LA BIOLOGÍA DEL COLOR DE LA PIEL

Guía para el docente

MATERIAL ORIGINAL DE

EL COLOR DE LA PIEL HUMANA

❖ *INTRODUCCIÓN*

Esta actividad complementa la proyección del cortometraje La biología del color de la piel, disponible en http://www.loligo.cl/educacion/. Los estudiantes ven el cortometraje por segmentos (duración total de cortometraje es de 17:27 minutos) y usan datos reales para proponer hipótesis, hacer predicciones y justificar sus propuestas con evidencia.

En la focalización los estudiantes intentarán inferir qué es lo produce la diferenciación en los colores de la piel, desarrollando ideas a nivel celular y relacionando la estructura con la función de éste órgano. En la etapa de exploración de esta lección, descubrirán el factor ambiental que se correlaciona con la variación en el color de la piel en diferentes partes del mundo. También se logrará comprender las presiones selectivas específicas que han influenciado la evolución de esta característica. En la reflexión y análisis, se discutirá distintos temas que se integran en el concepto de la piel, desde aspectos biológicos como las migraciones humanas modernas y la salud de éste órgano y su prevención; hasta aspectos sociales como la discriminación social que desde décadas se ha generado en torno al color de la piel.

Los estudiantes podrán:

- hacer predicciones y postular hipótesis a partir de la información disponible; y
- usar datos reales presentados en figuras científicas e información de la película para elaborar postulados basados en evidencia.

❖ CONEXIONES CURRICULARES

Bases Curriculares 2013			
Plan de estudios	Gran idea de la ciencia	Objetivos de Aprendizaje	Habilidades científicas
1ro Medio	Los organismos están hechos en base a células. La evolución es la causa de la diversidad de los organismos vivientes y extintos.	Analizar e interpretar datos para proveer de evidencias que apoyen que la diversidad de organismos es el resultado de la evolución.	Habilidades científicas transversales. Comprensión y reflexión para la generación de nuevos conocimientos; Comprensión de las etapas del proceso de investigación; preguntar a partir de la observación; formulación de hipótesis; buscar evidencia; comunicación de resultados; alfabetización científica.
2do Medio	Los organismos están hechos en base a células. La información genética se transmite de una generación de organismos a la siguiente.	Investigar y argumentar, en base a evidencias, que el material genético se transmite de generación en generación en organismos como plantas y animales.	

Marco curricular 2009			
Programa	Unidad	Aprendizaje esperados	Habilidades del pensamiento científico
1ro Medio	Estructura y función de la célula	Explicar la relación entre el funcionamiento de ciertos órganos y tejidos y las células especializadas que los componen.	Describir el origen y el desarrollo histórico de conceptos y teorías.
2do Medio	Genética y reproducción celular.	Explicar cómo a través de la herencia genética los seres vivos transmite sus características a sus descendientes. Explicar cómo se genera la variabilidad genética entre individuos de una misma especie.	Organizar e interpretar datos y formular explicaciones.
3ro Medio	Organismo, ambiente y sus interacciones: Evolución	Explicar la evolución orgánica, apoyándose en evidencias y en conceptos genéticos y ambientales.	Procesar e interpretar datos de investigación científica.

❖ TERMINOLOGÍA CLAVE

Evolución, folato, evolución humana, melanina, selección natural, piel, radiación ultravioleta (UV), vitamina D.

❖ CONOCIMIENTOS PREVIOS

Sería útil que los estudiantes tuvieran una comprensión previa sobre evolución y selección natural.

❖ TIEMPO SUGERIDO

Esta actividad está diseñada para completarse en un período de clase de 90 minutos, aunque puede tomar más tiempo dependiendo de la cantidad de discusión. La duración del cortometraje es de 18:57 minutos, por tanto se debe contemplar si ese tiempo es continuo o se trabajará en secciones de tiempo (como se muestra en la guía

del cortometraje). Además depende del uso que se dará a la guía, ya que si es una tarea para la casa o como una actividad de cierre de unidad, como también si se trabajará de forma individual o grupal.

❖ SUGERENCIAS PARA EL DOCENTE

Usted puede proyectar cada sección del cortometraje en clase y responder las preguntas que puedan tener los estudiantes después de cada sección Luego, los estudiantes pueden trabajar en forma individual o en pequeños grupos para examinar las imágenes y responder las preguntas de la lección.
Otra opción sería proyectar las imágenes y examinarlas en conjunto con la clase, y luego permitir que los estudiantes respondan a las preguntas en forma individual.

ACTIVIDADES

❖ FOCALIZACIÓN

Te has puesto a pensar que sin importar donde nacemos, la sangre es roja, el cerebro es gris y los huesos blanquecinos **¿Por qué las personas nos diferenciamos de otras por el color de la piel?**

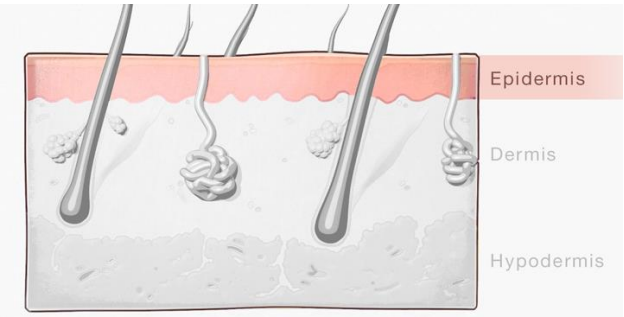
Yo creo que (predicción)

_____
_____
_____

Porque_____
_____
_____

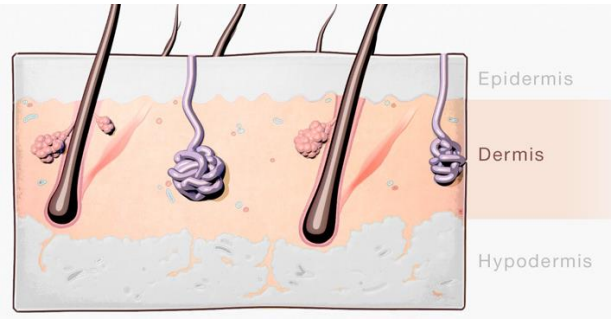
❖ EXPLORACIÓN

1. Observa las siguientes imágenes de las diferentes capas de la piel.

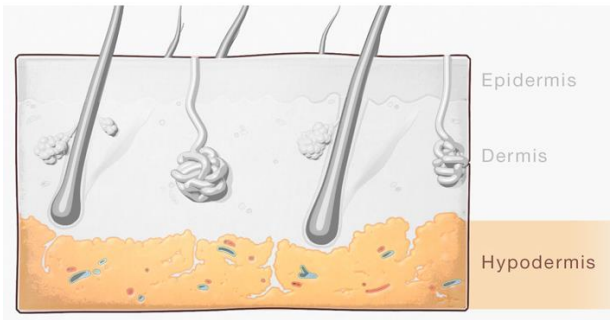


La **epidermis** protege al cuerpo de los elementos, como el viento y la radiación ultravioleta (uv). También sirve como una barrera para mantener las bacterias y los virus fuera.

Otra función importante de la epidermis es producir **vitamina D** La mayoría de las células en la epidermis son **queratinocitos**. Otros tipos de células incluyen **melanocitos** que producen el pigmento melanina y diferentes tipos de células inmunes que defienden el cuerpo contra la infecciones.



La **dermis** contiene vasos sanguíneos, vasos linfáticos, folículos pilosos, glándulas sudoríparas, glándulas oleosas y terminaciones nerviosas. Su función es suministrar a la epidermis **oxígeno, nutrientes de la sangre y regular la temperatura corporal**.



La **hipodermis**, que contiene células adiposas, funciona principalmente para aislar el cuerpo, proporcionando un relleno protector alrededor de los órganos internos y almacenar energía.

Junto a tu grupo relaciona cada imagen con la lectura correspondiente.

Luego une con una línea las imágenes y las lecturas. (Se muestran como debieron haber sido relacionadas.)

Responde:

a. ¿Por qué las células deben diferenciarse si pertenecen a un mismo órgano: la piel?
Los estudiantes debiesen relacionar función y estructura celular.

b. ¿Cuál es la capa de tejido que podría provocar las diferencias del color de la piel entre las personas? ¿Por qué lo crees así? Discute con tu grupo y fundamenten su respuesta.
La epidermis. Los estudiantes debiesen relacionar función y posición de la capa de tejido.

c. ¿Una persona que es de tonos claros bronceada tiene el mismo beneficio de protección que una persona de piel con pigmentación más oscura natural? Discute y Fundamenta la respuesta.
Explique que aunque dos tonos de piel similares (uno natural y otro por bronceado) pueden absorber y dispersar radiación nociva de la misma manera en la superficie, existen dos diferencias notables. Primero, la melanina que absorbe radiación UV en la piel constitutivamente oscura está presente en células más profundas de la epidermis, en lugar de estar solo cerca de la superficie, como ocurre en la piel temporalmente bronceada; por lo tanto, la piel constitutivamente oscura brinda un mayor beneficio protector. Segundo, la exposición continua a la radiación UV que se requiere para mantener la piel bronceada puede generar envejecimiento prematuro debido al daño a largo plazo de las proteínas estructurales que otorgan a la piel su resistencia y resiliencia.

d. Desarrolla una explicación para el color los diferentes colores de cabello; rubio, café, negro y pelo canoso. Básate en la combinación de los pigmentos de melanina.
Explique que las proporciones de los dos tipos de melanina son responsables de todos los colores de cabello. Por ejemplo, el cabello amarillo (o rubio) es el resultado de una pequeña cantidad de eumelanina marrón. El cabello rojo resulta de una pequeña cantidad de eumelanina marrón mezclada con feomelanina principalmente roja. El cabello gris o blanco resulta de una ausencia de melanina que ocurre cuando los melanocitos en los folículos pilosos dejan de producir melanina como resultado del proceso de envejecimiento. (Puede complementar la respuesta después de ver el video.)

e. Observa con atención el cortometraje La biología del color de la piel.

- **Parte 1: ¿Existe una conexión entre la radiación UV y el color de la piel?**

1. Describa la relación entre el Índice UV (la barra de colores en la Figura 1) y la latitud (eje y).

La radiación UV es más intensa en el ecuador y menos intensa en los polos. Los estudiantes también podrían decir que la intensidad es máxima a latitudes más bajas y disminuye a medida que aumenta la latitud.

2. ¿Cómo se explica la relación entre el Índice UV y la latitud? (En otras palabras, ¿por qué varía la intensidad de radiación UV en función de la latitud?)

La respuesta tiene que ver con el ángulo de la Tierra con respecto al sol. Las latitudes cerca del ecuador reciben luz solar directa durante todo el año. Las latitudes cercanas a los polos reciben luz solar a un ángulo oblicuo, lo que significa que la misma cantidad de radiación queda repartida sobre un área mayor que en el ecuador.

3. Encuentre su ubicación aproximada en el mapa. ¿Cuál fue el valor del Índice UV en su estado o país en aquella fecha en septiembre?

Las respuestas variarán dependiendo de la ubicación. La mayoría de los estados en Estados Unidos tienen un índice de UV de entre 4 y 6.

4. Observe las regiones que reciben la radiación UV más intensa (rosado claro). Cite una evidencia específica del mapa que indique que además de la latitud, existe otro factor que contribuye a la intensidad de radiación UV en esa fecha.

El índice UV en los Andes y los Himalayas es mayor de lo esperado, lo que constituye evidencia de que la intensidad de radiación UV aumenta con la altitud. Los estudiantes también podrían decir que podría haber menor cobertura de nubes o mayor humedad. Todas estas respuestas son aceptables.

5. En la película, la Dra. Jablonski explica que la melanina, que se encuentra en la capa superior de la piel humana, absorbe radiación UV, lo que protege a las células contra los efectos dañinos de la luz UV. La genética determina el tipo de melanina (es decir, eumelanina marrón/negra o feomelanina roja/amarilla) y la cantidad de melanina presente en las células de un individuo.

Basándose en esta información, escriba una hipótesis sobre en qué lugar del mundo esperaría encontrar poblaciones humanas con pigmentación de piel más oscura o más clara (es decir, diferentes cantidades de melanina).

Las respuestas variarán, pero los estudiantes podrían predecir que se encontrarían poblaciones con piel más oscura (o con más eumelanina) en

regiones con radiación UV más intensa. Por lo tanto, las poblaciones en las zonas ecuatoriales tendrían la piel más oscura (con más eumelanina) y las poblaciones en latitudes mayores tendrían piel más clara (con menos eumelanina).

6. Explique cómo se podría evaluar la hipótesis de la pregunta 5.

Se podría medir el color medio de la piel de personas en diferentes regiones del mundo y compararlo con la intensidad media anual de radiación UV.

7. ¿Por qué cree que la reflectancia se mide en la parte interior del brazo de una persona?

Por lo general el brazo interior no se encuentra afectado por factores ambientales (por ejemplo, no se broncea).

8. Describa la relación entre la reflectancia de la piel (eje y) y la latitud (eje x). Considere tanto la dirección como la pendiente de la curva.

La reflectancia de la piel aumenta a medida que nos desplazamos hacia el norte o el sur del ecuador. Esto significa que la piel es más oscura cerca del ecuador y más clara a medida que nos alejamos hacia el norte o sur.

9. ¿Respaldan estos datos la hipótesis que planteó en la pregunta 5? Justifique su respuesta.

Este gráfico indica que las personas de piel más oscura (personas con más eumelanina en la piel, que refleja menos luz visible) tienden a vivir cerca del ecuador, donde la intensidad de la radiación UV es mayor. Las respuestas de los estudiantes pueden variar en cuanto a si los hallazgos respaldan la teoría que plantearon en la pregunta 5.

10. Basándose en sus conocimientos hasta el momento sobre pigmentación de la piel, proponga un mecanismo mediante el cual la intensidad de la radiación UV podría ejercer presión selectiva sobre la evolución del color de la piel humana. En otras palabras, proponga una hipótesis que vincule el color de la piel con la aptitud biológica.

Los estudiantes pueden proponer que la melanina protege a la persona contra el cáncer de piel. Aunque sea cierto, esto puede no justificar la selección de piel oscura. Esto se aclarará en el próximo segmento de la película. La melanina además protege al folato en circulación, al evitar que la radiación UV lo descomponga.

- **Parte 2: ¿Cuál fue la presión selectiva?**

11. ¿Qué significa que un rasgo, tal como el color claro de la piel, esté bajo selección negativa en África ecuatorial? Relacione la presión selectiva negativa con lo que sabemos acerca de la diversidad del gen MC1R en poblaciones africanas.

Significa que hay selección en contra de esta característica (el color claro de piel). Se encontró que entre personas de etnicidad africana existe muy poca variación en los alelos de *MC1R*; casi todas las personas poseen el alelo asociado con piel oscura. Existe selección contra cualquier alelo de *MC1R* que no codifique para piel oscura.

12. ¿Por qué la Dra. Jablonski descarta la hipótesis de que la protección contra el cáncer de piel haya ejercido presión selectiva para la evolución de piel más oscura en nuestros antepasados humanos?

Porque el cáncer de piel, por lo general, no se presenta sino hasta pasada la época de máximo potencial reproductivo de una persona. Para que una característica sea afectada por la selección natural, debe ejercer un efecto sobre la capacidad de supervivencia y transmisión de genes del individuo.

13. Vuelva a considerar la hipótesis que planteó en la Pregunta 10. Basándose en la información con la que cuenta ahora, ¿la hipótesis parece más o menos probable que cuando la propuso? Justifique su razonamiento con evidencia.

Las respuestas variarán. Si el estudiante había propuesto la hipótesis de que la protección contra el cáncer de piel ejerció presión selectiva, a partir de esta información puede que quiera reconsiderar su hipótesis.

14. Describa la relación entre los niveles de folato y la exposición a la radiación UV. Utilice datos específicos del gráfico para justificar su respuesta.

El grupo expuesto a la radiación UV tiene menos folato en suero. La concentración media para el grupo de "normales" era de aproximadamente 7 ng/mL y la concentración media para el grupo de "pacientes" era de aproximadamente 4 ng/mL.

15. La Dra. Jablonski dice que al descubrir que niveles bajos de folato están relacionados con defectos congénitos graves, tuvo un "momento Eureka". Explique qué quiere decir con esto.

La Dra. Jablonski vio una relación entre fenotipo (color de piel), ambiente (intensidad UV) y aptitud (niveles de folato bajos, riesgo de defectos congénitos y bajos recuentos de espermatozoides). Esta relación ofrece una hipótesis alternativa para la presión selectiva que impulsó la evolución de la piel más oscura.

16. Basándose en esta nueva información, revise su hipótesis para explicar la presión selectiva que actuó sobre la evolución del color de la piel en humanos.

La mayor cantidad de eumelanina en la piel más oscura protege al folato contra la descomposición por radiación UV y, por lo tanto, aumenta la aptitud en poblaciones que viven en zonas con alta intensidad de radiación UV.

17. ¿Pueden los efectos de la luz UV sobre el folato explicar toda la variación en el color de piel que existe en las poblaciones humanas actuales? Explique su razonamiento.

La protección contra la destrucción del folato puede explicar la presión selectiva a favor de la evolución de la piel más oscura. Sin embargo, no explica por qué existe variación en el color de la piel humana. ¿Cuál es la presión selectiva para la evolución de una piel más clara?

- **Parte 3: ¿Por qué no todos los humanos tenemos piel oscura?**

18. Basándose en estos datos ¿qué poblaciones tienen menor probabilidad de sintetizar niveles suficientes de vitamina D? Explique su respuesta con datos del cuadro.

Las personas con piel oscura tienen menor probabilidad de contar con suficiente vitamina D. No pueden producir suficiente vitamina D, independientemente del lugar donde viven. Las personas con piel moderadamente oscura pueden sintetizar suficiente vitamina D si viven cerca del ecuador.

19. ¿Cómo respaldan estos datos la hipótesis de que la evolución de colores más claros de piel se vio impulsada por la selección a favor de la producción de vitamina D?

Los individuos con piel más clara tienen mayor capacidad de síntesis de vitamina D, en particular a latitudes mayores. Esto significa que la piel clara aumenta la aptitud en zonas alejadas del ecuador.

20. En el caso de una persona que vive lejos del ecuador, el riesgo de deficiencia de vitamina D ¿sería uniforme o variaría a lo largo del año? En caso de que variara ¿de qué manera variaría? Explique su razonamiento.

La intensidad de la radiación UV varía con las estaciones. Una persona tendría mayor riesgo de deficiencia de vitamina D durante el invierno, cuando la radiación UV es menos intensa.

21. Los niveles de vitamina D y folato en sangre se ven afectados por la luz UV. Describa los efectos previstos al usar una cabina de bronceado (que expone la piel a luz UV) sobre los niveles de estas dos vitaminas en sangre.

Usar una cabina de bronceado aumentaría la cantidad de vitamina D en circulación y reduciría los niveles de folato. Además, puede aumentar el riesgo del individuo de desarrollar cáncer de piel.

22. Basándose en todo lo que aprendió hasta el momento, proponga una explicación de cómo evolucionaron los diferentes colores de piel, desde el blanco-rosáceo hasta el marrón oscuro, a lo largo de la historia humana.

Las pieles más oscuras evolucionaron porque proporcionaron mayor aptitud en poblaciones humanas antiguas que vivían en África ecuatorial. La piel más oscura protege al folato en circulación. Algunas poblaciones humanas emigraron de África hacia lugares con menor intensidad de radiación UV. En estos lugares, hubo selección para piel más clara, lo cual permitió mayor penetración de radiación UV para la síntesis de vitamina D.

En consecuencia, la evolución de la variación de color en la piel humana se debe a un punto de equilibrio entre la necesidad de protección contra la radiación UV para mantener niveles de folato en circulación y la necesidad de cierta cantidad de radiación UV para prevenir la deficiencia de vitamina D.

❖ *REFLEXIÓN (ANÁLISIS) Y APLICACIÓN*

- **Parte 4: ¿Cómo se ve afectada nuestra salud por migraciones recientes?**

*23. Describa las tendencias visibles en los datos. ¿Cuál subpoblación (género, raza/etnicidad) tiene **mayor** riesgo de sufrir deficiencia de vitamina D? ¿Cuál subpoblación tiene **menor** riesgo de sufrir deficiencia de vitamina D?*

Los negros no hispánicos tienen los niveles más bajos de vitamina D, tanto a nivel global como en hombres y mujeres por separado. Los blancos no hispánicos tienen los mayores niveles de vitamina D, tanto globales como en varones y mujeres por separado. La subpoblación con mayor riesgo de deficiencia de vitamina D es la constituida por mujeres negras no hispánicas. La subpoblación con menor riesgo de deficiencia de vitamina D es la constituida por hombres blancos no hispánicos.

24. ¿Cuál es una de las consecuencias para la salud de migraciones humanas recientes?

Una consecuencia es que el color de piel de las personas puede no ser el más apropiado para la intensidad de radiación UV que existe en el lugar donde viven.

❖ ***EVALUACIÓN***

25. La exposición continua a la radiación UV que se requiere para mantener la piel bronceada puede generar envejecimiento prematuro debido al daño a largo plazo de las proteínas estructurales que otorgan a la piel su resistencia y resiliencia. ¿Qué molécula de la célula se ve afectada por esta radiación?, ¿Qué provoca que la piel se vea envejecida?

El daño al ADN se produce mucho antes de que se pueda observar la respuesta de bronceado, y que evidencia reciente sugiere que es posible que, de hecho, se requiera daño al ADN para iniciar la producción de melanina que genera el bronceado.

26. Los niveles de vitamina D y folato en sangre se ven afectados por la luz UV. Describa los efectos previstos al usar una cabina de bronceado (que expone la piel a luz UV) sobre los niveles de estas dos vitaminas en sangre.

Usar una cabina de bronceado aumentaría la cantidad de vitamina D en circulación y reduciría los niveles de folato. Además, puede aumentar el riesgo del individuo de desarrollar cáncer de piel.

27. Infiere qué es lo que sucede cuando te expones al sol en verano para broncearte varias horas al día, sin protector solar y luego la piel se desprende, ¿Qué capa de la piel está involucrada?, ¿Qué pasa a nivel celular o del tejido que se desprenda?

El motivo es que las células de la epidermis se ven afectadas por la radiación UV resultando tan dañadas que mueren, por lo que se pelan y son sustituidas por células cutáneas nuevas.

28. Reflexiona acerca del color de la piel y la discriminación social. ¿Crees que es una ventaja o desventaja tener la piel de tonos oscuros o claros? Explicita en varios ámbitos.

Los estudiantes deberían entender que las diferentes tonalidades de piel han tenido diferentes efectos sobre la aptitud biológica, en función del lugar en que vivían las personas indígenas. La piel oscura tuvo un efecto positivo sobre la aptitud en ambientes con altos niveles de rayos UV, mientras que la piel más clara tuvo un efecto positivo sobre la aptitud en ambientes con niveles bajos o variables de rayos UV.

Como afirma la Dra. Jablonski en la película: *". . . las características biológicas no son ni buenas ni malas. Son cualidades que han evolucionado porque mejoran las probabilidades de que un organismo sobreviva y transmita sus genes".*
Hoy en día, se sabe que existen diferencias entre poblaciones humanas en términos de características visibles, como el color de la piel y los ojos, y de otras características, como la susceptibilidad a las enfermedades. Pero cuando se considera el espectro completo de variaciones teniendo en cuenta muchas características, no existe evidencia de que haya razas humanas discretas. En otras palabras, no existen "paquetes" establecidos de características que constituyan una raza humana.

AUTORES
Esta lección es una adaptación del caso “The Evolution of Human Skin Color” por la Dra. Annie Prud’homme-Généreux publicado por el National Center for Case Study Teaching in Science.
http://sciencecases.lib.buffalo.edu/cs/collection/detail.asp?case_id=584&id=584
Corregido por Laura Bonetta, PhD, HHMI, Melissa Csikari, HHMI, y Stephanie Keep, asesora.
Revisado por Annie Prud’homme-Généreux, PhD, Quest University, Canadá.
Adaptación Chile:
Karin González Allende, Profesora de Biología y Cs. Naturales. Académica DEP, Facultad de Filosofía y Humanidades, U Chile.
Colaboración y edición Ma. Fernanda Álvarez, Profesora de Biología y Cs. Naturales, Asesora Pedagógica BNI