**EL COLOR DE LA PIEL HUMANA: EVIDENCIA DE SELECCIÓN****INTRODUCCIÓN**

Nuestros parientes primates más cercanos tienen piel pálida debajo del pelaje oscuro, pero la piel humana presenta diversas tonalidades, desde blanco rosáceo hasta marrón oscuro. ¿Cómo surgió esta variación? La selección natural ha dado origen a muchas características biológicas. Para determinar si la variación en el color de la piel humana es el resultado de la evolución mediante selección natural, los científicos buscan patrones que revelen una asociación entre diferentes versiones de esta característica y el ambiente. Luego, buscan presiones selectivas que podrían explicar esta asociación.

En esta lección, explorará parte de la evidencia de selección a través del análisis de datos y la observación de la película *La biología del color de la piel (The Biology of Skin Color)* (<http://www.hhmi.org/biointeractive/biology-skin-color>), en la que participa la antropóloga Dra. Nina Jablonski. En la Parte 1 de esta lección, descubrirá el factor ambiental que se correlaciona con la variación en el color de la piel en diferentes partes del mundo. En las Partes 2 y 3, logrará comprender las presiones selectivas específicas que han influenciado la evolución de esta característica. Por último, en la Parte 4, investigará de qué manera las migraciones humanas modernas generan discordancia entre la biología y el ambiente.

**PROCEDIMIENTO**

Lea la información en las Partes 1 a 4, mirando los segmentos indicados de la película. Responda las preguntas en cada sección antes de pasar a la siguiente.

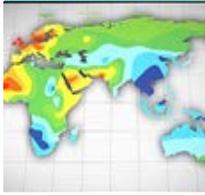
**PARTE 1: ¿Existe una conexión entre la radiación UV y el color de la piel?**

Proyecte la película desde el inicio hasta el minuto 5:49. Ponga en pausa cuando la Dra. Nina Jablonski pregunte: "¿Hay una conexión entre la intensidad de la radiación UV y el color de la piel?".

En este segmento de la película, la Dra. Jablonski explica que el sol emite energía en un amplio espectro de longitudes de onda. En particular, menciona la luz visible y la radiación ultravioleta (UV), la cual no vemos ni sentimos. (Las longitudes de onda que sentimos como calor se encuentran en una porción del espectro llamada infrarrojo.) La radiación UV tiene menor longitud de onda y mayor energía que la luz visible. Tiene efectos tanto positivos como negativos sobre la salud humana, tal como se muestra en esta película. El nivel de radiación UV que alcanza la superficie de la Tierra puede variar en función de la hora del día, la época del año, la latitud, la altitud y las condiciones climáticas.

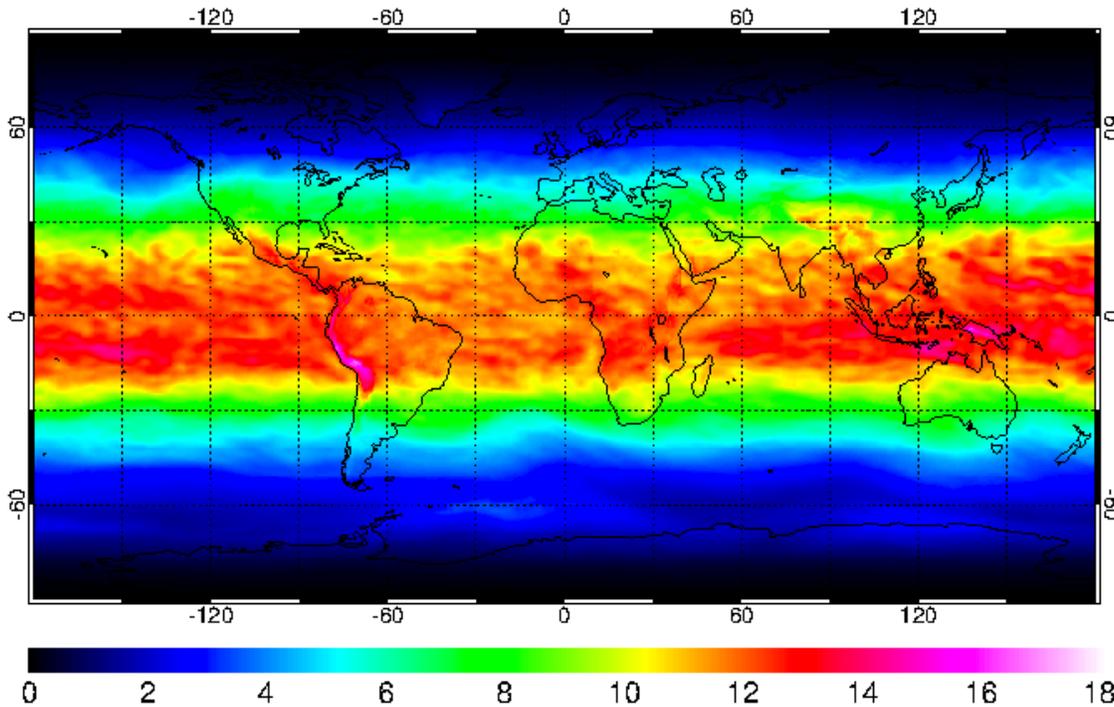
El Índice UV es una escala estandarizada que indica la intensidad de radiación UV en cualquier momento y ubicación en el globo terráqueo; cuanto mayor es el número, mayor es la intensidad.

Examine la Figura 1 y responda las Preguntas 1 a 6.



Erythemal UV index  
KNMI/ESA

Clear-sky  
24 September 2015



**Figura 1. Índice de radiación ultravioleta en todo el mundo.** Los colores en este mapa del mundo representan los valores del Índice Ultravioleta (UV) en un día determinado: septiembre 24 de 2015. El Índice UV es una escala estandarizada de intensidad de radiación UV que va de 0 (intensidad mínima) a 18 (intensidad máxima). Los valores del eje y son grados de latitud, que van desde el ecuador (0°) hasta los polos (90° norte y -90° sur). Los valores del eje x son grados de longitud, que van desde el primer meridiano (0°) hasta el antimeridiano (180° este y -180° oeste). (Fuente: [European Space Agency, http://www.temis.nl/uvradiation/UVindex.html](http://www.temis.nl/uvradiation/UVindex.html).)

### PREGUNTAS

#### PARTE 1: Interpretación de la Figura

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

---



---



---

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?)

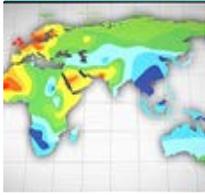
---



---



---



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?  

---

---
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.  

---

---

---
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).  

---

---

---

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

---

---

---

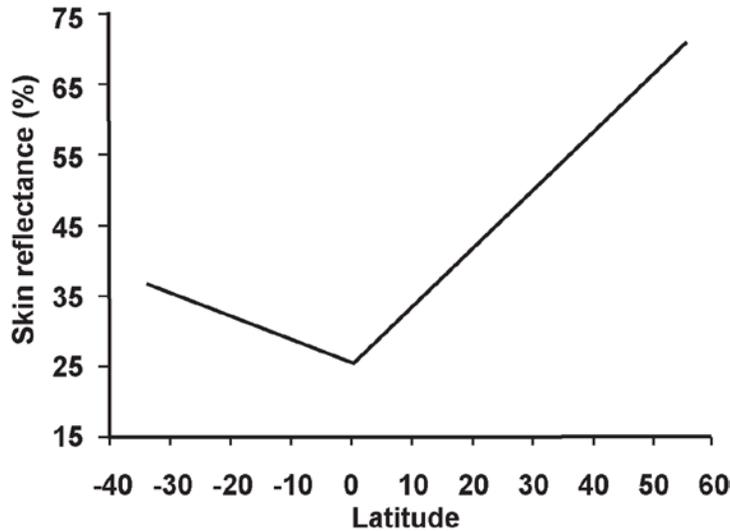
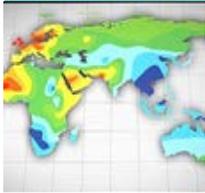
---

**PROCEDIMIENTO**

**PARTE 1 (continuación)**

Ahora veamos otra imagen relacionada con el color de la piel. Una manera de medir el color de la piel es en base a su reflectancia. Se puede iluminar una porción de la piel (por lo general en el interior del brazo) con luz visible y medir cuánta luz se refleja. La piel oscura refleja menos luz visible que la piel clara. Por lo tanto, cuanto menor sea el valor de reflectancia, más oscura será la piel.

Examine la Figura 2 y responda las Preguntas 7 a 9.



**Figura 2. Relación entre la reflectancia de la piel y la latitud.** Esta imagen muestra cómo cambia la reflectancia de la piel en función de la latitud. Las latitudes negativas están al sur de ecuador (0°) y las latitudes positivas están al norte del ecuador. Para elaborar este gráfico, se combinaron datos disponibles de reflectancia obtenidos de múltiples fuentes. Todos los datos combinados se obtuvieron usando un reflectómetro con una emisión de 680 nanómetros (es decir, una longitud de onda de luz visible) colocado en la zona interior del brazo. (Fuente: Panel B de la Figura 2 en Barsh (2003). La leyenda original del gráfico era: "Summary of 102 skin reflectance samples for males as a function of latitude, redrawn from Relethford (1997)." © 2003 Public Library of Science.)

**PREGUNTAS**

**PARTE 1 (continuación)**

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

---

---

---

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.

---

---

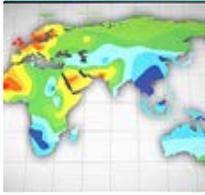
---

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

---

---

---



**PROCEDIMIENTO**

**PARTE 1 (continuación)**

Proyecte la película [La biología del color de la piel \(The Biology of Skin Color\)](http://www.hhmi.org/biointeractive/biology-skin-color) (<http://www.hhmi.org/biointeractive/biology-skin-color>) desde el minuto 5:49 hasta el minuto 9:08. Ponga en pausa cuando la Dra. Jablonski dice: "Esto sugiere que la variación en la producción de melanina en la piel humana surgió a medida que las diferentes poblaciones se adaptaban biológicamente a las diferentes condiciones solares en todo mundo."

Después de ver este segmento de la película, responda la Pregunta 10.

**PREGUNTA**

**PARTE 1 (continuación)**

**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.

---

---

---

---

**PROCEDIMIENTO**

**PARTE 2: ¿Cuál fue la presión selectiva?**

Proyecte la película [La biología del color de la piel \(The Biology of Skin Color\)](http://www.hhmi.org/biointeractive/biology-skin-color) (<http://www.hhmi.org/biointeractive/biology-skin-color>) desde el minuto 9:08 hasta el minuto 12:19. Ponga en pausa cuando la Dra. Jablonski dice: "Por eso si bien puede acortar la vida, no es muy probable que afecte la capacidad de las personas de transmitir sus genes".

Después de ver este segmento de la película, responda las Preguntas 11 a 13.

**PREGUNTAS**

**PARTE 2**

**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.

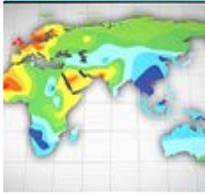
---

---

---

---

---



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?

---

---

---

---

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.

---

---

---

---

### PROCEDIMIENTO

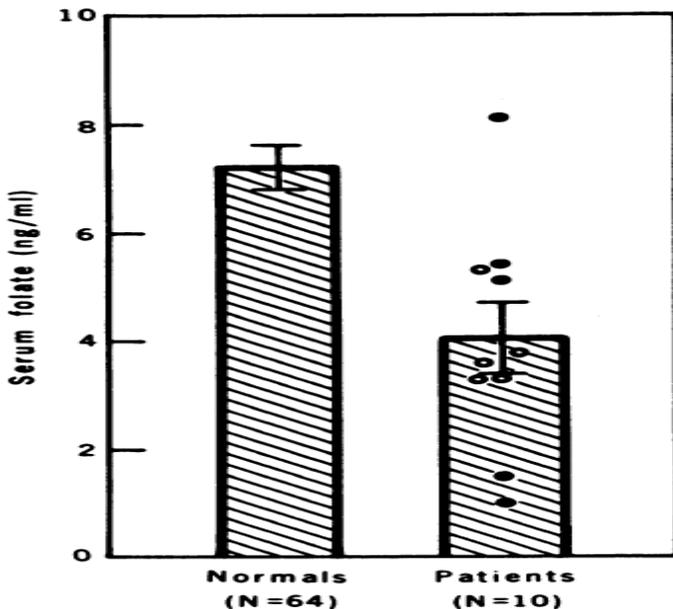
#### PARTE 2 (continuación)

Proyecte la película [La biología del color de la piel \(The Biology of Skin Color\)](http://www.hhmi.org/biointeractive/biology-skin-color)

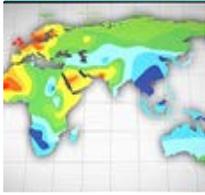
(<http://www.hhmi.org/biointeractive/biology-skin-color>) desde el minuto 12:19 hasta el minuto 13:32. Ponga en pausa cuando la Dra. Jablonski dice: "Esto es lo que hace la melanina".

En este segmento de la película, la Dra. Jablonski menciona un artículo que leyó sobre la conexión entre la exposición a radiación UV y el nutriente esencial folato (una vitamina B) que circula por el cuerpo en la sangre. El artículo, publicado en 1978, describe cómo diferían las concentraciones de folato en suero (sangre) entre dos grupos de personas de piel clara. Verá ahora una de las imágenes de ese artículo.

Examine la Figura 3 y responda las Preguntas 14 a 17.



**Figura 3. Niveles de folato en dos grupos de personas.** En uno de los grupos (los "pacientes", "patients" en inglés), se expuso a 10 individuos a luz UV intensa durante al menos 30–60 minutos una o dos veces por semana durante tres meses. El grupo de control estaba conformado por 64 individuos que no recibieron este tratamiento (los "normales", "normals" en inglés). La diferencia entre los grupos fue estadísticamente significativa ( $p < 0.005$ ). Las barras de desviación representan el error estándar de la media, y "ng/mL" significa "nanogramos por mililitro". Serum folate=folato en suero. (Reproducido con permiso de la American Assn for the Advancement of Science, from Skin color and nutrient photolysis: an evolutionary hypothesis, Branda, RF and Eaton, JW, 201:4356, 1978; permiso transmitido a través de Copyright Clearance Center, Inc.)



**PREGUNTAS**

**PARTE 2: Interpretación de la Figura**

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.

---

---

---

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.

---

---

---

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.

---

---

---

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.

---

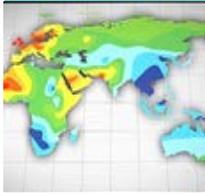
---

---

**PROCEDIMIENTO**

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

Proyecte la película [La biología del color de la piel \(The Biology of Skin Color\)](http://www.hhmi.org/biointeractive/biology-skin-color) (<http://www.hhmi.org/biointeractive/biology-skin-color>) desde el minuto 13:32 hasta el minuto 16:04. Ponga en pausa cuando la Dra. Jablonski dice: " la idea de que la conexión entre los rayos UV y la vitamina D contribuyó a la evolución de pieles más pálidas es consistente con el hecho de que personas indígenas con dietas ricas en vitamina D tienen pigmentación oscura".



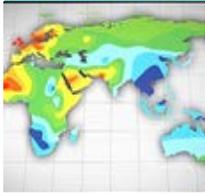
A diferencia de muchos nutrientes esenciales, la vitamina D es producida por el cuerpo humano. Un tipo de radiación UV llamada UVB inicia una cadena de reacciones que convierte al 7-dehidrocolesterol (una sustancia química presente en la piel) en vitamina D. La vitamina D es esencial para la absorción de calcio y fósforo provenientes de los alimentos que consumimos para fortalecer los huesos. También es importante para la salud reproductiva y para el mantenimiento de un buen sistema inmunitario. La cantidad de exposición a UVB necesaria para sintetizar suficiente vitamina D depende principalmente de dos factores: La intensidad de la radiación UVB y el color de la piel. En general, para sintetizar la misma cantidad de vitamina D a determinada intensidad de UV, una persona con piel oscura requiere una exposición a UVB cinco veces mayor que una persona con piel clara.

La Dra. Jablonski y el Dr. George Chaplin publicaron un artículo en el que analizan si la radiación UV alrededor del mundo permitiría a individuos con diferentes colores de piel sintetizar una cantidad adecuada de vitamina D. Los resultados se resumen en la Figura 4 y el Cuadro 1.

Analice la Figura 4 y el Cuadro 1 y responda las Preguntas 18 a 22.



**Figura 4. Comparación de áreas geográficas donde la intensidad media de UVB no sería suficiente para la síntesis de vitamina D en poblaciones con diferentes colores de piel.** En las regiones marcadas con rayas diagonales separadas, la radiación UVB media a lo largo de un año es insuficiente para la síntesis de vitamina D por parte de personas con piel de pigmentación clara, moderada y oscura. En las regiones marcadas con rayas diagonales más cercanas, la radiación UVB media es insuficiente para la síntesis de vitamina D por parte de personas con piel de pigmentación moderada y oscura. En las regiones punteadas, la radiación UVB media a lo largo de un año es insuficiente para la síntesis de vitamina D por parte de personas con piel oscura. (Reimpreso del *The Journal of Human Evolution*, 39:1, Nina G. Jablonski and George Chaplin, The Evolution of Human Skin Coloration, 57-106, Copyright 2000, con permiso de Elsevier.)



Cuadro 1. Referencias para las regiones en la Figura 4.

Pigmentación de la piel	Rayas diagonales separadas	Rayas diagonales más cercanas	Puntos
Clara	No	Sí	Sí
Moderada	No	No	Sí
Oscura	No	No	No

Nota: "Sí" significa que un individuo con esa pigmentación en la piel podría sintetizar suficiente vitamina D a lo largo del año en la región indicada. "No" significa que esa persona no podría hacerlo.

**PREGUNTAS**

**PARTE 3: Interpretación de la Figura**

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

---

---

---

---

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?

---

---

---

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.

---

---

---

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.

---

---

---

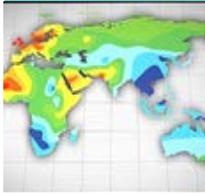
22. Basándose en todo lo que aprendió hasta el momento, proponga una explicación de cómo evolucionaron los diferentes colores de piel, desde el blanco-rosáceo hasta el marrón oscuro, a lo largo de la historia humana.

---

---

---

---



PROCEDIMIENTO

PARTE 4: ¿Cómo se ve afectada nuestra salud por migraciones recientes?

Proyecte la película *La biología del color de la piel (The Biology of Skin Color)* (<http://www.hhmi.org/biointeractive/biology-skin-color>) desde el minuto 16:04 hasta el final.

En este segmento de la película, las doctoras Jablonski y Zalfa Abdel-Malek explican que algunas personas viven en zonas donde sus colores de piel no están bien adaptados a las condiciones ambientales. Un ejemplo de esto es la producción de vitamina D. El nivel recomendado de vitamina D en circulación es de 20 ng/mL (nanogramos por mililitro). Pero, como aprendimos en la Parte 3, la producción de vitamina D se ve afectada por la intensidad de radiación UV y el color de la piel.

La Figura 5 muestra las concentraciones en suero de la vitamina 25(OH)D, que es el tipo principal de vitamina D que circula en sangre. Se tomaron mediciones en residentes de Estados Unidos y se estandarizaron para anular los efectos de peso, edad y otros factores.

Examine la Figura 5 y responda las Preguntas 23 y 24.

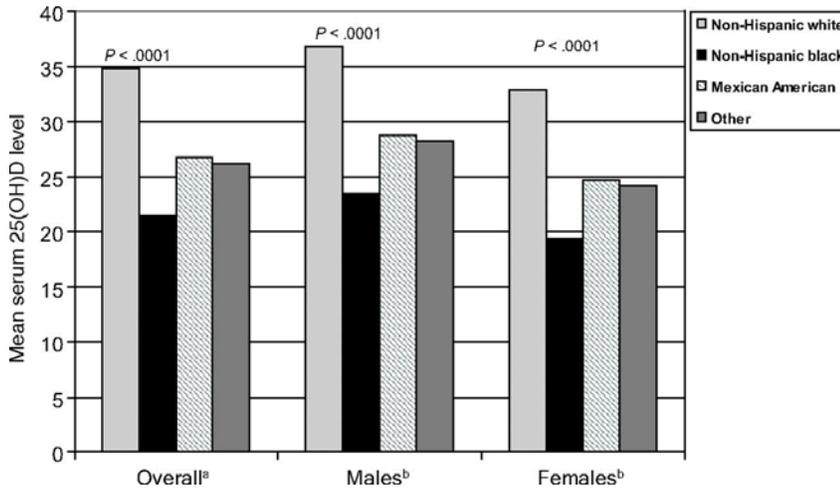


Figura 5. Niveles medios ajustados de 25(OH)D en suero en función de raza/etnicidad y estratificados en función del género (n = 2629). <sup>a</sup>Ajustados por género, edad, peso, educación, ingresos, condición urbana, región; <sup>b</sup> ajustados por edad, peso, educación, ingresos, condición urbana, región. (Reproducido con permiso de *Pediatrics* 123, 797-803, Copyright© 2009 por AAP.) Overall=valores globales, males= varones, females= mujeres, non-hispanic white=blancos no hispanicos, non-hispanic black=negros no hispanicos, Mexican American=Mejicano-americanos, Other=Otro

PREGUNTAS

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?

---

---

---

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

---

---

---