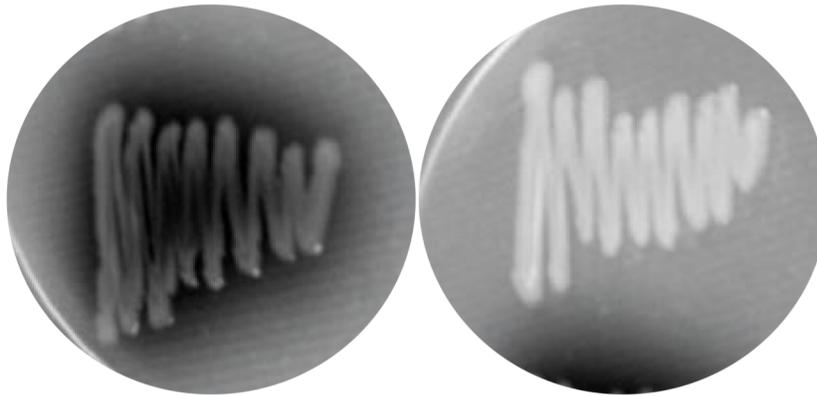


La melanina: un pigmento con múltiples aplicaciones

Guillermo Gosset Lagarda
Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos
Instituto de Biotecnología, UNAM
Campus Morelos

La melanina es el pigmento responsable de dar el color a la piel, cabello y el iris de los ojos. Su función principal en el ser humano es proporcionar protección contra el efecto dañino de los rayos ultravioleta (UV) de la luz solar. El nombre melanina se deriva de la palabra griega *melanos* que significa *oscuro*. Es bien sabido que la exposición al sol causa un incremento en la síntesis de melanina en la piel, dando el efecto llamado *bronceado*. Este pigmento es producido por acción de una proteína llamada *tirosinasa*. La *tirosinasa* es una enzima, es decir, una proteína con la capacidad de acelerar una reacción química, que en este caso se trata de la conversión del aminoácido *tirosina* en melanina. A este proceso se le llama *melanogénesis*. Además del humano, la mayoría de los animales, algunas plantas y bacterias pueden producirlo. En estos organismos, cumple funciones adicionales a la protección contra la luz UV. En algunos reptiles, la coloración proporcionada por este pigmento les ayuda a confundirse con su entorno y así evitar ser detectados por sus predadores, este es el fenómeno llamado *mimetismo*. Por otro lado, se ha encontrado que en insectos la melanina tiene un papel antibiótico que los protege en caso de heridas. En el calamar, la tinta que produce para escapar de sus enemigos esta constituida principalmente por melanina.

La melanina es un compuesto químico complejo e interesante y por esto ha sido estudiada a través de los años. Esto ha permitido identificar algunas de sus propiedades físicas y químicas. Se sabe que tiene la capacidad de absorber un amplio rango de radiaciones electromagnéticas que incluyen desde la luz visible (por esto su color es oscuro), pasando por la luz UV y llegando hasta los llamados rayos x. Por otro lado, se ha reportado



que tiene la capacidad de unir átomos de diferentes metales. También puede conducir electricidad, debido a esta propiedad, se le considera un semiconductor. Finalmente, se ha determinado que posee actividades antioxidantes y antivirales. Todas estas propiedades hacen de la melanina un material atractivo para ser utilizado en diferentes aplicaciones.

En este momento, ya se pueden encontrar varios productos comerciales que contienen a la melanina como ingrediente activo. Entre ellos se encuentran cremas que funcionan como filtros solares para la protección contra la luz UV. También se utiliza en cosméticos para desvanecer defectos o secuelas de enfermedades dérmicas como el vitiligo. Por otro lado, la incorporación de la melanina a materiales plásticos, ha permitido la producción de lentes oscuros para sol con la capacidad de bloquear la luz UV. Otra aplicación muy especializada es su utilización para recubrir el interior de lámparas fluorescentes. Con esto se evita totalmente el escape de luz UV, lo que normalmente ocurre en un bajo nivel en este tipo de lámparas. Este tratamiento evita que se puedan dañar objetos en museos o bibliotecas. En el campo médico, se ha demostrado que la melanina puede ser ingerida por pacientes, funcionando como medio de contraste en estudios de rayos x del

sistema digestivo. Aquí cabe señalar que una cantidad controlada de melanina puede ser ingerida sin causar ningún problema, ya que no es digerida ni absorbida por el organismo. Algunos de nosotros ya hemos consumido melanina, al disfrutar un buen plato de calamares en su tinta.

Se espera que en el futuro próximo puedan aparecer nuevas aplicaciones y productos basados en la melanina, lo cual incrementará la demanda para este pigmento. Existen varias fuentes naturales y métodos para obtenerla. La extracción a partir de tejidos de origen animal o vegetal es una opción de bajo costo para su obtención. Sin embargo, una gran desventaja de este método es que el producto obtenido generalmente tiene una baja pureza y su composición puede variar en cada lote. Por otro lado, este producto también se puede generar por métodos químicos, lo que garantiza su pureza, pero a un costo muy alto. Por esta razón, desde ya algunos años, diversos grupos de investigación han explorado métodos alternativos para poder obtener este pigmento con alta pureza y a un costo relativamente bajo. Algunos microorganismos tienen la capacidad natural para producir melanina. Sin embargo, no es sencillo o económicamente viable cultivarlos para fines de producción. Por otro lado, existen otras especies

de microbios que son utilizados por la industria para producir diversos compuestos de interés. Esto incluye a levaduras y algunas bacterias. Entre éstas se encuentra *Escherichia coli* (*E. coli*), una bacteria que normalmente habita en el intestino del humano. *E. coli* puede ser considerado el organismo del cual tenemos el mayor conocimiento sobre su genética y bioquímica. Innumerables grupos de investigación la han estudiado desde hace ya muchos años; lo que conocemos de ella se ha recopilado en cientos de libros y miles de artículos científicos. Su estudio ha ayudado a entender procesos biológicos fundamentales relacionados con la genética y la bioquímica, que no sólo se aplican a bacterias sino también a otros organismos, incluyendo el ser humano.

E. coli es una bacteria que puede ser cultivada fácilmente en un laboratorio o a un nivel de producción industrial. Sin embargo, carece de la capacidad para producir melanina.

Esto es así porque no produce la enzima *tirosinasa*, debido a que no contiene la información genética para sintetizarla. Las bacterias (y todos los demás seres vivos) tienen su información genética almacenada en una o más moléculas de ácido desoxirribonucleico, frecuentemente abreviado ADN. Esta información se encuentra

representada por genes, que son segmentos dentro de la cadena de ADN. En su gran mayoría, cada gene posee la información para que la célula pueda sintetizar una proteína específica. En

E. coli se ha determinado que su ADN contiene 4,288 genes que pueden dar lugar a la síntesis de un número igual de diferentes proteínas. Desafortunadamente para nuestro interés, ninguna de las 4,288 proteínas es la enzima *tirosinasa* que se requiere para sintetizar la melanina. ¿Cómo lograr que *E. coli* sintetice melanina si carece de la enzima *tirosinasa*? La solución a este problema la ofrece la ingeniería genética. Esta disciplina consiste en un conjunto de métodos experimentales que permiten al investigador transferir genes de un organismo a otro, así como modificar directamente la información presente en el ADN. El primer paso para lograr que *E. coli* sintetice la melanina consistió en identificar a un donador del gene para la *tirosinasa*. Los candidatos donadores eran algunas de las especies de bacterias que naturalmente producen melanina, ya que esto indicaba que contenían la enzima *tirosinasa* y por lo tanto, poseían el gene respectivo. Se eligió utilizar a la bacteria del suelo *Rhizobium etli* (*R. etli*) como donadora, ya que estudios previos habían determinado que poseía el gene *melA*, el cual contiene la información para la síntesis de la *tirosinasa*. Utilizando los métodos de la ingeniería genética, se extrajo el gene de *R. etli* y se insertó a *E. coli*. El resultado de este experimento puede verse en la figura que acompaña este texto. En el lado izquierdo se presenta una colonia de *E. coli* sin modificar, en tanto que del lado derecho se muestra una colonia de *E. coli* modificada por ingeniería genética que ha recibido el gene *melA* de *R. etli*. El color oscuro se debe a la síntesis de melanina. A partir de la colonia de *E. coli* que contiene el gene de la *tirosinasa*, se han realizado cultivos en medios líquidos donde se logró que se sintetizara melanina a una concentración de 6 gramos por litro. Estos resultados son los primeros pasos que permitirán desarrollar procesos industriales para la síntesis de melanina por bacterias y así satisfacer la demanda para aplicaciones presentes y futuras.