizó las células y los químicos que

se habían producido, identificando al menos diez productos intermediarios que habían sido creados tan sólo en pocos segundos. Esta serie de reacciones ahora se le conoce como el ciclo de Calvin Benson.

La fotosíntesis es una pieza clave de un ciclo que no sólo mantiene la vida en la Tierra, sino que mantiene los niveles de bióxido de carbono y oxígeno en un balance. Subrayado por Bruno y Carnaie (2001) es el hecho de que las plantas convierten el bióxido de carbono en glucosa y oxígeno, el cual los animales utilizan

en un proceso de combinación con la comida para liberar energía de la misma, lo que se denomina respiración. La respiración es, por lo tanto, el proceso inverso a la fotosíntesis. El oxígeno se utiliza y se genera bióxido de carbono y agua en la respiración, mientras que las plantas utilizan el agua para iniciar la fotosíntesis. Esta diferencia induce una separación que es básica para clasificar el reino animal y el reino vegetal, ya que, por ejemplo, en el reino animal no existen casos de animales que contengan o expresen clorofila.



CAPÍTULO 5

Definición de fotosíntesis

Iniciemos nuestra descripción con elementos tomados de la literatura:

Fotosíntesis: "Proceso de suma importancia mediante el cual las plantas verdes capturan la energía de la luz visible para impulsar la generación de energía (ATP), y poder reductor (NADPH), elementos ambos que se utilizan para la síntesis de los hidratos de carbono (azúcares como la glucosa)".

Se describe un ciclo energía-carbono en la naturaleza y que consiste en que una parte de este ciclo es ocupado por los animales que degradan la glucosa en presencia de oxígeno, con lo que generan bióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O). Sin embargo, esta parte del ciclo solar no es sustentable indefinidamente y la fotosíntesis es la parte del ciclo que permite reutilizar este CO_2 y esta agua para volver a formar los hidratos de carbono. La inversa del proceso de oxidación del metabolismo animal (y por ende del hombre) sobre los hidratos de carbono la realizan los vegetales, las algas y algunos microorganismos, utilizando la energía de la luz solar para proporcionar la enorme cantidad de energía libre requerida. Como ya señalamos, este proceso se denomina fotosíntesis, y no sólo proporciona hidratos de carbono para la producción de energía en plantas y animales, sino que constituye la vía principal a través de la cual el carbono vuelve

a entrar en la biósfera, es decir, es el medio principal de fijación del carbono constituyendo también la principal fuente de oxígeno en la atmósfera terrestre.

En el proceso real de la fotosíntesis intervienen muchos pasos intermedios. Además, una hexosa no es la principal fuente de carbono obtenido, por lo tanto la reacción fotosintética suele escribirse de forma general así:



Pero esta reacción esquematiza la reacción general y la que nos interesa en este momento es la siguiente:



A su vez, esta reacción es la reacción inicial, esto es, la fotosíntesis inicia con la disociación, el desdoblamiento o la partición de la molécula de agua, lo que, por supuesto, requiere energía, pues no sucede espontáneamente. Para que ocurra, es menester inyectar energía y esta energía la obtiene la

planta de la luz solar por medio o a través de la clorofila. Por tanto, es el único paso en que la molécula de la clorofila interviene y solamente va a funcionar para captar la energía fotónica, procesándola de manera no completamente dilucidada hasta la fecha, para romper la molécula de agua. En otras palabras, separa el hidrógeno del oxígeno y en seguida pone el primero a disposición de la célula vegetal, la

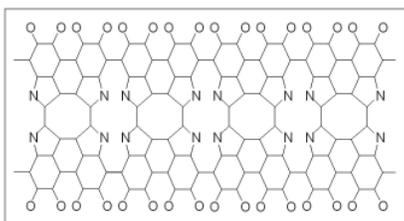
cual, por medio de otras moléculas continúa la síntesis de los hidratos de carbono. Sin embargo, la clorofila ya no tiene que ver. Su intervención termina una vez que desdobra la molécula de agua.

De la descripción anterior, queremos recalcar las palabras sobre la definición de fotosíntesis: "proceso de suma importancia".



Melanina, la clorofila humana

Como mencionábamos en el capítulo anterior, a la melanina hasta ahora sólo se le han concedido funciones tales como: protector solar contra la irradiación solar dañina (es decir, como filtro solar), en mimetismo y para interacciones sociales. Fuera de ello, no parece haber nada más. Sin embargo, si nos detenemos un momento y buscamos información al respecto, la melanina es un compuesto que ha maravillado (y continúa haciéndolo) a muchos estudiosos e investigadores. Pongamos un ejemplo: tenemos la fórmula de la melanina en la ilustración siguiente:



Fórmula teórica de la melanina.

Tratemos de explicarlo de otra manera. Los vegetales los vemos verdes porque la clorofila sólo absorbe en el orden de los 400 y 700 nm. El resto de las longitudes de onda visibles el vegetal las refleja y, por ello, los percibimos verdes. En contraste a lo anterior, la melanina no refleja ninguna longitud de onda, pues las absorbe absolutamente todas. De ahí que la

percibimos oscura, esto es, negra. Esto es el principal fundamento u obstáculo por el cual la melanina es un misterio. Einstein ya lo decía: *“La luz la podemos estudiar, la oscuridad no”*.

Obsérvese que la melanina no se considera una proteína pues no presenta enlaces peptídicos. Su estructura es bastante simétrica, amén de que los enlaces que se le atribuyen le otorgan una estabilidad notable. Se piensa que las porciones periféricas de la molécula son las encargadas de “cosechar” los fotones, lo cual inicia una cascada de electrones hacia los centros de reacción (4N), en donde se genera una diferencia de potencial suficiente como para que el átomo de hidrógeno sea atraído con más fuerza hacia los centros de reacción de la melanina que hacia el átomo de oxígeno.

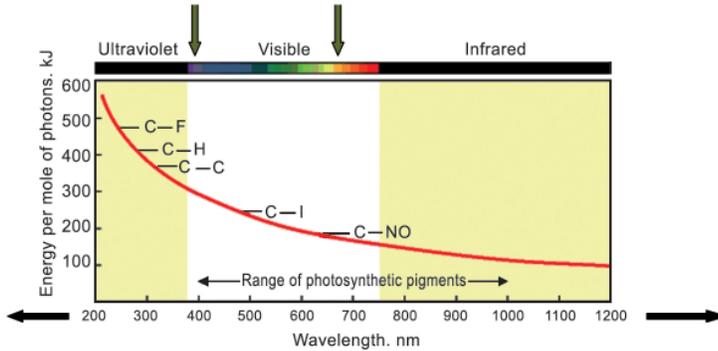
Su peso molecular se estima en millones de daltons y hay cientos de centros de reacción, representados por los grupos 4N, en cada gramo de molécula. Esto es otra gran diferencia, pues pareciera como si fueran muchas “clorofilas” juntas. Sin embargo, el tener muchos centros de reacción habla de su gran eficacia para recolectar o absorber la energía que transmiten las radiaciones electromagnéticas y por ende una gran cantidad de moléculas de agua desdobladas en un tiempo asombrosamente corto, pues tarda en

recolectar la suficiente energía para romper la molécula un tiempo estimado de 3×10^{-13} segundos.

¿Por qué no se conoce, o más exactamente, por qué no se puede conocer la fórmula de la melanina? La razón es la misma: porque absorbe todo tipo de energía. Se sabe que la melanina capta todas las longitudes de onda del espectro electromagnético, es decir, absorbe la totalidad del espectro electromagnético conocido, no solo el espectro visible que es una pequeña parte del mismo y que sólo comprende de 400 a 700 nm de longitud de onda.

Dicha energía aplicada es usualmente absorbida por la molécula en estudio, la que, a su vez, la transforma o procesa de acuerdo a su estructura y la vuelve a emitir, pues la ley de la conservación de la energía así lo exige. Sin embargo, la energía que emiten los diversos compuestos conocidos tienen las suficientes diferencias entre sí, por las cuales se logran discernir sutiles diferencias que permiten, posteriormente, inferir su composición o naturaleza.

He aquí el problema, la melanina absorbe todas las longitudes de onda, se postula que dicha energía la disipa de una manera no radiante y por ende no emite ninguna señal.



El espectro de absorción de la clorofila (esquema superior) donde se aprecian los picos de absorción situados alrededor de los 400 y 700 nm; en comparación con el espectro de absorción de la melanina en la parte inferior: la totalidad del espectro electromagnético.

Los estudios de laboratorio disponibles en la actualidad se basan en aplicar alguna forma de energía al sustrato o sustancia en

A cambio o en respuesta a la energía aplicada y absorbida, cualesquiera que sea la naturaleza de la energía que se haya aplicado, consistentemente la melanina la va a absorber en su totalidad y no parece dar nada a cambio, lo cual va en contra de las leyes de la conservación de la energía, pero estamos conscientes de que una cosa es que viole las mismas y otra es que no seamos capaces de

detectar la energía o proceso resultante.

Ya la Dra. Helene Z. Hill, investigadora, publicó en 1982 que con la melanina ocurre algo parecido a los seis ciegos que examinan un elefante: ninguno tiene un esquema completo. Nadie conoce en su totalidad la melanina. Sólo somos capaces de observar pequeños segmentos, pequeñas partes del colosal rompecabezas, algunas pequeñas propiedades, pero la inmensidad de la melanina es tan fuera de lo común que va mucho más allá de nuestra capacidad de reflexión, más allá de lo que somos siquiera capaces de imaginar.

Entonces, aceptemos por un momento mi propuesta: la melanina utiliza la energía que absorbe para partir la molécula de agua, por supuesto, en presencia de agua y luz, tanto visible como invisible.

Esto sucede siempre que se reúnen las condiciones, por ejemplo en los humanos, que al igual que en los vegetales, la obtención de la energía del agua es un proceso básico para la expresión de la vida. Al igual que en los vegetales con la clorofila, en los humanos la melanina es el compuesto que permite que se inicie la serie de reacciones que conllevan a la vida. Si aceptamos por un momento la disociación del agua por la melanina en presencia de energía fotónica (la que transportan las radiaciones electromagnéticas), entonces la frase de que el agua es indispensable para la vida empieza a cobrar mucho más sentido. De otra manera, pareciera forzado que un líquido que sólo nos sirviera para sudar, para orinar, para ablandar las heces, para ocupar

espacio, para generar volumen, para diluir los compuestos, fuera tan indispensable, fuese tan insustituible. De hecho, cuando se busca vida en otros planetas, lo primero que se determina es la presencia o no de agua. (Quizá en el futuro también se investigará si hay o no melanina).

Si incluimos en nuestro esquema mental de la vida la energía que obtenemos directamente del agua, y que es gracias a la melanina y a las radiaciones electromagnéticas, entonces parece sencillo aceptar que es una reacción química que aparentemente no nos cuesta, ya que se paga la energía requerida para desdoblar la molécula de agua con la energía fotónica contenida en las radiaciones electromagnéticas. Luego entonces, las cosas cambian. En el ojo, el 34% de la energía que requerimos cotidianamente va a provenir de la luz y del agua, y si lo extrapolamos al cuerpo entero, entonces tenemos que la tercera parte de la energía que requerimos proviene de las radiaciones electromagnéticas y de la consecuente disociación del agua por la melanina. Esto es, existe una fuente de energía muy importante que había pasado desapercibida, ya que proviene de algo que no se concebía anteriormente, pues antes de nosotros la descripción de la fotosíntesis humana no se había publicado con tanto detalle.

Esto contradice a los libros anteriores, que dicen que para obtener energía debemos ingerir alimentos, de otra manera no obtenemos la preciosa fuerza interior que se requiere para vivir. Esto es cierto, pero no de manera absoluta ya que la triada agua, luz y

melanina nos proporcionan nada menos que el 34% del total. El punto es que no es una energía extra o, por decirlo así, accesoria. Se trata nada menos que de la energía primordial, de la energía inicial.

Recordemos que es la fuerza que dio origen a la vida. Es lo que permitió que las delicadas reacciones bioquímicas iniciales fuesen lo suficientemente autosustentables para dar tiempo a que eclosionaran el resto de los múltiples sistemas del cuerpo que conocemos actualmente. Pero inicialmente, deontológicamente hablando, ese 34% lo era todo y, posteriormente, eclosionaron los sistemas del cuerpo que permitieron recolectar y luego metabolizar (aprovechar) los otros nutrientes que aprendimos a reconocer, a acceder a ellos en forma de comida; esto es, los nutrientes que ingerimos y que paulatinamente llegaron a constituir el 66% de la energía total que necesitamos y, por supuesto, que utilizamos cotidianamente.

Es importante no olvidar que al principio sólo fue agua, luz y melanina la fuente de nuestra energía. Era el total de nuestra fuerza inicial. Es lo que se conceptualiza como autosustentable. En decir, este 34% permitió que el resto de los mecanismos que se requieren para conformar nuestro fenotipo en su totalidad eclosionara con todas sus maravillas, pues no tenemos nada accesorio, inútil o confuso. En otras palabras, este 34% conforma las bases del funcionamiento de nuestro cuerpo y ello es algo que se repite una y otra vez. Desde el principio fue y lo seguirá siendo, un 34% básico, una energía que si se depaupera

por una u otra razón nos enfermamos, pues se genera un desequilibrio que afecta tarde o temprano las demás funciones orgánicas. Podemos equiparlo con los cimientos de una casa, que si no tienen ciertos requisitos el resto de la casa parecerá construida sobre arena, parafraseando a la Biblia.

Si esta reacción inicial no sucede, o no sucede bien –es decir, si no ocurre dentro de los máximos límites necesarios o adecuados– tampoco suceden o no suceden de la mejor forma las reacciones químicas siguientes que permiten, por ejemplo, la óptima utilización de la energía contenida en los alimentos.

Decimos por ejemplo, porque el impacto de este 34% inicial va mucho más allá en el contexto de la bioquímica celular normal de lo que pareciera, puesto que existe un orden riguroso en el aprovechamiento de las distintas energías disponibles (luminosa y alimenticia) y este orden es el mismo desde el principio de la vida, pues la vida misma eclosionó a partir de la energía luminosa.

Mucho después, se sumaron todas las reacciones bioquímicas necesarias, así como las estructuras anatómicas que la sustentan para que fuera posible la vida. Por ello, el orden es el mismo y lo seguirá siendo por siempre: primero es el aprovechamiento de la energía luminosa y, en seguida, el aprovechamiento de la energía contenida en los alimentos. Cualquier cosa que altere este orden o por lo menos produzca desajustes en mayor o menor grado, provocará repercusiones significativas en el funcionamiento a nivel celular, consecuencias en tejidos, órganos y sistemas

del cuerpo humano, con la aparición de una o varias de las múltiples enfermedades que conocemos. Sin embargo, sería más correcto decir enfermos que enfermedades, pues cada uno de nosotros mostrará tales repercusiones a su modo, de la misma manera que cada quién es feliz a su manera.

Existen observaciones interesantes al respecto. Por ejemplo, la fotosíntesis se detiene, aunque no totalmente, en enfermedades como la sepsis, que se define como la enfermedad inflamatoria más difícil de entender y la más compleja de tratar. Otro ejemplo muy llamativo es el que observamos en algunas especies cuando la fotosíntesis disminuye por el frío, pues el animal entra en hibernación. ¿Por qué no sucede en los humanos? La contestación a esta pregunta puede ser un parteaguas que permita impedir la depauperación del cuerpo humano en enfermos postrados, pues a la semana de estar en cama, el paciente empieza

a perder aproximadamente el 1 % de su masa corporal y ósea por día. Por último, cuando la fotosíntesis se detiene completamente, entonces sobreviene la muerte en un plazo asombrosamente corto.

Al final, toda la energía que consumimos, que requerimos, proviene de las radiaciones electromagnéticas. Nuestros órganos, nuestros sistemas sólo pueden generar el 34% de dicha energía en forma que pudiéramos llamar directa (fotosíntesis humana), y el otro 66% proviene de los alimentos.

Sin embargo, desde este punto de vista, la energía generada en forma directa en realidad constituye el 100%, pues los alimentos que ingerimos también provienen de las radiaciones electromagnéticas y el agua, pero requieren ser procesados, transformados o transducidos por organismos diferentes, en este caso los vegetales, algas o cianobacterias (autótrofos).

¿Por qué es tan importante la energía que obtenemos de la luz?

Antes no se conceptualizaba siquiera que existiera la fotosíntesis humana, ya que los libros tradicionales enseñan que sólo los vegetales disponen de los mecanismos que permitan aprovechar la luz solar para obtener energía directamente del agua.

Pero analicemos el problema. Si volvemos a la definición de la NASA acerca de la vida, se menciona que es un sistema químico autosustentable, y si aceptamos que la melanina es una extraordinaria molécula que entre otras cosas es capaz de transducir, de transformar la energía fotónica en energía química, entonces nuestros conceptos acerca del origen de la vida se trastocan radicalmente.

Hasta ahora, se pensaba que los primeros seres vivos fueron los vegetales y que luego eclosionaron los llamados animales, entre ellos el hombre, o sea, el salto del vegetal al animal, aunque yo le llamaría salto al vacío, pues ni los vegetales pueden saltar ni hay fundamentos sólidos que soporten dicha idea. He aquí el primer problema: con esta teoría estamos aceptando que la primera molécula orgánica que existió fue la clorofila, ya que, de acuerdo a la NASA, la vida tiene que ser un sistema químico autosustentable (que produce de alguna manera su propia energía) y la reac-

ción química inicial, el primer cambio que fue lo suficientemente consistente para permitir la posterior concatenación de las miles y miles de reacciones químicas que conforman lo que llamamos vida, fue gracias a la clorofila. Sin embargo, esta corriente de pensamiento tiene incongruencias muy difíciles de explicar, dado que la clorofila es una molécula cuya síntesis es extraordinariamente compleja aún hoy en día. Las probabilidades de que haya sucedido por casualidad son nulas, porque sin una molécula que captara la luz solar y la transformara en energía aprovechable para impulsar o energizar reacciones químicas subsecuentes, el origen y posterior evolución de la vida se vuelve un rompecabezas irresoluble.

Concretando: ni la misma naturaleza, aunque fuera por casualidad, puede sintetizar la molécula denominada clorofila por casualidad a partir de la nada o quizá de los elementos primarios existentes en esos tiempos, esto es, en las condiciones ambientales que suponemos tenía la Tierra primitiva. Recordemos que se acepta como un axioma (verdad que no necesita demostrarse), equivocado desde mi punto de vista, que las primeras moléculas de clorofila se crearon de forma abiótica, palabra que puede interpretarse como "sin relación a la vida", o de otra

manera por algo que no es vivo.

Pero esta teoría me suena descabellada por lo siguiente: sabemos que la clorofila, fuera de la hoja, sólo dura unos 20 segundos desdoblándose la molécula de agua e inmediatamente se inactiva de manera definitiva. Por otro lado, si concedemos el hecho de que la síntesis inicial o primera de la clorofila fue por algo abiótico, entonces ¿qué pudiera ser este multicitado “ente” abiótico? ¿Cómo pudiera llamarse algo sin vida capaz de sintetizar consistentemente algo tan complejo, tan extraordinariamente difícil aun en la actualidad como una molécula de clorofila cada 20 segundos?

Y ello sin tomar en cuenta el problema que representa acercar a ese abiótico imaginario los elementos necesarios para sintetizarla, pues también es difícil de aceptar que “casualmente” ese ente imaginario, sin vida, tuvo todo lo necesario al alcance de la mano para poder crear la clorofila.

Sin embargo, el problema es el mismo: ¿de dónde sacó energía ese ente imaginario, el llamado algo abiótico, para sintetizar la primera molécula de clorofila? Y luego tenemos que tener la hoja (de árbol) lista para poder introducirse (la clorofila), porque de otra manera no puede ser que, sin hojas, la clorofila pudiera funcionar los miles o millones de años necesarios para que se concatenaran las demás reacciones. Es decir, tenemos menos de 20 segundos para incorporar la clorofila en las hojas de los distintos árboles. ¿Quién implementó o estructuró o formó la hoja de árbol? ¿Con qué energía? ¿De dónde y cómo

se obtuvo la energía necesaria para construir siquiera una sola hoja de árbol? Sería tanto como decir primero fue el automóvil y luego la gasolina o cualquier otro disparate, entre otras cosas porque abiótico implica también “sin movimiento voluntario”, independientemente de que nunca alguien ha visto un árbol caminar.

Otro planteamiento que echa por tierra la teoría de que la clorofila fue la molécula inicial es el detalle de que la clorofila requiere estar en un punto llamado crítico para poder estar en condiciones de disociar la molécula de agua. Actualmente, todavía es un sueño poder mantener la multicitada molécula en ese estado súpercrítico dentro de un laboratorio, debido a que las condiciones requeridas son sumamente exigentes y por ende, muy difíciles de alcanzar con la estandarización adecuada.

Es impensable que dichas condiciones ocurrieran en la faz de la tierra el tiempo suficiente o por lo menos adecuado para permitir un grado de evolución óptimo en tiempo y forma que permitiera la evolución de las especies, tan sólo de los vegetales mismos.

Otro problema mayúsculo acerca del origen abiótico de la clorofila es que los trabajos de experimentación para seleccionar una molécula de la complejidad necesaria para absorber solamente 400 nm y 700 nm, aunque los haya hecho la naturaleza o el multicitado ente abiótico, también requirieron energía. Luego, si aceptamos que la complejísima clorofila fue el resultado de la casualidad, entonces necesitamos que dicha lotería se repita

cada 20 segundos para dar tiempo a que se embonen los demás elementos o reacciones bioquímicas que en conjunto generan la vida. Suena más para película de caricaturas que para estructura base de una teoría científica acerca del origen de la vida.

Independientemente de las incongruencias anteriores, irresolubles de por sí, tenemos otro problema: la clorofila sólo produce hidrógeno y oxígeno a partir del agua. Esto también es un impedimento poderoso para que se genere la vida debido a que el oxígeno al 100% (puro) no es compatible con la vida misma, pues tales niveles de oxígeno desnaturalizarán casi cualquier cosa o quizá todo, mucho más las delicadas y cuantizadas estructuras que forman las numerosas partes de la célula, ya sean éstas procariontes o eucariontes.

Esta maravillosa propiedad de poder disociar el agua de la clorofila sólo sucede dentro de la hoja, porque una vez que se extrae la molécula, continúa desdoblado el agua unos 20 segundos y luego se inactiva definitivamente. Esto no se ha podido cambiar a pesar del esfuerzo de numerosos investigadores y universidades prestigiosas del mundo entero, que por lo menos tienen 50 años tratando de hacerlo sin obtener algún avance significativo.

Resulta lógico pensar en utilizar la clorofila para extraer el hidrógeno del agua y aplicarla con fines diversos, por ejemplo en energéticos, como puede ser para alimentar una celdilla de combustible (fuel cell), que, a través de pequeños conductos practicados

en materiales sofisticados y utilizando platino como agente catalizador, se reúne de nueva cuenta (el hidrógeno con el oxígeno) para darnos agua y electricidad.

Sin embargo, lo anterior no ha sido aún posible, dado que es menester congelarla alrededor de -20°C la molécula de clorofila para poder conservar un poco más de tiempo su valiosa propiedad que pudiéramos llamar fotolítica. Esto implica el empleo de energía que no se va a recuperar o por lo menos mantenerse en forma práctica que permita un costo-beneficio razonable, amén de que, en cuestión de segundos, una vez que regresa a temperatura ambiente, se va a inactivar definitivamente otra vez en alrededor de 20 segundos. En otras palabras, no hay tiempo de nada. Para colmo y hasta la fecha, la clorofila tampoco se ha podido sintetizar, que es otro problema mayúsculo, pues imitar al cloroplasto no es algo sencillo bajo ningún concepto. No existe ninguna técnica que le permita imitar ese rubro (entre otros muchos), lo que la naturaleza hace tan cotidianamente.

Los mecanismos fotosintéticos de los vegetales, que se empezaron a estudiar desde 1930 por C.B. van Niel –uno de los iniciadores de los estudios fotosintéticos detallados– son más “baratos” en términos energéticos; para disociar o romper la molécula de agua, cuyos enlaces de hidrógeno con el oxígeno requieren mucho menos energía para disociarse, en comparación con la energía necesaria para separar los enlaces covalentes dobles del oxígeno con el carbono, dado que estos últimos son mucho más fuertes ($\text{O}=\text{C}=\text{O}$).

La energía luminosa no puede utilizarse directamente para oxidar el agua y reducir al CO_2 , lo que podríamos llamar la fase oscura de la fotosíntesis. Inclusive, tampoco sucede en ninguna otra circunstancia conocida en la actualidad. El proceso global que acabamos de describir está realmente separado (en fase luminosa y fase oscura de la fotosíntesis), tanto química como físicamente, en dos subprocesos en todos y cada uno de los organismos fotosintéticos (o autótrofos, que significa que son capaces de generar sus propios nutrientes).

En el primer subproceso, en una serie de reacciones o pasos denominados reacciones o fases luminosas, se utiliza la energía de la luz solar para llevar a cabo la oxidación fotoquímica del agua (esto es, requieren energía fotónica, pues de otra manera no suceden). Con esta oxidación (disociación) del agua se consiguen dos cosas: en primer lugar, que el agente oxidante NADP^+ se reduzca a NADPH , produciendo equivalentes reductores y se libera O_2 . En segundo lugar, parte de la energía luminosa se captura mediante la fosforilación del ADP para producir ATP . Este proceso se denomina fotofosforilación.

En el segundo subproceso, las denominadas reacciones oscuras de la fotosíntesis, el NADPH y el ATP producidas por las reacciones luminosas, se utilizan para la síntesis

reductora de los hidratos de carbono a partir de CO_2 y agua. A estas reacciones se les denominó inicialmente oscuras para resaltar que no requieren la participación directa de la energía luminosa. Recordemos que en todas las plantas superiores y las algas, los procesos fotosintéticos están estrictamente localizados en unos orgánulos denominados cloroplastos.

En consecuencia, lo que nosotros denominamos fotosíntesis humana sólo se refiere al desdoblamiento o disociación de la molécula de agua, utilizando para ello la energía fotónica como fuente de poder. Por lo tanto, la semejanza entre la clorofila y la melanina está bien delimitada: ambos son transductores, es decir, transforman las radiaciones electromagnéticas en energía química. Curiosamente, o lógicamente desde el punto de vista deontológico, el paso siguiente es similar: ambos procesos utilizan el NADP^+ (animales y vegetales utilizan la misma molécula) para atesorar, por así decirlo, el valiosísimo hidrógeno, sobre todo la energía que acarrea y que entonces sí puede utilizarse por parte de la célula eucarionte, principalmente para impulsar o energizar la multiplicidad de las reacciones bioquímicas que conllevan a lo que conocemos como vida. Hasta aquí la descripción de la fotosíntesis en virtud de que una revisión exhaustiva no es la finalidad de este libro.

La melanina, precursora de la vida en la Tierra

Antes de la evolución de los organismos fotosintéticos (vegetales, cianobacterias y algas, de acuerdo a las teorías actuales), la atmósfera de la Tierra carecía probablemente de oxígeno (no se sabe con certeza, es sólo una suposición).

Los organismos prefotosintéticos debieron utilizar moléculas de elevada energía sintetizadas de forma abiótica. Es poco menos que imposible sintetizar la clorofila de forma abiótica, es decir, fuera de algún organismo vivo, pero la melanina sí se puede formar fácilmente en las condiciones terrenales pasadas, presentes y futuras, pues inclusive se ha descrito su presencia en el espacio estelar (cósmidos). Ello es congruente, pues lo que eventualmente dio origen a la vida debe ser algo que se repita con la necesaria frecuencia una y otra vez, de otra manera si partimos de la clorofila, las casualidades necesarias para que de ella se origine la vida se vuelven más y más improbables.

Los libros actuales enseñan que, sin la aparición de la fotosíntesis vegetal, estas fuentes abióticas de energía se hubieran consumido por completo y la vida hubiera terminado desapareciendo o no eclosionando de plano.

Los fósiles que conocemos sugieren que los primeros organismos fotosintéticos (vegetales, cianobacterias y algas) aparecieron hace aproximadamente 3,500 millones de años. La conversión gradual de la atmósfera primitiva no oxidante (teórica) a una atmósfera oxidante abrió el camino del metabolismo aerobio y a la evolución de los animales. En la actualidad, es ampliamente aceptado que la fotosíntesis vegetal constituye la fuente de energía para casi todas las formas de vida.

Hasta aquí las cosas parecen congruentes, pero recordemos que la síntesis de la clorofila en forma abiótica es poco menos que imposible. Inclusive en la actualidad no se ha podido lograr y, más aún, tampoco existen teorías siquiera que propongan de manera sensata una explicación sobre el cómo pudo haber sido posible que una molécula tan compleja pudiera haber sido resultado del azar las tantas y tantas veces necesarias. Por otro lado, es poco menos que imposible que tuvo que haber la cantidad de clorofila suficiente en cantidad, calidad, disponibilidad y tiempo, de modo que permitiera que se desarrollaran las subsecuentes moléculas para que se concatenaran de manera idónea como para poder sustentar la vida en los vegetales, y

ello en forma autosustentable, de acuerdo a la NASA. La teoría de que los vegetales fueron primero realmente no ha podido ni podrá explicar esta incógnita, pues pareciera que la vida no se hubiese originado en la Tierra, si todas las casualidades necesarias para ello en torno a la clorofila no hubiesen sucedido en el momento justo.

Pero si en el orden de los eventos que dieron lugar a lo que conocemos como vida, ponemos la melanina antes que la clorofila, entonces las cosas se tornan mucho más coherentes tan sólo por lo siguiente: primero, sí es posible sintetizar la melanina en forma abiótica, es decir, sin la intervención de algún organismo que exprese vida. De ello no hay discusión. Ejemplos hay muchos en la naturaleza, tanto en la Tierra misma como en el espacio exterior, en el universo entero. Además, hay varias formas de lograrlo, habiendo una masa crítica de melanina suficiente en cantidad, calidad, disponibilidad, localización y permanencia, de manera que el flujo de energía química obtenido de los fotones, fuese suficiente y adecuado –también en cantidad, calidad, disponibilidad, localización y tiempo– de manera que posterior y pausadamente se desarrollaran las otras, también muy necesarias, reacciones químicas que parten de la reacción primera. No olvidemos que el orden de dichos eventos es el mismo hasta la fecha, es decir, es un orden que requiere mantenerse, pues de otra manera la vida no se expresa, o si lo hace, sucede de manera depauperada. En otras palabras, la primera reacción implica un gasto energético que es

inevitable, el cual fue cubierto en su totalidad por la melanina, la cual lo tomaba (y lo sigue tomando, hasta la fecha) de las radiaciones electromagnéticas perennemente presentes en nuestro medio y que en nuestro sistema solar emanan principalmente del Sol. Hasta la fecha, dicho gasto sigue y seguirá siendo cubierto por este modelo energético.

Es decir, la melanina absorbe todo tipo de energía (todas las longitudes de onda, todas las frecuencias, y pienso que también las radiaciones que conforman la gravedad) y, una vez absorbida, la melanina la utiliza principalmente para desdoblar la molécula de agua, lo cual era totalmente desconocido hasta ahora, y por ende, impensable. La explicación de este “desconocimiento” es que la melanina en el laboratorio se considera “intratable”, porque no hay forma de estudiarla en forma minuciosa, pues resiste todos los métodos analíticos conocidos y, casi milagrosamente, nosotros tuvimos la fortuna de comprender, de descubrir sus maravillosas propiedades fotolíticas (disociativas del agua al absorber la luz) al observar detenidamente sus extraordinarios efectos biológicos en el ojo humano.

Imaginemos, por un momento, la Tierra antes de la vida. Lo único que se necesitaba para iniciar el sistema químico autosustentable era luz, agua y melanina (el Universo entero y el planeta Tierra por supuesto que también). Eso puede suceder sin demasiadas incógnitas, pues, por ejemplo, el hidrógeno es el elemento más abundante en el Universo. La Tierra no es la excepción, aunque no existe libre en nuestro ambiente terrestre, pues siempre

se le encuentra combinado, sobre todo con el oxígeno. A diferencia de otras partes del Universo en que se ha demostrado que el hidrógeno existe de manera libre, aquí en la Tierra principalmente existe formando parte de esa otra sustancia también misteriosa y a la vez maravillosa: el agua. Así que los elementos necesarios para la formación del agua no es algo intrincado, fantástico o increíble de suceder en las condiciones ambientales que guarda nuestro planeta.

El segundo elemento es la melanina, que se forma con relativa y asombrosa facilidad y que en agua es estable, no sólo en miles, sino millones de años. Por lo tanto, esta asociación pudo suceder todas las veces y/o el tiempo suficiente, por lo menos necesario, para que el sistema químico autosustentable eventualmente evolucionara, eclosionara, o en otras palabras fuera capaz de entrar en evolución darwiniana. Entonces, si las radiaciones electromagnéticas son omnipresentes y el agua se encuentra prácticamente en la mayoría de los rincones de la Tierra, entonces la melanina vino a ser el complemento perfecto para que la vida en la Tierra pudiera generarse.

No es casualidad que las zonas con mayor disponibilidad de estos tres elementos indispensables para la vida, son zonas donde se han encontrado los especímenes más antiguos, por ejemplo, el Valle del Rift, en África.

Miremos al pasado una vez más. Nuestro planeta estuvo bañado día y noche por una nube de radiaciones electromagnéticas en cantidades más que suficientes para que

la melanina las absorbiera lo más posible y empezara su incesante actividad de transformar la energía fotónica en energía química. Es decir, la melanina posee la asombrosa capacidad de disociar o desdoblar la molécula de agua en forma continua, tanto de día y de noche, pues aún en la obscuridad existe suficiente energía en el ambiente, sobre todo en forma de diversas longitudes de onda de distintas radiaciones electromagnéticas, como para que la melanina las absorba en su gran mayoría y en seguida –en un tiempo tan corto que es difícil de imaginar (3×10^{-12} segundos)– empiece a disociar la molécula de agua.

Otra cualidad de la melanina también se hace presente: su extraordinaria e incomprensible (hasta la fecha) capacidad de atemperar, de moderar, cualesquier energía que absorbe y entregar energía química en una forma mucho más estable y constante, sin los picos y valles que harían que dicha energía fuese incompatible con la vida, pues en algunos aspectos, la vida misma solo se manifiesta dentro de límites estrechos, pongamos por ejemplo la temperatura, la cantidad de agua, la cantidad de nutrientes en el entorno, etc.

Esta propiedad de atemperar los cambios bruscos es de monumental importancia para el origen y conservación de la vida, pues baste recordar que cada minuto la energía que emana del Sol cambia. Ello ha sido desde el principio de los tiempos, sucede actualmente y seguirá sucediendo hasta el fin de nuestros días y/o de nuestro sistema solar, pues el cambio constante es un imperativo de la naturaleza.

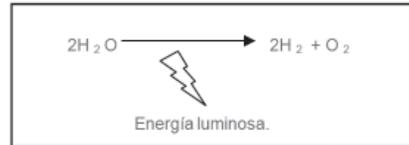
Si tomamos también en cuenta los fenómenos que ocurren en confines cercanos de nuestra galaxia, o por lo menos en zonas donde la emisión de energía en forma de radiaciones electromagnéticas que puede afectarnos tarde o temprano, pues es de sobra conocido y demostrado que eventualmente somos bañados por una lluvia de rayos gamma (por ejemplo) originados por eventos estelares que han ocurrido, suelen pasar y seguirán sucediendo.

Podemos citar los fenómenos conocidos como supernovas, galaxias que “comen” galaxias y otros por el estilo, es decir, incrementos sustanciales en la energía del entorno que, si no fuera por las extraordinarias propiedades de la melanina, que los absorbe, los aprovecha, los modera, evitando altas y bajas más allá de nuestra tolerancia, es fácil entender que la vida en la Tierra no sería tan exitosa ni tan diversa como la conocemos.

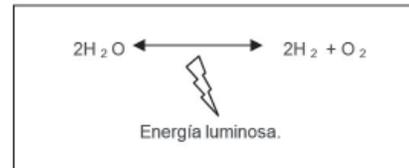
¿Qué pasa con esta energía que absorbe la melanina?

Este suministro relativamente continuo de energía acarreada por el hidrógeno, que la melanina extrae del agua, puso a disposición de la naturaleza una cantidad significativa de energía en lagunas o quizá lagos, ríos o tal vez formaciones hídricas más grandes, pero habiendo una energía omnipresente tanto de día como de noche, porque la melanina es tan eficiente para absorber las radiaciones electromagnéticas que incluso de noche recolecta suficiente energía para mantener un suministro lo suficientemente grande para

considerarlo significativo. Además, la melanina se diferencia de la clorofila, que sólo permite el desdoblamiento del agua, pero no soporta la reacción contraria, es decir la reformación del agua y por ende electricidad, tal como se muestra en las reacciones siguientes:



La reacción anterior esquematiza lo relativo a la clorofila, la siguiente lo relacionado con la melanina:



¿Cuál es la diferencia importante?

Que la dirección de la reacción en presencia de clorofila sólo es hacia la derecha, pero cuando hay melanina es hacia ambos lados. La clorofila sólo desdobla la molécula de agua, pero no sustenta su reformación. La melanina desdobla el agua (con mucha mayor eficiencia), pero también soporta la reacción contraria: la reducción del oxígeno, esto es, la melanina oxida el agua y también reduce el oxígeno. La clorofila sólo oxida el agua.

¿Por qué esto es trascendental?

Porque si la melanina sólo rompiera la molécula de agua entonces los niveles de oxígeno subirían y subirían, dañando eventualmente cualquier compuesto que se formara, llámese como se llame, incluso terminaría modificando a la melanina misma.

En eso no creo que haya discusión: los niveles de oxígeno demasiado elevados son incompatibles con la vida. Sin embargo, la melanina es permite la reunificación del hidrógeno con el oxígeno, entonces la reacción se equilibra y las concentraciones parciales de este último, por lo menos en el organismo humano, rara vez sobrepasan el 97%.

La melanina lo único que hace es retardar la reformación de agua el tiempo suficiente para que se pueda aprovechar el hidrógeno o el oxígeno molecular que libera o extrae del agua. Esta “válvula de seguridad” es lo que permitió que la vida eclosionara, de otra manera tarde o temprano se hubiera destruido el sistema químico autosustentable, incipiente, que es la semilla de la vida.

Otro argumento que demuestra que es crítico que los niveles de oxígeno no suban demasiado es la clorofila, pues en ella la naturaleza le puso otro tipo de “seguros”.

El primero es que es una molécula que sólo absorbe en el rango de los 400 nm después decae y vuelve a mostrar un segundo pico de máxima absorción alrededor de los 700 nm, es decir, su espectro de absorción es miles de veces más limitado, más ineficaz que el de la melanina, por lo que la generación de hidrógeno y oxígeno es también miles de veces menor.

Otra “válvula de seguridad” es que los vegetales pueden enviar las moléculas de oxígeno de vuelta a la atmósfera. Esto lo hacen en tal cantidad que se considera a los vegetales la mayor fuente de suministro de oxígeno de la atmósfera. Estos dos mecanismos parecen ser suficientes para asegurar que las concentraciones parciales de oxígeno no alcancen niveles peligrosos o dañinos para la célula vegetal misma. Sin embargo, la evolución de estos mecanismos de protección en la célula vegetal seguramente no fue de la noche a la mañana, pues son mucho más elaborados que los procesos que posee la melanina para impedir las concentraciones destructivas de oxígeno, que en ella existen de por sí.

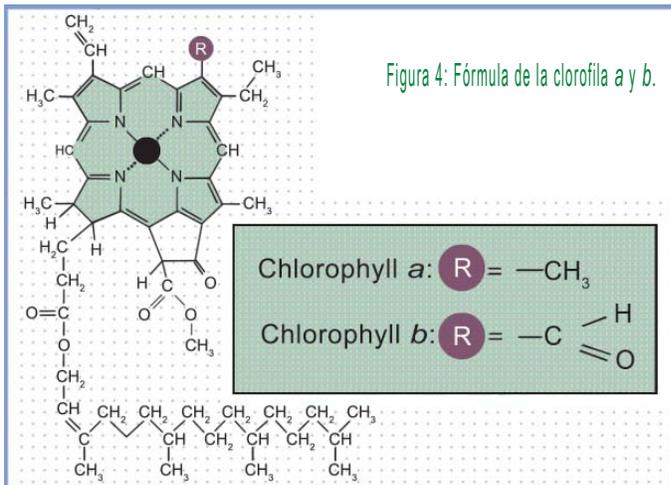
Veámoslo de esta manera: la melanina desde el primer día en que se dieron las condiciones para que la vida evolucionara –es decir, luz, agua y melanina–, esta última se protegía a sí misma y a los compuestos que paulatinamente se fueron conformando o añadiendo. Es una teoría sobre el origen de la vida mucho menos complicada, con relativamente menos incógnitas, muchísimo menos compleja, que si tratamos de explicar la eclosión del imperativo cósmico que es la vida iniciando con los vegetales.

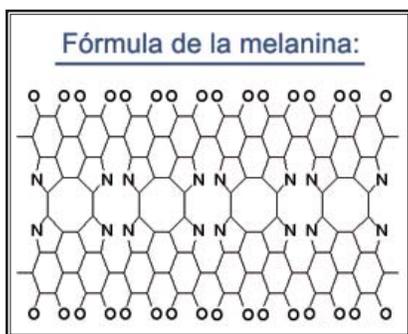
Un argumento que pudiera esgrimirse a favor de que primero fue la melanina y luego la clorofila, es la presencia relativamente frecuente de la melanina en los vegetales.

En la imagen siguiente tenemos un ejemplo:



Aquí tenemos dos berenjenas, la de la izquierda contiene grandes cantidades de melanina en comparación con la berenjena de la derecha, lo cual nos permite inferir dos cosas: la melanina representa una ventaja tanto para los vegetales como para los animales, el tamaño que alcanza la berenjena con melanina es una prueba irrefutable. La cantidad de melanina presente le permite absorber una cantidad de energía luminosa muy superior a la berenjena sin melanina (derecha), por lo que la diferencia de tamaño es formidable. La segunda inferencia es un ejemplo claro de la presencia de melanina en el mundo vegetal.





En la figura 4 tenemos la fórmula de la clorofila A, la cual se conoce bastante bien merced a los métodos de laboratorio existentes que nos permiten profundizar en la estructura de la molécula. Por otra parte, en el recuadro de arriba tenemos la fórmula (teórica) de la melanina. Esto nos permite comparar que comparten características parecidas, por ejemplo, los centros de reacción, que se conforman con 4 átomos de nitrógeno, los llamados 4N y que en la clorofila contienen un grupo prostético: el magnesio. Sin embargo, la melanina no tiene grupos prostéticos, los centros de reacción están libres y tal vez ello represente una ventaja en el campo de la experimentación.

Pero volvamos un momento al párrafo anterior: ¿La fórmula de la melanina es puramente teórica? ¿Cómo es posible? ¿No se supone que ya está dicho todo acerca de ella? La respuesta es no. La melanina es una molécula que hasta la fecha y a pesar de los avances tecnológicos, que han sido formidables, conserva sus profundos misterios.

La imagen anterior genera una duda: los ejemplos de la presencia de melanina en el mundo vegetal son relativamente frecuentes,

pero de ejemplos de clorofila en el mundo animal sólo conozco un ejemplo, si acaso.

De acuerdo a lo anterior, es más sencillo sustentar, conforme a las características fisicoquímicas de cada una de las dos moléculas, que la melanina fue primero a la clorofila. Pienso que la clorofila pudo haber derivado de la melanina en el sentido que organismos que contenían melanina eventualmente desarrollaron la capacidad de sintetizar clorofila, pero estos organismos que llamamos vegetales se extendieron mucho, es decir, este tipo de entes vivientes, los vegetales, tuvieron mucho éxito aunado a que es fácil observarlos.

Existe otro dato interesante: uno de los compuestos relacionado en forma muy importante con el control de la fotosíntesis humana, un tridecapéptido cuya descripción se incluirá en la siguiente edición de este libro, es uno de los compuestos más antiguos que se han podido demostrar en forma científica y cuya aparición se remonta antes, inclusive, de la aparición del sistema inmune, y su existencia ha sido científicamente comprobada en ghnastomas y lampreas, esto es, hace 700 millones de años. En consecuencia, esto apoya la hipótesis de que la melanina es el verdadero precursor de la vida y no la clorofila.

Entonces la unión de tres cosas, maravillosas en sí, hizo posible la eclosión de la vida en la Tierra: el agua -un líquido único por sus propiedades fisicoquímicas-, la luz, un fenómeno que parece ser que nunca terminaremos de estudiar y/o comprender; y por último, la melanina. Sólo la unión de estas 3 maravillas pudo haber generado una

cuarta que es también, por tanto, maravillosa: la vida misma.

Sin olvidar un sustrato central único: el Universo, que tampoco comprendemos, pues no se conoce dónde empieza y dónde acaba, tampoco cómo se originó. Pasa algo semejante con la melanina.

Aquí agregaríamos que las concentraciones de oxígeno dentro de la melanina son desconocidas, pero, de acuerdo a mi experiencia, las concentraciones de oxígeno que la melanina aporta al medio que le rodea se sitúan alrededor del 34%, concentración que es bastante segura y muy lejos del fatídico 100%. Además, dadas sus características fisicoquímicas, la melanina permite regular dichas concentraciones de manera que se puedan elevar, bajo ciertas circunstancias, y acercarse al 100% pero sin llegar a esa cifra. Un ejemplo importante, a mi manera de ver, es que la concentración máxima de oxígeno compatible con la vida y en determinadas situaciones cuidadosamente controladas en cuerpo humano, sobre todo en el ojo, es del 97%. El hidrógeno, al igual que en todo el globo terráqueo, no existe tampoco libre en el organismo humano. Siempre se encuentra combinado, por ejemplo, formando agua, la que conforma 70% del organismo humano en términos generales.

La melanina también llena los requerimientos que señala la teoría que el metabolismo fue primero. La melanina estable en agua durante milenios, descomponiendo el agua una y otra vez, incesantemente, tanto de día como de noche, es una fuente de energía lo

adecuadamente estable y tampoco demasiado poderosa, sino sólo lo suficiente para impulsar en tiempo y forma las reacciones iniciales que dieron origen a la vida. Estas reacciones iniciales no son demasiado complejas, pero sí deben ser constantes, de manera que permitan la concatenación de las reacciones químicas subsecuentes, lo que también es muy importante. Un segundo requerimiento es que la energía liberada debe impulsar una y otra vez varias reacciones químicas, pero sin destruirlas y sí durante el tiempo necesario y que sucedan una y otra vez (el número de veces que sean necesarias para que se conforme el camino para llegar a la expresión de la vida), y se vayan conformando dentro de una trama de reacciones químicas que, a su vez, incrementen paulatinamente su complejidad para permitir la adaptación y evolución (darwiniana, por supuesto).

La ruptura y reunificación de la molécula de agua es una reacción de óxido-reducción, es decir, se oxida el agua (pierde hidrógenos) y luego el oxígeno se reduce (gana hidrógenos). Ello es necesario para poder ser considerada la fuente de energía primaria por excelencia. Por el contrario, la clorofila sólo oxida el agua pero no permite su posterior reducción. Luego entonces, no puede ser un precursor aceptable universal de la vida, pues su suministro de hidrógeno con su valiosa carga de energía es más bien limitado, apenas suficiente para el vegetal mismo, y si el oxígeno se eleva demasiado se desnaturaliza, inclusive la clorofila misma. Además, un suministro de energía que se interrumpiera totalmente durante la noche,

como es el caso de la clorofila, que en la noche no capta una gota de energía y, por ende, no puede desdoblar el agua, es menos compatible con la generación de la vida.

En cambio, la melanina suministra energía día y noche, pues es tan eficiente que aún en la noche capta suficiente energía para desdoblar el agua, aunque a un ritmo menor. Es un concepto más congruente con la generación de la vida y tal vez esto último sea la explicación de por qué todos los entes vivientes requerimos dormir, pues al disminuir la energía de la melanina, las actividades deben reducirse a un mínimo.

Si comparamos la energía de la fotosíntesis con la batería de una cámara digital, tal vez lo comprendemos más. Si la batería está baja, el resto de las funciones de dicha cámara se alteran en forma errática. Algo semejante sucede en el cuerpo humano. Si la batería está baja (en este caso la energía que mana de la fotosíntesis), entonces las funciones corporales (todas) se alteran de manera errática, y dependiendo de las condiciones previas del sujeto y de la duración de la disminución de la fotosíntesis (por el frío por ejemplo), entre muchas otras variables, nos da como resultado enfermedades.

Como cada quién se enferma a su manera, entonces unas personas tienen dolor de espalda (dorsalgia y/o lumbalgia dependiendo de la localización), otros hacen Alzheimer, otros Parkinson, otros esclerosis múltiple, otros artritis, etc.

Regresando a la célula, tenemos que las moléculas anfipáticas (solubles tanto en

agua como en lípidos) constituyen la base de la membrana celular que es una bicapa lipídica. Estas membranas rodean las células y forman las separaciones entre los compartimentos celulares. Estas bicapas están formadas fundamentalmente por fosfolípidos y muchas de las características de la célula, lo que se llama biología celular, se fundan por esta explicación inicial.

Volviendo al agua, en los libros sobre fisiología humana podemos encontrar los datos siguientes: tomamos agua cuando tenemos sed, también ingerimos comida para obtener energía, pero la comida siempre contiene grandes cantidades de agua. Entonces, el agua, dado que es solvente, la utilizamos (como vehículo) para excretar los desechos normales de las funciones corporales, para hidratar iones y para control de la temperatura corporal por medio del sudor. Nos ayuda a mantener un volumen sanguíneo, por lo que también incide en la presión arterial. También es el componente principal del líquido intersticial y del líquido intracelular.

Pero siendo honestos, los datos contenidos en el párrafo anterior no nos sacan de la duda: ¿por qué es tan indispensable para la vida? De acuerdo a lo anterior, el agua en el cuerpo humano sólo sirve para transportar sustancias, por ejemplo, en el torrente sanguíneo, en la orina, en el sudor, en el contenido intestinal, en el líquido cefalorraquídeo, por citar algunos casos. Cuesta trabajo aceptar que una sustancia así, que sólo parece que sustenta, que soporta, que transporta, que disuelve, sea muy indispensable para la vida.

Y sin embargo, se acepta generalmente que sin agua no hay vida, que sin agua la vida no puede expresarse y que esto es válido tanto en los vegetales como en los animales. ¿Cómo es posible que, sin agua, un ser humano muera relativamente rápidamente, en cuestión de pocos días (alrededor de tres días, dependiendo de algunas variables como estado físico previo y de las condiciones del entorno, tales como luz y temperatura)?

La duda nace de que, siendo el agua un solvente, el más poderoso conocido, tampoco es el único y, en un momento dado, pudiera haber vida basada en otros solventes, por ejemplo metano o amoníaco. Quizá en la Tierra no sucediera porque a temperatura ambiente existen más como gases que como líquidos, pero en otros planetas que reúnan las condiciones de presión y temperatura, sí sería posible encontrar tal fenómeno.

Pero no es así. La vida tal como la conocemos no se expresa si no hay agua de por medio, no eclosiona si no está presente el agua. Esto es válido tanto para el reino animal como para el reino vegetal. En los vegetales las funciones del agua son parecidas: el agua funciona como solvente, como diluyente, como volumen, como control de temperatura por medio de la evaporación y hasta ahí las funciones son semejantes a las del cuerpo humano.

Sin embargo, la función principal del agua en los vegetales, que es la generación

de energía por medio de la luz del sol, lo que se denomina fotosíntesis, no parecía existir en los humanos y en los animales. Entonces, que el agua genere energía a través de la luz sólo se aceptaba (hasta ahora) en los vegetales, cianobacterias y algas, pero en los humanos y/o en los mamíferos no, es decir, no parecía existir algún ejemplo de la existencia en el reino animal de tal proceso, aunque es más exacto decir que no lo habíamos percibido, pues la fotosíntesis en la melanina es muy sutil.

Luego entonces, en los vegetales es más clara la percepción de la importancia de la disociación del agua. Sin embargo, si tomamos en cuenta que el concepto de fotosíntesis vegetal tiene alrededor de 350 años que paulatinamente se ha ido discerniendo, tampoco fue sencilla su percepción.

Ahora, su descripción forma parte de muchos libros y se acepta sin ambages: el agua es esencial para los vegetales, porque es el primer paso (obligado) en la serie de reacciones químicas que dan origen a la vida, que denominamos fotosíntesis. Es decir, para la obtención de la energía que contiene el agua se requieren por lo menos tres elementos: agua, luz y clorofila. En cambio, en el reino animal no existen muchos ejemplos de animales que contengan o expresen clorofila. Quizá la oruga sea una excepción, pero esto en los insectos.

El agua como solvente

Los procesos vitales requieren que una gran variedad de iones (del latín: que viaja) y moléculas se muevan en proximidad, es decir, que sean solubles en un medio común. El agua funciona como un disolvente universal en los medios intracelular y extracelular gracias a las dos propiedades relacionadas: su tendencia a formar puentes de hidrógeno y a su carácter dipolar. Las sustancias que pueden beneficiarse de estas propiedades de que se disuelvan fácilmente en el agua se denominan hidrófilas o “afines al agua”. No olvidemos que el agua se considera un líquido altamente polar (tiene cargas que hacen posible su combinación con otras cargas, algo así como los imanes: cargas opuestas se atraen, cargas iguales se repelen).

Las moléculas hidrófilas en una solución acuosa significan que las moléculas con grupos capaces de formar enlaces o puentes de hidrógeno tienden a unirse con el agua en este tipo de enlace. De este modo, el agua disuelve fácilmente los compuestos hidroxilo, las aminas, los compuestos sulfhidrilo, los ésteres, las cetonas y una gran variedad de otros compuestos orgánicos. Nótese que para combinarse con el agua se requieren cargas, como los ejemplos anteriores, y los compuestos que no tienen cargas, como las grasas o los lípidos, no se combinan con el agua.

Pero no sólo se disuelven bien en el agua los aceptores y donadores de enlaces de hidrógeno y otros tipos de enlaces (covalente, por fuerzas de Van der Waals, iónico, por atracción eléctrica y otras).

A diferencia de la mayoría de los líquidos orgánicos, el agua es un disolvente excelente para los compuestos iónicos. La explicación de este hecho reside en la naturaleza dipolar de la molécula de agua. Las interacciones de los dipolos del agua con los cationes y aniones en una disolución acuosa hacen que los iones se hidraten, esto es, que se rodeen de capas de moléculas denominadas capas de hidratación. La formación de estas capas es energéticamente favorable (es decir, es más fácil que sucedan desde el punto de vista energético). Además, la constante dieléctrica elevada del agua disminuye la fuerza electrostática entre los iones con cargas opuestas, que de otro modo volverían a unirse.

La naturaleza dipolar de la molécula de agua favorece también la capacidad del agua para disolver moléculas orgánicas no iónicas, aunque polares, como los fenoles, los ésteres y las amidas. A menudo estas moléculas tienen momentos dipolares elevados y la interacción con el dipolo del agua favorece su solubilidad en la misma.

La solubilidad de las sustancias hidró-

filas depende de su interacción energéticamente favorable con las moléculas de agua. Por tanto, no es extraño que las sustancias como los hidrocarburos, que no son polares y no iónicos y que no pueden formar puentes de hidrógeno, muestren sólo una limitada solubilidad en el agua.

Las moléculas que se comportan de esta manera se denominan hidrófobas o "con aversión al agua". Sin embargo, la energía no es el único factor que limita su solubilidad. Cuando las moléculas hidrófobas se disuelven, no forman las capas de hidratación a diferencia de las moléculas hidrófilas. En lugar de esto, la red regular del agua forma estructuras tipo clatrato (parecido a jaula), cuyo mejor ejemplo es el hielo, o jaulas alrededor de las moléculas no polares. Esta disposición ordenada de las moléculas de agua, que va más allá de la jaula o clatrato, se produce por una disminución de la entropía o aleatoriedad de la mezcla. La disminución de la entropía favorece la baja solubilidad de las sustancias hidrófobas en el agua. También explica la tendencia bien conocida de las sustancias hidrófobas de formar agregados en el agua.

Todos hemos visto que el aceite forma gotitas cuando lo agitamos con vinagre. Se

necesita más ordenamiento para rodear dos moléculas hidrófobas con dos jaulas separadas que para rodearlas a ambas con una jaula única, de modo que las moléculas hidrófobas tienden a agruparse.

Existe una clase de moléculas muy interesantes e importantes que muestra propiedades hidrófilas e hidrófobas al mismo tiempo. Dichas sustancias anfipáticas comprenden ácidos grasos y detergentes. Las moléculas anfipáticas tienen una cabeza de grupo muy hidrófilo, acoplado a una cola hidrofóbica, generalmente un hidrocarburo. Cuando se intenta disolverlas en el agua, las sustancias anfipáticas forman una o varias capas en la superficie del agua donde sólo las cabezas de grupo están sumergidas.

Sin embargo, si la solución se agita energicamente se pueden formar micelas (estructuras esféricas formadas por una única capa de moléculas) o vesículas bicapa. En estos casos, las colas de hidrocarburo de las moléculas tienden a disponerse de modo más o menos paralelo, lo cual les permite interactuar mediante fuerzas de van der Waals. Los grupos de cabeza que son polares o iónicos están fuertemente hidratados por el agua que les rodea.

CAPÍTULO 10

La luz

En general se acepta que sabríamos más del Universo, si comprendiéramos más la luz. El nombre viene del latín *lux*, *lucis*, y se describe como un conjunto de ondas electromagnéticas cuya partícula fundamental se denomina fotón, y constituye una de las principales formas en las que la naturaleza conduce la energía de un lado a otro.

Lo usual es que las personas interpreten como luz únicamente las radiaciones electromagnéticas visibles, es decir, sólo aquellas que la retina humana puede captar. Los fotorreceptores que contiene sólo pueden captar una pequeña parte del total del espectro electromagnético, una estrecha franja que va desde longitudes de onda (λ) de 380 nm (violeta) hasta los 780 nm (rojo).



La luz visible al ojo humano, forma parte de los colores del espectro y se ordenan como en el arco iris, formando el llamado espectro visible (arriba).

Esto es lo que llamamos el espectro visible, pero las radiaciones electromagnéticas van mucho más allá, pues la radiación se define como la emisión de energía desde una

fuente, bien sea en forma de ondas o partículas en movimiento. Las propiedades que van a tener dependen de la forma y frecuencia de la vibración, las cuales están determinadas entre otras cosas por la energía que conllevan.

Las radiaciones electromagnéticas se denominan, de acuerdo a lo anterior, en radiación gamma, cuya longitud es de ondas que miden menos de 10^{-9} m y su frecuencia es de 10^{19} Hertz (Hz o número de veces por segundo); en seguida tenemos a los rayos x cuya longitud de onda se contempla entre 10^{-12} y 10^{-20} m y su frecuencia, es decir las veces que pasa por un punto dado en un tiempo determinado, va de 10^{17} y 10^{20} Hz; luego están las llamadas radiaciones ultravioleta que van de 10^{-9} a 10^{-7} m de longitud de onda y con una frecuencia de 10^{15} y 10^{18} Hz. Ahora tenemos a la luz visible que comprende λ de 10^{-7} a 10^{-4} m y frecuencia de 10^{14} y 10^{15} Hz. Seguiría la radiación infrarroja que, dependiendo de las circunstancias, la podemos percibir en forma de calor y presenta longitudes de onda de 10^{-6} a 10^{-4} m y con frecuencias de 10^{12} hasta 10^{14} Hz. La siguiente radiación electromagnética sería lo que denominamos microondas, que son aquellas que tienen una λ que va de 10^{-4} a 10^{-1} m y su frecuencia comprende de 10^9 a 10^{13} Hz. Las últimas serían las ondas de radio, cuya λ sería de un metro y su frecuencia de menos de 10^9 Hz.

Frecuencia y longitud de onda se relacionan por la expresión:

$$c = f \lambda$$

Donde c es la velocidad de la luz en el vacío,
frecuencia f ó ν , y longitud de onda λ .

Objetos visibles:

Hay dos tipos de objetos visibles: aquéllos que por sí mismos emiten luz y los que la reflejan. El color de éstos depende del espectro de la luz que incide y de la absorción del objeto, la cual determina qué ondas son reflejadas.

La luz blanca se produce cuando todas las longitudes de onda del espectro visible están presentes en proporciones e intensidades iguales. Esto se verifica en un disco que gira velozmente y que contiene todos los colores distribuidos uniformemente.

El ojo humano es sensible a este pequeño rango del espectro radioeléctrico. Las ondas que tienen menor frecuencia que la luz (por ejemplo la radiofrecuencia) tienen

mayor longitud de onda y rodean los objetos sin interactuar con ellos. Esto permite tener cobertura en el teléfono móvil aún dentro de una casa. Las ondas de mayor frecuencia que la luz tienen una longitud de onda tan pequeña que atraviesan la materia. Por ejemplo los rayos x atraviesan algunos materiales como la carne, aunque no los huesos. Es sólo en la franja del espectro que va desde el violeta hasta el rojo donde las ondas electromagnéticas interactúan (se reflejan o absorben) con la materia y permiten ver los objetos, sus formas, su posición, etc. Dentro de esta franja del espectro se puede determinar qué frecuencia o conjunto de frecuencias refleja o emite cada objeto, es decir, el color que tiene.

Podemos concluir este capítulo haciendo notar que el espectro que cubren las radiaciones electromagnéticas va más allá de lo que podemos percibir, pero no por ello no existen otras radiaciones o formas de energía, las cuales sólo es posible detectar mediante dispositivos sensibles a tal o cual longitud de onda. Así, la ausencia de evidencia no es evidencia de ausencia.

CAPÍTULO 11

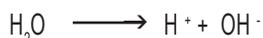
La interacción entre el agua y la melanina como resultado de la irradiación electromagnética

El agua y la melanina son fundamentalmente moléculas neutras, porque su pH es alrededor de 7. A su vez, tienen una ligera tendencia a ionizarse, esto es, pueden actuar como ácidos o como bases muy débiles (se disocian poco). Una forma de entender esta reacción de ionización (en el agua) es observar que una molécula de agua puede transferir un protón a otra molécula para dar un ión hidronio (H_3O^+) y un ión hidroxilo (OH^-) de modo que el agua es el aceptor del protón y el donador del protón en forma simultánea.



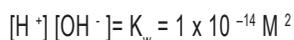
En realidad, esto es una simplificación puesto que el protón transferido puede estar unido a varios grupos de moléculas de agua para producir especies tales como H_5O_2^+ y H_7O_3^+ . En una disolución acuosa, los protones tienen mucha movilidad y la carga salta de una molécula a otra en una fracción de tiempo de aproximadamente 10^{-15} segundos.

Para fines prácticos, casi siempre es suficiente describir el proceso de ionización de una forma mucho más sencilla...



...siempre que recordemos que un protón nunca se encuentra en una solución acuosa libre como un ión libre, sino que siempre está asociado a una o más moléculas de agua. Cuando escribimos una reacción en la que interviene H^+ , en realidad nos estamos refiriendo a un protón hidratado.

El equilibrio descrito en la ecuación anterior puede expresarse mediante producto iónico del agua, que a 25°C es de 10^{-14}M^2 .



El símbolo M indica moles por litro. Puesto que el producto iónico es una constante, $[\text{H}^+]$ y $[\text{OH}^-]$ no pueden variar independientemente. Si modificamos $[\text{H}^+]$ o bien $[\text{OH}^-]$ añadiendo sustancias ácidas o básicas al agua, la otra concentración cambia en función de ello. Una disolución con una $[\text{H}^+]$ alta, tiene una $[\text{OH}^-]$ baja y viceversa.

Si tomamos agua pura a la que no se le han añadido sustancias ácidas o básicas, todos los iones H^+ y OH^- deben proceder de la

disociación de la propia agua. En estas condiciones, las concentraciones de H^+ y OH^- son iguales, de modo que a $25^\circ C$ tenemos:

$$[H^+] = [OH^-] = 1 \times 10^{-7} M^2$$

Se dice que la disolución es neutra, porque ni es ácida ni es básica. Sin embargo, el producto iónico depende de la temperatura, de modo que una disolución neutra no siempre tiene $[H^+]$ y $[OH^-]$ de exactamente $1 \times 10^{-7} M^2$. Por ejemplo, a la temperatura del cuerpo humano ($37^\circ C$) las concentraciones de los iones $[H^+]$ y $[OH^-]$ en una disolución neutra son ambas de $1.6 \times 10^{-7} M^2$.

La escala de pH y los valores fisiológicos de pH:

Para no tener que trabajar con las potencias negativas de 10, casi siempre expresamos la concentración del ion hidrógeno como pH, definido como:

$$pH = -\log [H^+]$$

Cuanto más alta sea la $[H^+]$ en una disolución, menor será el pH, de manera que un pH bajo corresponde a una disolución ácida. Por otro lado, una $[H^+]$ baja, debe ir acompañada de una $[OH^-]$ alta, de modo que un pH alto corresponde a una disolución básica.

La mayoría de los líquidos corporales tienen unos valores que se sitúan en un margen de 6.5 a 8.0, que a menudo se denomina margen de pH fisiológico. La mayoría de los procesos bioquímicos tienen lugar en esta zona de la escala.

A causa de la sensibilidad de los proce-

sos bioquímicos a los más pequeños cambios de pH, el control del pH es esencial en la mayoría de los experimentos bioquímicos. La respuesta de las moléculas orgánicas a los cambios de pH en el margen fisiológico o cerca de éste, a menudo tiene una importancia considerable para su función.

Teóricamente, la melanina absorbe todo el espectro electromagnético, lo cual es efectuado probablemente por las porciones periféricas de la molécula, lo que es seguido por la generación de electrones de alta energía a partir de electrones de baja energía. Estos electrones de alta energía se dirigen hacia los centros de radicales libres del compuesto, donde probablemente son captados por algún elemento, por ejemplo algún metal como hierro, cobre, gadolinio, europio, etc., de donde son transferidos a un aceptor primario de electrones, de naturaleza incierta hasta la fecha, puesto que la unión es compleja y comprenden interacciones iónicas, dependiendo además del pH. Esta transferencia de electrones libera energía, la cual es utilizada para establecer un gradiente de protones.

La combinación de moléculas de las melaninas y de agua forma lo que se puede llamar un fotosistema, el cual absorbe energía luminosa, utilizándola para, por lo menos, dos actividades interrelacionadas entre sí: remover electrones del agua y generar un gradiente de protones. Los componentes de la melanina están en contacto muy cercano entre sí, lo que facilita la rápida transferencia de energía. A los 3 picosegundos de ser iluminada, los centros de reacción de la melanina responden

transfiriendo un electrón fotoexcitado al aceptor primario de electrones.

Esta transferencia de electrones genera un donador positivamente cargado y un aceptor negativamente cargado. La importancia de la formación de dos especies opuestamente cargadas se hace aparente cuando consideramos las capacidades de óxido-reducción de estas dos especies, ya que uno de ellos es deficiente en electrones y puede aceptar electrones, lo cual lo hace un agente oxidante. En contraste, el otro compuesto tiene un electrón extra que fácilmente puede perder, haciéndolo un agente reductor. Este evento –la formación de un agente oxidante y de un agente reductor a partir de la luz–, toma menos de un billonésimo de segundo y es el primer paso esencial en la fotólisis.

Debido a que están cargados de manera opuesta, estos compuestos exhiben una atracción obvia entre ellos. La separación de cargas es estabilizada (probablemente) por el movimiento de las mismas, a lados opuestos de la molécula. El compuesto negativo es el que primero cede su electrón hacia una quinona (Q1), y posiblemente luego el electrón se transfiere a un segundo tipo de quinona (Q2), lo que produce una forma semirreducida de la molécula de quinona, la que puede estar fuertemente ligada al centro de reacción de la molécula de melanina. Con cada transferencia, el electrón se acerca cada vez más hacia el centro de reacción de la molécula de melanina.

La porción de la melanina positivamente cargada es reducida, lo cual prepara el centro

de reacción para la absorción de otro fotón. La absorción de un segundo fotón envía un segundo electrón a lo largo de la vía (melanina negativamente cargada hacia la primera y segunda molécula de quinona –Q1 y Q2–). Esta segunda molécula absorbe dos electrones, por lo que se combina con dos protones. Los protones utilizados en esta reacción pudieran derivar de la molécula misma de melanina o del agua que la rodea, causando una disminución en la concentración de iones hidrógeno del fotosistema, lo que contribuye a la formación de un gradiente de protones. Teóricamente, la molécula reducida de quinona se disocia del centro de reacción de la melanina, siendo reemplazada por una nueva molécula de quinona.

Estas reacciones ocurren a temperatura ambiente, pero, al modificar la temperatura, se puede favorecer las reacciones en uno u otro sentido, dependiendo del control del resto de las variables –pH, campos magnéticos, concentraciones, presiones parciales de gases, electrodos, forma de las celdillas, etc.– y de la finalidad principal que se le quiera dar al proceso.

La separación de la molécula de agua en átomos de hidrógeno y oxígeno es una reacción altamente endergónica debido a la asociación tan estable de los átomos de hidrógeno y oxígeno. La separación de la molécula de agua (en átomos de hidrógeno y oxígeno) en el laboratorio requiere el uso de una fuerte corriente eléctrica o bien elevar la temperatura casi a 2,000°C. Lo anterior (la electrolización del agua) lo logra la melanina

a temperatura ambiente utilizando sólo la energía que obtiene de la luz, principalmente entre 200 y 900 nanómetros de longitud de onda, ya sea de fuente natural o artificial, coherente o no, concentrada o dispersa, mono o policromática.

Se estima que el potencial redox de la forma oxidada de la quinona es aproximadamente +1.1 V, lo que es suficientemente fuerte para atraer a los firmemente unidos electrones de baja energía de la molécula de agua (potencial redox de +0.82), lo que separa la molécula en átomos de hidrógeno y oxígeno.

La separación de la molécula de agua por fotopigmentos se denomina fotólisis. La formación de una molécula de oxígeno durante la fotólisis, al parecer, requiere la pérdida simultánea de cuatro electrones a partir de dos moléculas de agua de acuerdo a la reacción:



Un centro de reacción sólo puede generar una carga positiva o su equivalente oxidante a la vez. Este problema hipotéticamente se resuelve por la presencia de 4 átomos de nitrógeno en el centro de reacción de la molécula de melanina, cada uno de los cuales transfiere un solo electrón.

Esta concentración de nitrógeno acumula quizá cuatro cargas positivas al transferir cuatro electrones (uno a la vez) a la molécula más cercana de quinona⁺. La transferencia de electrones de los nitrógenos de los centros de reacción a la quinona⁺ se logra mediante

el pasaje a través de un residuo de tirosina positivamente cargado. Después de que cada electrón es transferido a quinona⁺ regenerando quinona, el pigmento se reoxida (otra vez a quinona⁺) después de la absorción de otro fotón al fotosistema. Así, la acumulación de cuatro cargas positivas (equivalentes oxidantes) por los átomos de nitrógeno del centro de reacción es modificada por la absorción sucesiva de cuatro fotones por el fotosistema de melanina. Una vez que las cuatro cargas se han acumulado, el complejo quinona liberador de oxígeno es capaz de catalizar la remoción de 4e⁻ de 2H₂O, formando una molécula de O₂, y regenerando el totalmente reducido acumulo de nitrógenos del centro de reacción.

Los protones producidos en la fotólisis son liberados en el medio, donde contribuyen al gradiente de protones. El fotosistema debe iluminarse varias veces antes de que ocurra una liberación de O₂ y por ende de hidrógeno que sea susceptible de ser medido, lo que indica que el efecto de las fotorreacciones individuales debe acumularse antes de que se libere O₂ e hidrógeno. Las quinonas se consideran acarreadores de electrones móviles.

No olvidemos que todas las transferencias de electrones son exergónicas y ocurren conforme los electrones son sucesivamente trasladados a acarreadores con una afinidad cada vez mayor por los electrones (más potenciales redox positivos). La necesidad de la presencia de acarreadores móviles de electrones es manifiesta. Los electrones generados por la fotólisis pueden pasar a varios aceptores inorgánicos, los cuales por lo tanto

se reducen. Estas vías para electrones pueden llevar (según la composición de la mezcla utilizada) a la eventual reducción de moléculas de nitrato (NO_3^-) en moléculas de amoníaco (NH_3) o los sulfatos en sulfhidrilos (SH^-), reacciones que convierten los desechos inorgánicos en compuestos necesarios para la vida. Así, la energía de la luz del sol puede ser utilizada no sólo para reducir la forma más oxidada de los átomos de carbono (CO_2) sino también para reducir las formas más oxidadas de nitrógeno y azufre.

La producción de una molécula de O_2 requiere la remoción de cuatro electrones de dos moléculas de agua. La remoción de cuatro electrones del agua requiere la absorción de cuatro fotones, uno por cada electrón.

Las propiedades electrolizantes de la melanina (entre muchas otras propiedades) pueden explicar el pico generado por luz observable en el electroretinograma, ya que al iluminar la melanina el pH intracelular baja, lo que activa los canales de cloro sensibles al pH en la membrana celular baso lateral. (El pico de luz es un incremento en el potencial que sigue a la fase FOT (fast oscillation through) y forma el más lento y prolongado componente del electroretinograma de corriente directa (Kris 1958, Kolder 1959, Kikadawa 1968, Steinberg 1982).

Las melaninas, precursores de las melaninas, derivados de las melaninas, variantes y análogos de las melaninas oxidan la molécula de agua a O , O_2 y H_2 , consumiendo energía que obtiene de la luz (fotones), y reduce átomos de oxígeno con átomos de

hidrógeno a moléculas de H_2O , liberando energía. (Libera electricidad, aunque también puede “guardar” la electricidad, es decir, también puede funcionar como pila o acumulador. En otras palabras, no sólo genera energía, sino que también es capaz de conservarla durante un tiempo y dentro de ciertos límites, hasta ahora no bien definidos).

Son interesantes los efectos de la fotosíntesis sobre la capacidad de óxido-reducción de la célula eucarionte. Los experimentos demuestran que cuando estimulamos el efecto fotosintético de la melanina, es decir, su extraordinaria capacidad de desdoblar el agua y por ende incrementar la disponibilidad al interior de la célula del valiosísimo acreedor de energía que es el hidrógeno, esta capacidad redox de la célula se incrementa cuatro veces o más, dependiendo del tiempo que sostengamos esta estimulación de la fotosíntesis y de la forma en que lo hagamos. Es por ello que cuando tratamos enfermedades como el Alzheimer, la artritis, la colitis y otras, la mejoría se acentúa conforme el paciente sostiene el tratamiento. Es decir, los resultados fisiológicos y/o terapéuticos no tienen un tope. Además, cuando hacemos dicha estimulación, la célula eucarionte se vuelve más selectiva para captar los nutrientes del medio que la rodea. Se torna más exigente, más cuidadosa, de ahí que se pueden prevenir enfermedades cuando se estimula la fotosíntesis profilácticamente.

Otro dato curioso tiene que ver con el sueño. Hasta ahora, nadie sabe por qué todos los mamíferos tenemos la necesidad

de dormir.

Sin embargo, si tomamos en cuenta la diferencia en la energía del ambiente entre el día y la noche, o en la energía irradiada disponible, entonces parece sensato el proponer que, como la vida se originó con ese mismo ritmo, entonces al haber menor cantidad de energía disponible (en otras palabras, menor cantidad de hidrógeno y, por ende, menor capacidad de óxido-reducción de la célula), en las noches nuestras capacidades merman notoriamente, siendo manifestadas al máximo en el día, durante las horas de mayor cantidad de energía ambiental disponible. En la noche nuestras capacidades disminuyen en forma significativa, dado que la célula no posee toda la capacidad de óxido-reducción (redox) de la que es capaz.

Esta capacidad redox de la célula es un elemento básico de la vida, es decir, en la ecuación de la vida. Primero fue la melanina, gracias a su capacidad de transformar la energía de la luz visible e invisible en energía química, y entonces hubo una reacción química redox inicial presente, ya que el desdoblado del agua es un ejemplo de óxido-reducción y las siguientes reacciones

que paulatinamente fueron concatenándose para expresar lo que conocemos como vida, no son sino más ejemplos de reacciones de óxido-reducción. Una prueba más es que los vegetales también sostienen su forma de vida con base en este tipo de reacción química. Para ello, se requieren los ciclos de energía fluctuantes, pues, interesadamente, cuando se cultivan vegetales en condiciones controladas, de manera que estén irradiados constantemente, obviamente el vegetal crece más rápido, pero su sabor se torna muy desagradable. De ahí que no sea una práctica que se haya popularizado.

Podemos describir las reacciones de óxido-reducción como un intercambio de materia entre dos sustancias, moléculas, células o algo así, y siempre sucederán simultáneamente. Es decir, para que una molécula pierda parte de ella, por ejemplo electrones, otra sustancia tiene que ganarla. No suceden una sin la otra. Este intercambio de materia puede ser a nivel de electrones (uno o varios), o bien de átomos completos, y así sucesivamente, ya que depende de varios factores tales como el entorno, la cantidad de una y otra sustancias reactantes, la cantidad de luz, etcétera.

¿Por qué los dispositivos energizados con melanina funcionan día y noche?

La luz blanca se produce cuando todas las longitudes de onda del espectro visible están presentes en proporciones e intensidades iguales. Esto se verifica en un disco que gira velozmente y que contiene todos los colores distribuidos uniformemente.

La luz blanca es la que llamamos luz, porque el ojo humano es sensible a este pequeño rango del espectro radioeléctrico. Las ondas que tienen menor frecuencia que la luz (por ejemplo la radiofrecuencia) tienen mayor longitud de onda y rodean los objetos sin interactuar con ellos, como en el caso del teléfono móvil.

Las ondas de mayor frecuencia que la luz tienen una longitud de onda tan pequeña que atraviesan la materia, como en el caso de los rayos X, que atraviesan la carne, pero no los huesos. Es sólo en la franja del espectro que va desde el violeta hasta el rojo donde las ondas electromagnéticas interactúan (se reflejan o absorben) con la materia y permiten ver los objetos, sus formas, su posición, etc. Dentro de esta franja del espectro se puede determinar qué frecuencia o conjunto de frecuencias refleja o emite cada objeto, es decir,

el color que tiene.

Entonces, durante la noche el común de las personas asumen que no hay luz, lo cual es cierto, pero sólo hasta el punto de decir que no hay luz blanca, porque otras longitudes de onda sí van a estar presentes aunque no las vemos. En esto nuestros sentidos nos engañan. Hay longitudes de onda que no interactúan con los objetos, es decir, ni los absorben ni los reflejan, y ello incluye la Tierra misma. Es decir, hay longitudes de onda, o bien partículas, que atraviesan la Tierra sin menoscabo significativo de la energía que contienen.

Esto sin mencionar otras formas de energía que apenas vislumbramos, como las ondas gravitatorias u otras de origen desconocido. Baste decir que la teoría del Big Bang, luego de un reinado de años, va en franca retirada merced al hallazgo de que el Universo se está expandiendo, por lo que ahora la teoría de las cuerdas fundamentales empieza a predominar aunque aún está lejos de entenderse cabalmente.

Estamos siendo bañados continuamente por irradiaciones, tanto de día como de noche, y siendo la melanina tan eficiente, no cuesta

trabajo conceder el por qué, aún de noche, produce energía.

En otras palabras, de día o de noche, la melanina capta la suficiente energía para generar electricidad útil, lo cual, en términos prácticos, cuando la iluminación masiva de casas y edificios por medio de la melanina sea una realidad, ésta será posible sin necesidad de utilizar los peligrosos acumuladores de plomo-ácido, lo que hasta ahora no se vislumbraba posible cuando se habla de los paneles solares, pues estos diseños no producen absolutamente ninguna energía de noche por lo que durante el día, cuando su rendimiento es eficiente, es menester guardar dicha electricidad y aparentemente no hay otra manera práctica conocida de guardarla. Recordemos que hasta este momento la generación centralizada de electricidad tiene un problema insoluble: la energía producida de esa manera o se gasta de inmediato o se pierde para siempre.

Las primeras moléculas y/o estructuras que iban a dar origen a la vida resisten presiones parciales de oxígeno que actualmente y/o normalmente no se toleran.

Sin embargo, queda otra espinosa pregunta que se genera de la siguiente observación: la célula vegetal parte la molécula de agua y regresa el oxígeno a la atmósfera. Entonces, ¿algo tan delicado, tan extraordinariamente difícil de lograr como es una molécula que desdoble el agua (la clorofila), se formó únicamente para regresar el oxígeno de vuelta a la atmósfera? No, no es así, porque entonces sería conceder que

la naturaleza hace cosas inútiles, accesorias o confusas, lo cual difícilmente es aceptable. Una respuesta más sensata es que el rompimiento de la molécula de agua es la primera reacción bioquímica autosustentable, pues se alimenta de las radiaciones que provienen del sol, obteniéndose el valiosísimo hidrógeno. Esto hace que todo sea más congruente, pues es difícil decir: antes era así, ahora es totalmente distinto.

La teoría de que los vegetales fueron primero suena poco creíble, igual que el argumento de la transición de la vida vegetal a la vida animal. Me imagino cuando el primer árbol caminó debe haber sido literalmente fantástico, y de nuevo el enigma, ¿por qué no se repite este portentoso hecho hasta la fecha? No es creíble que esto haya sucedido sólo las veces suficientes, que fueron miles y durante el tiempo necesario, millones de años, para luego irse y no volver.

¿Qué es lo que hace valioso al hidrógeno? Porque la energía que acarrea, lo cual millones de años después sigue siendo vigente, coherente. El hidrógeno es el acarreador por excelencia de la naturaleza, aun cuando sólo acarrea y no genera energía. Es decir, para que el hidrógeno transporte energía, hay que inyectársela previamente.

En consecuencia, gracias al hidrógeno y en menor grado al oxígeno, existe la vida tanto animal como vegetal. El avance que representa comprender que la melanina también capta la energía fotónica y, ulteriormente, al partir la molécula de agua la transforma en energía química –la cual sí es susceptible de

ser utilizada por los seres vivos, o en los inicios de la vida por los microorganismos unicelulares— nos permite concluir que la melanina por sus características fisicoquímicas es un precursor de la vida más congruente, que conserva hasta la fecha las características que hicieron posible su papel original. Pensar que la melanina pudo haber dado origen a la vida parece tener más sentido que el pensar que la clorofila lo haya sido. Pongamos una razón poderosa: la melanina existe inclusive antes que la vida misma, es un compuesto muy estable y puede formarse espontáneamente (lo que la clorofila no).

¿En qué me baso para respaldar las afirmaciones anteriores? Se ha encontrado melanina en el espacio estelar en forma de partículas que les nombran cósmidos. Este hallazgo nos permite comprender, sustentar, que la melanina se forma de manera espontánea inclusive en las condiciones extremas que representa el vacío del espacio estelar, con sus temperaturas extremas, su movimiento

incesante, la irradiación sin protección y a pesar de ello muestra una estabilidad asombrosa, pues persiste durante eones de años.

Otro dato más: usualmente va montada sobre hielo. Es decir, dos de los compuestos, que de acuerdo a mi teoría dieron origen a la vida, con mucha frecuencia están juntos y ambos soportan condiciones extremas.

Tanto la melanina como el agua se encuentran en el espacio estelar, soportando el vacío absoluto o casi absoluto, así como temperaturas que van desde los -152°C hasta algo más de 120°C , además de la lluvia de poderosas irradiaciones electromagnéticas de distinta longitud de onda. La estabilidad de ambas moléculas es algo que podemos considerar fuera de discusión.

El hecho de que vaguen por el cosmos es compatible con la idea de que, cuando encuentren condiciones adecuadas, parecidas a la de nuestro planeta, la vida eclosionará, por lo que pudiera aceptarse la frase de que la vida es un imperativo cósmico.

Impacto de la fotosíntesis humana en otras áreas del conocimiento

La extraordinaria propiedad de la melanina de desdoblar la molécula de agua, hasta ahora desconocida, es un conocimiento que debe marcar una nueva era en todos los campos del saber humano.

Citemos unos cuantos:

EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA

Ahora es posible acariciar el sueño de producir electricidad sin quemar petróleo, sin generar gases invernadero, sin correr los peligros inherentes a las centrales nucleares por los residuos. Esta generación alterna de electricidad ya ocurre. En biología, los organismos vivos obtienen energía a través de distintos procesos, pero la obtención de la misma a partir de las radiaciones electromagnéticas (espectro visible o luz), no se ha considerado en los organismos vivos, ya sea uni o pluricelulares, excepto en el reino vegetal, y algunas algas, hongos y cianobacterias.

En el reino animal sólo se ha estudiado exhaustivamente las vías metabólicas usuales por medio de las cuales, a través de la degradación de las diferentes moléculas (lípidos, prótidos, glúcidos cationes y aniones) que ingresan al organismo a través

de los alimentos, se generan distintos tipos de energía, siendo la moneda universal de intercambio el ATP. Pero hasta ahora, no se había contemplado la posibilidad de que los organismos tuvieran la capacidad de captar en forma significativa las radiaciones electromagnéticas y/o transformarlas en energía utilizable para los diversos procesos necesarios para la vida y/o para un óptimo desarrollo y función de los sentidos que nos permiten la interacción con el ambiente. Esta propiedad de los compuestos oscuros o negros, denominadas genéricamente melaninas (eumelaninas principalmente y en menor grado las feomelaninas) ha pasado desapercibida, pero si este conocimiento nuevo lo aplicamos en el estudio de la fisiología normal y patológica de las células, tejidos, órganos y sistemas, se abre un panorama completamente nuevo y que permite explicar y/o comprender más profundamente algunos de los muchos misterios de por qué existe la tenaz y/o persistente presencia de las melaninas en la inmensa mayoría de los organismos vivos.

Las melaninas se describen como sustancias cuya función en el organismo vivo se ha enfocado o derivado de la aparente función protectora de las radiaciones ultravioleta en la

piel, pero desde que ahora se acepta que dicho compuesto no es tan protector o impermeable para tales radiaciones como antes se pensaba, la presencia del pigmento en órganos y estructuras internas o interiores se mantenía como un enigma, y peor aún, no se le concedía la menor importancia.

Sin embargo, la capacidad de las melaninas de absorber el espectro visible en su totalidad, amén de utilizar esa energía para partir la molécula de agua generando oxígeno e hidrógeno, nos permite empezar a entender el por qué de la frecuencia de dicho pigmento en zonas muy expuestas al sol. Sin embargo, la finalidad no es absorber las radiaciones con un único fin protector, sino emplearla productivamente, esto es, generando energía a través del hidrógeno y generando oxígeno, el cual también es muy valioso para los organismos aerobios.

Esta mayor disponibilidad de oxígeno se comprueba con el hecho de que, mientras más oscura es la piel, menor concentración de hemoglobina hay en la sangre. Inclusive se describe en la literatura científica hasta 20 gramos por litro de diferencia entre blancos y negros.

Otro dato a favor de la importancia de las propiedades fotolíticas de las melaninas es el hecho de que los pulmones son más pequeños mientras más oscura es la piel. Si tomamos en cuenta dicha propiedad fotolítica de la melanina podemos complementar y empezar a comprender algunos misterios, como, por ejemplo, la dinámica del humor acuoso en el ojo, permitiendo que ésta (síntesis, secreción,

transporte y excreción del humor acuoso) sea menos difícil de entender. Si aceptamos que las melaninas intervienen en forma significativa en la secreción, transporte y excreción del humor acuoso, empezamos a formarnos un esquema más congruente acerca de por qué la presión intraocular es más elevada en las mañanas, dado que la secreción del mismo disminuye un 45% durante la noche, lo cual es entendible ya que, sin luz, la melanina que tapiza el cuerpo ciliar (tejido que produce dicho humor) disminuye su eficiencia energética tanto para la secreción y excreción, pues la falta de luz en la noche resulta en una disminución del 45% de la producción del humor acuoso, así como para la excreción, ya que la energía que la melanina permite tomar de la luz, también interviene en forma significativa en los procesos de excreción (salida del humor acuoso) de este líquido, puesto que durante la noche, a pesar de que el humor acuoso disminuye casi la mitad su producción, la presión intraocular sube paulatinamente hasta que en la madrugada es característicamente la presión intraocular más alta del día.

Curiosamente, conforme el día transcurre y el sol ilumina durante horas los tejidos pigmentados del ojo, es entonces que la presión intraocular baja constantemente hasta que en el crepúsculo, la presión intraocular es la más baja del día, a pesar de que la producción de humor acuoso aumenta entonces en un 45% durante el día, es decir, durante las horas de iluminación. Sin embargo, este aumento de la producción de humor acuoso posiblemente secundaria a una mayor cantidad de luz y,

por tanto, de una mayor cantidad de energía. Se ve compensado, a su vez, por la mayor eficiencia de los mecanismos encargados de evacuar dicho líquido desde el interior del ojo hasta el exterior, merced a la mayor disponibilidad de energía en forma de hidrógeno y oxígeno, la cual es probablemente incluida en los procesos metabólicos mediante NADH y NADPH, así como de oxígeno utilizado para los múltiples procesos en los que éste último interviene. Cito como ejemplo la recolección de los electrones que se desprenden de la vía metabólica denominada fosforilación oxidativa, lo que resulta del catabolismo de las distintas formas de carbono reducidas que ingerimos y que son nuestra principal fuente de energía. Exhalamos ese carbono en forma de bióxido de carbono al final de los procesos metabólicos, que es la forma más oxidada del carbono. Este compuesto final (CO_2), que exhalan o expelen los organismos, es totalmente lo opuesto a lo que ocurre con los vegetales, pues ellos absorben CO_2 y agua y, con la luz del sol, forman hidratos de carbono (glucosa) y nosotros absorbemos glucosa y producimos agua y CO_2 .

Esta radical diferencia es una de las particularidades que hacían pensar en que los organismos animales estábamos lejos de los vegetales y, por ende, la fotosíntesis sólo la realizaban ellos (los vegetales) y nosotros (los animales) de ninguna manera, en virtud de que no tenemos clorofila, y éramos totalmente diferentes entre sí (vegetales y animales). Sin embargo, nuestro descubrimiento de las propiedades fotolíticas de las melaninas en

presencia de agua, vendrá a revolucionar estos conceptos, lo que impactará en forma significativa la biología celular en general.

Otro ejemplo de la importancia de la actividad fotolítica de las melaninas lo tenemos cuando estudiamos el proceso de transducción de luz, que ocurre en parte en los fotorreceptores de la retina de los mamíferos y en parte, ¿casualmente?, en una de las células más pigmentadas del organismo y que es el epitelio pigmentado de la retina, pues en los textos que analizan dicho fenómeno (la fototransducción) citan un paso en el proceso bioquímico, del cual se desconoce su origen (según los libros) y que es el descenso del pH intracelular de las células del epitelio pigmentado en cuanto son iluminadas. Dicho descenso origina que se abran los canales de cloro, lo que conlleva al resto de eventos que resultan en la percepción de la luz.

La melanina reúne las características para ser la misteriosa sustancia “desconocida” (Adler, 1998) que absorbe la luz y como resultado de ello aumenta la disponibilidad de iones hidrógeno en el citosol, sin que se conozca el origen de dichos átomos, puesto que no parece haber alguna otra sustancia que se degrade y libere este pequeño elemento. Sin embargo, si tomamos en cuenta que la melanina sólo actúa como catalizador y utiliza como materia prima el agua, de la cual se dispone en abundancia en el medio en cuestión, entonces el círculo parece completarse, ya que además al ser un proceso que se energiza a través de la luz, no gasta ATP, lo cual también es congruente con los procesos metabólicos

descritos.

También esta propiedad fotolítica de las melaninas explica el por qué la concentración de oxígeno de la sangre que circula en la capa más vascularizada del ojo, denominada coroides o úvea, es a la entrada (lado arterial de la circulación coroidea) del 97% y a la salida (en el lado venoso de la circulación coroidea) del 94%, algo único en todo el organismo, ya que la concentración de bióxido de carbono es similar al resto del organismo y es del 40% (en el lado venoso). De acuerdo a la literatura, el bióxido de carbono estimula el proceso de fotólisis del agua, pero no se sabe si es a través de estimular al melanocito o a la melanina misma. Para una descripción detallada del modo en que in vitro las melaninas captan las radiaciones electromagnéticas y generan hidrógeno y oxígeno del agua, así como lo contrario, es decir, unen hidrógeno y oxígeno produciendo agua y generando electricidad, referimos al lector a la solicitud de patente GT/a/2005/00006.

Los microbios fotosintéticos, como las algas verdes y las cianobacterias, extraen hidrógeno del agua como parte de sus actividades metabólicas usando la energía luminosa como fuente principal. Sin embargo, como se produce oxígeno junto con el hidrógeno, es la sensibilidad al oxígeno de estos sistemas enzimáticos lo que posiblemente limita la eclosión de estos microorganismos. Además, la producción de hidrógeno a partir de organismos fotosintéticos es muy baja para ser biológicamente viable.

Cuando la clorofila parte la molécula

de agua en vegetales y algas, debido a que su afinidad por la luz cae entre los 400 nm y alrededor de los 700 nm, el resto de la energía luminosa se pierde, por lo que se estima que se desperdicia el 80% de la energía utilizada, a diferencia de las melaninas en que la absorción de las radiaciones electromagnéticas comprende todo el espectro visible y quizá un poco más, amén de que parece absorber también energía cinética. Lo anterior es posible en el área de la biología, pues era de esperarse que la naturaleza aprovechara toda forma de energizar de una u otra manera todas las reacciones bioquímicas que dan origen o continuidad a la vida.

Hasta ahora, no se había detectado o descrito la capacidad de los organismos uni o pluricelulares no vegetales para aprovechar la energía radiante del espectro electromagnético con el fin de energizar alguna o varias de las múltiples reacciones que suceden en los organismos del reino animal. Estas fueron las razones por las que decidimos reportar y patentar cualquier uso derivado del conocimiento de la propiedad de las melaninas como elemento electrolizante del agua, pues por su afinidad por el espectro electromagnético que va desde los 200 a los 900 nm por lo menos –y quizás más– y debido a las características fisiológicas de los tejidos en los que se encuentra normalmente dicho pigmento, donde llama la atención parámetros como las concentraciones de oxígeno tisulares, arteriales, capilares y venosas. Decidimos registrar o patentar cualquier uso derivado del hecho de que, al iluminar la melanina o las melaninas,

obtendríamos la fotólisis de la molécula de agua generando átomos de hidrógeno y oxígeno, además de otros productos como OH, peróxido de hidrógeno, anión superóxido y electrones de alta energía, así como la capacidad de las melaninas de sustentar y catalizar la reacción inversa, es decir, unir los átomos de hidrógeno y oxígeno formando moléculas de agua, generando también electricidad. Cualquier uso o utilidad directa o indirecta de esta propiedad de las melaninas o avance en el estudio, descripción, manipulación y aplicación en multitud de procesos en todos los ámbitos del conocimiento (biológicos, bioquímicos, físicos, fisicoquímicos, etc.) nos abre una puerta de alcances insospechados y, debido a que no se conocía previamente que, aparte de la clorofila de los vegetales y los pigmentos de las cianobacterias, otros seres vivos del reino animal pudiesen captar la energía solar de alguna u otra manera, hemos patentado cualquier uso o utilidad del conocimiento derivado de que la naturaleza utiliza las melaninas para generar energía a través de la fotólisis del agua y utiliza la energía para el desarrollo, impulso u optimización de alguno o algunos de los múltiples procesos bioquímicos celulares.

Definiciones: La terminología utilizada es de acuerdo con las definiciones siguientes:

MELANINAS.- Para fines de esta obra, cuando escribimos melaninas nos referimos a las melaninas, precursores de las melaninas, derivados de las melaninas,

variantes y análogos de las melaninas (polihidroxiindol, eumelanina, feomelanina, alomelanina, neuromelanina, ácido húmico, fulerenos, grafito, poliindolquinonas, acetilonegro (acetylene-black), pirrol-negro (pyrrole-black), indol-negro (indole-black), benceno-negro (benzene black), tiofeno negro (thiophene-black), anilina-negro (aniline-black), poliquinonas en forma hidratada, sepiomelaninas, dopa negra (dopa-black), dopamina negra (dopamina-black), adrenalina negra (adrenalina-black), catecol negra (catechol-black), 4aminocatecolnegra (4 amine catechol-black), (en cadena lineal simple, alifáticos o aromáticos) o sus precursores como fenoles, aminofenoles o difenoles, indol-polifenoles, ciclodopa, DHI y DHICA, quinonas, semiquinonas o hidroquinonas, L-tirosina, L-dopamina, morfolino orto benzoquinona, dimorpholino-orto-benzoquinona, morfolin-catecol, ortobenzoquinona, porphirin-black, pterin-black, ommochrome-black, precursores libres de nitrógeno, cualquiera de los arriba citados con cualquier tamaño de partícula (desde 1 angstrom hasta 3 o 4 cm), todos los compuestos citados anteriormente, electroactivos, en suspensión, en solución, en gel, en el citoplasma, en liposomas modificados, que absorben el ultrasonido en el intervalo de un MHz, naturales o sintéticos, de origen vegetal, animal o mineral, puros o mezclados con compuestos orgánicos o inorgánicos, iones, metales (gadolinio, hierro, aluminio, oro, plata, níquel, cobre, erbio, europio, praseodymio, dysprosio, holmio, cromo o manganeso, seleniuro de plomo, titanio, aleaciones diver-

sas y especiales, es decir, cualquier metal o compuesto conocido o desconocido a la fecha, etc). El gadolinio es un metal muy efectivo el cual es incorporado dentro de las melaninas en forma iónica o como partícula tanto in vivo como in vitro, amén de drogas o fármacos, energizando el diseño fotoelectroquímico con radiaciones electromagnéticas, luz (natural o sintética, coherente o no, monocromática o policromática) con longitud de onda principalmente entre 200 y 900 nanómetros, aunque otras longitudes de onda y otros tipos de energía por ejemplo la cinética, también son eficaces aunque en grado variable según el resto de las condiciones (pH, temperatura, presión, combinación, dopaje, etc).

FOTOLISIS: Se refiere a la partición de la molécula de agua en hidrógeno y oxígeno, proceso que se energiza en el caso de las melaninas a través de la absorción del espectro visible de las radiaciones electromagnéticas.

DINÁMICA DEL HUMOR ACUOSO: Se refiere a la síntesis, circulación y excreción del humor acuoso en el ojo.

NEUROPATÍA ÓPTICA GLAUCOMATOSA: Misteriosa enfermedad que constituye una de las tres primeras causas de ceguera en el mundo, siendo más frecuente y severa mientras más oscura es la piel y que consiste en una atrofia del nervio óptico que puede cursar o no con aumento de la presión intraocular.

ENERGÍA: Se define como la capacidad de hacer o efectuar un trabajo. La energía puede tomar varias formas: mecánica, térmica,

química, etc.

DEGENERACIÓN MACULAR

RELACIONADA CON LA EDAD: Es la primera causa de ceguera en los países caucásicos, y que consiste o en la desaparición paulatina de las estructuras de la región macular como son vasos, melanocitos, fotorreceptores o bien en ocasiones se despierta una respuesta de angiogénesis por la hipoxia prevaeciente, que puede ser secundaria a la disminución de melanocitos, melanina y vasos sanguíneos de la zona.

RETINOPATÍA DIABÉTICA: Es la primera causa de ceguera en la población que va de 18 a 65 años. No se conoce en su totalidad su fisiopatogénia pero la hiperglucemia parece ser la base inicial del problema, puesto que se ha demostrado que a la semana de aumentar la glucosa en sangre se inician los cambios en el ojo, por ejemplo vasodilatación, la que puede explicarse por aumento de los sustratos de la fosforilación oxidativa, lo que resulta en una mayor demanda de oxígeno, esto es, se desarrolla una hipoxia relativa que el organismo compensa con vasodilatación.

DESCRIPCIÓN DETALLADA:

La finalidad de esta obra consiste esencialmente en describir y por tanto dar a conocer los importantes efectos que tienen sobre la biología celular, el hecho hasta ahora desapercibido de que a temperatura ambiente y utilizando luz natural o artificial como única fuente de energía, las melaninas, tanto in vivo como in vitro, poseen la propiedad de partir la molécula de agua, obteniendo átomos

de hidrógeno y oxígeno así como electrones de alta energía y también, a su vez, pueden lograr el evento contrario: unir átomos de hidrógeno y oxígeno obteniendo agua y corriente eléctrica, para lo anterior la naturaleza utiliza como material electrolizante principal o central a las melaninas. Estas reacciones que suceden intra o extracelulares, inclusive *in vitro*, pueden acontecer en mayor o menor grado bajo una miríada de estímulos físicos o químicos, internos o externos.

En otras palabras, para la naturaleza es tan importante los efectos de las melaninas que las células empiezan a aumentar su actividad sintética de esta molécula cuando cualquier reacción intra o extracelular empieza a suceder en forma más o menos repetitiva. Al interior de la célula eucarionte, específicamente el melanocito, el material principal, el soluto indispensable para que el principio fotoelectroquímico funcione son las melaninas en estado soluble, dada la notable capacidad de las melaninas para captar fotones de longitudes de onda entre 200 y 900 nm del espectro electromagnético principalmente, pero no sólo en esa región del espectro, pues el pigmento es sensible a casi todo el espectro electromagnético, lo cual es efectuado probablemente por las porciones periféricas de la molécula, tanto *in vivo* como *in vitro*, lo que es seguido por la generación de electrones de alta energía, a partir de electrones de baja energía. Estos electrones de alta energía se dirigen hacia los centros de radicales libres del compuesto, donde probablemente son captados por algún elemento, por ejemplo cualquier metal como

hierro, cobre u otro, de donde son transferidos a un aceptor primario de electrones, de naturaleza incierta hasta la fecha, puesto que la unión es compleja y comprenden interacciones iónicas, dependiendo además del pH. Esta transferencia de electrones libera energía, la cual es utilizada para establecer un gradiente de protones.

La combinación de moléculas de las melaninas y de agua forma lo que se puede llamar un fotosistema, el cual absorbe energía luminosa, utilizándola para, por lo menos, dos actividades interrelacionadas entre sí: remover electrones del agua y generar un gradiente de protones. Los componentes de la melanina están en contacto muy cercano entre sí, lo que facilita la rápida transferencia de energía. A los 3 picosegundos de ser iluminada, los centros de reacción de las melaninas responden transfiriendo un electrón fotoexcitado al aceptor primario de electrones.

Esta transferencia de electrones genera un donador positivamente cargado y un aceptor negativamente cargado. La importancia de la formación de dos especies opuestamente cargadas, se hace aparente cuando consideramos las capacidades de óxido reducción de estas dos especies, ya que uno de ellos es deficiente en electrones y puede aceptar electrones, lo cual lo hace un agente oxidante. En contraste, el otro compuesto tiene un electrón extra que fácilmente puede perder, haciéndolo un agente reductor. Este evento –la formación de un agente oxidante y de un agente reductor a partir de la luz– toma menos de un billonésimo de segundo y es el primer

paso esencial en la fotólisis del agua.

Debido a que están cargados de manera opuesta, estos compuestos exhiben una atracción obvia entre ellos. La separación de cargas es estabilizada (probablemente) por el movimiento de las mismas, a lados opuestos de la molécula, siendo el compuesto negativo el que primero cede su electrón hacia una quinona (Q1), y posiblemente luego el electrón se transfiere a un segundo tipo de quinona (Q2), lo que produce una forma semirreducida de la molécula de quinona, la que puede estar fuertemente ligada al centro de reacción de la molécula de melanina. Con cada transferencia, el electrón se acerca cada vez más hacia el centro de reacción de la molécula de melanina. La porción de la melanina positivamente cargada es reducida, lo cual prepara el centro de reacción para la absorción de otro fotón. La absorción de un segundo fotón envía un segundo electrón a lo largo de la vía (melanina negativamente cargada hacia la primera y segunda molécula de quinona –Q1 y Q2–), esta segunda molécula absorbe dos electrones, por lo que se combina con dos protones.

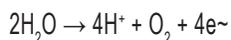
Los protones utilizados en esta reacción pudieran derivar de la molécula misma de melanina o del agua que la rodea, causando una disminución en la concentración de iones hidrógeno del fotosistema, lo que contribuye a la formación de un gradiente de protones. Teóricamente, la molécula reducida de quinona se disocia del centro de reacción de la melanina, siendo reemplazada por una nueva molécula de quinona. Estas reacciones ocurren a temperatura ambiente, pero el modificar,

por ejemplo la temperatura, puede favorecer las reacciones en uno u otro sentido, dependiendo del control del resto de las variables: pH, campos magnéticos, movimiento, concentraciones del soluto y del solvente, cantidad de radiaciones electromagnéticas, naturaleza de las mismas, pureza de la melanina, si está dopada o no, presiones parciales de gases, forma, etc., y de la finalidad principal que se le quiera dar al proceso dada el tipo de célula, tejido o cantidad de agua presente o disponible. En presencia de metales o de boro, el hidrógeno trabaja con -1.

La separación de la molécula de agua en átomos de hidrógeno y oxígeno es una reacción altamente endergónica debido a la asociación tan estable de los átomos de hidrógeno y oxígeno. La separación de la molécula de agua (en átomos de hidrógeno y oxígeno) en el laboratorio requiere el uso de una fuerte corriente eléctrica, o bien elevar la temperatura casi a 2,000 °C. Lo anterior (la electrolización o fotólisis del agua) lo logra la melanina, tanto in vivo como in vitro a temperatura ambiente, utilizando sólo la energía que obtiene de la luz, principal pero no exclusivamente entre 200 y 900 nanómetros de longitud de onda, ya sea de fuente natural o artificial, coherente o no, concentrada o dispersa, mono o policromática.

Se estima que el potencial redox de la forma oxidada de la quinona es aproximadamente +1.1 V, lo que es suficientemente fuerte para atraer a los firmemente unidos electrones de baja energía de la molécula de agua (potencial redox de +0.82), lo que

separa la molécula en átomos de hidrógeno y oxígeno. La separación de la molécula de agua por fotopigmentos se denomina fotólisis. La formación de una molécula de oxígeno durante la fotólisis, se piensa que requiere la pérdida simultánea de cuatro electrones a partir de dos moléculas de agua de acuerdo a la reacción:



Un centro de reacción sólo puede generar una carga positiva, o su equivalente oxidante, a la vez. Este problema hipotéticamente se resuelve por la presencia de 4 átomos de nitrógeno en el centro de reacción de la molécula de melanina, cada uno de los cuales transfiere un solo electrón. Esta concentración de nitrógeno acumula quizá cuatro cargas positivas al transferir cuatro electrones (uno a la vez) a la molécula más cercana de quinona. La transferencia de electrones de los nitrógenos de los centros de reacción a la quinona⁺, se logra mediante el pasaje a través de un residuo de tirosina positivamente cargado. Después de que cada electrón es transferido a quinona⁺ regenerando quinona, el pigmento se reoxida (otra vez a quinona⁺) después de la absorción de otro fotón al fotosistema. Así, la acumulación de cuatro cargas positivas (equivalentes oxidantes) por los átomos de nitrógeno del centro de reacción, es modificado por la absorción sucesiva de cuatro fotones por el fotosistema de melanina. Una vez que las cuatro cargas se han acumulado, el complejo quinona liberador de oxígeno es capaz de catalizar la remoción de 4e⁻ de 2E_bO, formando una molécula de O₂, y regenerando el

totalmente reducido acumulo de nitrógenos del centro de reacción.

Los protones producidos en la fotólisis son liberados en el medio donde contribuyen al gradiente de protones. El fotosistema debe iluminarse varias veces antes de que ocurra una liberación de O₂ y, por ende, de hidrógeno que sea susceptible de ser medido, lo que indica que el efecto de las fotorreacciones individuales debe acumularse antes de que se libere O₂ e hidrógeno.

Las quinonas se consideran acarreadores de electrones móviles. No olvidemos que todas las transferencias de electrones son exergónicas y ocurren conforme los electrones son sucesivamente trasladados a acarreadores con una afinidad cada vez mayor por los electrones (más potenciales redox positivos). La necesidad de la presencia de acarreadores móviles de electrones es manifiesta. Los electrones generados por la fotólisis pueden pasar a varios aceptores inorgánicos, los cuales por lo tanto se reducen. Estas vías para electrones pueden llevar (según la composición de la mezcla utilizada) a la eventual reducción de moléculas de nitrato (NO₃) en moléculas de amoníaco (NH₃) o los sulfatos en sulfhidrilos (SFT), reacciones que convierten los desechos inorgánicos en compuestos necesarios para la vida. Así, la energía de la luz del sol puede ser utilizada no sólo para reducir la forma más oxidada de los átomos de carbono (CO₂), sino también para reducir las formas más oxidadas de nitrógeno y azufre, tanto in vivo como in vitro, con ventajas evidentes. Lo anterior se citó en forma

un poco más extensa y más enfocada hacia el aspecto *in vitro* en la solicitud de patente GT/a/2005/00006.

La producción de una molécula de O₂ requiere la remoción de cuatro electrones de dos moléculas de agua. La remoción de cuatro electrones del agua requiere la absorción de cuatro fotones, uno por cada electrón. Por otro lado, también existen evidencias que la melanina capta también la energía cinética convirtiéndola en energía manejable para la célula, tal vez como hidrógeno y oxígeno, o viceversa, agua y electricidad. La composición particular de la membrana celular y del citosol son parámetros importantes para la obtención de los productos de la reacción en particular, ya que la presencia de electrolitos tanto *in vivo* como *in vitro*, la naturaleza de los mismos, el empleo de campos magnéticos, el uso de la energía cinética aparte de la radiación electromagnética, la adición de diversos compuestos –dopaje– (orgánicos e inorgánicos, iones, metales, drogas o fármacos) al fotosistema que inicialmente sólo es melanina y agua, más la adición de electrolitos, más la adición de fármacos, así como el manejo de la temperatura, el control de las presiones parciales de los gases, el manejo de la corriente eléctrica generada, la aplicación de campos magnéticos, el nivel del pH, hace que el destino final sea recuperar electrones o protones u oxígeno, así como compuestos resultantes de acuerdo a la formulación del medio en el que está disuelta la melanina. Así, el corazón de cualquier diseño fotoelectroquímico eficaz son las melaninas tanto *in vivo* como *in vitro*. La

transferencia de electrones libera energía, la cual es utilizada para establecer un gradiente de protones.

El movimiento de protones durante el transporte de electrones puede ser compensado por el movimiento de otros iones presentes en el medio intra o extracelular. Las propiedades electrolizantes de la melanina (entre muchas otras) *in vivo*, pueden explicar el pico generado por luz, fenómeno observable en el electroretinograma, ya que, al iluminar la melanina, el pH intracelular baja lo que activa los canales de cloro sensibles al pH en la membrana celular basolateral. El pico de luz es un incremento en el potencial que sigue a la fase fast oscillation through, FOT, y forma el más lento y prolongado componente del electroretinograma de corriente directa (Kris 1958, Kolder 1959, Kikadawa 1968, Steinberg 1982). También intervienen en la dinámica del humor acuoso, pues explican de manera congruente el por qué disminuye la presión intraocular durante el día, a pesar de que también durante el día aumenta un 45% la producción de humor acuoso, ambos procesos durante la presencia de luz y en la noche disminuye la formación de humor acuoso también en un 45% y aumenta la presión intraocular un 40%, por lo que se observa que la luz energiza de manera significativa procesos cruciales de la dinámica del humor acuoso, lo que se puede apoyar en la observación de que los medicamentos que estimulan a los melanocitos (betabloqueadores) no son efectivos durante la noche. Las melaninas, precursores de las melaninas, derivados de

las melaninas, variantes y análogos de las melaninas, remueven electrones del agua y generan un gradiente de protones.

Las reacciones dependientes de la luz también pueden proporcionar energía para reducir CO_2 a CH_2O , nitratos a amoníaco y sulfatos a sulfhidrilos tanto in vivo como in vitro. La melanina absorbe todas las radiaciones electromagnéticas, inclusive ultravioletas suaves y duras, todo el espectro visible y las longitudes infrarrojas cercanas y lejanas (Spicer & Goldberg 1996). No es remoto que pueda absorber otros tipos de energía como la cinética u otras de longitudes de onda lejanas del espectro electromagnético. Es interesante también considerar el uso de las propiedades fotoelectroquímicas de las melaninas en procesos industriales basados en sistemas biológicos, por ejemplo la generación de hidrógeno y oxígeno o bien la generación alterna de energía eléctrica.

EJEMPLOS

Los siguientes ejemplos están basados en la actividad fotoelectroquímica que de manera directa o indirecta se puede afectar en las melaninas, presentes en los sistemas biológicos, con la finalidad de describir composiciones farmacéuticas para profilaxis o terapia. La afectación de las propiedades fotoelectroquímicas pueden favorecer alguna de las reacciones de fotólisis o de fotosíntesis de agua que fueron explicadas.

EJEMPLO 1.- Para el ojo, son muy importantes el oxígeno y el hidrógeno. Por tanto, la fisiología del ojo tiende a dese-

stabilizar la reacción, sesgándola hacia la obtención de dichos elementos. La prueba la podemos tener al observar las concentraciones de oxígeno en la sangre arterial que entra al ojo, y que son del 97%; en la sangre venosa son del 94%, siendo la concentración de CO_2 del 40%. El tiempo de circulación se estima en 5 segundos. Se acepta que los fotoreceptores son el tejido que más gasta oxígeno y por ende energía de todo el organismo, es decir, 10 veces más que la corteza cerebral, seis veces más que las coronarias y 3 veces más que la corteza renal. A mayor actividad del melanocito y/o mayor cantidad e melanina, mayor sustrato para la fotólisis.

EJEMPLO 2: La naturaleza aprovecha todo lo que tiene a su alcance y eso explica la presencia de melanina en cualquier ser vivo que está expuesto a radiaciones electromagnéticas, pues se acepta que en sí las melaninas no actúan como simples filtros solares, algo así como una solución de sulfato de zinc al 2%, sino que es algo extraordinariamente más complejo, pues la naturaleza absorbe la energía luminosa mediante la melanina y la transforma en energía aprovechable para el organismo en cuestión.

EJEMPLO 3.- En el caso del ojo, la naturaleza nos muestra el ejemplo de absorción y aprovechamiento de la luz tal vez máximo, pues la concentración de melanina y de agua es la más alta del organismo (40% más melanina que

en la piel y el 97% del volumen del ojo es agua). Es decir, los dos elementos indispensables para que suceda la generación de oxígeno e hidrógeno a partir del agua (fotólisis) están disponibles en altas concentraciones y todo el tiempo.

Considerando los ejemplos 1, 2, 3, es posible diseñar composiciones farmacéuticas que se utilicen en forma terapéutica o preventiva para el tratamiento de enfermedades oculares que cursen con hipoxia y déficit sanguíneo, por ejemplo coroidosis, neuropatía óptica, síndrome ocular isquémico, insuficiencia carotídea, y otras.

EJEMPLO 4.- De acuerdo al ejemplo 3, la naturaleza no sólo proveyó al ojo de ambos elementos (melanina y agua) en relativa abundancia, sino que concentró la luz mediante lentes poderosas en la córnea y el cristalino, este último con un poder en el aire de 150 dioptrías. Es decir, en el ojo tenemos un claro ejemplo de que la naturaleza conoce la fotólisis desde el inicio de los tiempos y diseñó y desarrolló un código genético capaz de concentrar los tres elementos necesarios en un solo órgano, cuyo peso oscila alrededor de siete y medio gramos.

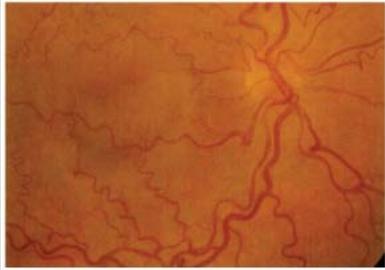
EJEMPLO 5.- Debido a que la reacción de fotólisis toma 3 picosegundos, la cantidad de oxígeno y por ende de hidrógeno generado en los tejidos pigmentados del ojo es tal, que con el objeto de estar evacuando dichos gases o elementos por medio de la hemoglobina de la sangre, el ojo dispone de la mayor cantidad

de sangre por minuto en comparación con cualquier otro órgano del cuerpo. Para citar un ejemplo: el flujo sanguíneo del músculo estriado es 0.05 mL por gramo de tejido por minuto, el flujo del cerebro es de 0.5 mL por gramo de tejido por minuto y en el ojo es de 15.0 mL gramo de tejido por minuto. Esto explica por qué la naturaleza se tomó el trabajo de dotar al ojo con la primera rama intracraneal de la carótida interna: la arteria oftálmica, vaso con un flujo sanguíneo mayor que la arteria renal.

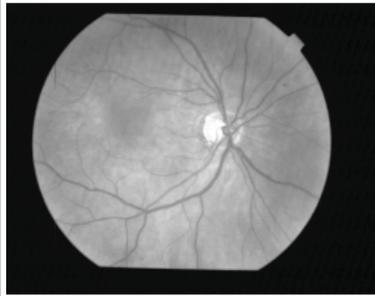
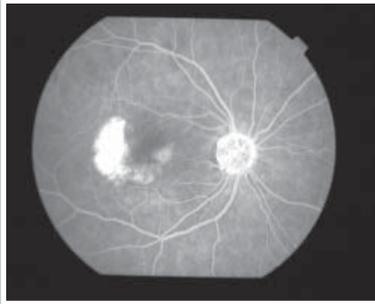
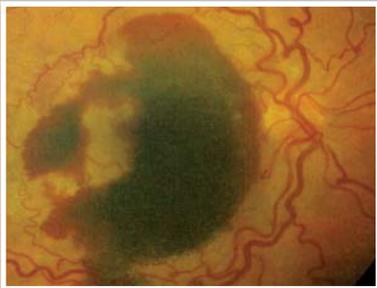
EJEMPLO 6: Debido a la concentración de luz, el ojo tiende a aumentar su temperatura. La prodigiosa circulación del ojo, aparte de sus múltiples e inclusive aún desconocidas funciones biológicas, también sirve para enfriar el tejido, debido a la afinidad de la hemoglobina por las radiaciones infrarrojas.

EJEMPLO 7.- Las radiaciones electromagnéticas activan al melanocito y esto redundando en una mayor biodisponibilidad de melanina y otros compuestos que generan las células pigmentadas. Cuando activamos a los melanocitos en tiempo y forma suficiente, ya sea por métodos físicos o químicos (con compuestos farmacéuticos, por ejemplo), la retina puede entrar en un estado metabólico resistente a la isquemia, hecho que puede utilizarse con fines terapéuticos o profilácticos en enfermedades tales como retinopatía diabética, degeneración macular relacionada con la edad, neuro-

patía óptica glaucomatosa, insuficiencia carotídea y otros. Por lo tanto, ya existen las composiciones farmacéuticas, que se utilizan en forma terapéutica o profiláctica para tratar la retinopatía diabética o degeneración macular relacionada con la edad, en alguna de sus variedades (seca o húmeda).



La imagen superior demuestra los cambios iniciales en un paciente afectado por degeneración macular relacionada a la edad, variedad húmeda. La imagen de abajo es la historia natural, en donde se aprecia la hemorragia que da origen a la fibrosis.



Las dos imágenes siguientes muestran la diferencia cuando las degeneraciones son tratadas mediante la estimulación de la fotosíntesis humana. La imagen superior demuestra la presencia de una membrana neovascular coroidea que todavía no atraviesa la membrana de Bruch, pues ello se demostraría por la presencia de sangre; la imagen inferior muestra el aspecto de la retina tres meses después, donde se aprecia que al recuperar su forma (la retina o específicamente la mácula), la visión mejoró de 20/200 a 20/25.

EJEMPLO 8.- En apoyo del ejemplo anterior citaremos cinco hechos descritos en la literatura que suceden al activar los melanocitos y que de una u otra forma

contribuyen a este interesante estado resistente a la hipoxia de la retina, que por otro lado quizá no sea exclusivo de este tejido, pero es el ejemplo que manejamos. Estos sucesos son: 1.- Al aumentar la cantidad de melanina, aumenta la biodisponibilidad de oxígeno y de energía (hidrógeno) obtenidos a partir de la fólisis del agua. 2.- La melanina forma enlaces covalentes con los tioles, esto es, que factores proangiogénicos como TGF y VEGF u otros que contienen cisterna, son ligados y por ende inactivados farmacológicamente por la melanina. 3.- La angiogénesis requiere algún grado de inflamación por mínimo que éste sea y sobre todo en etapas iniciales, y la melanina capta interleucinas y prostaglandinas por lo que es un antiinflamatorio natural. 4.- El melanocito secreta pigment epithelium derived factor, PEDF (Dawson 1999), que se describe como uno de los compuestos con mayor actividad antiangiogénica que se conoce. 5.- La melanina es un compuesto que contribuye de manera significativa a la estabilidad de una célula o tejido debido a que es un buffer natural. También actúa como donador y aceptor de electrones. Por otro lado, quela e inactiva sustancias potencialmente dañinas para el tejido, reduciendo la cantidad y actividad de las mismas. Además de que conserva sustancias que afectan de manera positiva la biología del tejido, parece funcionar

como almacén que descarga dichas sustancias lenta y prolongadamente.

EJEMPLO 9.- La activación de los elementos pigmentados del ojo puede lograrse mediante sustancias que impidan el efecto inhibitorio de la hipófisis sobre la pars intermedia de la hipófisis, debido a que la secreción de alfa MSH es tónica y disminuye cuando el hipotálamo secreta dopamina (o algún otro neurointermediario), lo que inhibe o disminuye de manera significativa la secreción de dicha hormona estimulante de los melanocitos.

EJEMPLO 10.- Los melanocitos tienen algunos efectos conocidos y otros desconocidos e incluso insospechados. Citaremos, por ejemplo, el efecto que tiene la actividad melanocítica sobre la morfología de la córnea, pues cuando inhibimos a los melanocitos por medios químicos (con compuestos farmacéuticos, por ejemplo), la córnea tiende a vascularizarse de manera significativa, pero cuando los eliminamos completamente, aparece una ectasia no inflamatoria semejante al queratocono, efecto que se puede prevenir completamente mediante la instilación tópica de 10 microlitros de una solución de melanina al 10%.

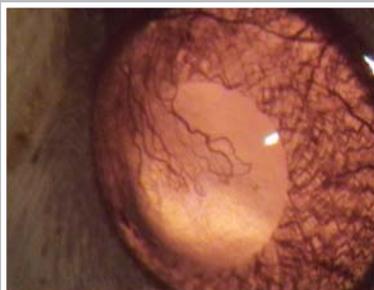


Ectasia no inflamatoria producida mediante la inhibición local de la fotosíntesis corneal en ratas Wistar. Se utilizó una sola gota de un compuesto que identificamos como un fuerte inhibidor de la fotosíntesis, y la ectasia no inflamatoria subsecuente tenía este aspecto a las dos semanas. Pudiera corresponder al primer modelo experimental de queratocono.

EJEMPLO 11.- La manipulación farmacológica (o de otro tipo) de los melanocitos y, por ende, de la cantidad de melanina o la aplicación de la melanina misma en solución por ejemplo, puede tener un efecto benéfico significativo en la evolución de enfermedades del segmento anterior que cursan con neovascularización (pterigiones, úlceras crónicas, inflamaciones persistentes, degeneraciones, distrofias etc.), o bien que cursan con ectasias como astigmatismos pronunciados o irregulares, queratocono inclusive.

Considerando los ejemplos 10 y 11, podemos inferir composiciones farma-

céuticas para tratar terapéutica o profilácticamente las ectasias corneales no inflamatorias y/o algunas otras degeneraciones susceptibles de ser mejoradas al modificar la actividad de los melanocitos y/o melaninas.



Cornea de rata Wistar, en que se inhibió la fotosíntesis local mediante la instilación de uno de varios compuestos identificados por nosotros como tal. Una sola gota produjo a los 15 días esta neovascularización corneal. Nótese la pureza del modelo.

EJEMPLO 12.- Existen distrofias corneales que afectan principal o exclusivamente a caucásicos, lo cual hace congruente la hipótesis de una menor actividad de la melanina, pudiéndose considerar como una posible indicación de la melanina utilizada en forma tópica, o bien activadores de los melanocitos.

EJEMPLO 13.- La hormona alfa MH, secretada por la pars intermedia de la hipófisis, es diferente según es el color de la piel, lo que al final puede resultar en una mayor incidencia de tumores

pigmentados (melanomas), por ejemplo en la coroides.

EJEMPLO 14.- La capacidad de combinación de la melanina es prodigiosa si tenemos en cuenta el peso molecular de la misma, que se estima en millones de daltons. Por ello, es un desintoxicante natural, ya que las sustancias, factores de crecimiento, metales, compuestos orgánicos, compuestos inorgánicos u otros, de origen vegetal, animal, etc., que cotidianamente penetran o intentan hacerlo al organismo, son captados, ligados e inactivados por la melanina, y ésta es posteriormente descamada por la piel y los cabellos, lo que conlleva a que dichos factores xenobióticos o compuestos potencialmente nocivos sean devueltos al exterior, de ahí que la activación por medio de composiciones farmacéuticas de los melanocitos es una forma terapéutica para tratar intoxicaciones crónicas, por ejemplo de hierro, problema para el cual la descamación de la melanina parece ser el único método de que dispone el organismo para eliminarlo o combatirlo.

EJEMPLO 15.- Las propiedades antiangiogénicas de las melaninas, explicadas parcialmente en el ejemplo 8, nos pueden dar la pauta para el tratamiento de la hipertensión arterial sistémica, pues los efectos antiangiogénicos de las melaninas son permanentes y tienden a acentuarse con la edad hasta los 50 años, y después las melaninas tienden a

desaparecer, por lo que para tratar o prevenir la hipertensión arterial sistémica primaria, cuya etiología puede deberse o estar influida en forma significativa por la desaparición acelerada de los capilares del cuerpo (Duane 2004), un posible tratamiento es la inhibición por medio de composiciones farmacéuticas de la actividad de los melanocitos, lo que disminuiría la actividad de uno de los factores principales en la desaparición paulatina de los capilares del organismo. Por lo tanto, existen composiciones farmacéuticas para la prevención o tratamiento de enfermedades que cursan con una desaparición acelerada de los vasos sanguíneos, como son la hipertensión arterial sistémica idiopática, la insuficiencia vascular periférica y otras parecidas.

EJEMPLO 16.- De acuerdo al ejemplo 15, la dupla melanina/melanocito tiende a antagonizar a las células endoteliales vasculares, por lo que en el caso de la neuropatía óptica glaucomatosa, el inhibir o antagonizar a los melanocitos favorece la permanencia de los canales vasculares, esto es, la irrigación de la cabeza del nervio óptico puede permanecer en mejor estado tanto anatómico como funcional. Otros vasos importantes que también tienden a desaparecer con la edad o por enfermedades (diabetes mellitus, aterosclerosis, hipertensión arterial sistémica y otras) son las venas vorticosas, lo cual cursa con

un aumento importante de la presión intraocular. En estos casos, el inhibir a los melanocitos también es benéfico en virtud de que disminuimos su actividad antiangiogénica. Por último, también en relación con la neuropatía óptica glaucomatosa, tenemos las venas acuosas, de localización episcleral o los canales colectores o el canal de Schlemm, todos ellos conformados por células endoteliales vasculares, que por razón natural tienden a desaparecer con el tiempo y que es acelerado por la actividad antiangiogénica de los melanocitos y la desaparición de estas estructuras por las que drena el 80% del humor acuoso en el humano, cursa o conlleva a un aumento de la presión intraocular, y que puede ser tratado o prevenido inhibiendo al melanocito por medio de composiciones farmacéuticas. No es casualidad que la primera droga disponible para el tratamiento del glaucoma, la pilocarpina, utilizada para tal fin desde 1860, sea un inhibidor del melanocito.

EJEMPLO 17.- Cuando medimos los cambios eléctricos de la melanina in vitro por medio de un osciloscopio, las variaciones en voltaje fueron hasta 4 V, lo que extrapolado a unidades de pH significan aproximadamente 12. (Cada unidad equivale a 58 mV in vivo aproximadamente. Kart 2002). Lo consideramos significativo en virtud de que las melaninas poseen propiedad amortiguadora per se, por lo que el cambio

debe ser mayor, pero es enmascarado por la propiedad buffer intrínseca de la melanina, por lo que sólo detectamos una parte de dicha modificación del pH, cuya magnitud va de acuerdo con un sistema biológico, pues si fuera mayor probablemente destruiría o lesionaría en forma importante a la célula, pero un cambio de esa magnitud es suficiente para inducir los cambios biológicos en los que interviene este extraordinario compuesto.

EJEMPLO 18.- Con el fin de dimensionar la importancia biológica de un decremento del pH sanguíneo de 0.2 a 0.12 unidades de pH, citaremos que dicho decremento aumenta en más de un 10% la concentración de calcio en el caso de la sangre. Además, el pH de la sangre total va de 7.38 a 7.44; de la sangre arterial va de 7.36 a 7.41 y el de la sangre venosa oscila entre 7.37 a 7.45, ubicando que las variaciones son dentro de un margen muy estrecho por lo que la diferencia de 2 décimas de unidad de pH realmente es significativa en un sistema biológico.

EJEMPLO 19.- Las imágenes de la producción de energía eléctrica por medio de la melanina en un osciloscopio nos permite visualizar que las moléculas de melanina trabajan de manera aleatoria, por lo que también existe potenciación y cancelación de las emisiones de electrones y de hidrógeno y oxígeno.

EJEMPLO 20.- El melanocito es la célula con mayor afinidad por el calcio en el

organismo, pues es mil veces más afin al calcio que al hueso, ya que aunque este último posee mayor cantidad, dicha célula sólo lo deposita en forma mineral. Por lo tanto, la estimulación de los melanocitos por métodos físicos o químicos (por ejemplo, composiciones farmacéuticas) modificará de manera probablemente positiva la biodisponibilidad del calcio.

EJEMPLO 21.- La sangre que entra al ojo sigue dos trayectos. Uno es a través de la retina y otro es a través de la coroides o uvea. Los vasos retinianos no tienen pigmento ni se han descrito células pigmentadas cerca de ellos ni que los envuelvan, y la saturación de oxígeno en el lado arterial es del 91% y en el lado venoso es del 60% con una saturación de CO₂ del 40%. Los vasos coroides que están envueltos por una importante cantidad de melanocitos presentan cifras diferentes, pues la saturación de oxígeno es del 97% en el lado arterial y del 94% en el lado venoso, con una saturación de CO₂ del 40%. Las propiedades fotolíticas de las melaninas pueden explicar esta intrigante diferencia, por lo que es muy factible que la estimulación de los melanocitos coroides mejore la biodisponibilidad de oxígeno del tejido circundante que, recordemos, la distancia que puede recorrer eficazmente un átomo de oxígeno desde el punto de vista de utilidad para efectos metabólicos está limitada a 100 micras.

EJEMPLO 22.- Otro suceso o evento biológico que apoya nuestra patente es el caso de que, al iluminar las células del epitelio pigmentario de la retina, normalmente se produce una disminución de los valores del pH intra-celular, cambio que en la literatura consultada hasta la fecha y de publicación reciente no se explica. Sólo se habla de una sustancia no identificada hasta el momento que pudiese ser la responsable, pero si tomamos en cuenta la propiedad fotoelectrolizante de la melanina, entonces se explica, ya que la melanina actúa como catalizador. Por lo tanto, no se modifica durante el proceso y el sustrato que utiliza, que es el agua, está suficientemente disponible en el medio que le rodea (en el ojo), porque como es una reacción que se energiza por medio de la luz, entonces no gasta ATP, lo que es muy coherente con el resto de los fenómenos descritos en la fototransducción.

Resumiendo, en presencia de luz o radiaciones electromagnéticas, la melanina parte la molécula de agua y nos genera átomos de hidrógeno y oxígeno o viceversa, lo que entonces explica los dos eventos citados anteriormente, es decir, la misteriosa saturación del 94% de oxígeno de la sangre coroides venosa (la coroides está muy pigmentada normalmente) y la disminución del pH citoplásmico de las células del epitelio pigmentado de la retina al ser iluminadas. Por algo la naturaleza puso

tanto pigmento en el ojo, 40% más que en la piel. En consecuencia, se pueden idear composiciones farmacéuticas para mejorar los eventos o fenómenos de la fototransducción o de enfermedades que cursen con afección de la misma, como la retinosis pigmentada, las retinopatías tóxicas por xenobióticos, etc.

EJEMPLO 23.- Otro ejemplo que apoya nuestra patente es el pico generado por luz observable en el electroretinograma o registro de la actividad eléctrica de la retina, epitelio pigmentado y coroides, ya que al iluminar la melanina y generarse átomos de hidrógeno, el pH intracelular baja lo que activa los canales de cloro sensibles al pH en la membrana celular basolateral. (El pico de luz es un incremento en el potencial que sigue a la fase FOT (fast oscillation through) y forma el más lento y prolongado componente del electroretinograma de corriente directa, evento cuyo sustrato molecular no se había dilucidado hasta ahora, pero las propiedades electrolizantes de la melanina lo explican bastante bien.

EJEMPLO 24.- Otro hecho que puede ser explicado por la propiedad energizante de las melaninas, partiendo de la radiación electromagnética, es lo que se refiere a la curva de la presión intraocular, ya que el pigmento y la fotólisis intervienen de manera significativa en la dinámica del humor acuoso, pues durante la noche –en la oscuridad– disminuye en un 45% la producción de humor acuoso

y aumenta la presión intraocular en la madrugada, esto en forma normal, y si aceptamos que la fotólisis energiza tanto la producción como la salida de humor acuoso, todo se explica de manera bastante coherente, pues de otra forma, sin tomar en cuenta dicha propiedad de las melaninas, entonces los hechos son contradictorios, confusos y siguen como hasta ahora, sin pies ni cabeza.

EJEMPLO 25.- Otra observación que apoya nuestros postulados es el hecho de que los estimulantes de los melanocitos (por ejemplo, los betabloqueadores) no actúan en la noche. Es decir, aunque activemos al melanocito, si no hay energía luminosa, no se lleva a cabo la segunda parte del evento que es una mayor fotólisis. Por lo tanto, se requiere una mayor actividad del melanocito, pero también la presencia de luz o radiaciones electromagnéticas, pues de otra forma no hay un efecto significativo sobre la presión intraocular.

EJEMPLO 26.- Otros medicamentos que son eficaces en el manejo de los niveles de la presión intraocular actúan inhibiendo al melanocito, como es el caso de la pilocarpina, el primer medicamento útil a este respecto, utilizado por primera vez en la segunda mitad del siglo XIX y que se continúa utilizando hasta la fecha.

EJEMPLO 27.- Otros medicamentos útiles y que inhiben al melanocito y por tanto mejoran la circulación en los pacientes afectados por neuropatía óptica glau-

comatosa son los antagonistas de las endotelinas (de recién descripción como tratamiento útil en los desórdenes de la dinámica del humor acuoso y/o neuropatía óptica glaucomatosa) pero que no están todavía disponibles en el mercado.

Por lo tanto, ya existen composiciones farmacéuticas para la prevención o tratamiento de la neuropatía óptica glaucomatosa basada en compuestos inhibidores o antagonistas de la endotelina E.

EJEMPLO 28.- Las mujeres producen inhibidores de la endotelina 1 de forma natural durante los primeros 14 días del ciclo menstrual y está reportado en la literatura que las mujeres cuya menarca es a edad temprana tienen menos neuropatía óptica glaucomatosa –o es menos severa al avanzar en la edad– en caso de que la presenten.

EJEMPLO 29.- También los donadores de óxido nítrico están descritos como útiles en el manejo de la neuropatía óptica glaucomatosa, pues está reportado en la literatura que las personas que utilizan de manera sostenida donadores de óxido nítrico, pierden menos o no pierden campos visuales en los casos de neuropatía óptica glaucomatosa y el óxido nítrico inhibe al melanocito. Estos medicamentos no están disponibles actualmente en el mercado para aplicación oftalmológica tópica, por lo que requieren ser preparados.

En este punto se pueden inferir composiciones farmacéuticas para tratar en forma profiláctica o terapéutica la neuropatía óptica glaucomatosa.

EJEMPLO 30.- Otra forma de tratar la neuropatía óptica glaucomatosa es inhibiendo al melanocito o bien activándolo, como sucede con las prostaglandinas, sus análogos o sus derivados, pues disminuyen la presión intraocular, acción que puede explicarse por el hecho de que, al aumentar la biodisponibilidad de las melaninas, existe mayor sustrato para energizar las reacciones que intervienen en la dinámica del humor acuoso. Sin embargo, aquí existe un inconveniente. Los estimulantes del pigmento hacen que la retina entre en un estado de resistencia a la isquemia, lo cual es favorecedor en algunas enfermedades y sobre todo durante ciertas etapas –por ejemplo, la retinopatía diabética y la degeneración macular relacionada con la edad–, pero en el caso de la neuropatía óptica glaucomatosa, los niveles de presión intraocular tienden a disminuir debido a que la retina utiliza menos oxígeno y a la mayor disponibilidad de melanina las células endoteliales tienden a la apoptosis, por lo que a largo plazo el paciente tiene menores niveles de presión intraocular, pero pierde campos visuales en mayor o menor grado. Así, este tipo de sustancias requieren ser combinadas con antagonistas del melanocito con el fin de equilibrar las

reacciones que suceden. (Por ejemplo combinando con un inhibidor de endotelina 1).

EJEMPLO 31.- Los inhibidores de la fosfodiesterasa, es decir los activadores del AMP cíclico, son sustancias que pueden activar al melanocito y por ende incrementan la síntesis de melanina por lo que inducen a la retina a entrar en un estado resistente a la hipoxia, efecto que a largo plazo provoca la desaparición paulatina de los capilares que nutren la cabeza del nervio óptico, por lo que en el caso de la neuropatía óptica glaucomatosa este tipo de estimulantes del melanocito requieren ser utilizados con mucho cuidado o bien combinarse con antagonistas de la endotelina I.

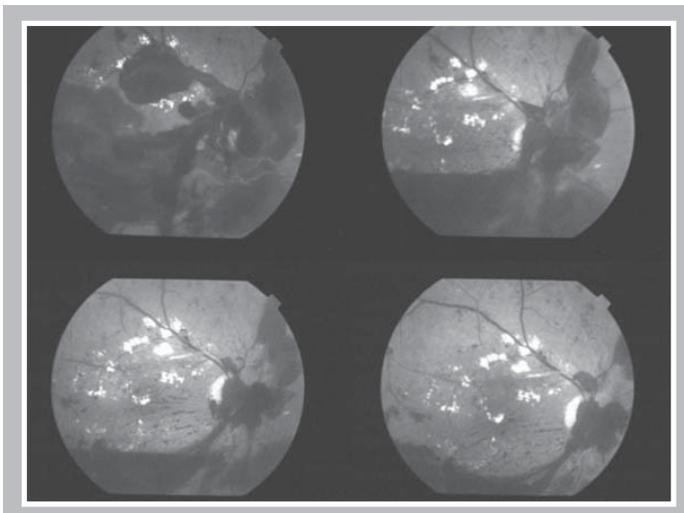
EJEMPLO 32.- Los estimulantes del melanocito, en el caso de la retinopatía diabética y de la degeneración macular relacionada con la edad, son una ventaja, pues al inducir un estado de la retina resistente a la hipoxia –merced a que a mayor disponibilidad de la melanina, mayor disponibilidad de oxígeno y por ende menor hipoxia, que es el principal estímulo para la neovascularización– disminuye la tendencia a la angiogénesis.

EJEMPLO 33.- Un caso importante, acerca de la actividad antiangiogénica de la melanina y/o melanocito, es la aplicación de radiaciones electromagnéticas coherentes (láser) en la retina para disminuir la rubeosis en la retinopatía

diabética en etapas proliferativas y en la degeneración macular relacionada con la edad que cursan con proliferación, amén de otras enfermedades en las que el desarrollo de nuevos vasos es una complicación seria, tales como la anemia de células falciformes, la retinopatía del prematuro, las neuropatías hipóxicas, traumas, insuficiencia carotídea, leucemias, etc. En dichas enfermedades la hipoxia es el eje central de la neovascularización y, en realidad, el efecto benéfico del láser en el ojo se reduce a estimular o activar a los melanocitos y, por ende, aumentar la cantidad de melanina disponible lo que conlleva a un incremento de la biodisponibilidad de oxígeno y energía (hidrógeno) de los tejidos tanto de la retina como cercanos a ellos. Analizado de esa manera, el resto de los efectos de la fotocoagulación en realidad son efectos secundarios indeseables, pues la formación de cicatrices coriorretinianas es inadecuada debido a que los movimientos del ojo no son seguidos por un desplazamiento uniforme de todas las capas del ojo (esclera, coroides, retina, vitreo, cristalino, córnea, conjuntiva), sino que debido a sus diferencias histológicas cada capa presenta una inercia significativamente distinta, lo que produce o parece explicar que las cicatrices coriorretinianas sean zonas de inflamación crónica, pues los bordes de dicha cicatriz representan zonas pequeñas permanentes de i-

rritación o inflamación crónica debido al impacto constante por inercia/tracción de los tejidos ocasionado por el incesante movimiento del globo ocular y del organismo mismo, algo parecido a enterrar un alfiler en la retina, lo que da como resultado del movimiento ocular que las distintas inercias de los tejidos circundantes van a producir un trauma crónico al tejido circundante. Esto explica por qué con el tiempo crecen las cicatrices de láser (y de otra etiología, pero cicatrices al fin), pues aumentan

su extensión y su pigmentación. Un ejemplo natural de este deterioro tisular por el movimiento constante del ojo lo tenemos en el borde del nervio óptico, que es una zona donde frecuentemente encontramos aumento de la melanina, lo que refleja la activación de los melanocitos por la inflamación crónica o bien la activación del sistema de citocromo P450, en cuyo caso el tejido se aprecia verdoso con luz blanca y de color negro al iluminarlo con 450 nanómetros y con poca o nula melanina, pues ambos



Las imágenes muestran la extraordinaria evolución de la retinopatía diabética cuando se emplean estimulantes de la fotosíntesis. La imagen superior izquierda fue tomada al momento de la evaluación inicial de este paciente masculino de 35 años de edad, con diabetes mellitus tipo 1, de 12 años de evolución. Ese día el paciente llegó al consultorio guiado por su anciana madre, pues el otro ojo lo había perdido 6 meses antes. La imagen superior derecha se tomó una semana después de iniciado el tratamiento (estimulación farmacológica de la fotosíntesis humana). El efecto es indiscutible. Baste decir que el paciente se presentó solo al consultorio, pues su visión había mejorado lo suficiente para permitir la deambulación del mismo. La imagen inferior izquierda se tomó dos semanas después de iniciado el tratamiento y, por último, la imagen inferior derecha a las cuatro semanas.

sistemas parecen antagonizarse puesto que predomina uno u otro, pero ambos a la larga producen desaparición de los capilares sanguíneos cercanos, sean o no de neoformación o bien presentes al nacimiento.

Por lo tanto distintas composiciones farmacéuticas como las descritas anteriormente, para tratar en forma terapéutica o profiláctica enfermedades en las que el incrementar la actividad del melanocito/melaninas, son aconsejables, como en las retinopatías hipóxicas.

EJEMPLO 34.- Otro efecto indeseable de la aplicación de láser en la retina es la destrucción de fotorreceptores, acción inaceptable puesto que disminuye la calidad de la visión en forma irreversible, y aunque inicialmente se aceptó como un hecho importante, ahora se piensa que no interviene en forma significativa en el efecto antiangiogénico del láser, conclusión a la que se llegó después de 33 años, un ejemplo más de lo que se denomina errores colectivos en medicina.

EJEMPLO 35.- Otro caso del efecto láser en el ojo, y que en la literatura se reporta como "benéfico", consiste en que adelgaza los tejidos y eso permite un mayor acceso del oxígeno proveniente de la coroides a la retina. Considero esta percepción equivocada porque los estudios de circulación coroidea con verde de indocianina muestran que los vasos coroides que están debajo de

las cicatrices coriorretinianas, se cierran de manera significativa por completo en muchas ocasiones, por lo que son incongruentes las descripciones de que las mediciones intraoperatorias de la tensión parcial de oxígeno sobre las cicatrices coriorretinianas pigmentadas en las que se demuestra una mayor biodisponibilidad de oxígeno en el vitreo cercano a la retina, pues se dice que es el tejido más delgado. Esto no es así, pues las capas de melanocitos a veces se triplican, amén de que la limitante de la difusión efectiva del oxígeno en el tejido es de 100 micras. Después de esa distancia, la cantidad de oxígeno cambia de manera que no es adecuada para suplir las necesidades tisulares metabólicas de una manera sostenida. Por lo tanto, el explicar la mayor cantidad de oxígeno que se detecta al iluminar las cicatrices coriorretinianas va de acuerdo con la estimulación de las propiedades fotolíticas por la luz de la melanina contenida en la misma cicatriz, más que pensar que proviene de una coroides cuyos vasos están significativamente cerrados, pues en zonas de aplicación de láser intensa se cierran por completo los vasos y se activan los melanocitos notoriamente, llegando a formar capas de 2 a 3 células de espesor.

EJEMPLO 36.- Volviendo a las mediciones intraoperatorias de la tensión parcial de oxígeno, en que se demuestra que sobre las cicatrices pigmentadas

coriorretinianas (pudiéramos decir hiperpigmentadas, puesto que el láser o las radiaciones electromagnéticas activan a los melanocitos), la presión parcial de oxígeno es más alta que en las zonas retinianas pigmentadas en forma natural o normal, y si analizamos la forma en que se hacen podemos demostrar que esta mayor disponibilidad de oxígeno se debe a las propiedades fotolíticas de la melanina sobre el agua, que está disponible en forma suficiente en el medio ocular. Las mediciones se hacen después de la vitrectomía y se utiliza una fuente de luz a través de fibras ópticas que ilumina de manera intensa la zona cicatrizal. Esto se requiere para que el observador o cirujano, a través del microscopio quirúrgico, pueda colocar adecuadamente y sin dañar los tejidos cercanos la sonda o electrodo sensible al oxígeno y probar que mide la presión parcial del oxígeno. Entonces si hay más cantidad de melanina, si los vasos coroideos subyacentes a la cicatriz están cerrados, si el tejido es más grueso por las varias capas de melanocitos (más de 100 micras, el grueso usual de un cabello) y hay mayor cantidad de melanina, amén de una intensa luz, entonces se reúnen los factores necesarios para que suceda la fotólisis, (melanina, luz y agua) y esto último explica la mayor concentración de oxígeno en esa zona, pues, al iluminar, la fotólisis va a suceder habiendo suficiente cantidad de

melanina y de agua. Esta descripción no tiene partes difíciles de explicar, como sucede con la amplia y equivocada hipótesis de la mayor difusión de oxígeno proveniente de la coroides, que en estos casos tiene menos vasos de lo normal (la coroides) y más pigmento del normal. Una observación: no se ha reportado la medición de oxígeno en cicatrices coriorretinianas en la obscuridad, porque es muy difícil hacerlo, quizá imposible, pero una vez que se llegue a reportar se podrá constatar que cuando no hay luz, la cantidad de oxígeno susceptible de ser medido desciende de manera significativa, posiblemente a concentraciones menores comparadas con zonas donde la vasculatura coroidea es normal, lo cual no tendría que ocurrir si el oxígeno de las cicatrices coriorretinianas pigmentadas proveniese verdaderamente de la circulación coroidea, pues de ser así la presencia o ausencia de luz no debería tener ningún efecto sobre la concentración parcial de oxígeno. Considerando los ejemplos 35 y 36, reclamo las composiciones farmacéuticas con la finalidad de imitar los efectos benéficos del láser, es decir, equivaldría a una fotocoagulación química, evitando los efectos secundarios o indeseables de la fotocoagulación, de acuerdo a los mecanismos de acción de las melaninas.

EJEMPLO 37.- Cualquier sustancia que estimule a los melanocitos y/o la síntesis

de melanina aumentará la disponibilidad de oxígeno y por ende de hidrógeno, que significa energía para la célula, por lo que sustancias que estimulan a los melanocitos o a la fotosíntesis humana, de manera directa o indirecta, inducen a la retina y a otros tejidos a entrar en un estado metabólico de resistencia a la hipoxia, estado potencialmente útil en enfermedades de la retina y/o nervio óptico que cursen con isquemia/hipoxia crónica. Considerando el ejemplo 9 y 37 pueden diseñarse composiciones farmacéuticas que se utilicen en forma terapéutica o profiláctica para inducir a la retina o algún otro tejido a entrar en un estado metabólico resistente a la hipoxia.

EJEMPLO 38.- El hecho de que los melanocitos intervengan de manera significativa en la oxigenación de los tejidos puede apoyarse en el dato bibliográfico de la menor concentración de hemoglobina en sangre a mayor pigmentación de la piel. Se reporta que existe una diferencia de hasta 20 gramos por litro de hemoglobina de diferencia entre negros y blancos. Este dato también es apoyado por el hecho de que los pulmones son más grandes mientras más clara es la piel (¿mejores nadadores al flotar más fácil merced a una mayor cantidad de aire?), y son más chicos mientras más oscura es la piel. La sangre (líquido no newtoniano) es más espesa o viscosa en el blanco debido a la mayor cantidad de

eritrocitos, ello le da ciertas ventajas, por ejemplo en el frío, pues resisten mejor el frío merced a que al haber mayor cantidad de unidades (eritrocitos por ejemplo) productoras de calor, requieren menos abrigo y se adaptan mejor a las regiones frías del planeta. Esta mayor cantidad de hemoglobina concuerda con la hipoxia relativa del blanco en relación al negro. Inclusive el blanco tiene diferencias anatómicas, entre otras, con la caja torácica del negro, de manera que los pulmones más grandes del blanco tengan espacio adecuado.

EJEMPLO 39.- Las sustancias que merman, depauperan o envenenan a la melanina, disminuyen sus grandiosas propiedades y esto se puede demostrar por el hecho de que a mayor cantidad de hierro en el organismo más infartos cardíacos, más parkinson, más convulsiones por hipertermia, más diabetes gestacional, más preeclampsia y más degeneración macular relacionada con la edad. Los dos primeros datos de hipoxia en cualquier parte del organismo son edema y hemorragia (Robbins 2002) y el ojo no es la excepción. Esto va de la mano por la controversia que existe acerca de la indicación compulsiva en algunas partes del mundo de recetar hierro a mujeres embarazadas y a niños, hecho que es refutado inclusive por expertos de la Organización Mundial de la Salud. Recordemos que una vez que el hierro penetra al organismo, éste tiene

serias dificultades para deshacerse de exceso de dicho elemento, pues sólo lo consigue en forma muy lenta y a través de la descamación de la piel (el hierro se une a la melanina y ésta se desprende junto con los queratinocitos de la piel), así como en el pelo, pues los melanocitos recogen el hierro (y otros metales y sustancias) de la sangre, lo incorporan a la melanina del pelo o de la piel, lo que lo lleva al exterior del organismo, pero en forma lenta. Este es otro ejemplo de los llamados errores médicos colectivos, pues si estamos conscientes del efecto deletéreo del hierro sobre la melanina, entonces se comprende la necesidad de proteger al pigmento evitando la ingestión de hierro. De otra forma, los médicos parecen no estar conscientes de los peligros que entrañan las dosis exageradas de hierro que contienen los compuestos disponibles en la farmacia, los cuales son habitualmente de 60 mg, pero nuestras necesidades diarias son de sólo un mg. Por tanto, las defensas del organismo en contra del exceso de hierro son fácilmente vulneradas cuando escondemos al hierro en medio de alguna molécula, de manera que se absorbe casi totalmente (59 veces más de la dosis diaria requerida).

EJEMPLO 40.- Hay muchos fenómenos tanto fisiológicos como patológicos que se pueden explicar coherentemente a partir de tomar en cuenta las propiedades bioenergizantes y biooxigenantes

de la melanina a partir de la fotólisis. Otro ejemplo: la propiedad fotolítica de la melanina explica el por qué los perros pierden el olfato de noche pues el pigmento, que usualmente satura la zona de la nariz y por tanto el entorno de los receptores específicos, pierde sus propiedades, al no recibir el aporte energético que corresponde a la luz o radiaciones electromagnéticas y no puede llevar a cabo su función apropiadamente.

EJEMPLO 41.- Otra referencia que apoya nuestra tesis in vivo es el hecho de que las especies tanto de animales, peces o insectos que viven en la obscuridad no tienen pigmento y aún ni siquiera ojos, quizá solo esbozos. Esto pudiera explicarse por el hecho de que el solo aporte sanguíneo no es suficiente para sustentar un órgano tan extraordinario como el ojo, pues para llevar a cabo la transducción de energía luminosa en energía bioeléctrica, se requieren tanto el aporte sanguíneo intenso (el ojo recibe 10 veces más sangre por minuto que el cerebro, 6 veces más que las coronarias y 3 veces más que la corteza renal), así como el aporte energizante (hidrógeno) y oxigenante de la melanina a través de la fotólisis, y tan es así que los insectos, peces, roedores que viven en la eterna obscuridad (cuevas, por ejemplo) pierden todo vestigio de este prodigioso órgano: el ojo.

EJEMPLO 42.- No es casualidad que los or-

ganismos, todos ellos ávidos de energía, tengan melanina en abundancia y siempre dirigida hacia la luz, esto en peces, en mamíferos, en huevos de ranas, que aunque les demos vuelta, la melanina siempre se dirige hacia arriba.

EJEMPLO 43.- Cuando no hay agua suficiente, la melanina cumple otras funciones tales como quelar o ligar múltiples moléculas, orgánicas o inorgánicas, evitando que entren al organismo pues al combinarse con ellas, de una u otra manera, las inactiva y merced a la descamación de la piel y crecimiento del cabello, las regresa al exterior. Prueba de ello es que en las partes de los distintos animales que se encuentran en contacto frecuente con el exterior, por ejemplo, la boca de los mamíferos, el pico de las aves, las encías, la nariz, las patas, el pelo, es decir, todas aquellas partes del organismo que se encuentran expuestas a recibir cantidades importantes de compuestos extraños, ya sea de origen animal, vegetal, mineral, etc., y debido a su naturaleza o función y a una mayor cantidad de agentes externos, la regla es que se observa una cantidad mayor de melanina que en el resto del cuerpo, debido muy probablemente a la finalidad de captar sustancias proveniente de la masticación, la olfacción, la deambulación, el roce con los vegetales o animales que lo rodean o de los que se alimentan, disminuyendo de manera significativa sus diferentes acciones

sobre el organismo en cuestión. De otra manera, nos veríamos invadidos por una extraordinaria cantidad de compuestos que alterarían o quizá harían imposible el desarrollo y/o función usual de los tejidos y/o organismos.

EJEMPLO 44.- Entre las aplicaciones que pueden preverse de las propiedades fotolíticas de las melaninas, tenemos su manipulación farmacológica para el tratamiento de por lo menos las tres enfermedades epidemiológicamente más importantes de los ojos, y que es el glaucoma, ya que la melanina y la luz tienen mucho que ver en la dinámica del humor acuoso, en la conservación y/o desaparición de los vasos sanguíneos del nervio óptico, en la degeneración macular relacionada con la edad y en la retinopatía diabética, enfermedades en las que, aunada a la propiedad antiangiogénica de las melaninas, la estimulación de las mismas induce a la retina a entrar en un estado metabólico que la hace significativamente resistente a la hipoxia.

EJEMPLO 45.- Es muy probable que conforme se vaya conociendo esta propiedad fotolítica de las melaninas, se reporten nuevas vías metabólicas que son influenciadas por ello, así como nuevas enfermedades, nuevos conceptos fisiológicos y nuevas formas de tratamiento para varias enfermedades.

EJEMPLO 46.- Uno de los efectos oxigenantes de las melaninas lo podemos

observar al analizar a la dinámica del humor acuoso (en el ojo) en organismos tales como algunos cánidos, en los cuales la pigmentación de la conjuntiva es muy intensa, a diferencia del humano, y debido a las propiedades antiangiogénicas de las melaninas, la salida del acuoso por las venas acuosas o episclerales es menor a la del humano, que es cerca del 80%, debido a la menor disponibilidad de estas vías o canales endoteliales, cobrando mayor importancia la denominada vía posterior que en el humano es algo así como el 10% del total, pero en los organismos muy pigmentados de la conjuntiva se acerca al 60%. Los efectos antiangiogénicos de las melaninas se basan en por lo menos cinco eventos que son: 1.- merced a la fotólisis, las melaninas aumentan la disponibilidad de oxígeno en el medio que les rodea y la sola hiperoxia de por sí es antiangiogénica; 2.- Las melaninas forman enlaces covalentes con los tioles (Langstrom 1982), por lo que ligan fuertemente cualquier compuesto orgánico que contenga cisteína, por ejemplo VEGF, FGF, ILGF, y otros que sabemos inducen o favorecen la angiogénesis; 3.- Las melaninas ligan las interleucinas, por lo que reducen estos importantes mediadores inflamatorios; 4.- Las melaninas son antiinflamatorias debido a sus propiedades estabilizantes sobre los tejidos, lo que resulta en una menor producción de prostaglandinas, y

la inflamación es un requisito indispensable para la neovascularización; y 5.- El melanocito produce PEDF (Dawson 1999), el cual es el factor con mayor actividad antiangiogénica conocida hasta la fecha.

Por lo tanto, mediante métodos hipotético-deductivos se pueden integrar algoritmos para fines antiangiogénicos, ya sea en el ojo o en cualquier parte del cuerpo.

EJEMPLO 47.- La vida es posible sin melanina, pero con ésta los organismos son más aptos para sobrevivir. El ejemplo son los albinos y, refiriéndonos a los ojos, no desarrollan una mácula normal, por lo que su visión es una décima parte de lo normal. La vía visual que normalmente se cruza en un 40%, en el albino se cruza en un 90%. La morfología de la córnea se altera, pues con mayor frecuencia desarrollan una ectasia no inflamatoria de la córnea (queratocono). En su caso, pueden prepararse composiciones farmacéuticas para fines terapéuticos o profilácticos en las deficiencias del pigmento localizadas o generalizadas como en albinos, con el fin de estimular su pigmentación.

EJEMPLO 48.- En el oído interno tenemos la estría vascularis que es una zona pigmentada. Es conocido que se altera con las enfermedades del pigmento, alterando la audición, por lo que otro problema de la falta de pigmento es que la capacidad de audición se ve compro-

metida, llegando al extremo de que los albinos frecuentemente son sordos.

En este caso, existen algunas composiciones farmacéuticas que pueden utilizarse para mejorar problemas auditivos susceptibles de mejorarse con una mayor pigmentación o actividad del melanocito.

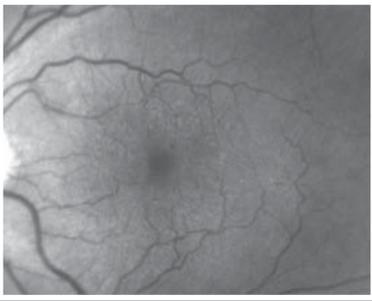
EJEMPLO 49.- Existen compuestos orgánicos (catabolitos) cuya degradación y posterior excreción del cuerpo pueden facilitarse al incrementar la biodisponibilidad de hidrógeno (energía) y oxígeno, por lo que al estimular los melanocitos por medios físicos o químicos (con composiciones farmacéuticas, por ejemplo) podemos mejorar algunas alteraciones y/o enfermedades que cursan con un almacenamiento anormal de algunos compuestos en distintos órganos del cuerpo.

Por lo tanto, sostengo que pueden describirse composiciones farmacéuticas con el fin de mejorar la eliminación de catabolitos mediante una mayor biodisponibilidad de energía y/o oxigenación.

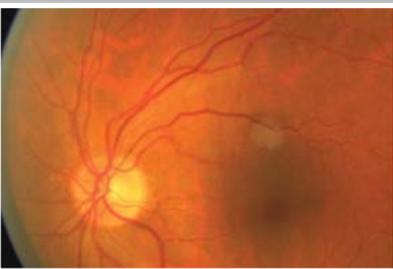
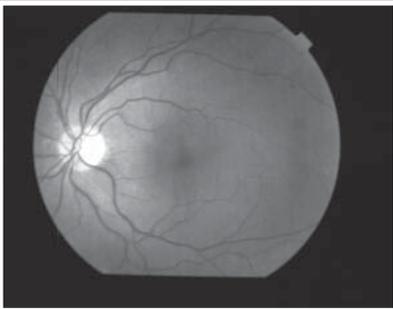
EJEMPLO 50.- Todos los fibroblastos del organismo, en presencia de hipoxia, reaccionan secretando colágena (Dr. Humberto Montoya de Lira, 2000). Estimular al melanocito por métodos físicos, químicos o biológicos (con composiciones farmacéuticas que contengan factores de crecimiento, hormonas, etc.) resulta en una mayor cantidad de

melanina, la que, de acuerdo al ejemplo 46, tiene varias vías merced a las cuales aumenta la biodisponibilidad de oxígeno en los tejidos que le rodean. Esto tiene aplicación en enfermedades que cursan con hipoxia crónica y que causan proliferación fibroblástica, aparte de las señaladas en los ejemplos anteriores. Citaremos específicamente la gliosis premacular o mácula en celofán, la cual consiste en el plegamiento de la región macular merced a que el vitreo experimenta un engrosamiento de la hialoides posterior y capas cercanas, como la limitante interna. Este engrosamiento, debido principalmente a una mayor cantidad de colágena, es coherente con una mayor actividad fibroblástica de las células de esa zona que tengan esa capacidad o bien que también debido a la hipoxia se transformen en fibroblastos, como sucede con algunas estirpes celulares, por lo que en este tipo de problemas, el activar los melanocitos o aumentar la cantidad de melanina y por ende lograr un incremento de la fotólisis, puede darnos como resultado disminuir el principal factor de activación de fibroblastos, que es la hipoxia.

Por lo tanto, es cuestión de tiempo que dispongamos de composiciones farmacéuticas, las cuales con una vía de administración adecuada y dosis efectiva, con fines terapéuticos o profilácticos en los casos de gliosis premacular o mácula en celofán.



Mácula en celofán: La fotografía muestra la mácula de una retina hipóxica y la hipoxia crónica activa los fibroblastos del organismo, los cuales responden secretando colágeno. En las hipoxias agudas los signos cardinales son edema y hemorragia. Esta paciente femenina de 58 años fue tratada mediante la estimulación de la fotosíntesis humana y los resultados se muestran en las fotografías siguientes:



EJEMPLO 51.- Existen melanocitos en el epitelio de la córnea, lo cual explica en buena parte las extraordinarias propiedades de la misma, dado que en ninguna parte del cuerpo, ninguna célula se encuentra a una distancia mayor de 30 micras de algún capilar. Sin embargo, en el caso del epitelio de la córnea, la distancia de las células epiteliales corneales a los capilares del limbo esclero corneal es de 5500 micras, lo cual es notoriamente mayor, pero si tomamos en cuenta las propiedades antiangiogénicas del melanocito/melanina, de acuerdo al ejemplo 46, entonces las cosas empiezan a ser congruentes.

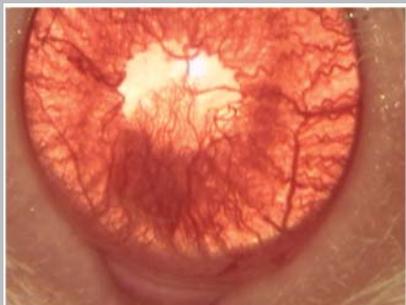
La importancia de los melanocitos en la avascularidad corneal la demostramos mediante un experimento en 40 ratas, en las cuales en el ojo derecho de ellas se destruyeron selectivamente los melanocitos mediante una sola aplicación de hidrobenceno, 10 microlitros de una solución 2 molar, y en 36 de los animales la córnea expuesta (derecha en todos los casos) se desarrolló una angiogénesis significativa al cabo dos semanas.

En la córnea izquierda (control o no expuesta en todos los casos) ningún espécimen tuvo desarrollo de vasos. El

A los 4 meses de tratamiento la gliosis premacular ha desaparecido por completo, la visión mejoró de 20/40 a 20/20. Es un ejemplo claro de la importancia de la fotosíntesis en muchas enfermedades epidemiológicamente importantes.

hidroxibenzeno es un veneno complejo específico para los melanocitos y en la literatura existen múltiples reportes de su selectividad, pues usualmente los tejidos se recuperan completamente excepto los melanocitos, los cuales desaparecen en forma permanente, que es coherente con nuestros resultados, pues la neovascularización que se desarrolló también fue permanente. De acuerdo a lo anterior, la estimulación física, química (composiciones farmacéuticas) o biológica (factores de crecimiento naturales o sintéticos) de los melanocitos corneales, puede ser un tratamiento curativo o preventivo en enfermedades corneales que cursan con angiogénesis.

Preveo que en un futuro cercano tendremos composiciones farmacéuticas, con una vía de administración adecuada y dosis efectiva, con fines terapéuticos o profilácticos en los casos de angiogénesis corneal de etiología diversa, inflamatoria, infecciosa, traumática, postquirúrgica (transplante, pterigión u otras), inclusive idiopática.



EJEMPLO 52.- De acuerdo al ejemplo anterior, en los grupos de animales en que se utilizaron concentraciones más elevadas de hidroxibenzeno (3 molar, 4 molar, 5 molar, 6 molar), no sólo hubo desarrollo de angiogénesis, sino que también se desarrolló una ectasia corneal no inflamatoria, semejante al queratocono, por lo que circunstancialmente encontramos quizás el único modelo experimental de ectasia corneal no inflamatoria (queratocono) descrita hasta la fecha, por lo que es posible que el uso de compuestos que estimulen a los melanocitos y/o melanina pudieran contribuir al manejo de los problemas corneales de ese tipo: astigmatismos elevados, irregulares, queratocono, queratoglobo, temen, etc.

Por lo tanto, no es lejano que podamos aplicar composiciones farmacéuticas, con una vía de administración adecuada y dosis efectiva, con fines terapéuticos o profilácticos en los casos ectasias corneales no inflamatorias como en el de queratocono, queratoglobo, temen, astigmatismos elevados, irregulares, post Lásik, etc. Además, composiciones farmacéuticas con una vía de administración adecuada y dosis efectiva, con fines terapéuticos o profilácticos en los casos de problemas postoperatorios del colgajo corneal post Lásik, inclusive

Ejemplo de neovascularización por inhibición de fotosíntesis en rata Wistar.

ectasias. También composiciones farmacéuticas con una vía de administración adecuada y dosis efectiva, con fines terapéuticos o profilácticos en los casos de inflamación crónica de la conjuntiva, córnea, párpados, segmento anterior, síndrome seco, conjuntivitis vernal, conjuntivitis crónica de diversa etiología, alergia, irritativa, por lentes de contacto, postoperatoria, rinitis alérgica, dermatitis alérgica, etc., es decir, para control de las inflamaciones crónicas.

EJEMPLO 53.- La importancia de los melanocitos en el epitelio de la córnea y en conjuntiva, o bien en el segmento anterior del ojo, pudiera ser una explicación a los reportes de la literatura que versan acerca de que mientras más claro es el iris, suceden más problemas postoperatorios en el caso de las técnicas operatorias en las cuales se levanta un colgajo para posteriormente aplicar láser (Lásik) por lo que no es remoto que la estimulación del melanocito/melanina del epitelio de la córnea, y/o del segmento anterior, puede constituir una opción terapéutica o profiláctica más, en el manejo de los problemas del colgajo corneal post Lásik.

EJEMPLO 54.- De acuerdo al ejemplo 46, la melanina y/o melanocito tiene propiedades antiinflamatorias intrínsecas y debido a que su peso molecular se estima en millones, no se absorbe, lo que constituye una ventaja en el tratamiento curativo o profiláctico de las inflama-

ciones crónicas de cualquier causa de las porciones externas del organismo (piel y anexos, córnea y conjuntiva), ya que debido a la facilidad y posibilidad de aplicación tópica de compuestos con un farmacóforo adecuado (líquido, sólido, gel) puede utilizarse por periodos prolongados sin los inconvenientes de otros antiinflamatorios (esteroides por ejemplo).

Es cercano que los médicos receten composiciones farmacéuticas con una vía de administración adecuada y dosis efectiva, con fines terapéuticos o profilácticos en los casos en que se utilicen sustancias radio miméticas, pues debido a que la melanina liga eficientemente con múltiples tipos de molécula, su aplicación en el postoperatorio inmediato, inclusive segundos después de la aplicación de la sustancia radio mimética en cuestión (mitomicina por ejemplo), la cual es neutralizada en forma mucho más efectiva que la abundante irrigación con suero fisiológico, ya que la sustancia es ligada por la melanina y por tanto inactivada farmacológicamente. Por otro lado, la melanina protege al tejido expuesto por sus propiedades buffer, por ejemplo.

EJEMPLO 55.- Debido a que quela metales, la activación del melanocito y/o melanina puede utilizarse en problemas donde la concentración de algún metal es demasiado elevada, y ya que en el caso del hierro su presencia es necesaria para

que las bacterias se desarrollen, entonces la aplicación tópica de la melanina en piel y ojos con el farmacóforo adecuado (líquido, sólido, gel), en la composición farmacéutica adecuada, aparte de ser antiinflamatorio, es antiangiogénico, y debido a que impide la utilización de hierro por las bacterias es indirectamente anti-infeccioso, por lo que la solución misma no requiere conservador, lo cual es una ventaja significativa en tratamien-

tos prolongados.

Por lo tanto, las composiciones farmacéuticas con una vía de administración adecuada y dosis efectiva, con fines terapéuticos o profilácticos en los casos de complicaciones usuales del ojo (inflamación, hiperemia, secreción, diferentes grados de alergia) resultado del uso de lentes de contacto duros, blandos, tóricos, terapéuticos, permeables al gas, etc.



En esta figura apreciamos una lámpara de estado sólido energizada con melanina. La que de acuerdo al marco teórico, prende día y noche. De hecho, la primera lámpara que se pudo prender fue el día 3 de marzo del 2007 y hasta la fecha de la publicación de este libro, continúa prendida.

La melanina y la generación de electricidad

La energía que obtenemos de la melanina hasta este momento no es demasiada. Si los voltajes y/o corrientes fueran muy intensos, ello implicaría también

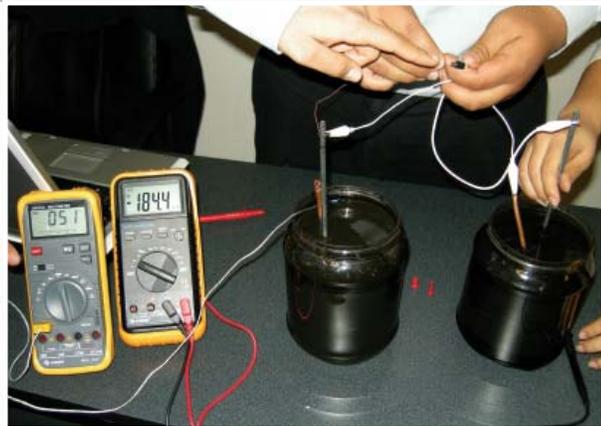


En esta figura, observamos uno de tantos relojes de pared de nuestro laboratorio que funcionan con melanina. Supongamos que la melanina no diera para más, lo cual dudo mucho, pero ya con esto podemos disminuir la dura realidad de que tan sólo en nuestro país se tiran anualmente, y para colmo sin los controles adecuados, unas treinta y un mil toneladas de pilas cuyo contenido de metales pesados implican la contaminación de los mantos acuíferos.

la destrucción de las primeras moléculas, por lo que no hubiese sido posible la eclosión de la vida. Entonces, por ahora tenemos poca energía, pero con una duración muy larga. Esta aparente limitación pudiera compararse a las primeras computadoras que eran muy

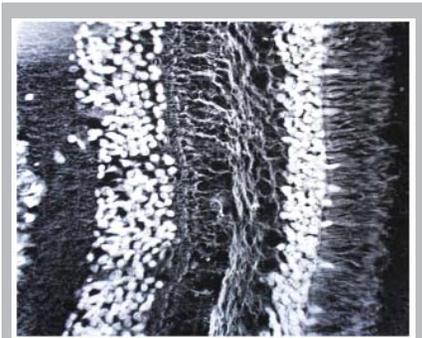
grandes y lentas. Considero que con la generación de energía por medio de melanina va a suceder algo similar. Los avances científicos al respecto van a continuar indefinidamente, sorprendiéndonos una y otra vez. Pero, por el momento, veamos otra imagen:

Primer motor impulsado por pilas de melanina. Este histórico logro fue alcanzado gracias a los alumnos del último semestre de la carrera de Mecatrónica del Tec de Monterrey, Campus Aguascalientes, bajo la dirección del Maestro José Juan López Sánchez. Noviembre 24 del 2008.



En la medicina y fisiología humana:

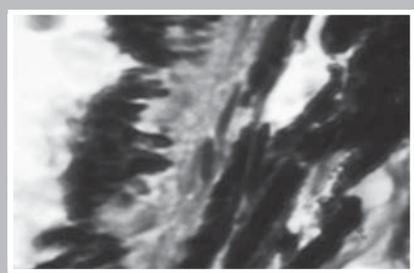
El concepto de que el 34% de la energía que utilizamos, que requerimos cada momento todos los días, proviene directamente de la luz o más exactamente de las radiaciones electromagnéticas, va a generar cambios cruciales en el entendimiento de la biología celular y por ende, en el entendimiento de la fisiología y medicina humana. Miremos algunas imágenes al respecto:



Retina humana, teñida con hematoxilina y eosina y luego procesada digitalmente.

Es notable la organización de los elementos estructurales de la misma. Me pongo a pensar que su desarrollo le llevó a la naturaleza muchos años de trabajo, muchas décadas de que la melanina desdoblara incesantemente la molécula de agua para entregar la energía requerida en tiempo y forma, para que los intentos ensayo y error se pudiesen repetir una y otra vez hasta que fue posible obtener una estructura útil para cada organismo en evolución.

Considero que un órgano como el ojo, si



Las estructuras de color negro que se aprecian en la fotografía son células cuyo contenido de melanina es notable. Dicho contenido varía de acuerdo a la estructura en cuestión, pero en realidad todas las células del organismo poseen la capacidad de tomar energía del agua.

no fue el primero, fue de los primeros que eclosionaron, pues pensando de acuerdo con la teoría darwiniana, que podemos resumir como la supervivencia del más apto, el disponer de un órgano con las características del ojo representó sin duda una ventaja inmensurable. Esto es una prueba más de la importancia de la melanina en el desarrollo de la vida y las diferentes especies. Partamos de una pregunta, ¿por qué la insistencia de la naturaleza en utilizar la misma molécula en los mismos lugares anatómicos, en los mismo órganos, en todos los entes vivientes? Recordemos que todo lo negro que veamos en la naturaleza es la misma melanina de nosotros, la sustancia que da el color negro en los entes vivientes no es diferente para cada especie, es la misma: melanina una y otra vez. Un carácter altamente conservado en la evolución y para muestra algunos botones:

Aquí quiero recalcar que la energía luminosa empieza a ser importante desde la gestación, es decir, el interior del útero materno no es oscuro. Lo atraviesan las suficientes radiaciones electromagnéticas y ese 34% de energía que tomamos directamente de la luz, empieza desde el vientre. Pienso que esta generación de oxígeno explica la hasta catalogada como hemodilución en las mujeres embarazadas. Para



Esta es una ampliación de la cabeza de un mosco común en Aguascalientes, la ampliación de su órgano visual revela la negrura de la melanina. La misma melanina y en los mismos lugares accesibles de forma relativamente sencilla. El ojo y los órganos de los sentidos.

mí es lógico pensar que si el embarazo cursa con una estimulación de la fotosíntesis, como lo prueba el crecimiento fisiológico de la hipófisis y por ende la pars intermedia, entonces la disponibilidad de oxígeno es mayor y el organismo disminuye los niveles de hemoglobina, que es una proteína



Las dos imágenes corresponden a ojos de cuyos (guinea pigs). El de arriba es un ojo normal retacado de melanina, el inferior es un cuyo albino y la diferencia es abismal. Baste decir que en la naturaleza los animales sin pigmento no sobreviven, mucho menos pudieron evolucionar. Los ejemplos de que la melanina es determinante en la supervivencia de la especie lo podemos tener al reflexionar sobre hechos tales como el que nadie ha visto nunca una víbora de cascabel albina.

que es deletérea para el endotelio vascular (el interior de los vasos sanguíneos).

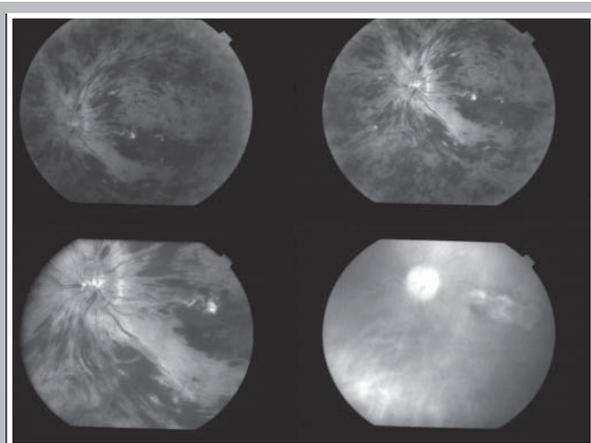
De todos modos, el valioso es el hidrógeno pero como el oxígeno es 16 veces más grande, entonces es 16 veces más fácil medirlo. Ojalá esta explicación contribuya a dejar de administrar de manera compulsiva hierro a las mujeres embarazadas y niños pequeños. Lo considero un error colectivo. Baste mencionar que la literatura médica señala que las dos principales causas de intoxicaciones fatales accidentales son pesticidas y hierro. Cuando he preguntado a

pediatras conocidos cuántas veces han hecho diagnóstico de intoxicación por hierro, invariablemente se quedan callados. Inclusive hay un artículo científico que empieza así: pocos medicamentos son tan peligrosos como los suplementos de hierro, la tercera parte de un empaque normal es suficiente para matar a un niño pequeño.

Creo que con los datos anteriores comprenderán la angustia que me embarga cuando voy a un supermercado y veo los alimentos y latas de leche con la leyenda resaltada: "Fortificado con hierro".

Las imágenes superiores demuestran la importancia del pigmento desde los primeros días de la formación del producto. Existen datos muy particulares: el ojo (la coroides específicamente) produce sangre en las primeras etapas de la vida. Otra cuestión interesante es el hecho de la concentración de oxígeno en la sangre fetal es del 45% e inmediato al nacimiento, dicha concentración se iguala a la del adulto: 97%.





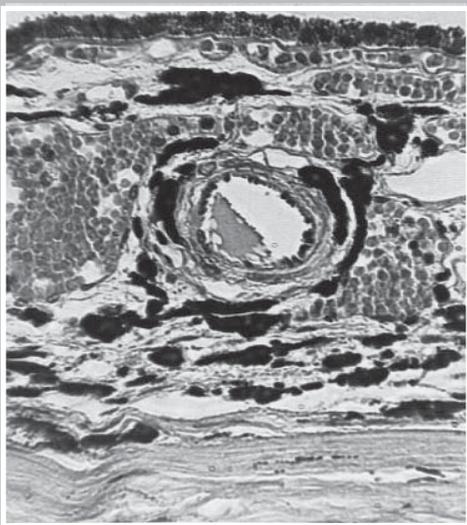
En hipoxia aguda hay edema y hemorragia, tal como lo demuestra la imagen superior, pero al estimular la fotosíntesis la recuperación es asombrosa, lo que se observa en la imagen inferior a los 5 meses de tratamiento.

Para mí sostener que la clorofila fue primero y que esta molécula tan difícil de sintetizar tenga un origen abiótico, es como pensar que de repente por milagro (abiótico), cayeron del cielo todos los componentes de un reloj y que por el azar se acomodaron. Luego, por un tercer milagro, éste empezó a funcionar de manera perfecta.

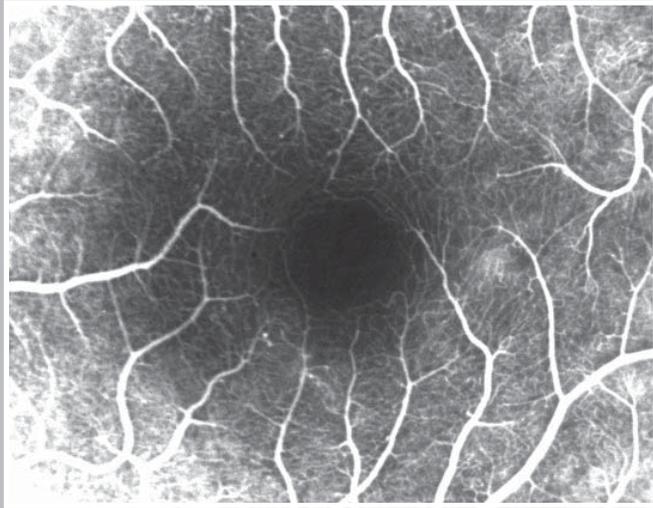
Fotografía original del nervio óptico humano tomadas con medio contraste, en color. Es un método tan demostrativo como difícil y merece un lugar en este libro, ya que el pequeño nervio óptico cuyo diámetro es de 1200 micras, es decir, doce cabellos humanos juntos, fue una de las claves para descifrar la función principal de la melanina en el cuerpo humano.



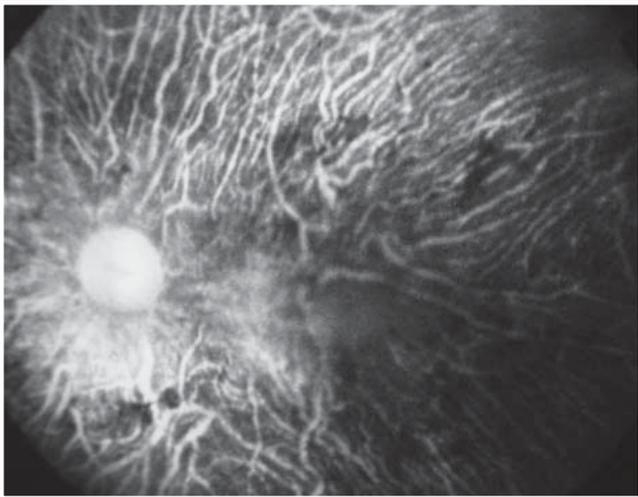
Fotografía de la coroides humana, el cual es un tejido extraordinario, pues maneja el 60% de la sangre total que entra al ojo. La arteria central de la retina sólo maneja el 2%. El ojo recibe por minuto lo que la arteria carótida interna recibe por segundo, esto es 185 mL. Esto quiere decir que el ojo recibe 15.0 mL sangre/gramo de tejido/minuto, el cerebro 0.50 mL sangre/gramo de tejido por minuto y el músculo estriado 0.05 mL de sangre/gramo de tejido/minuto. Algo así como 10 veces más que la corteza cerebral, 6 veces más que las coronarias y 3 veces más que la corteza renal. Quiero recordarles que el ojo pesa en promedio 7.5 g.



Una última observación: si tomamos 185 mL de agua por minuto (es más o menos un vaso normal cada minuto), ¿cuánto tiempo toleraríamos tamaña ingestión de agua? En su proporción, el ojo realiza esta prodigiosa función.



La porción central de la retina humana, la parte que nos permite ver los detalles, mide el doble de la capacidad que posee el oxígeno de difundir que es de 100 micras. En este estudio de un paciente vivo, se emplea medio de contraste para resaltar la zona vascular de la mácula (mancha). Es la parte más oscura la que tiene más melanina.



Fotografía de la retina humana tomada con longitudes de onda larga (720 nm), lo cual nos permite apreciar la gran cantidad de vasos de la coroides que es el tejido que nutre a la retina.

Algunas observaciones finales sacadas de diferentes fuentes.

- Los blancos tienen mayor frecuencia cardiaca que los negros (Berenson 1984). Esto lo explico por el hecho de que dado el menor contenido de melanina, entonces requiere tomar más oxígeno del ambiente para equilibrar la reacción inicial que desdobra el agua.
- Los negros presentan menor cantidad de Hb por litro que los blancos (1 gr/dL) (Johnson 1995). Es congruente con el hecho de que la energía se produce en grado significativo en el tejido mismo, por lo que requieren menos hemoglobina para transportarlo hacia los tejidos. También se dice que los pulmones son más pequeños, mientras más oscura es la piel.
- A mayor cantidad de melanina, hay niveles menores de GSH y GSH reductasa (Halprin, Ohkawara, 1966; Benedetto, 1981, 1982). Ambos sistemas son antioxidantes, pero indiscutiblemente la melanina es mucho más poderosa.
- La retinopatía del prematuro es menos severa en negros. (Phelps 1997).
- Mientras más clara es la piel, hay mayor riesgo de mortalidad después de la diálisis peritoneal y/o hemodiálisis. (York and Pei 2001).
- Mientras más oscura es la piel, hay mayor riesgo de hipertensión arterial sistémica (vasoconstricción por hiperoxia. Los niveles de renina son más bajos en negros).

- Mientras más clara es la piel, hay mayor riesgo de baja visión persistente, hipocusia y varios carcinomas cutáneos (Kiyoshi 1996).
- El riesgo de insuficiencia renal terminal por cualquier causa es 6 veces mayor en negros comparados con blancos.

Y sobre la melanina tenemos:

- Tiene la notable habilidad de absorber infrarrojo cercano, luz visible y ultravioleta. No se conoce la explicación.
- Es el único biopolímero conocido que in vivo e in vitro contiene centros de radicales libres. Se ha demostrado que la concentración de radicales libres puede cambiarse de manera reversible hasta casi dos órdenes de magnitud.
- Tiene propiedades de semiconductor amorfo.
- Tiene propiedades de aceptor de electrones.

Al principio, era la oscuridad. Génesis, 1:2.

MELANINA EN TODAS LAS FORMAS VIVIENTES.

Es un dato muy interesante el hecho de los efectos de la fotosíntesis sobre la capacidad óxido-reductiva de la célula eucarionte. Los experimentos demuestran que cuando estimulamos el efecto fotosintético de la melanina, es decir, su extraordinaria capacidad de desdoblar el agua y por ende incrementar la disponibilidad al interior de la

célula del valiosísimo acarreador de energía que es el hidrógeno, esta capacidad redox de la célula se incrementa cuatro veces o más, dependiendo del tiempo que sostengamos esta estimulación de la fotosíntesis y de la forma en que lo hagamos. Es por ello que cuando tratamos enfermedades como el Alzheimer, la artritis, la colitis y otras, la mejoría se acentúa conforme el paciente sostiene el tratamiento, es decir, los resultados fisiológicos y/o terapéuticos no tienen un tope. Además, cuando hacemos dicha estimulación, la célula eucariote se vuelve más selectiva para captar los nutrientes del medio que la rodea, se torna más exigente, más cuidadosa, de ahí que se pueden prevenir enfermedades cuando se estimula la fotosíntesis profilácticamente.

Otro dato muy curioso es acerca del sueño. Hasta ahora, nadie sabe por qué todos los mamíferos tenemos la necesidad de dormir. Sin embargo, si tomamos en cuenta la diferencia en la energía del ambiente entre el día y la noche o en la energía irradiada disponible, parece sensato el proponer que, como la vida se originó con ese mismo ritmo, al haber menor cantidad de energía disponible o en otras palabras menor cantidad de hidrógeno y por ende menor capacidad óxido reductiva de la célula, entonces en las noches nuestras capacidades se merman notoriamente siendo manifestadas al máximo en el día, durante las horas de mayor cantidad de energía ambiental disponible. En la noche, nuestras capacidades disminuyen en forma significativa dado que la célula no posee toda la capacidad óxido reductiva de la que es capaz.

Esta capacidad óxido reductiva de la célula es un elemento básico de la vida. Pudiéramos decir en la ecuación de la vida que primero fue la melanina, gracias a su capacidad de transformar la energía de la luz visible e invisible en energía química. Entonces, hubo una reacción química óxido reductiva inicial presente, ya que el desdoblado del agua es un ejemplo de óxido reducción y las siguientes reacciones, que paulatinamente fueron concatenándose para expresar lo que conocemos como vida, no son sino más ejemplos de reacciones de óxido-reducción. Una prueba más es que los vegetales también sostienen su forma de vida con base en este tipo de reacción química, y para ello se requieren los ciclos de energía fluctuantes, pues interesantemente, cuando se cultivan vegetales en condiciones controladas, de manera que estén irradiados constantemente, obviamente el vegetal crece más rápido, pero su sabor se torna muy desagradable. De ahí que no sea una práctica que se haya popularizado.

Las reacciones de óxido-reducción podemos describirlas como intercambio de materia entre dos sustancias, moléculas o células. Siempre sucederán simultáneamente, es decir, para que una molécula pierda parte de ella, por ejemplo electrones, otra sustancia tiene que ganarla. No suceden aisladamente. Este intercambio de materia puede ser a nivel de electrones, uno o varios, o bien de átomos completos y así sucesivamente, ya que depende de varios factores, tales como el entorno, la cantidad de una y otra sustancias reactantes y la cantidad de luz.

Bibliografía:

- (1) Iida Tomohiro, Hagimura Norikazu, Sato Taku, Kishi Shoji. Optical coherence tomographic features of idiopathic submacular choroidal neovascularization. *American Journal of Ophthalmology*, Dec. 2000, Vol. 130, No. 6, pp 763-768.
- (2) Castilla Serna Luis, Jurado García Eduardo, Lares Yassef Ismael, Ruiz Maldonado Ramón, Cravioto Muñoz Joaquín. Propuesta de un instrumento guía para la estimación del riesgo ético en los protocolos de investigación en la que participan seres humanos. *Gaceta Médica de México*. Vol. 122, Núm. 14, Marzo – abril 1986.
- (3) Arfken Cynthia, Salicrup Ana, Meuer Stacy, Del Priore Lucian, Klein Ronald, McGill Janet, Rucker Cheryl, White Neil, Santiago Julio. Retinopathy in African Americans and Whites with insulin-dependent diabetes mellitus. *Archives of Internal Medicine*, 1994. Vol. 154: 2597-2602.
- (4) Roy Monique S. Diabetic retinopathy in African Americans with type 1 diabetes: The New Jersey 725. *Archives of Ophthalmology*, Vol. 118, Jan 2000.
- (5) Islas Andrade Sergio, Lifshitz Guinzberg Alberto. *Diabetes mellitus, segunda edición*. McGraw-Hill Interamericana 1999, México.
- (6) Moss Scott E, Klein Ronald, Meuer Moneen B, Klein Barbara EK. The Association of iris color with eye disease in diabetes. *Ophthalmology* 94:1226-1231, 1987.
- (7) Berenson G, Webber LS, Srinivasan SR, Cresanta JL, Frank GC, Farris RP. Black-white contrasts as determinants of cardiovascular risk in childhood: precursors of coronary artery and primary hypertensive diseases. *American Heart Journal*, 108(3Pt2):672-83, September 1984.
- (8) Brancati FL, Whittle JC, Whelton PK, Seidler AJ, Klag MG. The excess incidence of diabetic end-stage renal disease among blacks. A population based study of potential explanatory factors. *JAMA* 268 (21):3079-84, 1992, December.
- (9) Materson Barry J, Preston Richard A. Angiotensin-converting enzyme inhibitors in hypertension: a dozen years of experience. *Archives of Internal Medicine*, Volume 154 (5), March 14, 1994; pp 513-523.
- (10) Wilson Peter. Lipids, lipases, and obesity: does race matter? *Atherosclerosis, Thrombosis and Vascular Biology*, Vol. 20 (8) August 2000, pp. 1854–1856.
- (11) Curtis Margo, Zuber Mulla. Malignant tumors of the eyelid. *Archives of Ophthalmology*, Vol. 116, Feb 1998.
- (12) Pieramici Dante, Bressler Neil, Bressler Susan, Schachat Andrew. Choroidal neovascularization in black patients. *Archives of Ophthalmology on CD-ROM* 1994, Vol. 112 August.
- (13) Moore PW. Blue eyes, big earplugs. *Science News*. Oct 31, 1998.
- (14) Saunders Richard, MD, Donahue Margaret, MD, Christmann Linda, MD, Pakalnis AI, MD, Tung Betty, MS, Hardy Robert, PHD, Phelps Dale, MD. Racial variation in retinopathy of prematurity. *Archives of Ophthalmology*. 1997 Vol. 115:604-608
- (15) Quevedo Walter, Holstein Thomas. General

- biology of mammalian pigmentation in the book *The Pigmentary System, Physiology and Pathophysiology*. Edited by Nordlund James J., Boissy Raymond E., Hearing Vincent J., King Richard A. 1998, Oxford University Press. Pp. 43-57.
- (16) Skolnick Andrew A. Novel therapies to prevent diabetic retinopathy. *JAMA* Vol. 278, Nov. 12, 1997.
- (17) Lüscher Thomas F, Barton Mathias. Biology of the endothelium. *Clinical Cardiology*, Vol. 20 (Suppl. II) II-3-II-10 (1997).
- (18) Loyd Ricardo, Scheithawer Bern, Kuroki Takao, Vidal Sergio, Kovacs Kalman, Stefanescu Lucia. Vascular endothelial growth factor (VEGF) expression in human pituitary adenomas and carcinomas. *Endocrine Pathology*, Vol. 10, no 3, 229-235; Fall 1999.
- (19) Moss Scott E, Klein Ronald, Meuer Moneen B, Klein Barbara. The association of iris color with eye disease in diabetes. *Ophthalmology* 94:1226-1231, 1987.
- (20) Kohner Eva, Aldington Stephen, Stratton Irene, Manley Susan, Holman Rury, Matthews David, Turner Robert. United Kingdom prospective diabetes study. *Archives of Ophthalmology*, Vol. 116, March 1998, 297- 303.
- (21) Panamerican Society for Pigment Cell Research. Vol 6., No. 4, December 1998.
- (22) Skolnick Andrew A. Novel therapies to prevent diabetic retinopathy. *JAMA* Vol 278, Nov. 12, 1997.
- (23) Chibber R, Molinatti PA, Konher EM. Intracellular protein glycation in cultured retinal capillary pericytes and endothelial cells exposed to high glucose concentration. *Cell and Molecular Biology (Noisy-le-Grand)* 1999 Feb; 45 (1): 47-57.
- (24) McNeill John H. *Experimental models of diabetes*, Mosby, Toronto, 1998, 128-129.
- (25) Klein Ronald, Klein Barbara, Moss Scott E. Epidemiology of proliferative diabetic retinopathy. *Diabetes Care*, Vol. 15, No. 12, December 1992.
- (26) Gillow, JT, Gibson JM, Dodoson. Hypertension and diabetic retinopathy – what’s the story. *BJO* Vol 83(9), September 1999, pp 1083-1087.
- (27) Herman William, Eastman Richard. The effects of treatment on the direct costs of diabetes. *Diabetes Care* 21 (suppl. 3): C19 – C 24, 1998.
- (28) Harris Maureen. Diabetes in America: Epidemiology and scope of the problem. *Diabetes Care*, Volume 21, Supplement 3, December 1998. C11-C14.
- (29) Haffner SM, Fong D, Stern MP, Pugh JA, Hazuda HP, Patterson JK, Van Heuven WAJ, Klein R. Diabetic retinopathy in Mexican-Americans and non-hispanic whites. *Diabetes*, 37. 878 – 84, 1978
- (30) Arfken Cynthia, Salicrup Ana, Meuer Stacy, Del Priore Lucian, Klein Ronald, McGill Janet, Rucker Cheryl, White Neil, Santiago Julio. Retinopathy in African Americans and Whites with insulin-dependent diabetes mellitus. *Archives of Internal Medicine*, 1994. Vol. 154: 2597-2602.
- (31) Chew Emily, MD, Klein Michael, MD, Ferris III Frederick, MD, Remaley Nancy,

- MS, Murphy Robert, MD, Chantry Kathryn, Hoogwerf Byron, MD, Miller Dayton, PHD. Association of elevated serum lipid levels with retinal hard exudate in diabetes. *Archives of Ophthalmology on CD-ROM*, 1996, Vol. 114, September.
- (32) Moussa B.H. Youdim, Riederer Peter. Understanding Parkinson's disease. *Scientific American*, January 1997.
- (33) Pieramici Dante, Bressler Neil, Bressler Susan, Schachat Andrew. Choroidal neovascularization in black patients. *Archives of Ophthalmology on CD-ROM* 1994, Vol. 112 August.
- (34) Brancati FL, Whittle JC, Whelton PK, Seidler AJ, Klag MG. The excess incidence of diabetic end-stage renal disease among blacks. A population based study of potential explanatory factors. *JAMA* 268 (21):3079-84, 1992, December 2.
- (35) Curtis Margo, Zuber Mulla. Malignant tumors of the eyelid. *Archives of Ophthalmology*, Vol. 116, February 1998.
- (36) He Jiang, Klag Michael, Caballero Benjamin, Appel Lawrence, Charleston Jeanne, Whelton Paul. Plasma insulin levels and incidence of hypertension in African-Americans and Whites. *Archives of Internal Medicine*, Vol. 159(5), March 8, 1999, 498-503; King George L, Suzuma Kiyoshi. Pigment-Epithelium-Derived-Factor. A key coordinator of retinal neuronal and vascular functions. Clinical implications of basic research. *The New England Journal of Medicine*, Vol. 342(5), February 2000, pp. 349-351.
- (37) Moss Scott E, Klein Ronald, Meuer Moneen B, Klein Barbara. The Association of iris color with eye disease in diabetes. *Ophthalmology*, October 1987, Vol 94, Num 10, pp1226-1231.
- (38) Glaser BM, Campochiaro PA, Davis JL, Sato M. Retinal pigment epithelial cells release an inhibitor of neovascularization. *Archives of Ophthalmology* 1985;103:1870-1875.
- (39) Miller H, Miller B, Ryan SJ. The role of retinal pigment epithelium in the involution of subretinal neovascularization. *Investigative Ophthalmology & Visual Science* 1986;27:1644-1652.
- (40) Morse LS, Terrell J, Sidikaro Y. Bovine retinal pigment epithelium promotes proliferation of choroidal endothelium in vitro. *Archives of Ophthalmology* 1989;107:1659-1663.
- (41) Luscher Thomas F, Barton Mathias. Biology of the endothelium. *Clinical Cardiology*, Vol. 20 (Suppl. II) II-3-II-10 (1997).
- (42) Calles-Escandón Jorge, Cipolla Marilyn. Diabetes and endothelial dysfunction: a clinical perspective. *Endocrinology Review* 22 (1): 36-52. 2001.
- (43) Meade Tollin Linda C, Biological basis for antiangiogenic therapy. *Acta Histochem* 102, 117-127 (2000).
- (44) Saraux H, Lemason C, Offret H, Renard G. Anatomía e histología del ojo. Edit. Masson. París, Barcelona, segunda edición 1985.
- (45) Medrano Esthela. Aging, replicative senescence and the differentiated function of the melanocyte. In the book: *The pigmentary system, pathology and physiology*. Edited by James L. Nordlund, Oxford University Press, 1998. New York. Pp. 151-158.

- (46) Lambert Cook Jonathan, Dzubow Leonard M. Aging of the skin, implications for cutaneous surgery. *Archives of Dermatology*, 1997, Vol. 133; October.
- (47) Comunicación personal Rodolfo Nicolaus (<http://www.tighrope.it/nicolaus>).
- (48) Regan Susan, Judge Heidi, Gragoudas Evangelous, Egan Kathleen. Iris color as a prognostic factor in ocular melanoma. *Archives of Ophthalmology*, Vol. 117, June 1999. 811-814.
- (49) Lee Patricia, Wang Cindy, Adamis Anthony. Ocular neovascularization: an epidemiologic review. *Survey of Ophthalmology*, Vol. 43, No. 3, November-December 1998, 245-269.
- (50) Saunders Richard, MD, Donahue Margaret, MD, Christmann Linda, MD, Pakalnis Al, MD, Tung Betty, MS, Hardy Robert, PHD, Phelps Dale, MD. Racial variation in retinopathy of prematurity. *Archives of Ophthalmology*. 1997 Vol. 115: 604-608.
- (51) Dawson DW, Volpert OV, Gillis P, Crawford SE, Xu HJ, Benedict W, Bouck NP. Pigment epithelium-derived factor: a potent inhibitor of angiogenesis. *Science*, 9 July 1999, Vol. 285, 245-248.
- (52) Halaban Ruth. The regulation of normal melanocyte proliferation. *Pigment Cell Research*, 13:4-14,2000.
- (53) Wilkerson Craig L, Syed Nasreen, Fischer Marian, Robinson Nancy, Wallow Inglof, Albert Daniel. Melanocytes and iris color, light microscopic findings. *Archives of Ophthalmology*, Vol. 114 (4), April 1996, pp. 437-442.
- (54) Kosower Evie, Ernst Allan, Taub Bonnie, Berman Nancy, Andrews Jennifer, Seidel James. Tobacco prevention education in a pediatric residency program. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*. Vol. 149 (4) April 1995, pp. 430-435.
- (55) Bito Laszlo, Matheny Adam, Cruickshanks Karen, Nondahl David, Carino Olivia. Eye color changes past early childhood. *Archives of Ophthalmology*, Vol. 115, May 1997.
- (56) Klein Ronald, Klein Barbara EK, Moss Scott E, Cruickshanks Karen. The Wisconsin epidemiologic study of diabetic retinopathy. XIV. Ten-year incidence and progression of diabetic retinopathy. *Archives of Ophthalmology*, Vol. 112, September 1994.
- (57) Yip R. Significance of an abnormally low or high hemoglobin concentration during pregnancy: special consideration of iron nutrition. *American Journal of Clinical Nutrition*, 2000 July, 72 (1 Suppl), 272S-279S.
- (58) Scholl TO, Reilly T. Anemia, Iron and pregnancy outcome. *Journal of Nutrition*, 2000 February; 130(2S Suppl): 443S-447 S.
- (59) Kobrinsky NL, Yager JY, Cheang MS, Yatscoff RW, Tenenbein M. Does iron deficiency raise the seizure threshold? *Journal of Child Neurology*, 1995 March; 10(2):105-9.
- (60) Rodriguez-Lopez José Neptuno, Tudelap José, Varon S Ramón, García-Carmona Francisco. Analysis of a kinetic model for melanin biosynthesis pathway, *The Journal of Biological Chemistry* 1992, by The American Society for Biochemistry and Molecular Biology, Inc., Vol. 261, No. 6, Issue of February 25, pp. 3801-3810,1932. Printed in U.S.A. (Received for publication, October 11, 1991).

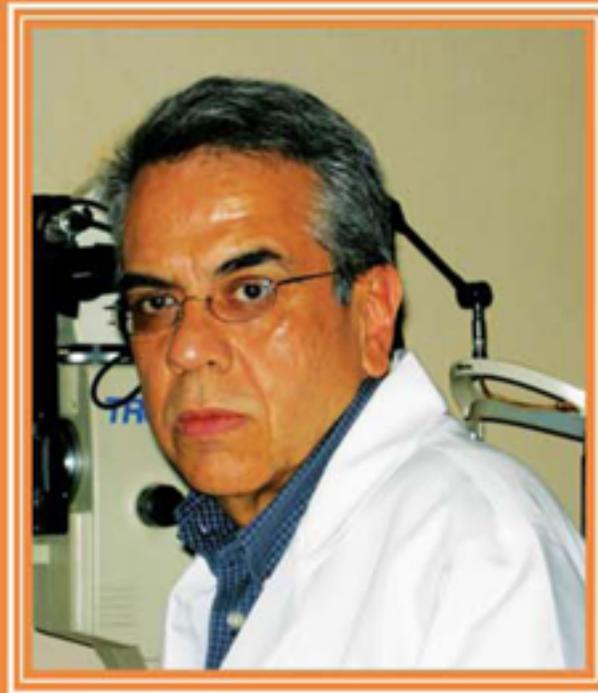
- (61) Shosuke Ito. Reexamination of the structure of eumelanin. School of Hygiene, Fujita-Gakuen Health University, Toyoake, Aichi 470-11, Japan *Biochimica et Biophysica Acta* 883 (1986) 155-161 Elsevier BBA 22416.
- (62) Hill Helene Z. The function of melanin or six blind people examine an elephant. *BioEssays* Vol. 14, No. 1 – January 1992, 49.
- (63) Thathachari YT, Blois MS. Physical studies on melanins, II. X-ray diffraction. *Biophysical Journal*, Vol. 9, 1969.
- (64) Harris DT, XXXVIII. Observations on the velocity of the photo-oxidation of proteins and amino-acids. From the Departments of Physiology and Biochemistry, University College, London. (Received February 25th, 1926.)
- (65) Ito Seigo, Murakami Takuro N, Comte Pascal, Liska Paul, Grätzel Carole, Mohammad K. Nazeeruddin, Michael Grätzel. Fabrication of thin film dye sensitized solar cells with solar to electric power conversion efficiency over 10%. *Thin Solid Films* 516(2008), 4613-4619.
- (66) Hill Helene Z. The function of melanin or six blind people examine an elephant. *BioEssays*, Vol. 14, No. 1, January 1992.
- (67) Songyuang Dai, Jian Weng, Yifeng Sui, Shuanghong Chen, Shangfeng Xiao, Yang Huang, Fantai Kong, Xu Pan, Linhua Hu, Changneng Zhang, Kongjia Wang. The design and outdoor application of dye-sensitized solar cells. *Inorganica Chimica Acta* 361 (2008) 786-791.
- (68) Madhwani S, Vardia , Punjabi PB, Sharma VK. Use of fuchsine basic: ethylenediaminetetraacetic acid system in photogalvanic cell for solar energy conversion. *Proc. IMechE Vol. 221 Part A: J. Power and Energy*.
- (69) Kiang Daibin, Ito Seigo, Wenger Bernard, Klein Cedric, Moser Jacques-E, Grätzel Michael. High molar extinction coefficient heteroleptic ruthenium complexes for thin film dye-sensitized solar cells. *Journal of the American Chemical Society*. 2006, 128(12), 4146-4154.
- (70) Solis Herrera Arturo, Lara Maria E, Rendon Luis E. Photoelectrochemical properties of melanin. *Nature Precedings*: hdl:10101/npre.2007.1312.1 : Posted 12 Nov 2007.
- (71) Baxter Richard, Ponomarenko Nina, Srajer Vucka, Pahl Reinhardt, Moffat Keith, Norris James. Time-resolved crystallographic studies of light-induced structural changes in the photosynthetic reaction center. 5982–5987 *PNAS* April 20, 2004. Vol. 101, No. 16.
- (72) Dadachova E, Bryan RA, Huang X, Moadel T, Schweitzer AD, et al. Ionizing radiation changes the electronic properties of melanin and enhances the growth of melanized fungi. *PLOS ONE* 2(5): e457. oi:10.1371/journal.pone.0000457 (2007).
- (73) Ling MM, Bao ZN. *Chemistry of Materials* 16, 4824-4840, (2004).
- (74) Grätzel, M. Photoelectrochemical cells. *Nature*, Vol. 414, 338-344 (2001).
- (75) Felix CC, Hyde JS, Sarna T, Sealy RC. Interactions of melanin with metal ions. Electron spin resonance evidence for chelate complexes of metal ions with free radicals, *Journal of the American Chemical Society* 100, 3922-3926, 1978.

- (76) Meredith P, Powell B, Riesz J, Vogel R, Blake D, Subianto S, Will G, Kartini I, in *Artificial photosynthesis: from basic biology to industrial application* ed. Collings AF and Critchley C, Wiley, London, ISBN: 3-527-31090-8, 2005, ch3. Albuquerque JE, Giacomantonio C, White AG, Meredith P, *Applied Physics Letters*, 2005, 87, 061920.
- (77) Meredith P, Riesz J. *Photochemistry and Photobiology*, 2004, 79(2), 211-216.
- (78) Sarna T, Pilas B, Land EJ, Truscott TG. *Biochimica et Biophysica Acta* 1986, 883, 162-167.
- (79) Jastrzebska MM, Isotalo H, Paloheimo J, Stub H. *Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition*. 1995, 7(7), 577-586.
- (80) Rosei MA, Mosca L, Galluzzi F. *Synthetic Metals*, 1996, 76, 331-335.
- (81) Meredith P, Powell BJ, Riesz J, Nighswander-Rempel SP, Pederson MR, and Moore EG. Towards structure-property-function relationships for eumelanin. *Soft Matter* 2, 37-44. (2006).
- (82) Kaur B, Khwaja FW, Severson EA, Matheny SL, Brat DJ, Van Meir EG. HIF1-in glioma angiogenesis. *Neuro-Oncology*. J. 4, 134-153 (2005).
- (83) Marmor MF, Wolfensberger TJ. *The retinal pigment epithelium*. Oxford University Press 1998. Pp.186-187.
- (84) Forest SE, Simon JD. Wavelength-dependent photoacoustic calorimetry study of melanin. *Photochemistry and Photobiology*. 68, 296-298. (1998).
- (85) Meredith Paul, Sarna Tadeusz. The physical and chemical properties of eumelanin. *Pigment Cell Research*, 19; 572-594, 2006.
- (86) Brattain WH, Garrett CGB. Experiments on the interface between germanium and an electrolyte. *Bell System Technical Journal* 34, 129-176 (1955).
- (87) Gerischer H. Electrochemical behavior of semiconductors under illumination. *Journal of Electrochemistry Society* 113, 1174-1182 (1966).
- (88) Kalyanasundaram K. Photoelectrochemical cell studies with semiconductor electrodes: a classified bibliography (1975-1983). *Solar Cells* 15, 93-156 (1985).
- (89) Licht S. Multiple band gap semiconductor/electrolyte solar energy conversion. *Journal of Physical Chemistry*. 105, 6281-6294 (2001).
- (90) Fujishima A, Honda K. Electrochemical photolysis of water at a semiconductor electrode. *Nature* 238, 37-38 (1972).
- (91) Brabec CJ, Sariciftci NS. Polymeric photovoltaic devices. *Materials Today* 3-8 (2000).
- (92) Wöhrle D, Meissner D. Organic solar cells. *Advanced Materials* 3, 129-138 (1991).
- (93) Shaheen SE et al. 2.5% efficient organic plastic solar cells. *Applied Physics Letters* 78, 841-843 (2001).
- (94) Tuladhar D et al. Abstract, International workshop on nanostructures, photovoltaics. Dresden, Germany <<http://www.mpiipks-dresden.mpg.de>> (2001).

-
- (95) Grätzel M. Perspectives for dye-sensitized nanocrystalline solar cells. *Program Photovoltaic Research Applications* 8, 171–185 (2000).
- (96) Savenije TJ, Warman JM, Goosens A. Visible light sensitization of titanium dioxide using a phenylene vinylene polymer. *Chemical Physics Letters* 278, 148–153 (1998).
- (97) Thathachari YT, Blois MS. Physical studies on melanin II. X-ray diffraction. *Biophysics Journal* 9, 77–89. (1969).
-
-

**MELANINA, LA CLOROFILA HUMANA, SU PAPEL EN EL ORIGEN DE
LA VIDA Y LA POSIBILIDAD DE QUE SEA LA TAN BUSCADA MATERIA
OSCURA (DARK MATTER) EN EL UNIVERSO,**
se terminó de imprimir en
México, D.F. en el mes de abril de 2009
La edición de 3,000 ejemplares estuvo a cargo de
Mundi Comunicaciones, S.A. de C.V.





Dr. Arturo Solís Herrera

Nació en la Ciudad de México el 19 de agosto de 1953.

Cursó los estudios elementales en la Escuela Luis Hidalgo Monroy, Anexa a la Escuela Nacional de Maestros; continuó la Prevocacional número 4 del Instituto Politécnico Nacional (IPN) y la Vocacional Núm. 9 Juan de Dios Bátiz, del IPN.

Médico Cirujano por la Escuela Superior de Medicina del IPN, Oftalmólogo por la UNAM y el Hospital Conde de Valenciana.

Estudió la especialidad de Neuro Oftalmólogo por el Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía,

Obtuvo la maestría en Ciencias por la Universidad Autónoma de Aguascalientes y finalmente, se doctoró en Farmacología en la Universidad de Guadalajara.

México no ha sido, hasta hoy, una nación que se haya caracterizado por grandes descubrimientos científicos capaces de cambiar y mejorar el destino de la humanidad. Sin embargo, el estudio de las propiedades fotoelectroquímicas de la melanina y la generación de energía eléctrica con ella –por parte del Dr. Arturo Solís Herrera, científico mexicano radicado en la ciudad de Aguascalientes–, es asombroso y no parece nada descabellado pensar que estas investigaciones pudieran resolver algunos de los retos energéticos de la humanidad en términos de la sustitución de los hidrocarburos y la solución al cambio climático.

El hallazgo de una sustancia que merece llamarse la “clorofila humana”, es algo fuera de lo común. Que una sustancia capte luz e inicie con esa energía reacciones iónicas sólo se acepta en el caso de la clorofila de las plantas, vegetales y algas. El hallazgo de este fenómeno en el ser humano y en los mamíferos abre una veta nueva y promisoría de investigaciones científicas.

La generación alterna y novedosa de energía eléctrica mediante celdillas fotoelectroquímicas de melanina, que separa el agua en hidrógeno y oxígeno por electrólisis, ha sido patentada por el Dr. Solís Herrera. Un aspecto notable es que esas celdillas son autorrenovables –es decir, no requieren recargarse–, pues una vez que la celdilla se sella, inicia la producción incesante de electricidad, día y noche, durante años sin que la molécula se deteriore y sin dispendios de energía y generación de gases de efecto invernadero.

Sin embargo, como lo indica el Dr. Solís Herrera en este libro, aprovechar masivamente esas propiedades de generación de energía requerirá de un enorme esfuerzo que implicará invertir recursos humanos y económicos a gran escala. Por eso, él y su equipo se han dado a la tarea de desarrollar aplicaciones que puedan convencer a la comunidad científica y a la opinión pública de la conveniencia de profundizar en esa línea de investigación.

Algunos lectores quizás duden que se trate de un descubrimiento capaz de cambiar el rumbo de la ciencia y de la humanidad, pero lo importante será que la comunidad científica realice una revisión profunda de este hallazgo y determine sus potencialidades. Además, nunca hay que perder la capacidad de asombro.

David Shields

