



Lo que se preguntan sus alumnos de 3º de la ESO

Javier Sedano (J)

Jaime Reguart (jreguart)

**Lo que se preguntan
sus alumnos de 3º de la ESO**

Septiembre 2014 – Octubre 2018

A partir de la serie “*Lo que se preguntan sus alumnos de 3º de la ESO*” editada en el blog “*El Cedazo*”.

(<https://eltamiz.com/elcedazo/series/lo-que-se-preguntan-sus-alumnos-de-3o-de-la-eso/>)

Imagen de portada: Marcello Maria Perongini, CC BY-NC-ND 2.0

Licencia CC BY-NC-ND 2.5 ES

El único coste será el exclusivo de edición. Los autores.

INDICE

- I- Introducción 7
- II- ¿Por qué si mezclas un color con otro sale otro distinto? 10
- III- Si en el centro de la galaxia hay un agujero negro, ¿algún día nos tragará? 17
- IV- ¿Por qué nuestro corazón late? 23
- V- ¿Por qué cada una de las plantas de un edificio no se cae al suelo? 28
- VI- ¿Por qué podemos escuchar música, ver películas, etc., a partir de un trozo de plástico (CD, DVD)? 33
- VII- ¿Por qué no se me ocurre ninguna pregunta para el ejercicio del examen de Física y Química? 38
- VIII- ¿Por qué trabajamos con las manos en vez de con los pies? 47
- IX- ¿Por qué estornudamos? 55
- X- ¿Sería posible que los colores no existieran y ser imaginación nuestra? 60
- XI- ¿Por qué los animales no tienen los mismos conocimientos que los seres humanos? 65
- XII- ¿Por qué la superficie de los balones de fútbol está dividida en partes y no es una sola pieza? 75
- XIII- ¿Por qué los extraterrestres no vienen a la Tierra? 80
- XIV- ¿Por qué el Universo es infinito? 84

XV- ¿Cómo sabemos cuándo estamos soñando y cuando estamos despiertos? ¿Cómo distinguir si estamos en un sueño o en la realidad? 89

XVI- Si no existieran ni los planetas, ni la vida, ni las galaxias, ni el universo, etc., ¿Qué habría? ¿Nada? ¿Pero la nada qué es? No hay universo, entonces ¿qué? Y si Dios creó el mundo, ¿él dónde nació? ¿Qué había? 97

XVII- ¿Por qué cuando nos ponemos al sol nos ponemos más morenos? 106

XVIII- ¿Por qué la cebra es blanca y negra a rayas? 114

XIX- ¿Para qué sirven los dedos de los pies? 123

XX- ¿Por qué si ponemos el oído encima de la mesa y damos un golpe por debajo, escuchamos el sonido más fuerte? 134

XXI- ¿Cómo es posible que cuando vamos a acostarnos y pensamos mucho en una hora determinada, después me despierte a esa misma hora sin necesidad de despertador? 140

XXII- ¿Por qué tenemos sentimientos que nos pueden hacer hasta llorar? 148

XXIII- ¿Por qué los camellos y los dromedarios tienen chepas? 157

XXIV- Todo lo que vemos a nuestro alrededor ¿los demás lo ven igual? 163

XXV- ¿Por qué no nos podemos chupar el codo? 170

XXVI - ¿Qué sentido tiene la vida? 175

XXVII - ¿Qué será de nosotros después de la muerte? 182

XXVIII- ¿Cómo se creó la primera estrella? 188

XXIX- ¿Por qué escribimos sobre una hoja en blanco y no sobre una hoja de color azul? 195

XXX- ¿Por qué bebemos agua dulce en vez de salada? 200

XXXI- ¿Cómo podemos saber si hay vida en otro planeta? 209

XXXII- ¿Por qué se sostiene el agua del mar si no está en algún sitio cerrado que no se pueda derramar? 217

XXXIII- ¿Por qué el fuego quema? 225

XXXIV- ¿Cuándo el ácido toca algo y lo va destruyendo, la materia que destruye desaparece o en qué se transforma? 231

I: Introducción *(por J)*

Lorenzo Hernández es un licenciado en química y profesor de secundaria que lleva un montón de años escribiendo un blog sobre divulgación científica llamado Ciencia Online.^[1]

Yo llevo un montón de tiempo siguiendo sus publicaciones y estoy seguro de que, si te gustan El Tamiz y El Cedazo, probablemente te gustará también Ciencia Online.

Pero como esto no es un spot publicitario, supongo que te imaginarás que hay algo más...



Lorenzo Hernández, extraído de la web de Ciencia Online

Lorenzo tiene la fea costumbre de ponerles exámenes a sus alumnos... pero tiene la graciosa costumbre de dejarles también que ellos planteen una pregunta. En sus propias palabras:

Tan sólo les impongo dos reglas para valorarla correctamente:

- *Que no se haya planteado antes en clase.*

- *Y que no se repita en el examen de otro compañero.*

El caso es que a partir de 2011 empezó a compartir las preguntas de los alumnos con nosotros, los lectores de su blog. Y descubrimos que los alumnos no solían hacer preguntas chorras, sino que planteaban cuestiones muy razonables. Lorenzo nunca ha publicado respuestas para ellas, solo nos enseñaba las preguntas; de momento lleva tres ediciones: 2011, 2012 y 2013.

Por otro lado, ya sabéis lo que me gusta a mí largar cada vez que me dan la oportunidad...^[1] así que ¡vamos a responderlas en El Cedazo!

No puedo prometer que cubramos todas las preguntas, porque algunas de ellas son muy difíciles (ya veremos lo que tenemos que estudiar para cubrir algunas de ellas), pero las que respondamos, lo haremos con el tono y conocimientos previos de un estudiante de 3º de la ESO (14-15 años). Eso quiere decir que en algunas no habrá mucha profundidad, porque para explicar el fondo de la cuestión necesitan conocimientos más allá de eso, o incluso más allá de lo que los autores tengamos.

Iréis viendo, también, que no todas las preguntas son científicas, sino que a veces tendremos que abordarlas desde un punto de vista histórico, filosófico... ¡algunos incluso nombran a Dios en la pregunta!

Finalmente, una petición de ayuda: si al leer alguna de las respuestas veis que es incorrecta, corregidnos sin miedo y ya veremos cómo lo hacemos. ¡¿Pero... para qué nos meteremos en estos charcos?!

A ver cómo se nos da.

NOTAS:

1. <https://www.cienciaonline.com/>
2. Trescientas palabras llevo ya y aun no he dicho nada útil.

II: ¿Por qué si mezclas un color con otro sale otro distinto? *(por J)*

Empezamos este libro con la primera de las preguntas del año 2011: “¿Por qué si mezclas un color con otro sale otro distinto?”

Supongo que todos hemos pintado en un papel alguna vez un azul y con amarillo, y vemos que sale un bonito tono verde. O a veces, usando témperas o temple, mezclamos amarillo con rojo y nos sale naranja... ¿por qué ocurre eso?



Dispersión en un prisma (Fizped, cc-by-sa, a través de Wikimedia)

Para empezar a entender por qué ocurre eso debemos saber que la luz blanca está en realidad compuesta de varios colores. Lo que nuestros ojos interpretan como color blanco no es más que todos los demás colores juntos. En la siguiente foto podemos ver cómo la luz blanca, al atravesar un prisma, se descompone en un abanico de colores (que

son precisamente los colores del arcoiris, pues el arcoiris se forma de esta misma manera).

Técnicamente hablando, se dice que cada uno de esos colores tiene una distinta frecuencia (o una distinta longitud de onda, se puede decir en ambas formas). Lo que nuestros ojos interpretan como color blanco no es más que un rayo de luz que tiene toooooodas las frecuencias.

Por lo tanto, podemos entender con facilidad que un rayo de color rojo es uno que contiene solo las frecuencias del rojo, ¿verdad? Lo mismo ocurre con el azul: es un rayo que solo tiene las frecuencias del azul. Y lo mismo con el verde, por ejemplo.

Lo que nosotros interpretamos como un determinado color no es más que nuestros ojos detectando esas frecuencias en distintas combinaciones: si nuestros ojos reciben una determinada combinación de frecuencias decimos que estamos viendo algo violeta y cuando recibimos otra determinada combinación decimos que estamos viendo algo amarillo... y así con todos.

Las células del ojo que detectan esas frecuencias e intensidades de luz se llaman conos, bastones y células glangionales intrínsecamente fotosensibles (sí, menudo nombre), pero no vamos a verlas en detalle. Lo importante es que esas células detectan la luz de distinta forma y luego nuestro cerebro lo combina todo consiguiendo la sensación de “verde”. Pero fíjate el que el papel central lo tiene nuestro cerebro, nosotros, que interpretamos una determinada mezcla de determinadas frecuencias con determinada intensidad como un determinado color.

¿Qué ocurre entonces si mezclamos un rayo que tiene las frecuencias del rojo con otro rayo que tiene las frecuencias del verde? Antes de responder, una nota de cuidado: lo que vas a leer te va seguramente a sorprender, hasta el punto de que vas a creer que estoy mintiéndote. No te estoy mintiendo, es que aun no te he contado algo que te voy a contar más adelante y que probablemente te resultará contraintuitivo.

Atento: cuando mezclo un rayo que tiene las frecuencias del rojo con otro rayo que tiene las frecuencias del verde... tengo un rayo que tiene las dos frecuencias juntas (obviamente)... y nuestro cerebro interpreta eso como... ¡amarillo!

¿Sorprendido?

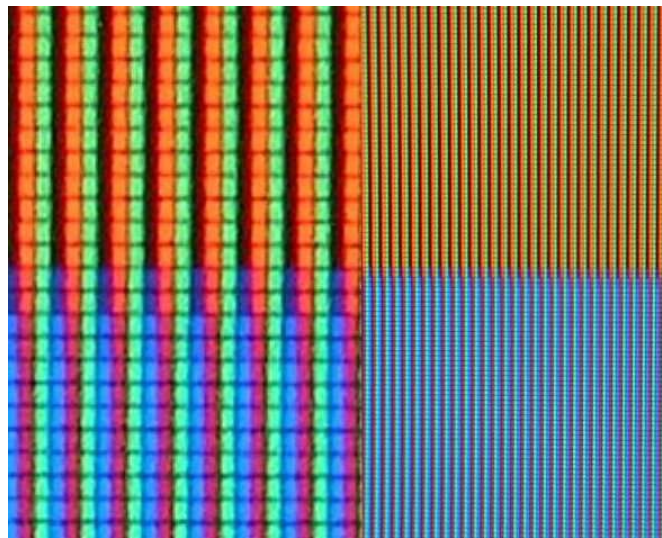
Lo que no te he contado todavía es que hay dos formas de mezclar colores: por adición y por sustracción. La mezcla por sustracción es la más fácil de usar, por ejemplo cuando pintamos con témperas o con ceras; la usamos desde que somos niños. La mezcla por adición, en cambio, es más fácil de explicar desde el punto de vista de la luz. Por eso hemos empezado por ella, y por eso te sorprende que salga amarillo... porque lo que tú has usado desde pequeño es la mezcla por sustracción.

Mezcla por adición

Vamos a ver entonces primero la mezcla por adición.

Busca una tele antigua y acércate mucho a ella. Verás que tienen unas bombillitas de colores rojo, azul y verde. Tiene que ser una tele antigua, porque si es moderna los píxeles

son muy pequeñitos y por mucho que te acerques no los verás.



Píxeles RGB en una televisión (Zureks, cc-by-sa, a través de Wikimedia)

¿Ves esas bombillitas? Esos son los tres colores básicos cuando estamos hablando de mezcla por adición: **rojo**, **azul** y **verde**.^[1]

El siguiente dibujo muestra lo que nuestros ojos ven cuando reciben un rayo que tiene frecuencias de dos o más colores básicos:



Síntesis aditiva de color (Monami, cc-by-sa, a través de Wikimedia)

Así, cuando mezclamos luz roja con luz verde, obtenemos luz amarilla. Al mezclar luz verde con luz azul obtenemos luz cian. Y al mezclar azul con rojo obtenemos magenta. Y al mezclar todos juntos, obtenemos blanco. El resto de colores se obtiene mezclándolos en proporciones distintas: por ejemplo, 3 partes de rojo y 1 parte de verde. Ah, un caso particularmente interesante: el negro es... no mezclar ningún tipo de luz. No es raro, ¿verdad? Cuando estamos en una habitación sin luz lo que vemos al abrir los ojos es... todo negro. Negro es la ausencia de luz.

Esta es la forma en que consiguen todos los colores las televisiones, los monitores de ordenador, algunas tecnologías de cine...

Mezcla por sustracción

La otra forma de conseguir mezclar colores es por sustracción, y estamos mucho más acostumbrados a ella. Pero para entenderla, primero hay que entender un concepto adicional. ¿Qué ocurre cuando estamos en la calle y vemos un coche amarillo? ¿Está el coche emitiendo luz con las frecuencias del amarillo? No exactamente.

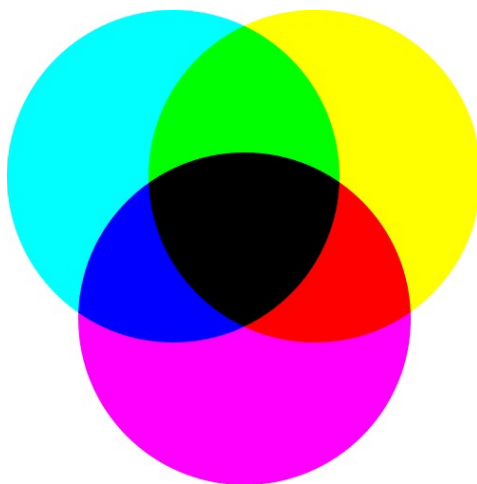
Lo que está ocurriendo en realidad es que del Sol llega una luz que es blanca, es decir tiene todas las frecuencias. El coche está pintado con unos pigmentos que absorben tooodas las frecuencias excepto las del amarillo... que resultan reflejadas... y esas son las que llegan a nuestros ojos, que interpretan esa mezcla concreta de frecuencias como “amarillo”.

¿Entendido hasta aquí?

¿Qué ocurre cuando vemos un coche de color azul cian? Pues lógicamente ocurre lo mismo, solo que las frecuencias que el pigmento cian absorbe son otras distintas que antes. Las frecuencias que nos llegan reflejadas a nuestros ojos son otras combinaciones distintas que nuestros ojos interpretan como cian.

¿Qué ocurre entonces si pintamos el coche mezclando pigmentos amarillos y pigmentos azul cian? Ocurre que absorbe tanto las frecuencias que absorbía el amarillo como las frecuencias que absorbía el cian, siendo reflejadas muy pocas de las frecuencias... precisamente las que nuestro ojo interpreta como verde. Por eso a esta técnica la llamamos “por sustracción”, ya que al ir añadiendo pigmentos, lo que vamos haciendo es eliminar frecuencias reflejadas.

El siguiente diagrama representa las mezclas por sustracción.



Síntesis por sustracción (Mormegil, cc-by-sa, a través de Wikimedia)

Seguro que ahora sí te suena familiar, son las mezclas que has estado haciendo desde pequeño con témperas o acuarelas. Los tres colores básicos de la mezcla por

sustracción son el **amarillo**, el **cian** y el **magenta**. Por ejemplo, cuando mezclas amarillo y magenta sale el rojo. Cuando mezclas rojo y amarillo (es decir, cuando mezclas 1 parte de magenta y 2 de amarillo), sale naranja. Cuando mezclas todos los pigmentos^[2] al final todas las frecuencias resultan absorbidas y lo que llega a nuestros ojos es... nada... y por eso lo vemos negro (bueno, nuestras témperas no eran pigmentos perfectos, así que lo que conseguíamos habitualmente era un gris asqueroso). Y por eso también es imposible mezclar témperas hasta conseguir el color blanco.

Pero ten en cuenta siempre que en este tipo de mezcla lo que estamos haciendo no es mezclar luz, sino mezclar pigmentos. Y recuerda que cada vez que mezclamos pigmentos estamos sustrayendo luz, por eso se llama mezcla por sustracción.

NOTAS DE LA RESPUESTA II:

1. En textos técnicos a este rojo a veces se le llama “anaranjado”.
2. Algo que todos hemos hecho de niños: empezar a mezclar témperas hasta que salía una mierda.

III: Si en el centro de la galaxia hay un agujero negro ¿algún día nos tragará? (por J)

En este capítulo vamos a tratar de contestar otra de las preguntas que se hacen los alumnos de 3º de ESO de Lorénzo Hernández: **“Si en el centro de la galaxia hay un agujero negro, ¿algún día nos tragará?”** (*sic*)

No. Al menos no como estás pensando, si no estoy interpretando mal la pregunta.

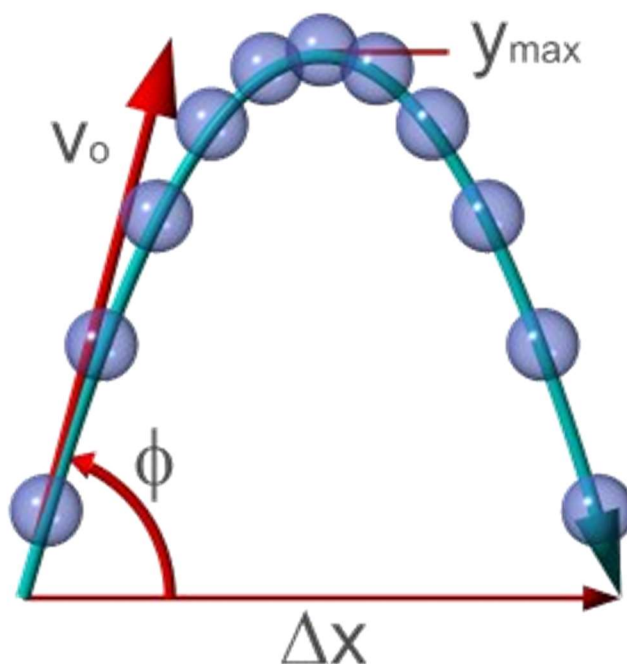


Agujero negro tragándose una nave. Fotograma de “Star Trek XI”, de Paramount

La imagen que tenemos de un agujero negro tragándose todo lo que se acerca es muy cinematográfica, pero no es más que una licencia artística. La realidad es un poco más compleja.

Para empezar a entenderlo, hay que explicar primero lo que es un agujero negro. Vamos a empezar muy cerca, en cualquier parque de nuestra ciudad.

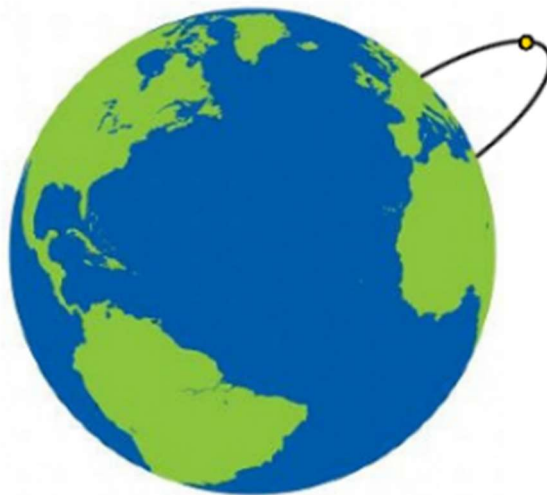
Imagina que lanzas hacia arriba una pelota de tenis. ¿Qué le ocurre a la pelota? La pelota subirá unos cuantos metros, irá perdiendo velocidad hasta pararse y luego caerá hasta volver al suelo. Fácil, ¿verdad? Probablemente has estudiado en el colegio el “tiro parabólico”: “una pelota sale disparada hacia arriba con velocidad inicial V_i y con un ángulo A ; describe el movimiento que realiza” o “calcula a qué distancia cae” o bien “¿qué altura máxima alcanza?”.



Movimiento parabólico (cc-by-sa, Iradigalesc a través de Wikimedia)

Si recuerdas esos ejercicios, probablemente recuerdes que suponíamos que la atracción gravitatoria de la Tierra sobre la pelota era constante a lo largo de todo el trayecto. Eso es una suposición razonable cuando la velocidad inicial no es muy grande, pero si la velocidad inicial es lo bastante grande, lo que ocurre es que según se va alejando la pelota la fuerza de la gravedad cada vez es menor: al alejarse, la Tierra también frena la subida de la pelota, pero cada vez lo hace con menos fuerza, cada vez la frena menos. En ese

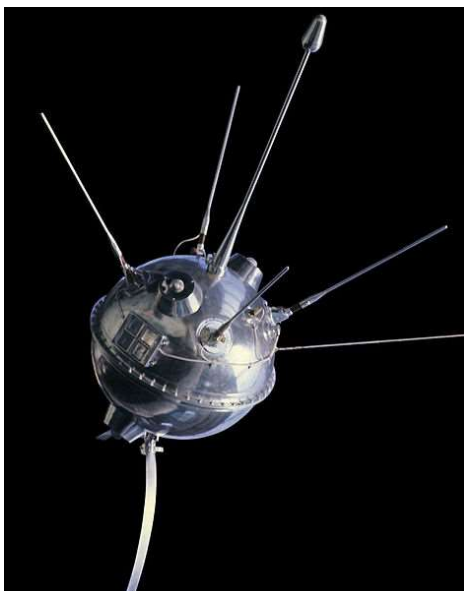
caso, el movimiento que realiza la pelota ya no es parabólico, sino elíptico (aunque para esta explicación poco nos importa eso; lo importante es el concepto).



Supongo que te parece evidente que ese efecto es más notable cuanto mayor es la fuerza con que tiramos la pelota: si la tiramos con poca velocidad inicial, subirá un par de metros y ese efecto de variación de la gravedad apenas se notará. Si la tiramos con todas nuestras fuerzas, la pelota subirá unos cuantos metros, quizá algunas decenas de metros... y a esa distancia, la variación de la atracción gravitatoria también es despreciable. Pero ¿y si la tiramos con un cañón? ¿O con un cohete? ¿Si consiguiéramos lanzar la pelota a 1000 km/h se notaría ya el efecto? Efectivamente, si lanzamos la pelota a 1000 km/h ya se nota ese efecto.

Pero eso nos puede hacer surgir otra pregunta: si la lanzamos aún más rápido, la pelota subirá mucho, tanto que la atracción gravitatoria se haga muy muy muy débil. ¿Puede llegar a ocurrir que la lancemos con tanta velocidad inicial que la pelota ya no llegue a caer? Sí, puede. A ese concepto se le llama **velocidad de escape**. La velocidad de

escape de la Tierra es de 11,2 km/s (unos 40320 km/h), así que te imaginarás que no podemos lanzar una pelota tan fuerte... Pero sí que podemos, usando cohetes, lanzar objetos a esas velocidades.



Luna 1, el primer objeto artificial que alcanzó la velocidad de escape de la Tierra (RIA Novosti archive, image #510848 / Alexander Mokletsov / CC-BY-SA 3.0)

Y si en vez de en la Tierra estuviéramos en otro cuerpo celeste, ¿sería distinta la velocidad de escape? Sí, lo sería. Por ejemplo, la velocidad de escape de la Luna es de 2,4 km/s y la de Marte es de 5 km/s. La fórmula general es:

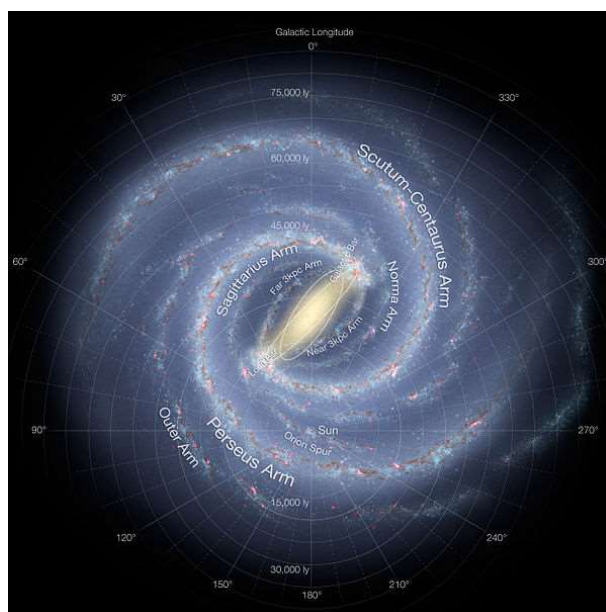
$$\sqrt{\frac{2GM}{r}}$$

Siendo G la Constante de Gravitación Universal, M la masa del cuerpo del que estamos saliendo (la Tierra, Marte, ...) y r la distancia hasta el centro del cuerpo en cuestión. Así, cuanta más masa tiene un cuerpo, mayor es su velocidad de escape. Por ejemplo, el Sol es muchísimo más grande que la Tierra, así que su velocidad de escape es mucho mayor: 617,5 km/s. Si estuviéramos con una nave espacial en la

superficie del Sol, necesitaríamos una velocidad de 617,5 km/s para escapar de su atracción gravitatoria.

Ahora imagina que en lugar del Sol estuviéramos hablando de una estrella aún más grande,^[1] como por ejemplo Aldebarán. Su velocidad de escape sería incluso mayor que la del Sol. ¿Y si fuera una estrella muchíiiiiiiiiisimo más grande que Aldebarán? Aún más grande.

¿Existe un límite? Sabemos que hay una velocidad máxima: **la velocidad de la luz**. Nada puede ir más rápido que la luz. Imagina entonces que hubiera una estrella que fuera tan inmensamente grande que su velocidad de escape fuera mayor que la propia velocidad de la luz... nada podría salir de ella. Ni siquiera la luz. La luz va, obviamente, a la velocidad de la luz, pero es que la velocidad de escape de esa estrella que nos estamos imaginando es incluso mayor que dicha velocidad de la luz, por lo que ni siquiera la luz puede escapar de la atracción gravitatoria de esa estrella imaginaria...



Vía Láctea, visión artística anotada (NASA, dominio público)

Bueno, pues eso no es imaginario: exactamente eso es un agujero negro. Un agujero negro es una estrella que es taaaaaaaan masiva, que ni siquiera la luz puede escapar de ella.

Entendido eso, entenderás por qué el agujero negro del centro de la Vía Láctea no es una cosa catastrófica que vaya a acabar comiéndose toda la galaxia. No, es nada más (y nada menos) que la enorme “estrella” que hay ahí en el centro, alrededor de la cual da vueltas toda la Vía Láctea.

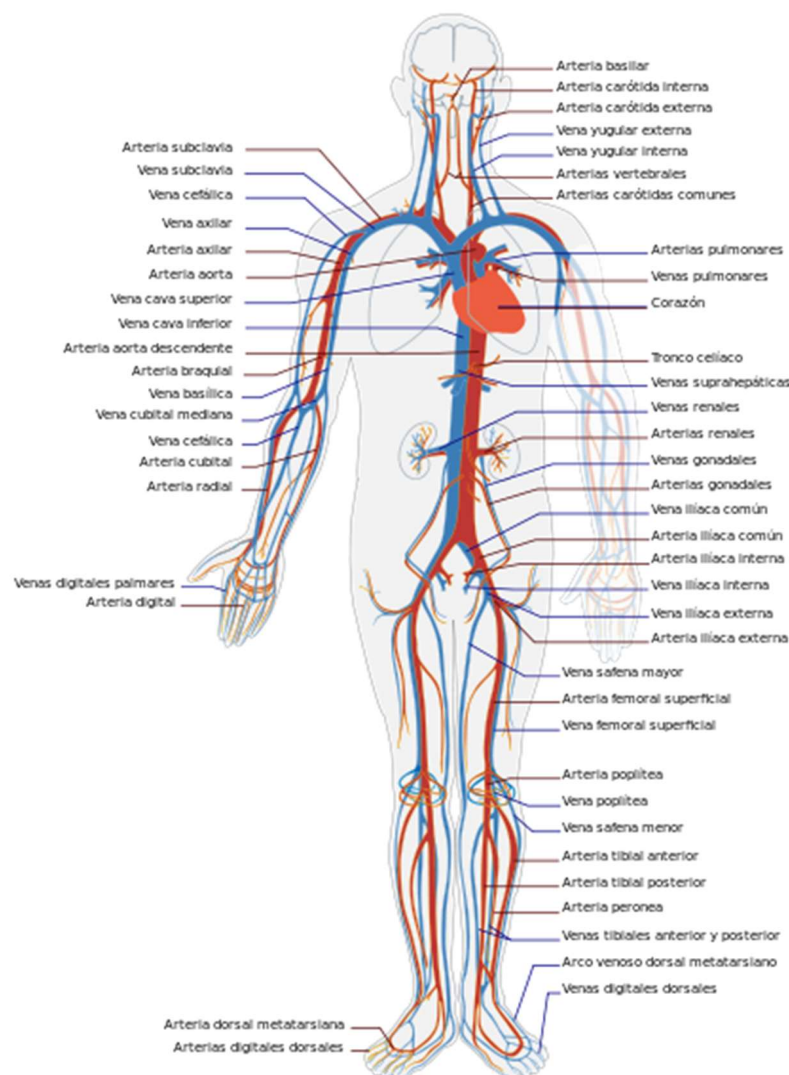
NOTAS DE LA RESPUESTA III:

1. En realidad no tiene por qué ser una estrella, esto es un concepto matemático, así que se aplica a cualquier cuerpo, sea una estrella, un planeta, un satélite o cualquier cosa, pero en la práctica solo las estrellas son taaaaaaaan grandes.

IV: ¿Por qué nuestro corazón late? *(por J)*

Vamos a cubrir hoy otro de los temas que los alumnos de 3º de la ESO le preguntan a Lorenzo Hernández: “**¿Por qué nuestro corazón late?**”

Supongo que a estas alturas de la película conoces perfectamente el sistema circulatorio:



Aparato circulatorio (Edoardo, dominio público, a través de Wikimedia)

La sangre se utiliza para llevar nutrientes de los órganos que los producen,^[1] como pueden ser los pulmones o el aparato digestivo, a los órganos que los consumen, que son todos los demás. A la vez, se lleva los productos de desecho hacia los órganos que el cuerpo utiliza para deshacerse de ellos, como por ejemplo los pulmones o los riñones. Y vuelta a empezar.

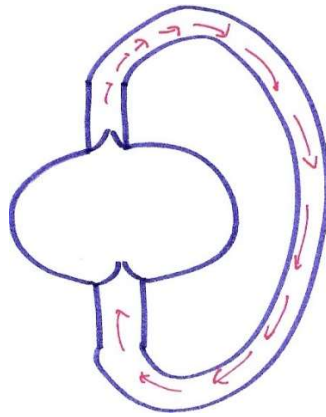
Es decir, el sistema circulatorio es básicamente un montón de agua en el que van cosas disueltas y que está continuamente circulando por el cuerpo. Pero, ¿quién hace que esa sangre circule? El corazón.

El corazón está continuamente absorbiendo sangre por un lado y expulsándola con fuerza por el otro, lo que hace que la sangre circule por todo el aparato circulatorio.

El funcionamiento del corazón es mucho más complejo de lo que vamos a ver aquí, pero espero que esta introducción te sirva para ver el funcionamiento general (que, por cierto, es similar a otras bombas hidráulicas artificiales que se utilizan en ingeniería).

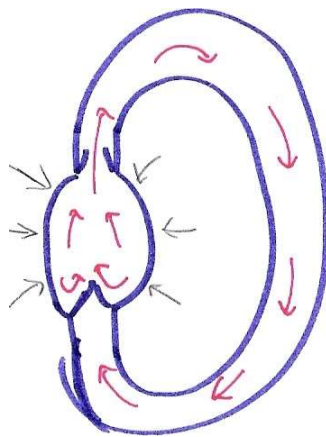
Imagina que tenemos una cavidad, por ejemplo un globo de goma, pero que tiene poderosos músculos que hacen que pueda expandirse y contraerse. Ten en cuenta que un globo de los hinchables de fiesta solo tiene “fuerza” para contraerse, pero el corazón tiene tanto músculos que lo expanden como músculos que lo contraen.

Luego conectamos esa cavidad a una tubería que represente el resto del sistema circulatorio, las arterias y venas, en un ciclo cerrado. Y finalmente le ponemos unas válvulas a la entrada y la salida. El siguiente dibujo lo representa.



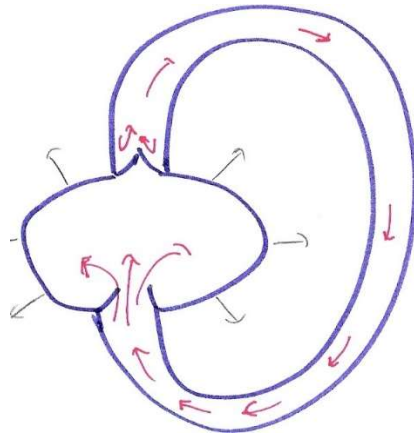
En este esquema simplificado el corazón es la cavidad del centro, la tubería que sale por arriba y vuelve a entrar por abajo son las arterias y venas y las flechas rojas representan el flujo que queremos de sangre. Las válvulas que se ven en la entrada y la salida del corazón tienen un papel fundamental: dejan pasar la sangre en un sentido, pero no en el otro.

Cuando el corazón está expandido y se contrae, ocurre lo siguiente:

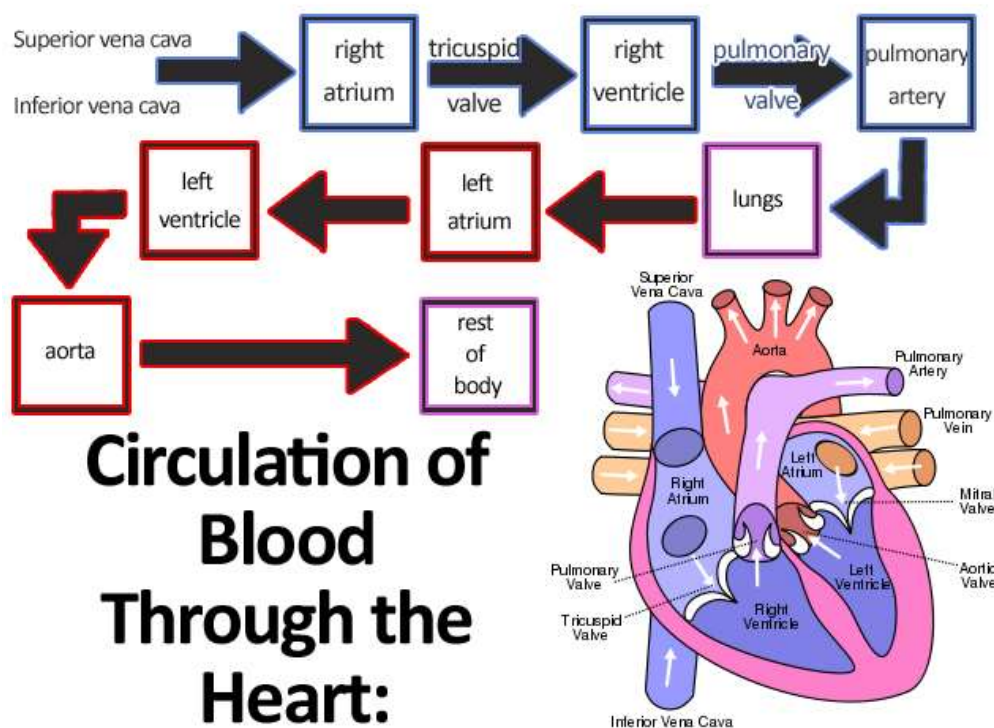


La sangre del corazón sale disparada por la salida de arriba, pero al intentar salir por debajo, presiona contra la válvula, cerrándola, e impidiendo que la sangre vaya en el sentido que no debe.

Pero cuando el corazón se expande, en cambio, ocurre lo siguiente:



Al expandirse, chupa de la sangre que entra por debajo, haciendo que la sangre entre al corazón. Una vez más, también intenta chupar de arriba, pero la sangre que intenta entrar presiona contra la válvula de salida, cerrándola e impidiendo que circule en el sentido incorrecto.

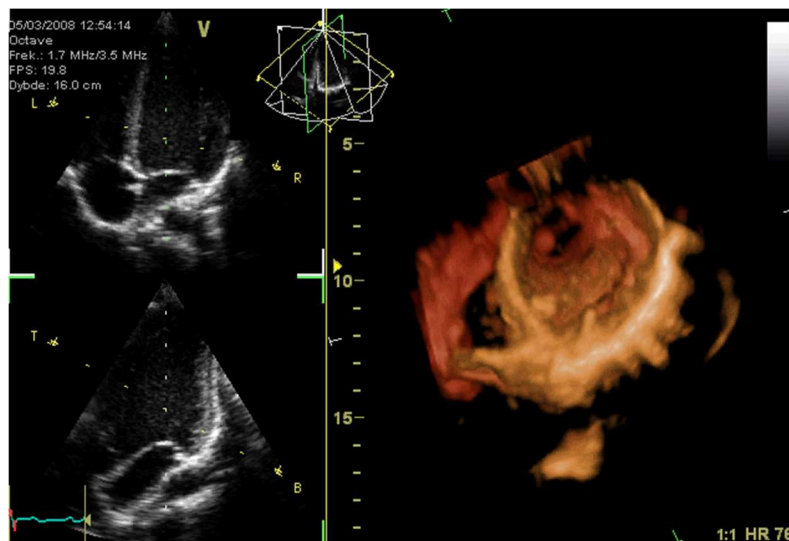


Flujo de sangre por el corazón (BruceBlaus, cc-by, a través de Wikimedia)

Un corazón real es algo mucho más complejo, no con una única cavidad como hemos dibujado nosotros, sino con 4

cavidades (2 aurículas y 2 ventrículos) y con 4 válvulas. Además, nuestro sistema circulatorio es doble: del corazón a los pulmones, de vuelta al corazón, de ahí al resto del cuerpo y vuelta al corazón. Pero el principio de funcionamiento es más o menos el mismo.

Así, el corazón está continuamente expandiéndose y contrayéndose, expandiéndose y contrayéndose, expandiéndose y contrayéndose ... y eso es lo que llamamos “latido del corazón”.



Ecografía de un corazón latiendo (En este enlace podréis ver la ecografía animada, Kjetil Lenes, cc-by-sa, a través de Wikimedia)

NOTA DE LA RESPUESTA IV:

- 1.** Mejor dicho, que los obtienen del exterior.

V: ¿Por qué cada una de las plantas de un edificio no se cae al suelo? (por J)

La pregunta de hoy es engañosamente simple: “¿Por qué cada una de las plantas de un edificio no se cae al suelo?”



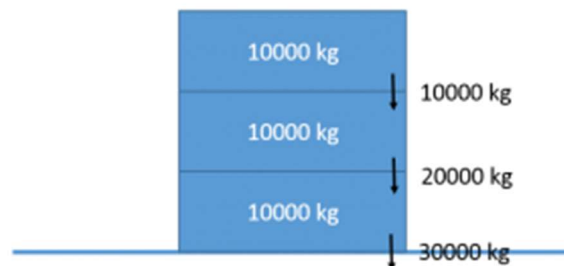
Rascacielos (Pixabay de Selenius, dominio público)

Como decía, la respuesta es engañosamente simple: cada planta es sostenida por la planta que hay debajo de ella. Y así hasta llegar al suelo.

Detrás de esa frase tan sencilla se encuentra toda una rama de la ingeniería humana: la arquitectura.

El problema es que cuando la planta tercera, por decir una, está sujetando a la planta cuarta, a su vez está apoyando sobre la planta segunda no solo su propio peso, sino también el peso de todas aquellas plantas que hay por encima: la cuarta, la quinta, la sexta...

Imagina que tenemos una técnica de construcción tal que podemos diseñar sin problemas una planta que soporte el peso de 30000 kg encima de ella, y que para hacerlo necesitamos materiales como acero, hormigón, piedra, madera, etc. que pesan 10000 kg (por si te lo estás preguntando, no tengo ni idea de si esos números que estoy dando son más o menos ciertos o no, de cuántos kilos aguanta una planta típica de una casa ni de cuánto pesa el material con que está construida: esas cifras son solamente un ejemplo). Pongamos tres plantas como esa, una encima de otra:



La planta tercera, la superior, no soporta el peso de nadie más que de sí misma. Fácil. La segunda planta, la del medio, soporta los 10000 kg de la planta de encima. No hay problema, porque hemos dicho que es capaz de aguantar 30000kg. Finalmente, la planta primera, la de abajo del todo, soporta el peso combinado de la segunda y la tercera (en total, 20000 kg); como su límite está en 30000 kg no hay ningún problema.

¿Pero... y si el edificio tiene siete plantas?

La planta séptima no sujeta a nadie. La planta sexta sujeta a la séptima (10000 kg). La planta quinta sujeta el peso combinado de la sexta y la séptima (20000 kg). La cuarta soporta 30000 kg, justo en el límite de lo que es capaz. La

tercera planta está soportando el peso combinado de la cuarta, quinta, sexta y séptima, en total 40000 kg... pero como solo aguanta 30000 kg, se derrumba. De la segunda y la primera ni hablamos.



Así, cuando estamos diseñando un rascacielos, tenemos que jugar con lo siguiente:

- Por un lado, queremos que cada planta sea lo más ligera posible, para que pese poco y no imponga demasiada carga sobre las plantas que hay debajo.
- Por otro lado, queremos que cada planta soporte el máximo peso posible, para poder poner encima de ella la mayor cantidad de plantas posibles... pero eso implica utilizar materiales más robustos y mayor cantidad de ellos... lo que hace que la propia planta sea muy pesada.

La forma de solucionarlo es hacer cada planta un poco más ligera y un poco menos resistente que la que hay debajo, y por eso muchos rascacielos tienen esa forma “de aguja”: robustos en la parte baja y afilados en la parte alta.

Esto no solo se nota en rascacielos enormes, también en simple edificios residenciales. La próxima vez que tengas ocasión, fíjate en los pilares de una planta baja: pueden ser pilares de quizá 30 o 40 cm de ancho. Pero si te vas a los pisos superiores y los mides, verás que son más pequeños, de 20 cm, o incluso pueden ser tan pequeños que queden empotrados en la pared y ni siquiera los veas. Cada piso se diseña de forma que sea capaz de soportar el peso de lo que hay por encima de él, y ni un gramo más, porque si no estarías engordándolo y, por lo tanto, obligando a su vez a los pisos de más abajo a ser más fuertes y pesados.

Un ejemplo similar lo tenemos en los *castells* de personas típicos de la zona este de España:



Castellers de Vilafranca (cc-by-sa, Baggio a través de Wikimedia)

Fíjate en cómo en la punta, la octava planta, se pone un niño, quizá de unos 30 kg, que no sujeta a nadie.

En la planta séptima se pone un par de adolescentes, digamos 40kg cada uno, que sujetan entre los dos al niño. Cada uno está aguantando unos 15 kg, la mitad del niño.

En la planta sexta se ponen personas pequeñas, quizá quinceañeros o algo así, y además son 3, de modo que entre esos 3 están soportando los 40 kg de cada uno de los miembros de la séptima planta más el niño de la octava. En total, 110 kg, unos 30 cada uno.

En las plantas quinta, cuarta y tercera se van poniendo personas cada vez más fuertes (y por lo tanto, también cada vez más pesadas), que sean capaces de aguantar los pesos combinados de todos los que están por encima de ellos.

En la segunda planta ya no vale con poner 3 personas robustas: hacen falta en torno a 15 personas. Están soportando un montón de peso, varios cientos de kilos, pero como son 15 se lo pueden repartir sin problemas.

Finalmente, en la primera planta hay un montón de gente, que con toda seguridad está aguantando más de un millar de kilogramos, pero de nuevo son muchos y se lo reparten entre todos.

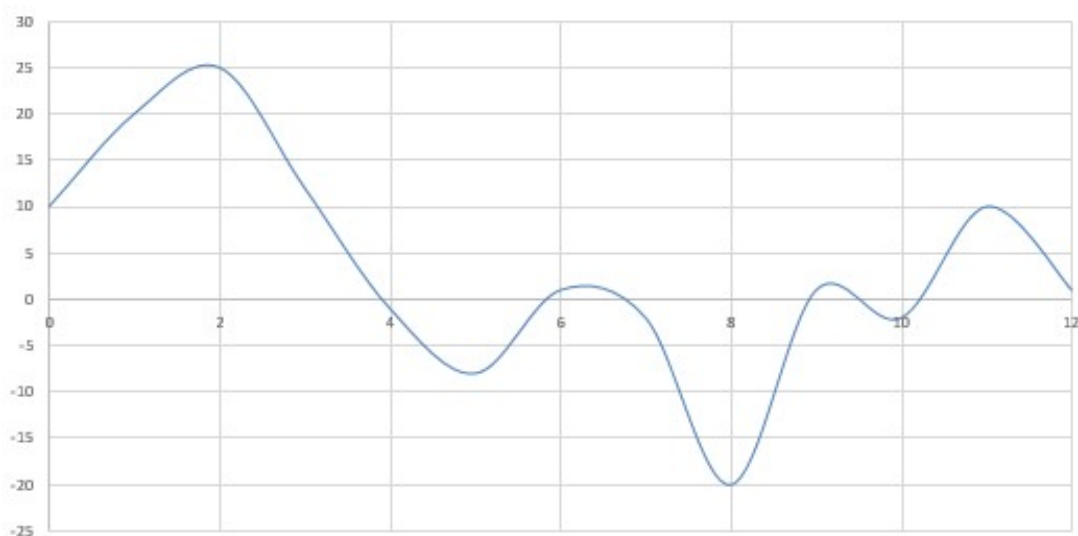
Pues en los edificios se hace básicamente lo mismo.

VI: ¿Por qué podemos escuchar música, ver películas, etc., a partir de un trozo de plástico (CD, DVD)? *(por J)*

En esta serie de dudas estudiantiles vamos cubriendo las preguntas que los alumnos de Lorénzo Hernández le hacen en su clase de 3º de ESO. Hoy vamos a preguntarnos: “¿Por qué podemos escuchar música, ver películas, etc., a partir de un trozo de plástico (CD, DVD)?”

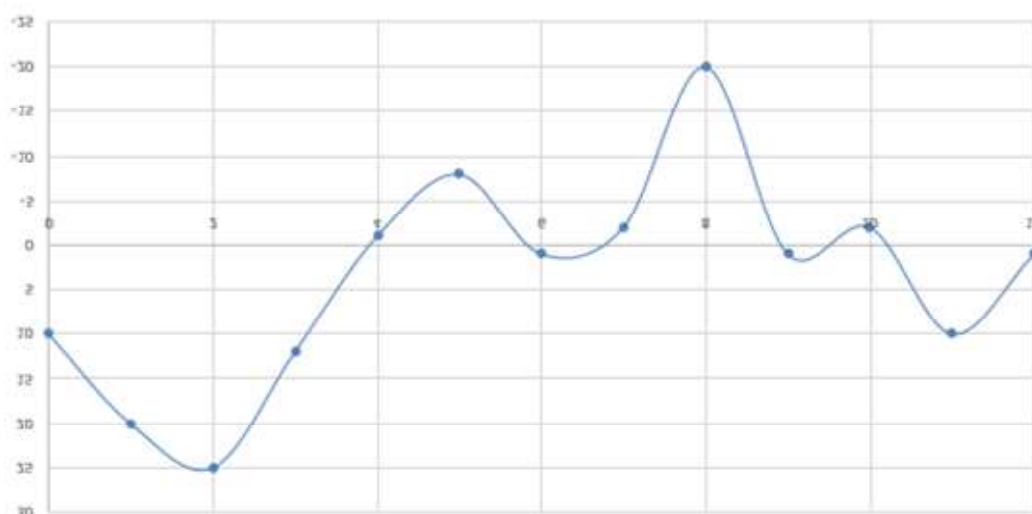
Esta pregunta permite muchas interpretaciones, a ver si acertamos con la que pretendía el interrogador. Vamos a explicarlo para la música, aunque la idea para el vídeo es básicamente la misma.

La música^[1] es una onda, una señal oscilante. Cuando nuestro oído recibe esa señal oscilante la envía a nuestro cerebro, que interpreta eso como música. Supongamos que la onda de música tiene una forma tal como esta:



Lógicamente esto es una simplificación, una onda de música real es muchíiiiisimo más larga y además mucho más “repetitiva”. Pero como ejemplo, nos vale.

Lo que guardamos en el CD no es esa forma, dado que un CD lo que guarda son números. No puede guardar “formas”.^[2] Así que lo que se hace es digitalizar esa forma: es decir, ir tomando a intervalos regulares el valor de la forma de la música en ese momento:



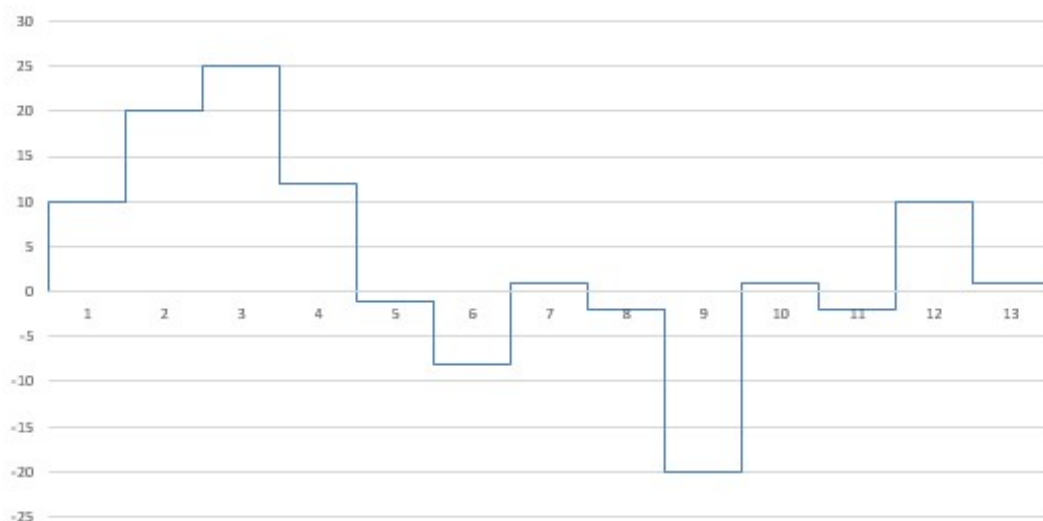
Ahora, lo que guardamos en el CD es el valor de la onda en cada instante:

0	10
1	20
2	25
3	12
4	-1
5	-8
6	1

7	-2
8	-20
9	1
10	-2
11	10
12	1

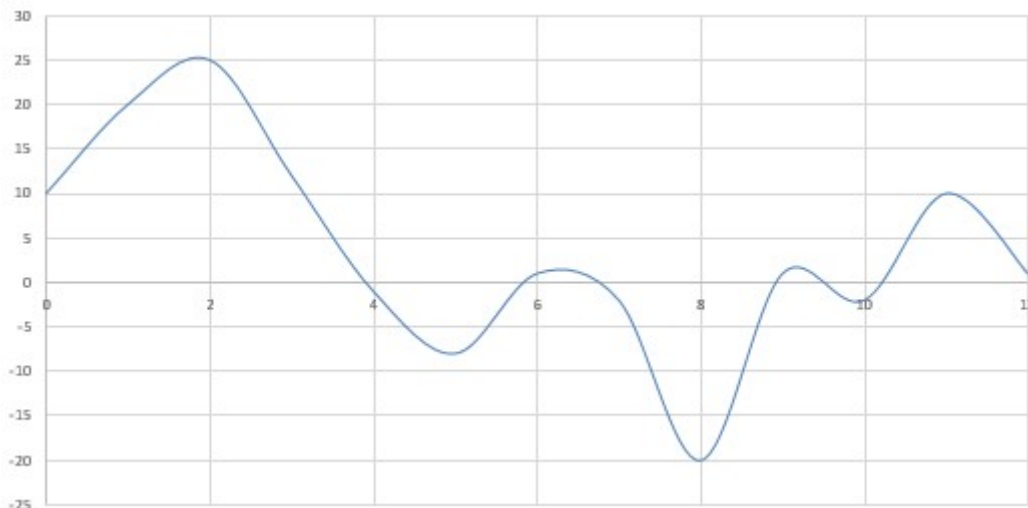
Y ya está. Eso es lo que guarda un CD. Obviamente, la realidad es un poco más compleja, con distintos formatos, distintos estándares, distintas calidades posibles, distintas formas de hacer este proceso... pero el concepto es básicamente eso.

¿Qué hacemos luego cuando queremos escuchar esa música? Lo que hace el reproductor de música es leer esos números e ir poniéndolos al ir generando de nuevo la onda musical:



Como ves, la onda ha quedado “cuadrada”, no es exactamente igual que la onda original. Si intentáramos reproducir eso directamente sonaría raro (aunque cuando la

calidad final no importa mucho, como por ejemplo cuando simplemente queremos generar un pitido, a veces sí que se hace directamente eso). Así que lo que hacemos después es suavizar la onda (técnicamente, a ese proceso se le llama “filtrado”), obteniendo:



Ahora sí, ya tenemos de nuevo la señal original. Si mandamos esa señal a un altavoz, estaremos escuchando la música.

Se puede demostrar matemáticamente que, si se cumplen determinadas condiciones y se realizan los pasos con unos determinados parámetros, la onda que se recupera es la misma que la original con un cierto nivel de ruido (que se puede calcular). En la práctica lo que ocurre es que ninguno de los pasos es perfectos... pero no importa: el resultado es lo bastante bueno como para que nuestro oído no note en demasía la diferencia.

NOTAS DE LA RESPUESTA VI:

1. Cualquier sonido, en realidad.

2. Curiosamente, los discos de vinilo sí que guardan la forma de la música (bueno, más o menos), aunque eso es tecnología tan obsoleta que nuestros lectores de secundaria probablemente ni han visto un vinilo en su vida.

VII: ¿Por qué no se me ocurre ninguna pregunta para el examen de Física o Química? *(por jreguart)*

En este capítulo nos encontramos con una pregunta atípica para lo que pueda ser el objeto de esta colección de respuestas, en la que intentamos contestar a dudas de los alumnos de Lorenzo Hernández. Pero ahora hay que acudir a la desazón con la que un estudiante se enfrenta a la propia experiencia de que, por mucho que piense sobre un tema, no se le ocurre nada que le suscite una mínima inquietud intelectual.



Un irreductible de la Curiosidad (Foto: Marcello Maria Perongini, CC BY-NC-ND 2.0)

La respuesta entra dentro del campo del comportamiento personal, de la psicología, por lo que quizás nos estemos adentrando en “*terra incognita*” que agradeceremos

ilumine cualquier experto en la materia. Dicho esto, nos armamos de valor y afrontamos el reto de la pregunta abordándola ¿sutilmente? desde la perspectiva del negativo fotográfico: *Preguntar es lo normal para la natural curiosidad humana*. El negativo sería: **¿por qué no pregunto?**

Lo más fácil podría ser el pensar que uno ya se lo sabe todo... ¡tremendo error y un imposible!, o le importa un bledo, opción esta última tan digna de respetar como de no ser entendida. Aunque normalmente ambas actitudes surgen en aquellos que saben poco de un tema.^[1] Estas son opciones que podríamos clasificar como del “*no tengo ningún interés*”. Supongo que habrá más actitudes de este estilo.

Hay otra alternativa posible que va por el siguiente camino: Ya que el examinando se ha molestado en intentar pensar una pregunta, efectivamente hay que suponer la existencia de un interés. Aunque quizás el objeto de dicho interés se centre exclusivamente en el hecho de “*preguntar*”, dados los previsibles premios a conseguir atendiendo a la oferta del profesor: conseguir un extra de puntos en el examen, en vez de concentrar el interés en el hecho del “*saber*”. Son dos posiciones en el camino del “*tengo interés*”. Y también aquí es posible que haya más alternativas.

Ambos planteamientos genéricos, tanto la posición del “no tengo interés” como la del “sí tengo interés”, tienen un trasfondo antropológico de partida común: el beneficio personal que se pueda conseguir.

Rascando en lo más profundo del funcionamiento cerebral, cuya misión principal es asegurar que no nos alejemos ni un ápice del frágil equilibrio homeostático, ambas posturas van buscando el instinto primario del “premio” como contrapuesto al de “castigo”. Para nuestros más primigenios antecesores en la cadena de la Vida, conseguir el “premio” era sobrevivir, mientras que el “castigo” podía suponer caer en el pozo de la muerte. Todo en nuestro organismo, consciente o inconscientemente, va dirigido por el poder de esta dualidad “premio-castigo”. El hombre, con sus capacidades racionales, ha rebautizado a estos impulsos primitivos básicos con otros nombres. Así, hemos ideado las emociones que son múltiples y variadas: placer-dolor, alegría-tristeza, amor-odio, satisfacción-asco... con las que etiquetamos a todo lo que no rodea.

En el límite de esta íntima tendencia al bienestar y por querer evitar a toda costa el malestar (en este caso el quedar como un tonto si no preguntas; el perder la oportunidad de la alegría de saber; el poder llegar a casa con unas mejores notas; el que el profe, humano él, te vea con mejores ojos...), se puede llegar a inhibir de tal forma tus circuitos de razonamiento que te quedes bloqueado y con la mente en blanco. Por hiperexcitación llegas al fracaso total en tu objetivo, con lo que de alguna manera queda castrado el camino del “tengo interés”.

Por todo lo anterior, podemos llegar a la conclusión de que en el hecho de plantearnos qué preguntar en el examen de Física o Química se nos ocurra o no se nos ocurra el qué sólo debemos ver un reflejo de la historia de nuestra animalidad y la intensidad con la que se nos presenta. El

premio de una mejor puntuación o el premio de la satisfacción del saber más. O la ventaja de un menor esfuerzo, como explicamos a continuación.

Porque también pudiera ser que no se nos ocurra nada porque sencillamente no tengamos ninguna motivación: Los beneficios a conseguir nos importan un pito, no nos estimulan, ya que el esfuerzo a realizar, la intensidad emocional del “castigo” que supone el iniciar el proceso de preguntar, es superior a la intensidad emocional del “premio” a conseguir. El psicólogo Daniel Willingham piensa que el cerebro es de por sí muy perezoso, ya que si cree que puede ofrecer a la homeostasis una solución adecuada utilizando sólo la información que ya tiene almacenada en sus estructuras de memoria, alternativa en la que gasta poca energía, ¿por qué ponerse a pensar otra alternativa, gastando un extra innecesario de energía, si ya ha generado una que sirve? Así que... ¿¿para qué pensar?! ¿Cuáles serían las ventajas para la Vida?



Parece que el cerebro de este gorila no es demasiado perezoso. ¿Qué se estará preguntando? (Foto: Willard, CC BY-NC-ND 2.0)

Pues yo diría que a corto plazo quizás tenga razón el cerebro perezoso. Pero SÍ creo con rotundidad que los cerebros de nuestros antepasados, gracias a los que hoy algunos de nosotros estamos escribiendo o leyendo esto, no fueron absolutamente perezosos y que, cabalgando sobre la Curiosidad, se pusieron por delante en el ranking de los que presentaban mejores argumentos ante el frío examen de la selección natural. La curiosidad es una función primordial en la carrera por la Vida. Tanto la consciente como la inconsciente. Y no sólo es patrimonio del hombre, sino que incluso la vemos en ciertos animales muy próximos a nosotros como chimpancés, delfines, perros... e incluso, me atrevería a decir, fue un impulso tan antiguo que pudo llegar a constituirse como el motor inconsciente que empujó a los animales primigenios a buscarse la vida fuera del agua.

Y, como todo en el funcionar racional del hombre, a fin de cuentas en el funcionar del cerebro, la curiosidad se lleva en los genes y se potencia, o modela, gracias al medio ambiente. Los genes generan en el feto, durante el proceso embrionario, una estructura cerebral adecuada para gestionar su actividad, en particular la función “curiosidad”, mientras que el medio ambiente moldeará la estructura creada de cortezas, ganglios, neuronas y sinapsis hacia un tipo propio y preferente de respuestas. Si desde fuera apoyamos los tics de curiosidad, el portador de este cerebro será más curioso, se planteará más preguntas, aprenderá más... lo que, a su vez, le hará saber más y le abrirá nuevos horizontes que le llevarán a iluminar nuevas preguntas. Escribiendo esto me planteo que quizás el no preguntar pueda ser una consecuencia de no haber

preparado al cerebro para ello desde el mismo instante del nacimiento.

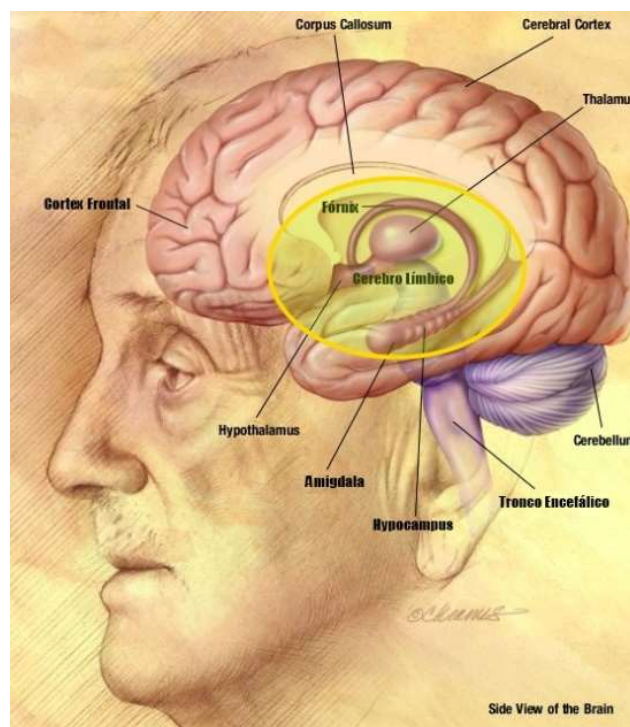
Así que, querido lector, si no se te ha encendido la bombilla de la pregunta... o es que te has bloqueado por un exceso de responsabilidad o es que en tu cabeza no se ha puesto en marcha, en todo su esplendor, el natural y antiguo circuito cerebral que gestiona el ciclo “curiosidad/emoción satisfactoria/más curiosidad”... por las circunstancias que sean, por falta de interés, por falta de base de conocimiento o... por deficiencia patológica.

Veamos cuál pueda ser el libreto de la función curiosidad. Observamos a un cuerpo que con sus antenas sensoriales escanea continuamente el exterior y el interior del organismo. Toda la información detectada llega a través de diversos canales al cerebro, en donde es procesada por sus estructuras funcionales, las básicas, las emocionales y las corticales.

¿Qué es eso de que es procesada? Pues que el cerebro da una “consistencia” de realidad a lo que le llega: forma, color, posición, textura, sonido... todo ello lo contrasta con el diccionario semántico interno, tras lo que dice “esto de esta forma es un caballo”... y las etiqueta con el resultado del intenso trabajo realizado por el cerebro límbico: esto es bueno, esto es malo, esto duele, esto es estresante...

Es en este instante cuando quizás comience el proceso de la curiosidad, la cual realmente sentimos que aparece cuando te encuentras con algo fuera de lo que es normal para ti, con algo que parece que merezca la pena y que aún no controla tu cerebro. Ante ello, éste pone en marcha uno de sus

procedimientos de respuesta que llamamos emociones: se enciende una emoción... admiración, sorpresa, alegría... que rápidamente se concreta en unos cambios corporales que, en el caso de la curiosidad, percibimos como que hemos entrado en un modo de tensión expectante al que casi no puedes oponerte, pues percibes que mientras vayas recorriendo el túnel te lo vas a pasar estupendamente – premio-, o simplemente porque te resulta insoportable la sensación de no saber –castigo-.



El encéfalo: Ahí se da el juego del placer/dolor, el que al final va a impulsar nuestra curiosidad. El tronco nos mantiene en vigilia, el sistema límbico nos conmueve con las emociones, la corteza compara y propone (Modificado de Wikimedia, Dominio Público)

Los cambios corporales y anímicos aparecen porque el mismo cerebro límbico predispone al cuerpo para una posible reacción... fija la mirada, sudas, hay una variación hormonal, al satisfacer la curiosidad se dispara la placentera

dopamina... y comienza un diálogo entre todas las estructuras cerebrales, desde las más antiguas y automáticas, como el tronco encefálico, hasta las más modernas y conscientes, como el neocórtex. Durante todo el proceso continuamente se carga y descarga información en los almacenes de la memoria, ya sea la nueva que viene como la que estaba ya en la biblioteca interna. La memoria se refuerza. Se contrasta, se valora lo que hay que mirar y lo que hay que marginar... un hemisferio cerebral salpimenta con lógica cartesiana mientras que el otro perfuma con intuición. Al final se decide una solución...

¡Y SURGE UNA PREGUNTA!

Quizás no la mejor, pero si suficientemente coherente con los propósitos de preservar la vida del pensante. Una vez pensada quizás también se vaya a transformar en una orden motora: la boca se abre, la lengua se sitúa en posición, los músculos torácicos inician la compresión de los pulmones... y dices...

¿POR QUÉ NO SE ME OCURRE NINGUNA PREGUNTA PARA EL EXAMEN DE FÍSICA O QUÍMICA?

Y si no surge, ya tienes un bonito motivo para explicar el porqué: ¿se me habrá bloqueado quizás algún punto del circuito por el que obtengo placer al satisfacer la curiosidad...?

NOTAS DE LA RESPUESTA VII:

1. NdE: un antiguo profesor mío decía: “yo quiero que mañana vengáis con dudas, porque las dudas implican

que habéis estudiado. Por ejemplo, yo no tengo dudas de chino, porque no tengo ni idea de chino.”

VIII: ¿Por qué trabajamos con las manos en vez de con los pies? *(por jreguart)*

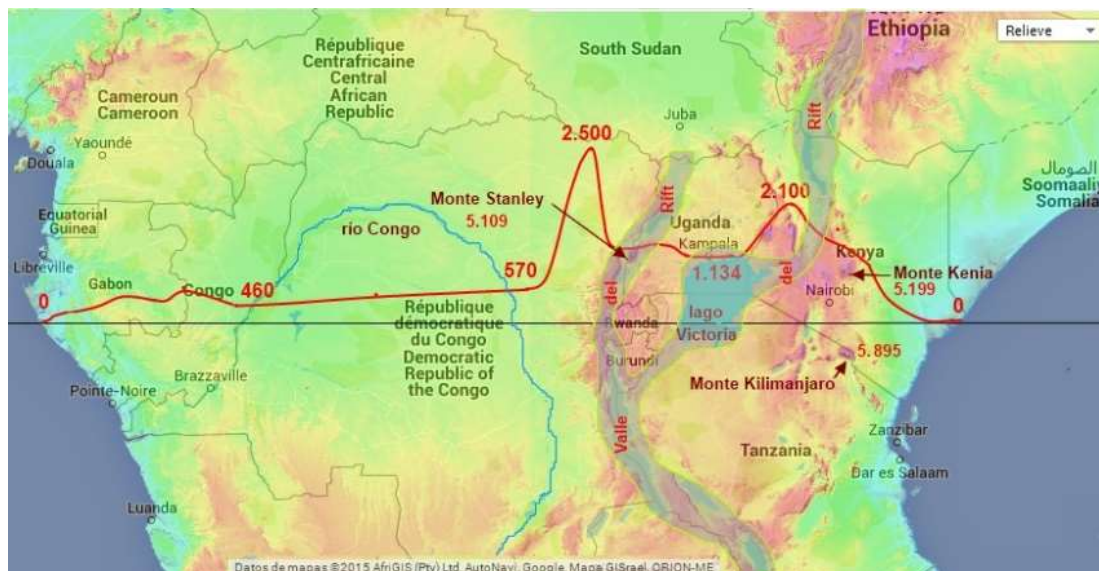
Nuestra comunidad de curiosos preguntadores, alma y soporte de este libro, hoy se van a cuestionar “**el porqué trabajamos con las manos en vez de con los pies**”. Yo me atrevería a afinar un poco más la idea diciendo que por qué nuestras manos y pies han optado por tan diferentes objetivos en sus labores: unas polivalentes herramientas en las extremidades superiores y unas potentes bases para la aproximación o la huida en pies y piernas.

Pues hay que remontarse a hace un montón de años para entender tan distinta vocación... Vamos allá.

Hace unos 20 millones de años en nuestra querida Tierra se estaban produciendo unas circunstancias geológicas y climáticas que fueron decisivas para el desenlace de nuestra pregunta. Por un lado se estaba consolidando una senda de enfriamiento general en el planeta, que hizo que la humedad atmosférica disminuyera y que los mares se enfriaran. Por otro lado, en el este de la franja ecuatorial de África, se estaba produciendo una elevación del terreno debido a la presión que bajo ella ejercía el magma. ¿Cuáles fueron las consecuencias?

Se produjo una alta meseta interior en lo que hoy es Kenia, Etiopía, Uganda y Tanzania, con irrupción de potentes volcanes que formaron tremendas montañas de más de 5.000 metros de altitud -montes Kenia, Kilimanjaro o Stanley- y una gran grieta en dirección norte-sur, conocida

como el valle del Rift. Mientras, el oeste ecuatorial seguía dominado por la potente cuenca hidrográfica del río Congo, en su mayor parte por debajo de los 600 metros de altitud.



Perfil de altitudes (línea roja) de un corte ecuatorial (línea horizontal negra) de África (mapa a partir de Google maps, fair use)

Esto era lo que sucedía en tierra. Pero hemos dicho también que el enfriamiento del planeta afectaba a los mares y a la sequedad atmosférica. Eso hizo que progresivamente los monzones atlánticos fueran perdiendo fuerza, penetrando menos profundamente en el continente: cuando antes regaban toda la franja ecuatorial, ahora descargaban en la cuenca del Congo, debilitándose, con lo que las lluvias monzónicas apenas llegaban a las nuevas montañas del interior. La consecuencia es que en la zona oriental se iba instalando paulatinamente la sequedad.

Todo ello condujo a un cambio trascendental en la biosfera. En el oeste ecuatorial africano permanecieron las grandes selvas lluviosas tropicales, mientras que en el este se iban aclarando, cambiando el tipo de arbolado y viéndose

dominado el terreno por plantas más resistentes a la nueva climatología, como son las gramíneas. De forma que en la meseta oriental y el valle del Rift se estructuró una vegetación en forma de islas arbóreas rodeadas por un mar de praderas y arbustos: la sabana africana.

Como podéis comprender, estas circunstancias afectaron en gran medida a la fauna. Si particularizamos en los primates, muy abundantes hace 10 millones de años, vemos que sus poblaciones y la variedad de sus especies decayeron de forma exponencial. Aunque tremendamente disminuidos, aún seguían habitando la zona ecuatorial hace unos 6 millones de años.



Vista de la sabana de Tanzania con el volcán Ol Doinyo Lengai de 2.960 metros (Celia Nyamweru, Wikimedia, dominiopúblico)

Me gusta imaginar aquel momento, cuando distintos primates, posiblemente muy parecidos al *Sahelanthropus tchadensis* de la foto siguiente, vivían en aquellas selvas sometidos a la variable presión medioambiental. Hacia el Atlántico continuarían con sus costumbres arborícolas, alimentándose básicamente de las frutas y hojas que

encontraban en la seguridad de las frondas. Se movían por ellas con extrema soltura, braquiando, es decir, colgándose de pies y manos por las ramas. Aquellos animales habían evolucionado en las cuatro extremidades hacia pies y manos prensiles: los pulgares se oponían a los otros cuatro dedos, lo que les servía para efectuar una segura presa en sus agarres. Con el tiempo, estos primates occidentales, o quizás algún pariente suyo, se transformaron en los chimpancés y bonobos de hoy en día.



Cráneo de Sahelanthropus tchadensis, fósil de uno de los primeros homínidos que se conocen (6 a 7 millones de años), encontrado en el Chad (Didier Descouens, Wikimedia CC Attribution-Share Alike 3.0 Unported)

Esto sucedía en los bosques del río Congo y del golfo de Guinea. Pero en el levante africano la cosa era diferente. Ya hemos dicho que la vida se había puesto difícil, o al menos sustancialmente distinta, para el *Sahelanthropus*. Allí cada vez había menos árboles y se hacía preciso complementar la comida arriesgando el cuello al atravesar las zonas de

pradera para llegar al siguiente bosque. Se trataba de unos animales que lo que sabían era moverse “volando” por las alturas de los doseles arbóreos de la selva, pero que eran unos perfectos inútiles para desarrollar un desplazamiento ágil y eficaz como el que se necesitaba cuando había que transitar por las zonas abiertas llenas de depredadores oportunistas.

Pero como dice el refrán: “¡A la fuerza ahorcan!”. Y así como en el occidente se evolucionó hacia el chimpancé, en el oriente se evolucionó hacia el *Homo sapiens*.

¿Qué tuvieron que “aprender” evolutivamente? A moverse con soltura, eficacia y resistencia. Primero no arriesgando mucho, no haciendo salidas muy prolongadas desde el cobijo de los árboles, para, con el paso de mu...uuucho tiempo, encontrar unas formas anatómicas y unas habilidades mentales que les proporcionaran la seguridad. Esto es lo que consiguieron algunos de aquellos individuos africanos, gracias a unos particulares procesos evolutivos, y con ello no sólo salvaron sus vidas de la quema de los carnívoros, sino que también abrieron las puertas de nuestra existencia. Homininos como el *Orrorin tugenensis*, el *Ardipithecus* o los *Australopithecus* aprendieron a bajar de los árboles y a moverse, una especie tras otra, de forma progresivamente más segura por el nuevo entorno. Cada vez más ágiles al moverse por el terreno, y cada vez con la “torre de control” –cerebro y detectores sensoriales– más elevada sobre el suelo, como si hubieran inventado la postura “periscopio” que les permitía anticipar lo que pudiera suceder en su entorno más próximo.

Siguiendo la pista que dejan sus fósiles podemos observar cómo la estructura corporal se fue orientando hacia lo necesario para una postura que permitiera caminar erguido. Así, en el yacimiento keniano de Laetoli se ha encontrado una senda de huellas correspondientes a tres individuos *Australopithecus* que hace unos 3,7 millones de años deambulaban por una llanura recubierta de cenizas volcánicas. En las huellas se puede percibir claramente que el pie ya había abandonado la estructura de un pulgar opuesto a los otros dedos, apreciándose ya los indicios de una arquitectura en forma de arco, lo que hace que en cada paso el pie actuara como una ballesta impulsora del siguiente.



Parte de la traza de huellas de Australopithecus en el yacimiento de Laetoli, Tanzania (Momotarou2012, Wikimedia CC Attribution-Share Alike 3.0 Unported)

Durante estos largos millones de años las manos se habían ido transformando en consonancia a lo que permitía la posición vertical, incorporando aquellas modificaciones que aportaban unas claras ventajas evolutivas. El deambular erguido había liberado a los brazos y manos, y pronto se les encontró otros cometidos: buscar nuevos alimentos

escondidos bajo tierra, como tubérculos, y transportarlos en mayor cantidad, llevar “presentes” a las hembras, favoreciendo la posición personal frente a la competencia de selección sexual, transportar a la prole hacia sitios más seguros, defenderse de las amenazas utilizando palos o piedras y... usar herramientas cada vez más complejas. Dejando al lado las implicaciones de tipo racional que ello supuso, el uso de herramientas necesariamente pasó por el hecho de unas transformaciones anatómicas en las manos, acortándose los dedos sin perder su capacidad prensil, hasta llegar a crear una perfecta pinza de precisión con las puntas de los dedos pulgar e índice. Hace un poco más de dos millones de años, el *Homo* había comenzado a dominar la tecnología, como podemos intuir al observar las piezas de piedra talladas y usadas por el *Homo habilis* africano.

He aquí, entonces, el porqué hacemos unas cosas con las manos y otras con los pies. Ambas extremidades se han ido especializando poco a poco bajo el empuje de las oportunidades evolutivas. Creo que debió ser un proceso imparable, ya que algo parecido, aunque no tan definitivo, también ha aparecido y se ha desarrollado en los hábitos de nuestros primos los chimpancés, descendientes, quizás, de aquellos *Sahelanthropus* que quedaron en las selvas del río Congo y del golfo de Guinea. Características evolutivas convergentes o tics ancestrales heredados de antepasados comunes. En cualquier caso, “*la fuerza del destino*”.

CODA FINAL: No obstante, si somos completamente precisos con la respuesta, también trabajamos con los pies: por ejemplo, cuando se pisa la uva para extraerle todo el zumo y hacer con ello mosto o, si lo dejamos fermentar,

vino^[1] ¡Incluso hay gente que se gana la vida con un calzón corto y practicando habilidosos malabarismos con una pelota en los pies!



Pisando uvas (Jesús Pérez Pacheco, Attribution-NonCommercial-NoDerivs 2.0 Generic, a través de Flickr)

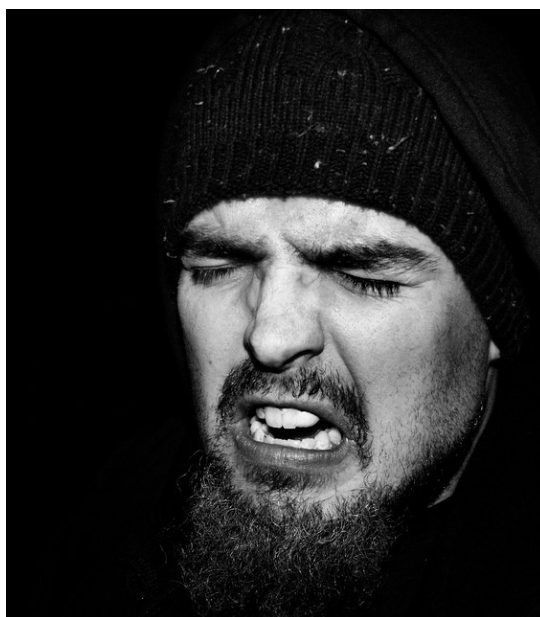
NOTAS DE LA RESPUESTA VIII:

- 1.** Vale: En realidad hoy en día la mayor parte del prensado de la uva se hace con máquinas, pero... ¿y lo bonita que queda la cita?

IX: ¿Por qué estornudamos? *(por J)*

La pregunta que vamos a tratar de responder ahora es: “¿Por qué estornudamos?”

Aunque podemos respirar por la boca sin problemas, lo más habitual es que respiremos por la nariz, de modo que cuando se produce una irritación en el interior de la nariz el cuerpo interpreta que algo está entrando por ahí y podría obstruir la entrada de oxígeno. Lo normal es que ese *algo* sea simplemente polvo, pero también puede ser otras partículas pequeñas, como semillas, polen, insectos o incluso un amigo gracioso que esté haciéndote cosquillas con una pluma en la nariz. A veces esa irritación también puede producirse, por ejemplo, por una infección respiratoria (lo más común, un resfriado) o una alergia (lo más común, al polen).



Estornudo (Adam Moralee, cc-ny-nc-sa, a través de flickr)

El caso es que el cuerpo intentará evitar la obstrucción expulsando aire a gran velocidad por el orificio obstruido, por la nariz: los pulmones se llenan de aire y lo expulsan rápidamente, en una fracción de segundo, arrastrando al intruso a su paso (o, en el caso del resfriado, los mocos). Parece ser que el aire de un estornudo puede alcanzar los 70km/h de velocidad.

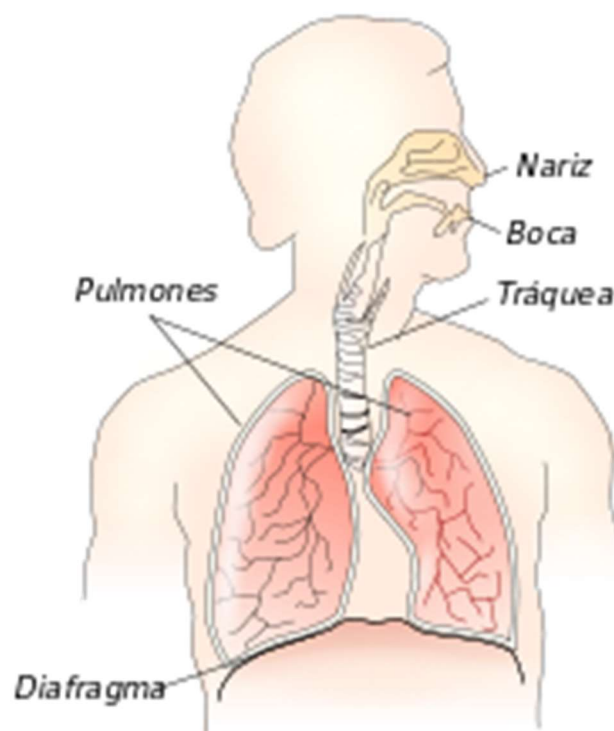


Bebé estornudando (bengarrison, cc-by-sa, a través de flickr)

Muchas veces, antes de estornudar notamos un pequeño picorcillo en la nariz, la misma irritación que acaba provocando el estornudo: dependiendo de cuál sea la causa subyacente al estornudo, a menudo frotarse la nariz, apretando por los lados, puede conseguir que la irritación desaparezca, evitando el estornudo.

Al estornudar es muy habitual que cerremos los ojos y la boca. Cerrar la boca sirve para evitar que el aire se escape por ahí: dado que nariz y boca son parte del tubo respiratorio, si dejáramos la boca abierta, la presión se escaparía por ahí y no conseguiríamos la velocidad necesaria de aire por la nariz para poder expulsar al agente

irritante. De hecho, si en algún momento notamos que vamos a estornudar y no podemos permitirnoslo (los estornudos suelen acabar acompañados de mocos saliendo a toda velocidad por la nariz), un truco habitual es abrir la boca. Hay que hacer un esfuerzo consciente para hacerlo, porque el acto reflejo es cerrarla; pero si conseguimos dejarla abierta, lograremos que el aire salga mucho más despacio, sin esparcir un spray de mocos sobre todos nuestros interlocutores. Dado que eso evitará que el agente irritante sea expulsado, lo normal es que justo detrás nos venga otro estornudo, pero así habremos ganado unos segundos para buscar un pañuelo.



Aparato respiratorio (Cristobal Carrasco, cc-by-sa a través de Wikimedia Commons)

El hecho de que se cierren los ojos como acto reflejo viene causado porque en realidad nariz, ojos, boca y oídos están

conectados. Pero los ojos son muy delicados, de modo que, si los dejáramos abiertos, parte del aire se escaparía por ahí, pudiendo dañarlos. Al cerrarlos, los protegemos de ese aumento de presión. De nuevo, si hacemos el esfuerzo consciente de mantenerlos abiertos, probablemente lo conseguiremos, aunque supongo que podríamos dañarlos.

Si el estornudo es causado por un resfriado es muy habitual expulsar pequeñas cantidades de agua y moco junto con los microbios que estén provocando el resfriado, lo que expande la infección. Por ello, en una sociedad civilizada es habitual cubrirse con un pañuelo al estornudar o, si no se tiene un pañuelo a mano, con la mano o con el reverso del brazo.

Y eso nos lleva a otro hecho curioso: es habitual responder a un estornudo con un “¡Jesús!” o un “¡Salud!”. Aunque hoy en día eso es simplemente una nota de cortesía, tiene su explicación histórica. Al parecer alguna de las epidemias de peste medievales, o muchas, provocaban estornudos, de modo que una persona que estornudaba podía estar infectada de una enfermedad gravísima... por lo que al desearle “Salud” se hacía justamente eso: desearle que no fuese nada, que fuera un estornudo inofensivo y no uno causado por la peste. El mentar a “Jesús” parece ser que era una forma de orar para que la infección no se propagase (dado que en aquel momento no teníamos muy claro cómo se transmitía la enfermedad).

Existe un tipo adicional de estornudo, causado por la exposición a la luz brillante (*estornudo fótico*). Existe controversia sobre sus causas, parece ser que la más aceptada ahora mismo es que es debido a una mala

conexión de los nervios, de modo que cuando el cuerpo recibe la luz lo interpreta como una estimulación en la nariz y provoca el estornudo.

¿Crees que no hay más? Pues sí, verás, nunca un estornudo dio para tanto:



Fred Ott's Sneeze (de William Kennedy Dickson, dominio público, a través de Wikimedia Commons)

El vídeo muestra a Fred Ott, uno de los ayudantes de Thomas Edison, dirigido por William Kennedy Dickson... estornudando. Fue utilizado en 1894 para publicitar un cinematógrafo y tiene el honor de ser la primera película con copyright en EEUU que se conserva. Al parecer hubo otras anteriores con copyright, pero no se conservan; y parece que también hay otras anteriores que sí se conservan, pero sin copyright.

X: ¿Sería posible que los colores no existieran y ser imaginación nuestra? (por J)

Los alumnos de Lorenzo siguen lanzándonos preguntas; hoy nos toca preguntarnos: **¿Sería posible que los colores no existieran y ser imaginación nuestra?**



El vestido de la discordia (Swiked, a través de Tumblr, <http://swiked.tumblr.com/image/112073818575>)

Pues sí, en cierto modo los colores no existen, son imaginación nuestra.

Para entender esta afirmación, debemos partir de una respuesta que ya dimos hace unos cuantos capítulos. Allí veíamos lo que eran los colores y cómo se mezclaban: los colores no son más (ni menos) que la forma en que nuestro cerebro interpreta un conjunto de frecuencias de luz. Lo que existe en el mundo físico es una onda electromagnética

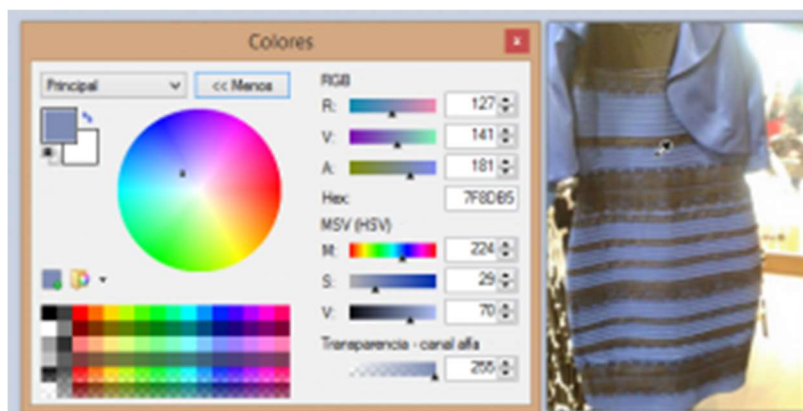
(luz) de una determinada frecuencia, o bien una combinación de ellas, y cuando nuestro ojo recibe esa onda envía una señal al cerebro, que interpreta “esto es verde”.

En ese proceso existen muchos puntos que dependen de la persona: unas personas tenemos los ojos de una manera y otros la tenemos de otra; los nervios son de una forma o de otra; mi cerebro funciona de una manera y el tuyo de otra. Por lo tanto, lo que estamos viendo unos no es exactamente igual que lo que ven otros: socialmente hemos llegado a la convención de llamar “verde” a ese color y todos lo tenemos bastante claro cuando son colores “obvios”... pero no lo tenemos tan claro en los casos frontera.

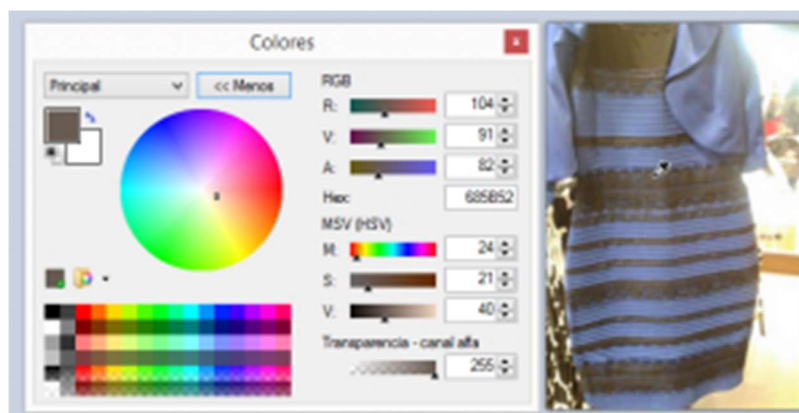
Por si fuera poco, las condiciones ambientales pueden cambiar nuestra percepción. Existen millones de ejemplos en Internet de efectos visuales relacionados con el color. Aquí vamos a fijarnos en uno que salió hace poco hasta en el Telediario: el vestido que encabeza este artículo. Algunas personas lo ven blanco con adornos dorados, mientras que otras lo ven azul con adornos negros.^[1] Por ejemplo, yo lo veo blanco y dorado, mientras que mi suegra lo ve azul y negro. Mi mujer, en cambio, ha dicho ambas cosas dependiendo de las condiciones ambientales: la primera vez que lo vio, desde lejos, lo vio claramente azul y negro, pero cuando se acercó dijo algo como “¡ah!, no, es blanco, a mí me parecía azul”.

El problema es que todos estamos llevando hacia los extremos condiciones que son muy fronterizas. Por ejemplo, utilizando un programa de análisis fotográfico vemos que las zonas blancas-azules tienen un 50% de rojo, un 55% de verde y un 70% de azul. Si los tres porcentajes

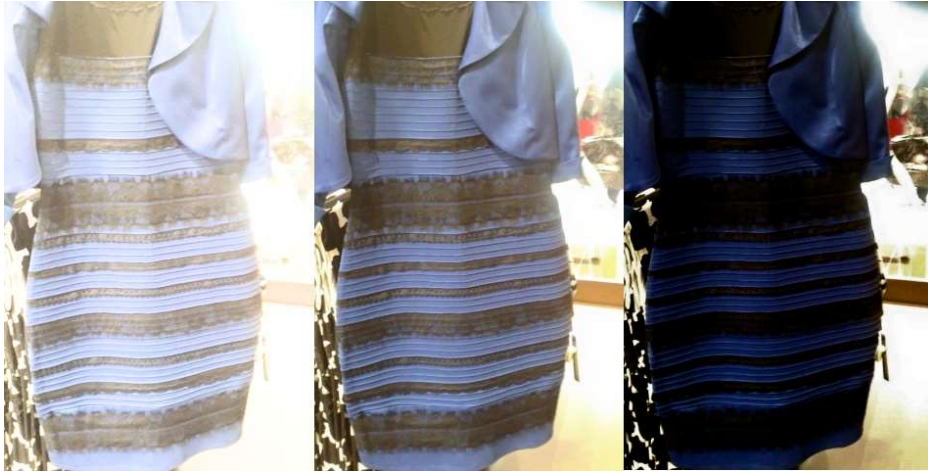
fueran iguales estaríamos en los distintos tonos de gris (blanco no es sino “gris muy claro”). No son iguales, pero sí lo bastante parecidos como para que en realidad no sea blanco o azul, sino que es azul-clarito o blanco-azulado, y cualquier condición ambiental o cualquier diferencia en el ojo hace que nos decantemos más por el blanco o por el azul.



Lo mismo ocurre con las zonas dorado-negro: tienen un 40% de rojo, un 35% de verde y un 32% de azul... es decir, con un gris oscuro (lo mismo que antes: negro no es más que gris muy oscuro), pero con ligeros toques de rojo y un poco de verde, o sea, amarillento. De nuevo, no es dorado o negro, sino que es dorado oscuro, y cualquier pequeño cambio nos hace decantarnos por uno o el otro.



Para forzar el efecto, podemos aplicarle a la imagen unos sencillos filtros fotográficos:



En la imagen de la izquierda lo hemos aclarado mucho, mientras que en la derecha lo hemos oscurecido. Yo veía el vestido blanco-y-dorado, de modo que ahora el de la izquierda lo sigo viendo blanco-y-dorado, pero el de la derecha ahora ya sí que lo veo azul-y-negro. Los lectores podéis mojaros y decir de qué color veis el vestido original, y si con el filtrado he conseguido cambiarlo.

¿A dónde nos lleva esto? Nos lleva a lo que mi profesor de filosofía llamaba la diferencia entre el *percepto* y el *concepto*:

- El percepto es lo que nuestros sentidos perciben. Si yo veo ese vestido en una tienda, me voy a casa y lo veo al día siguiente, puedo reconocer que es el mismo vestido. He visto sus colores y sé diferenciarlos. Eso es el percepto.
- El concepto es el nombre que les da nuestro cerebro. En base a un conjunto de propiedades de ese percepto catalogamos, clasificamos y construimos el concepto: en este caso no parece claro que el concepto de ese vestido esté claro. Yo veo blanco donde otros ven azul.

Los colores, tal y como los percibimos nosotros son perceptos... pero para ponerles nombres hemos tenido que convertirlos en conceptos... así que sí, en cierto modo, sí, los colores son producto de nuestra imaginación, o al menos producto de nuestro cerebro.

NOTAS DE LA RESPUESTA X:

1. N.d.E.: Y otras más, como es el caso del editor, lo ven azul y dorado.

XI: ¿Por qué los animales no tienen los mismos conocimientos que los seres humanos? (por Jreguart)

En este libro donde se intenta responder a las inquietudes de los alumnos del profesor Lorenzo Hernández, vamos a afrontar una pregunta que parece tener una respuesta obvia: *¿Por qué los animales no tienen los mismos conocimientos que los seres humanos?* Fácil. Pues... por qué va a ser, porque ellos son animales irracionales y nosotros pensamos un rato así de largo.

Ya, ya. Pero los participantes en esta serie no nos conformamos con lo obvio y siempre nos pica la más sana de las curiosidades. Así que hagamos nuestro petate intelectual y comencemos a desbrozar tan sugerente camino. Seguiremos nuestras pistas... [*dato 1*] qué es lo que entiendo por “conocimientos”, [*dato 2*] los cuales están soportados por nuestros organismos, [*dato 3*] de los que la evolución ha generado un inmenso y diverso abanico... *ergo*... [*solución*] no todos los animales tienen los mismos conocimientos.

[*dato 1*]^[1]

Nada más leer el enunciado nos encontramos con dos sutilezas que nos hacen pensar. Una sería el hecho de que hay que reconocer que los humanos actuales, como individuos de la especie *Homo sapiens sapiens*, somos tan animales como el “resto” del reino *Animalia*. Así que

seguramente vamos a poder detectar las raíces de los “conocimientos” animales y humanos en las mismas estructuras orgánicas, lejos de necesitar el asirnos a una tabla de salvación metafísica fuera de nuestros cuerpos, ¡ah, la trascendencia! Sin discutirla, no la necesitaremos en nuestro análisis. Así que siento tener que defraudar a aristotélicos y cartesianos, pues no vamos a precisar echar mano del dualismo cuerpo-espíritu.

La segunda sutileza que revolotea al leer la pregunta es qué es lo que pueda ser eso que estamos llamando “conocimientos”. Porque la idea “*conocimiento*” incorpora el hecho de *conocer*, y conocer implica una consciencia de lo que se conoce. Y eso sí que sólo lo hacen muy pocos animales, ninguno con la excelencia con lo que lo hacemos los hombres. Así que tiro por el camino de en medio y asumo que todo lo que “conocen” los animales necesariamente se tiene que manifestar de forma muy clara a través de su comportamiento. No nos queda más salida que mirar muy atentamente a ver qué hacen en su vida diaria. Eso tiene que ser por fuerza “lo que conocen”, lo que saben hacer.



Camaleón demostrando uno de sus conocimientos: la caza con despiste (imagen obtenida de la red)

Parece también lógico que observemos sólo los comportamientos elaborados, más allá de aquello que por pura fuerza vital se hace desde lo más subconsciente para vivir: andar, respirar, mover las mandíbulas para masticar, llorar para que te den de comer... En general, todos los animales, en lo más profundo de sus seres, saben lo que hay que hacer para vivir, saben lo que es perjudicial y lo que es bueno para ellos. Y, por tanto, en mayor o menos medida, dependiendo de la simplicidad orgánica del animal, saben desarrollar comportamientos, movimientos diría yo, que les acercan a la comida y bebida, les ayudan a encontrar a otros individuos con los que aparearse y así procrear o les facilitan practicar estrategias defensivas frente a amenazas de depredadores. Y, a niveles más elaborados, saben cómo relacionarse con sus congéneres, saben cómo comunicarse entre ellos, saben cómo desarrollar estrategias de comportamientos vitales –cazar o montar su habitáculo- o saben cómo proteger a su descendencia. Y aún más arriba en el nivel de la complejidad que soporta los conocimientos, por encima de lo hasta aquí descrito, hay animales que saben planificar el futuro en base a contrastar lo que experimentan en el presente con lo que recuerdan de su pasado. E incluso en estos cometidos algunos saben usar imaginadas alternativas, no sucedidas, del pasado.

Dicho lo anterior parece que hay un abanico de conocimientos que se mueven desde los más elementales de tipo vital, útiles para la simple supervivencia, hasta los más sofisticados desarrollados por el hombre que nos permiten, por ejemplo, escribir el guión de una película o afrontar un lienzo en blanco y pintar “Las Meninas”. Y efectivamente, al observar este muestrario en la Naturaleza podemos ver

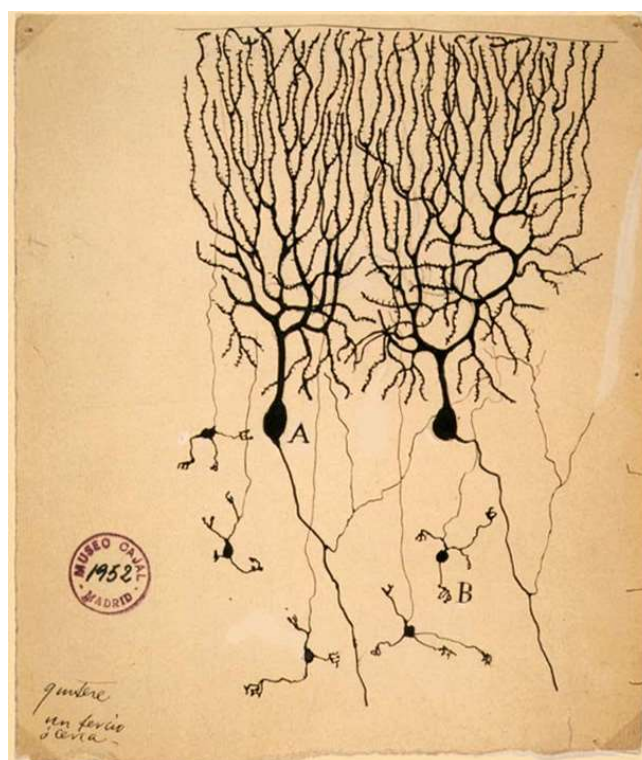
que cada animal tiene su singular forma de vivir, a través de la cual vemos claramente su enciclopedia de conocimientos.

Lo maravilloso de todo esto es que, desde el punto de vista de la Naturaleza, ninguno de los escalones en donde se apoyan los conocimientos de los animales es mejor que otro cualquiera. Cada nivel de conocimientos en el que se mueve cada animal es el mejor y más útil para él, para su vida. Gracias a esos conocimientos, y no más, ha llegado su especie, y él, a sobrevivir hasta el día de hoy. E incluso podemos decir que sólo con ellos, y no más, podrá seguir viviendo el mañana y el día de más allá. La lagartija “sabe” que debe salir cada mañana a tomar energía recalentando su metabolismo bajo la luz del sol, “sabe” que aquello que se mueve, una mosca quizás, es un objeto sobre el que catapultar la boca y tragarlo, “sabe” encontrar un hueco en una roca cuando aparece algo extraño del que “sabe” su posible peligrosidad. Vive perfectamente sin saber componer una sinfonía musical.

[dato 2]^[2]

Así que parece que la Naturaleza ha *enseñado* a los animales, y entre ellos al hombre, todo aquello que es necesario para su supervivencia. Y hemos dicho enseñado cuando en el fondo queremos decir que ha *conformado* a los organismos de la forma precisa para poder asegurar la supervivencia ¡sólo hay que abrir los ojos y mirar a nuestro alrededor! Y a esto se le llama el Proceso Evolutivo. Lo he escrito con mayúsculas para que resalte exactamente lo que quiero decir: todo nivel de conocimiento es consecuencia de un determinado nivel de desarrollo corporal, que a su vez

corresponde a una solución concreta de las miles que ha promocionado la Evolución. Así que la respuesta a la pregunta inicial de los alumnos del profe Lorenzo es que si cada animal tiene distintos “conocimientos” es porque cada uno ha alcanzado el nivel que le posibilita su desarrollo orgánico, y por eso, al haber seguido cada especie animal un camino evolutivo distinto, cada animal tiene sus conocimientos propios, algunos coincidentes con los de otros animales y algunos otros de uso privado y particular.



Los chips y circuitería de los “conocimientos”. Dibujo de neuronas del cerebelo de una paloma, dos grandes células de Purkinge y cinco pequeñas neuronas granulares, con sus interconexiones, realizado por el padre de la neurología y premio Nobel don Santiago Ramón y Cajal (wikimedia, dominio público)

Cada animal dispone de su propio manual, más o menos complejo, de cosas que sabe y que además son las

adecuadas a sus necesidades de supervivencia. Como ya se ha comentado, físicamente están soportados por sus estructuras y fisiologías corporales. Cuanto más complejas sean éstas, más podrá ser la complejidad de sus “saberes”. La Biología y la Neurología nos enseñan que los comportamientos sobre los que aplicamos nuestros conocimientos tienen sus oficinas centrales en el sistema nervioso, descansando en el encéfalo -como módulo director- y en sus redes neuronales la mayor parte de la responsabilidad de la tarea. Allí están los datos de partida, los módulos que los procesan, las redes de trabajo entre ellos y los códigos de su especial lenguaje. Ya sea en el simple sistema nervioso radial de las medusas, como en el ganglionar de los insectos o en el sofisticado cerebro de un chimpancé. Esta observación nos afianza la idea de que el nivel de conocimientos de cada animal tiene que ser forzosamente distinto, al ser hijo de sus estructuras neuronales, distintas de las del vecino.

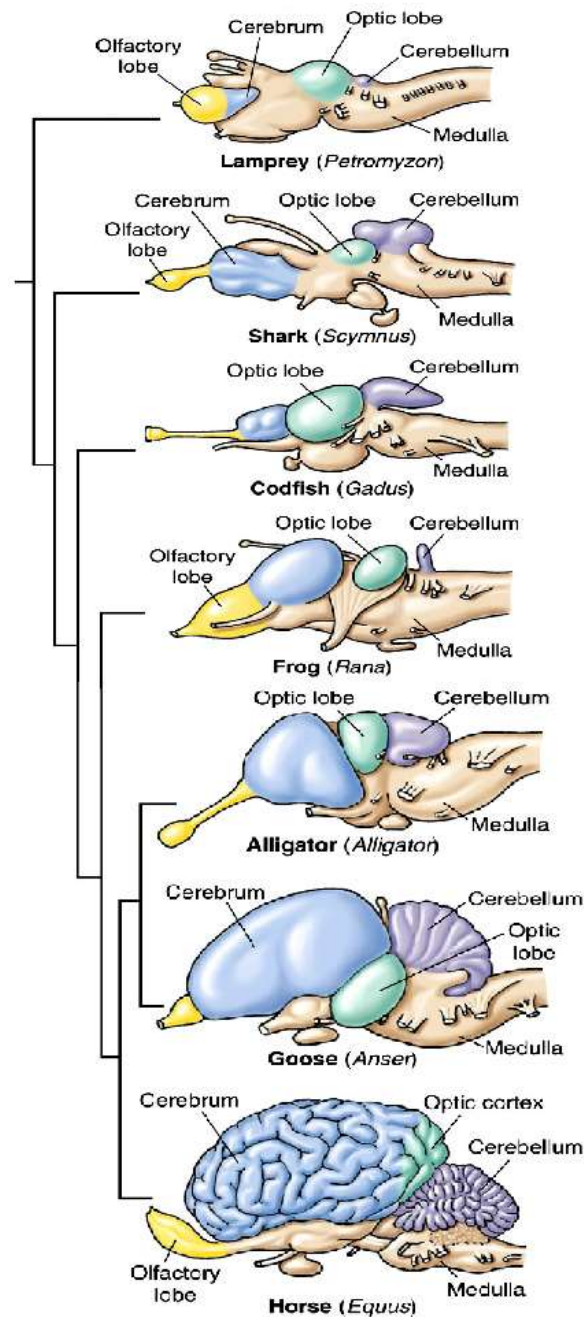
En este sentido, los avances en el conocimiento de la fisiología y la anatomía de los sistemas nerviosos nos están permitiendo saber cuáles son las estructuras cerebrales que participan en los comportamientos de los animales, en cuáles se deposita la memoria —y por tanto los conocimientos—, cuáles son las estructuras emocionales que ponen la etiqueta del valor a estos conocimientos, cuáles son capaces de dar las órdenes primarias de comportamiento ordenando un movimiento e incluso las que son capaces de imaginar, planificar o cortocircuitar racionalmente lo que propone el normal funcionamiento del inconsciente. Tan sólo basta comparar físicamente estas estructuras en distintos animales para darnos rápidamente

cuenta de que cada uno tiene su propia capacidad de conocer, el nivel que aquellas le permiten conocer. A partir de esta observación, aplicada al campo de nuestra pregunta inicial, es fácil imaginar por qué un tiburón tiene un distinto nivel de conocimientos que un águila o que ambos lo tengan con respecto a un ser humano.

[dato 3]^[3]

Y esto es así porque el devenir evolutivo lo hizo así. El estudio de la anatomía evolutiva del sistema nervioso es claro. Si observamos los encéfalos de diversos animales, mientras vamos recorriendo cronológicamente la escala evolutiva, vemos cómo se van complicando sus estructuras. Pero de una forma, como no podía ser de otra manera, completamente utilitarista y secundariamente innovadora: si una estructura antigua funciona, dejémosla como está y sobre ella apoyemos física y funcionalmente un añadido que la complementa, un nuevo paso estructural para unas nuevas habilidades. Algunos comparan el resultado de este proceso a una configuración como por capas de cebollas, y para algunos otros es como el helado de cucurucho al que sobre una bola de un sabor se le va apilando otra y otra sin perderse en el conjunto del helado la importancia de la primera. La realidad es que desde los encéfalos más simples a los más complejos la evolución ha ido añadiendo, en un primer paso, sobre el más simple y primitivo módulo de acciones autónomas exclusivamente vitales, un módulo emocional –una herramienta que refina la interacción del animal con su entorno- y más tarde un módulo de procesamiento complejo –que a la postre permitió alcanzar la habilidad del pensamiento-. El primero está más o menos

centrado en unas estructuras que se conocen con el nombre de tronco encefálico, el segundo en lo que los neurólogos llaman cerebro límbico y el tercero en el córtex.



Evolución de las estructuras encefálicas (imagen tomada de la red)

Todo lo anterior lo podemos constatar al mirar la figura anterior, que compara estructuralmente el cerebro de varios

tipos de animales, cada uno en una posición más avanzada del camino evolutivo. Desde una lamprea, algunos peces, un anfibio, un reptil, un ave y un mamífero de alto rango. En ella podemos observar cómo, sobre las estructuras más simples de la lamprea -en las que domina el entronque de la médula con el cerebro, lugar aquel donde residen los comportamientos vitales más elementales, y los órganos sensoriales que detectan lo que pasa en el exterior-, progresivamente se les van añadiendo otras más complejas hasta llegar a las del caballo, con un potente cerebro con giros y hendiduras que denotan ya el ingente número de neuronas que allí realizan sus labores de procesamiento de la información y un magnífico cerebelo que es el que se encarga de refinar la calidad de sus movimientos, evidentemente más “elegantes” que los de una rana. Ocultos bajo ellos, en este proceso evolutivo, han ido quedando las estructuras límbicas heredadas ya desde las primitivas lampreas. Sorprendente y maravilloso ¿no?

[solución]

En resumen, y para terminar con la respuesta a la pregunta inicial *¿por qué los animales no tienen los mismos conocimientos que los seres humanos?*, diremos en primer lugar que cada animal tiene el nivel de conocimientos que precisa y son útiles para su vida. Cada tipo de vida, y son prácticamente infinitas, necesariamente exige unos comportamientos distintos. En segundo lugar, los conocimientos, en su aspecto más general, se asientan en las estructuras del sistema nervioso. Cada animal tiene su propio encéfalo, que es anatómicamente específico para él. Luego, también desde este punto de vista, cada animal está

fisicamente condicionado a tener campos de conocimientos que serán distintos a los de otros animales. Y en último lugar, como colofón, todo es el resultado de un proceso evolutivo que ha ido añadiendo paulatinamente potencialidad y diversificación en los conocimientos de los animales, hasta llegar al acervo cultural propio de los hombres, tan rico y variado como la evolución nos ha hecho capaces de conocer.

Y ahora que ya sabemos por qué los hombres tenemos distintos conocimientos que otros animales, o viceversa, me surge la pregunta: *¿Somos mejores por saber más...?* Es evidente que no, simplemente somos distintos.

NOTAS DE LA RESPUESTA XI:

1. Qué es lo que entiendo por “conocimientos”...
2. ...conocimientos que están soportados por nuestros organismos...
3. ...conocimientos de los que la evolución ha generado un inmenso y diverso abanico...

XII: ¿Por qué la superficie de los balones de fútbol está dividida en partes y no es una sola pieza? (por J)

Nuestros alumnos favoritos se preguntan hoy: **¿Por qué la superficie de los balones de fútbol está dividida en partes y no es una sola pieza? (sic)**



Balón de oro del mundial FIFA (cc-by-sa, NicolasErazoB a través de Wikimedia)

Los aficionados al fútbol estarán acostumbrados a oír llamar al balón de otra forma: el esférico. Cuando estamos jugando con un balón de fútbol, para poder jugar a gusto y que ruede bien por el campo necesitamos que sea esférico. Eso no es problema, podemos fabricar cosas esféricas, como por ejemplo bolas de billar (una de las esferas más perfectas que podemos fabricar con nuestra tecnología actual).



Bolas de billar (cc-by, derbeth a través de Flickr)

El problema es que para poder darle patadas sin rompernos un pie, y no digamos para cabecearlo a puerta, necesitamos que también sea relativamente blando. Así que no podemos fabricarlo de marfil, como las bolas de billar, tiene que ser de algo blandito... como, por ejemplo, goma:



Globos de goma (cc-by, calliope a través de Flickr)

El problema en este caso es doble:

- Es demasiado blando.
- No es muy esférico. Es relativamente difícil conseguir un globo que, al añadirle la boquilla para inflarlo, sea esférico, y era aun más difícil cuando se inventó el balón de fútbol.

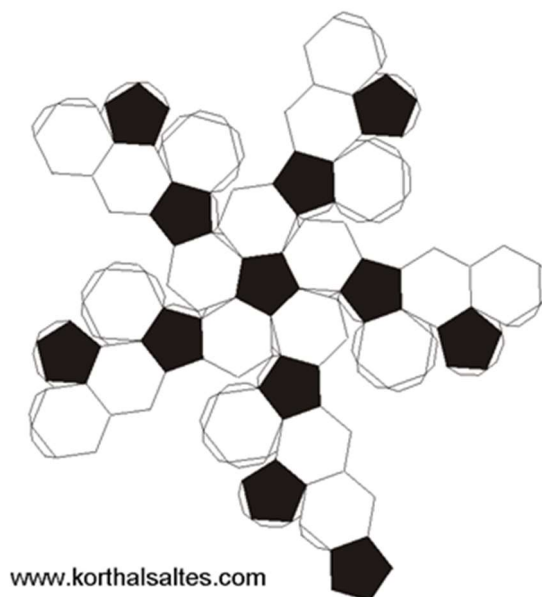
Así que lo que se les ocurrió es lo siguiente: hacemos una cobertura de cuero esférica, le metemos dentro un globo y lo inflamos (lo siento, tendrás que imaginártelo, no he encontrado por Internet ninguna foto decente que lo muestre). Así, la cobertura de cuero le da la forma esférica y el toque justo de dureza y consistencia, mientras que el globo interior lo hincha para que mantenga la forma.

El problema que aparece ahora es que hacer con cuero una pieza que sea esférica es imposible. Lo mejor que podemos hacer es ir uniendo trozos y que la forma final se parezca a una esfera. Hay muchas formas de hacer eso, en la siguiente foto vemos unas cuantas:



En orden: cc-by-sa, Mariluz 199 a través de Wikimedia cc-by, Xpay94 a través de Wikimedia cc-by-sa, Christos Vittoratos a través de Wikimedia cc-by-sa, enricjuve a través de Flickr

La forma más habitual para el fútbol es la última, con un patrón de hexágonos y pentágonos, el de la derecha del todo. La plantilla plana que consigue esto es la siguiente:



*Plantilla de balón (Gijs Korthals Altes, All rights reserved,
http://www.korthalsaltes.com/model.php?name_en=truncated%20icosahedron)*

Esa forma se llama [icosaedro truncado](#) (un icosaedro es el formado por 20 triángulos... los jugadores de rol lo reconocerán como “un dado de 20 caras”), pero si la montas te darás cuenta de que... bueno... es más o menos esférico, pero no es tan “redondo” como un balón de fútbol.



Icosaedro truncado montado (Gijs Korthals Altes, All rights reserved,)

La gracia es que el material del que lo hacemos es cuero. Al meterle dentro un globo de goma e hincharlo con fuerza presionamos los trozos de cuero hacia afuera, forzándolos un poco y redondeando la forma... obteniendo finalmente el balón de fútbol clásico.

NOTAS DE LA RESPUESTA XII:

1. http://www.korthalsaltes.com/model.php?name_en=truncated%20icosahedron
2. http://www.korthalsaltes.com/model.php?name_en=truncated%20icosahedron

XIII: ¿Por qué los extraterrestres no vienen a la Tierra? (por J)

Otro de nuestros alumnos favoritos se pregunta hoy: **¿Por qué los extraterrestres no vienen a la Tierra?**



*E.T. el extraterrestre, via
<http://mugen.wikia.com/wiki/E.T.>*

Aunque de momento no hemos encontrado Vida fuera de nuestro planeta (Vida, con mayúsculas), sabemos que hemos buscado solamente en nuestros alrededores más cercanos (algunos de los planetas y satélites del Sistema Solar, y además solo superficialmente) y el Universo es taaaaaaaan grande que nos parece relativamente probable que existan seres vivos en otros planetas (probablemente en otros sistemas estelares). Si estamos en general convencidos de que eso es lo más probable... ¿por qué no nos visitan?

La pregunta no es nueva y de hecho se conoce en la literatura como la “Paradoja de Fermi”: si hay taaaaaaaantas

estrellas en el universo y hay taaaaaaantos planetas dando vueltas alrededor de esas estrellas, lo más probable es que exista vida en alguno de ellos. Aunque la probabilidad de que en un planeta concreto haya vida sea pequeña, muy pequeña, hay tantíiiiiiiisimos planetas que la probabilidad total es muy alta.

Miles de personas han intentado resolver esta paradoja; de hecho nuestro profesor favorito en el blog de al lado recopiló hace unos años las respuestas más habituales en un artículo similar a este. Así pues, para no escribir el n-ésimo artículo sobre la Paradoja de Fermi, no vamos a preguntarnos por qué no hemos encontrado Vida extraterrestre, sino solamente lo que estrictamente pregunta el alumno: *¿por qué no vienen?* Veamos las respuestas más habituales.

Primero, puede que no vengán simplemente **porque no existen**. El por qué no existen... pues puede haber varios motivos. Puede ser que realmente la Tierra sí sea realmente especial y hayamos sobreestimado las probabilidades de que exista Vida en otros sitios. Pero también puede ocurrir que **aún no exista** la Vida en otros planetas (es decir, que sí haya condiciones para que la Vida se desarrolle, pero simplemente necesite más tiempo), o que sí haya existido pero **haya desaparecido**, quizá debido a algún cataclismo natural o a alguna guerra o accidente o algo así.

Explicaciones menos radicales se basan en que a lo mejor sí existe vida extraterrestre, pero **está muy lejos**: para nosotros, recorrer la distancia que nos separa de Plutón supone un montón de años de viaje... a lo mejor ya están viajando hacia nosotros, pero aún no han llegado. Eso por

no contar con que **no tengan la tecnología** suficiente para venir: cuando un profano piensa en extraterrestres se los imagina como unos seres ultratecnificados que pueden saltar de estrella a estrella como quien viaja en coche... pero quizá no están lo suficientemente avanzados como para venir a visitarnos. O quizá simplemente **no hemos coincidido**: igual que a nosotros el universo nos parece inmenso, tanto que no sabríamos ni por dónde empezar a buscar, también puede parecérselo a ellos. Y, además, no solo hay que coincidir en el espacio, también hay que **coincidir en el tiempo**. Quizá sí han venido en otro momento, hace eones, o van a venir dentro de 1 millón de años... 1 millón de años a nosotros, pobres mortales, nos parece una inmensidad de tiempo, pero en términos astronómicos es un suspiro.

Otra alternativa más es que **no les interesa venir a visitarnos**: para nosotros, encontrar Vida fuera de la Tierra sería un acontecimiento espectacular, iríamos corriendo a ver cómo son, los estudiaríamos hasta la saciedad... pero suponer que otros seres inteligentes son curiosos como nosotros puede ser demasiado suponer: a lo mejor no les interesamos lo más mínimo. Una variante de esto podría ser: existe Vida extraterrestre, pero **no es inteligente**.

O quizá es que **no pueden**. Puestos a imaginar, a lo mejor están atados de alguna forma a su planeta natal, bien sea por una limitación de su mundo o su biología, bien por una limitación de las propias leyes de la física. Leyes de la física que, si para ellos es cierto como lo es para nosotros que la velocidad de la luz es un límite insuperable, pueden hacer simplemente inviable el viaje. Si esa civilización se

encuentra a, digamos, 1.000 años luz de distancia de nosotros, necesitarían tanto tiempo a velocidades sublumínicas en llegar que quizás no les compense el viaje. Eso, por no tener en cuenta que nuestra civilización apenas lleva poco más de un siglo “enviando señales”, es decir, emitiendo ondas electromagnéticas que avisen a un posible observador de nuestra presencia

Explicaciones más especulativas, por fin, se basan en la idea de que **sí han venido**, pero no lo sabemos. Quizá son una forma de Vida tan extraña para nosotros que **ni siquiera los reconocemos como Vida**, o quizá algún Gobierno o la CIA o alguien así **oculta su existencia**, o quizá las historias sobre dioses, ángeles, demonios y otros **seres paranormales son precisamente extraterrestres visitándonos**.

XIV: ¿Por qué el universo es infinito? *(por J)*

El alumno que nos lanza hoy una pregunta hace trampa, pues pregunta por qué el universo es infinito, cuando en realidad no estamos del todo seguros sobre si es finito o no.



*Una pequeña parte del universo: NGC 6744 (cc-by-3.0,
<http://www.eso.org/public/images/eso1118a/>)*

Sabemos que nuestro sistema solar es parte de la Vía Láctea, una galaxia que estimamos que tiene unos 150.000 años luz de diámetro (o aproximadamente 1.420.000.000.000.000.000 km)... y suponemos que hay unas 100.000.000.000 galaxias como esa en el Universo Observable... eso es mucho espacio, muy grande, inmenso, pero... ¿es infinito? Por muy grande que sea un número, no es infinito.

El truco está en que no hemos escrito “Universo”, sino “Universo Observable”.

La mejor explicación que nuestra física da ahora mismo al origen del Universo es la del Big Bang, que ocurrió hace 13.800 millones de años. Eso es un montón de tiempo. Dado que la luz (y cualquier otra interacción fundamental) viaja a esa velocidad, cualquier cosa que esté ahora mismo a más de 13.800 millones de años-luz de distancia no puede ser observada por nosotros. No es que nuestros instrumentos sean poco precisos, nuestros telescopios malos o nuestros radiotelescopios demasiado pequeños, es que las propias leyes de la física impiden que cualquier suceso que haya ocurrido más allá de esa distancia haya tenido tiempo de llegar a nosotros.

En realidad aún tenemos una teoría que matiza eso, y es que después del Big Bang no solo la materia y la energía salieron despedidas, sino que el propio espacio se expandió, de modo que hay cosas que ahora están muy lejos, pero antiguamente estaban más cerca, y por lo tanto pudimos “verlas”, interaccionar con ellas, a pesar de que ahora están más allá de los 13.800 millones de años-luz que marcan el límite si no tenemos en cuenta dicha expansión. Si te resulta difícil de entender, vamos a usar una analogía: imagina una goma elástica, de esas de sujetar los cartones de huevos... pero muy grande.

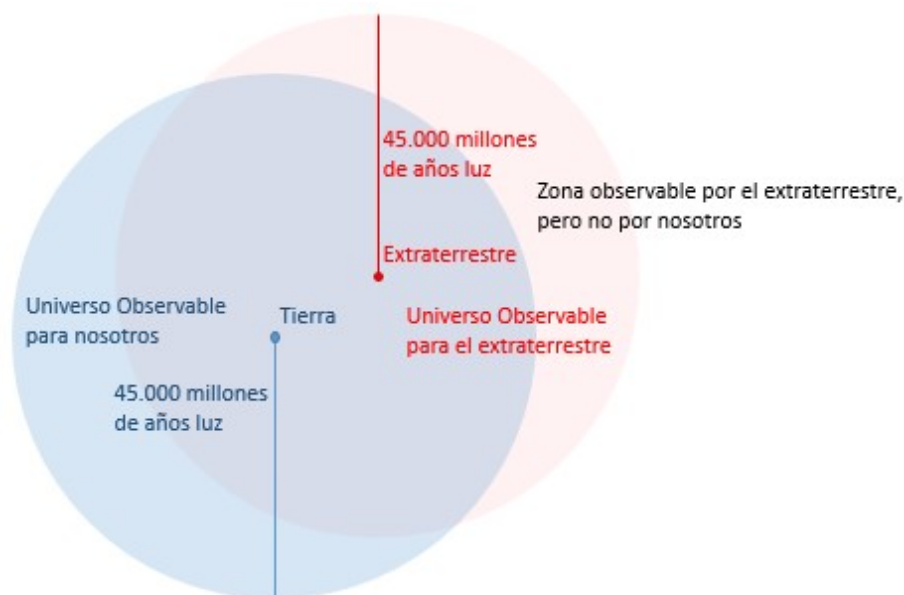
Imagina que corres sobre ella a la velocidad de la luz, que es la máxima velocidad a la que puede correr, pero a la vez estiras de los lados la goma. Al cabo de un cierto tiempo, la distancia que separa dos puntos es muy grande, pero en el principio no lo era, y por lo tanto podían interaccionar entre sí si viajaban a la velocidad de la luz, o incluso si viajaban más despacio.

Nuestras estimaciones actuales dicen que, teniendo en cuenta esa expansión, podemos teóricamente llegar a unos 45.000 millones de años-luz.

Por lo tanto, el Universo Observable es finito: es una esfera de 45.000 millones de años-luz alrededor nuestra. Ojo: no el Universo, solo el *Universo Observable*, del cual por definición somos el centro.

¿Y qué hay del Universo No Observable? ¿Hay algo más allá de esa esfera?

Nuestra intuición nos diría que sí, ¿verdad? No es como si allí hubiera una barrera que no dejara pasar nada, es solo que está demasiado lejos. No nos cuesta mucho imaginar que hubiera un extraterrestre alejado de nosotros, por ejemplo 15.000 millones de años luz... su Universo Observable llegaría hasta más allá del nuestro (por un lado; por el otro, se le acabaría antes que a nosotros).



Dado que este ejercicio de imaginación no parece descabellado... ¿qué hay más allá de lo que podemos ver? ¿Qué tamaño tiene?

Muchos creen que la mera pregunta no tiene sentido, no es científica. La Ciencia (con mayúsculas) estudia lo que se puede medir, pero esa zona fuera de la esfera azulada que representa nuestro Universo Observable no podemos medirla... y por lo tanto no es objeto de la Ciencia.

Otros creen que, a pesar de ello, podemos hacer el experimento mental que hemos hecho antes y que la pregunta es legítima... solo que no tenemos respuesta. Mejor dicho: la respuesta es **no lo sabemos**.

Pero el alumno se pregunta “¿por qué es infinito?”, da por supuesto que es infinito, así que suponemos que se adhiere a las teorías que lo consideran infinito. ¿Por qué algunos se adhieren a esa teoría? La mejor explicación que conozco es la siguiente: hasta donde llegan todas nuestras medidas el Universo es isotrópico, lo cual quiere decir que se comporta igual en todas las direcciones. Si se terminara en algún momento (como si fuera una mesa que se termina cuando llegas al borde), habría una dirección en que se comportaría distinto... justo en la dirección en que se termina. Como eso no es así, no puede terminarse en ningún sitio, es infinito.

O mejor dicho: es infinito en nuestras 3 dimensiones. Hay quien considera que eso es una posibilidad. A ver si con una analogía lo conseguimos explicar: la Tierra es una esfera. Alguien que esté en la superficie de la esfera puede andar sin parar y jamás alcanzará el “borde de la Tierra”. Eso es porque la superficie, que es de dos dimensiones por definición, se curva sobre la tercera dimensión hasta formar una esfera. A menudo se dice que la superficie de la esfera “es finita pero ilimitada”.

Haciendo un enorme esfuerzo de imaginación podemos pensar que las 3 dimensiones espaciales que conocemos se curven sobre una cuarta dimensión (que nuestra mente, pobrecita, apenas puede vislumbrar) haciendo una especie de 4-esfera: del mismo modo que una hormiga que vive en las dos dimensiones de la superficie de la Tierra puede vivir creyendo que su superficie es infinita, quizá nosotros vivimos en nuestras tres dimensiones creyendo que el Universo es infinito... aunque en realidad “solo” es ilimitado.

Si ya os duele la cabeza, enhorabuena.

XV: ¿Cómo sabemos cuándo estamos soñando y cuando estamos despiertos? ¿Cómo distinguir si estamos en un sueño o en la realidad? (por jreguart)

En este nuevo capítulo sobre lo que se preguntan nuestros alumnos favoritos de 3º de la ESO, vamos a intentar dar una respuesta a unas nuevas preguntas: ¿Cómo sabemos cuándo estamos soñando y cuándo estamos despiertos? ¿Cómo distinguir si estamos en un sueño o en la realidad?

Reflexionando sobre cómo debía plantear la respuesta a esta pregunta me surgió la posibilidad de que tuviera una trampa subliminal: ¿Realmente nos preocupa saber si el sueño es un estado especial consciente, porque evidentemente la vigilia es así, o estamos interesados en algo más indetectable que se podría expresar con la duda de si la realidad es el sueño o el sueño, la realidad?



¿Viviendo la realidad del sueño mientras un observador les contempla desde la irrealidad de su mundo consciente? Parece que va a ser que no (Wikimedia, CC BY 2.5)

Siento tener que defraudar a los partidarios del segundo enfoque ya que, según mi opinión, los sueños son realmente lo que a veces experimentamos cuando dormimos, muy distinto al estado que experimentamos como “despierto”. Y lo argumento con el hecho de que sueño y vigilia, tal como normalmente se conocen, son estados medibles, caracterizables y controlables, mientras que las experiencias oníricas son inconmensurables, caóticas y con vida propia ¿Es este caos la realidad y la medición una ficción?

Aplico la prueba de la navaja de Ockham y me dice que la medición me explica muchas cosas, todo mi macro y microcosmos perceptible durante la vigilia -incluso me permite bucear en el mundo físico del sueño-, mientras que el mundo de los sueños no me explica nada. Es más plausible que la vigilia sea la realidad y el sueño una invención neuronal.

Podremos argumentar que la vigilia también es un constructo cerebral. Sí, pero sometido a la modulación de las señales que le llegan del exterior, cosa que no pasa con los sueños, como veremos un poco más abajo. La vigilia necesita una maquinaria y un exterior; los sueños sólo la maquinaria. Una maquinaria que se acaba con la muerte del organismo del soñador, mientras que el exterior le perdura. Insisto, desde mi punto de vista es más plausible que la vigilia sea la realidad y el sueño una invención.

Dicho esto, pasemos a intentar desarrollar el primer enfoque basado en la calidad de percepción durante los estados de sueño o vigilia. Y más concretamente, durante el

sueño. Sabemos que estamos despiertos, pero ¿sabemos que estamos dormidos?

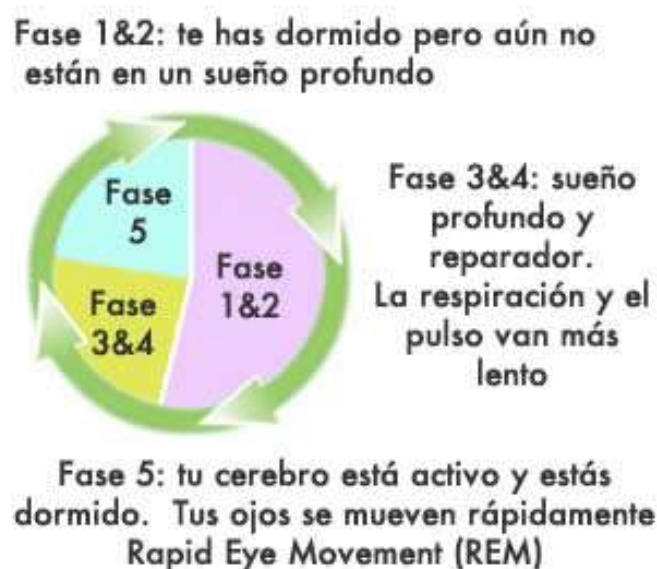
Ante todo diré que del sueño sabemos algo... pero no todo. Sabemos qué pasa durante el sueño, pero no sabemos muy bien por qué pasa y para qué pasa. Como dice el neurólogo Francisco Mora en su libro *¿Cómo funciona el cerebro?...* “*No hay todavía una contestación clara y satisfactoria a todas estas preguntas*”.

El sueño es un estado funcional provocado por determinados circuitos neuronales que generan los ritmos circadianos -normalmente de ciclo diario- que sigue nuestra fisiología. Tiene generalmente que ver con el nivel de luz percibido por la retina, que es percibido por un pequeño núcleo del hipotálamo, el núcleo supraquiasmático, que a su vez lo interpreta y envía un mensaje a la glándula pineal, la cual incrementa por la noche la secreción de la hormona melatonina.

Una de las estructuras cerebrales que se ven afectadas es lo que conocemos como *sistema de activación reticular*, que se encarga, entre otras cosas, de la regulación del estado de vigilia. Es una estructura evolutivamente muy antigua, como es fácil de entender, y se encuentra situada en la parte inferior del cráneo, al poco de adentrarse la médula espinal en el cráneo.

Y así caemos en estado letárgico, en brazos de Morfeo, hipnotizados por nosotros mismos. ¿Qué pasa cuando cerramos los ojos y desaparecemos en la neblina de las cada vez más difuminadas somnolencias?

Lo hemos medido. A lo largo de las horas de sueño se producen unos ciclos que tienen el siguiente perfil: Iniciados por una caída progresiva hacia un estado de sueño profundo para, una vez en él, reactivar el cerebro y pasar a un periodo en el que se sueña. Quizás os suene la fase de sueño REM –Rapid Eye Movement-, en español MOR -Movimiento Ocular Rápido-, que es como conocemos a este estado funcional cerebral. Este ciclo de caída al sueño profundo seguido por el de REM se suele repetir unas cinco veces durante la noche, cada vez con un peso mayor de la segunda parte.



Fases del sueño (dormir.org.es, CC BY-NC-ND 3.0 ES)

Durante el sueño profundo el cerebro no se para, sino que parece que adopta un funcionamiento coordinado y rítmico, un suave ondular de baja frecuencia –de 1 a 4 veces por segundo-. Sorprendentemente, en algún momento, en este estado de beatífica quietud funcional, salta la tormenta. El ritmo del baile neuronal se acelera, llegando a observarse en el encefalograma del dormilón un patrón de vigilia, a 40

ciclos por segundo. Pero no está despierto, sino que ha entrado en la fase de movimientos oculares rápidos. Y ahora sí que comenzamos a soñar. ¿Qué relación tiene una cosa con otra? No lo sabemos, pero suele ser así.

Durante estos momentos en los que soñamos le sucede alguna otra cosa curiosa al cuerpo. Por un lado, se inhiben las entradas sensoriales. No quiero decir que el cerebro no “oiga”, ni “vea” lo del exterior... realmente al cerebro le llegan las señales sensoriales pero las detiene, les impide participar en las historias que van a tener lugar durante los sueños, muy al contrario de lo que sucede cuando estamos despiertos. No van a tener un significado funcional. También dice STOP a los gestores neuronales de los patrones de movimientos: ¡corred, volad...! pero sin que se muevan los músculos. Y así sentimos que corremos y volamos sin saltar de la cama por la ventana. Tenemos, pues, clausuradas las puertas de entrada y salida del cerebro, que queda en modo isla dispuesto a jugar a lo que realmente le gusta: fabular.

Pero antes aún tiene que acomodar sus estructuras. Durante la fase REM algunas partes del cerebro directamente implicadas en la regulación de las emociones, como las cortezas cingulada anterior y la prefrontal orbital, así como el núcleo central de la amígdala, se reactivan hasta alcanzar niveles de excitación similares o superiores a los que desarrollan durante la vigilia. En contraste, encontramos prácticamente desactivadas algunas partes de la corteza prefrontal que se dedican a la gestión de la memoria a corto plazo y de la coherencia de nuestras decisiones racionales. Podemos entender ahora el porqué los sueños son como

son, resultado de una fabulación del cerebro que se ve impulsado por un mundo de emociones absolutamente desinhibidas por los circuitos racionales.

El cerebro crea su mundo en base a sus propios procedimientos internos y a los datos que tiene almacenados en sus estructuras de memoria. Crea un mundo prácticamente unitario, en donde todo se puede confundir, transmutar o fusionar en un instante. Tiempo o espacio no tienen un valor estable. Un mundo donde la componente emocional es decisiva, con un gran peso en la sensación de ansiedad. Realmente vemos colores, olemos olores, gustamos sabores, oímos sonidos, percibimos la realidad de nuestro cuerpo aunque de una forma casi ectoplasmática... e incluso, y eso es realmente la experiencia de uno de mis sueños, sentir la experiencia de otro sueño como parte del sueño real.



“La persistencia de la memoria”, pintura de Salvador Dalí, representación de un sueño que el propio autor había experimentado (MOMA, fair use)

El psiquiatra Allan Hobson comentaba en su libro *States of mind*: “... los ensueños son simplemente la conciencia subjetiva de un producto de la activación espontánea del cerebro durante el sueño”. Está claro que, dentro de la inconsciencia con la que vivimos el sueño, somos conscientes de ellos gracias al estado de conciencia subjetiva que comenta Hobson. No obstante, ¿de dónde surge esta conciencia si dos párrafos más arriba decíamos de la inactivación de los sistemas neurales del raciocinio y la memoria? Pues de otra singularidad durante las fases de sueño, durante las que la actividad tálamo-corteza (el tálamo es como la oficina del registro cerebral) sigue con un patrón de actividad muy semejante a la de la fase de vigilia. Y es en esta actividad donde la neurología moderna sitúa las bases neuronales de la consciencia.

Luego ya sabemos cuándo se producen los sueños y cómo, gracias a las especiales condiciones funcionales de inhibición o de activación de sistemas encefálicos, estos nos parecerán caóticos si los recordamos. Hasta cierto punto hay una conciencia de ellos mientras duran, ya que desarrollan un patrón de memoria cuya recuperación es aleatoria tras la vuelta al estado de vigilia.

Así pues, volviendo a mi particular interpretación de las preguntas que han motivado esta entrada

¿Cómo sabemos cuándo estamos soñando y cuando estamos despiertos?

¿Cómo distinguir si estamos en un sueño o en la realidad?,
no me queda más remedio que concluir con la siguiente simpleza: en la abrumadora mayoría de los sueños nunca

serás consciente de estar viviéndolos, pero siempre –si no hay condicionas ajenas, como drogas, privaciones o enfermedades que lo impidan- serás consciente de la realidad que vives. Aplica esta regla y sabrás si estás en sueño o en vigilia. Cualquier otra interpretación puede ser objeto de debate filosófico muy entretenido y digno en los círculos culturales... no científicos. A los cuales no renuncio.

XVI: Si no existieran ni los planetas, ni la vida, ni las galaxias, ni el universo, etc., ¿Qué habría? ¿Nada? ¿Pero la nada qué es? No hay universo, entonces ¿qué? Y si Dios creó el mundo, ¿él dónde nació? ¿Qué había? (por J)

Qué pregunta más difícil, pardiez. Nuestro alumno de hoy se pregunta nada más y nada menos que: **Si no existieran ni los planetas, ni la vida, ni las galaxias, ni el universo, etc., ¿Qué habría? ¿Nada? ¿Pero la nada qué es? No hay universo, entonces ¿qué? Y si Dios creó el mundo, ¿él dónde nació? ¿Qué había?**



Galaxia Seyfert, Messier 51 (NASA, ESA, S. Beckwith (STScI), y The Hubble Heritage Team STScI/AURA, cc-by-3.0)

Yo interpreto tres preguntas en una:

- Si no hubiera planetas, ni vida, ni galaxia, ¿qué habría?
- Si no hubiera universo, ¿qué habría? ¿Nada? ¿Y qué es la nada?
- Y si Dios creo el universo, ¿de dónde salió Dios?

Vamos a abordar cada una por separado, de menor a mayor complejidad, porque la pregunta tiene mucha más enjundia detrás de la que pudiera parecer en un primer vistazo. Aviso que en este artículo, sobre todo al final, voy a subir un poco el nivel para lo que deben saber los alumnos de 3º de la ESO, adentrándome en el Bachillerato (lo que para mí fue COU).

Si no hubiera planetas ni vida ni galaxia, ¿qué habría?

Si no hubiera ni planetas ni galaxias ni vida... lo único que quedaría sería los pequeños restos de materia que hay entre las galaxias. Pero imagino que cuando el alumno pregunta eso simplemente está enumerando lo que en su cabeza es todo lo que existe en el universo, así que vamos a suponer que cuando hace la pregunta está en realidad preguntando qué habría en el universo si quitáramos toda la materia del universo (y como sabemos que energía y materia son la misma cosa, vamos a suponer que también quitamos toda la energía que hay en el universo). ¿Qué quedaría? Pues fácil: un universo vacío, nada.

Pero la gracia viene a partir de ahora, porque me da la impresión de que esta pregunta es la introducción para las preguntas que vienen detrás.

Si no hubiera universo, ¿qué habría? ¿Nada? ¿Y qué es la nada?

Esto es más grave de lo que el alumno cree, pues ya no solamente está diciendo que no haya nada en el universo, sino que ni siquiera exista el propio universo en sí mismo.

A ver si con una analogía logramos verlo. Imaginemos que el universo es un vaso lleno con garbanzos, judías y agua (que serían los planetas, galaxias, estrellas...).

Si quitamos los garbanzos, las judías y el agua, ¿qué queda? Un vaso sin nada, un vaso vacío.

¿Y si quitamos el vaso? Lo que queda es Nada (con mayúsculas).

Lo que tenemos que preguntarnos entonces es qué es el Universo, para poder quitarlo. Podríamos irnos por una explicación científica, como la de la pregunta del tamaño del universo infinito, pero tengo la impresión de que el alumno está buscando una explicación más metafísica, más filosófica, incluso teológica.

Para mí, el universo son sus leyes. Las leyes de la física que regulan su comportamiento, que definen el tiempo y el espacio y las cuatro fuerzas elementales. Por lo tanto, cuando hablamos de que no exista el universo, en mi cabeza la única explicación que cabe es que no existieran dichas leyes.

¿Y si eso no existe? ¿Qué queda?

Tengo que dejar en el aire todavía la respuesta, porque antes de abordarla quiero explorar también la tercera parte de la pregunta. Pero antes, para darle un toque divertido tengo que recordar la película “La historia interminable”, de Wolfgang Petersen (1984), adaptación del libro homónimo

de Michael Ende, y de la cual él renegó por ser sensiblera y cubrir solo la primera mitad del libro (que tras ver la película empecé varias veces, pero nunca terminé) ... pero que a mí y a todos los niños de mi generación nos pareció muy bonita. En ella, los niños han dejado de creer en la fantasía y como consecuencia todo el universo fantástico está desapareciendo para dejar Nada:

- *Cerca de donde yo vivía había un precioso lago, el Calidocaldo, pero un buen día desapareció.*

- *El lago ese, ¿se secó?*

- *No, no se secó, es difícil describirlo, donde estaba el lago ya no hay Nada.*

- *¿Un agujero?*

- *No, un agujero sería algo, no quedo Nada, Nada. Y esa Nada crecía y crecía.*

Y si Dios creo el universo, ¿de dónde salió?

Y por fin llegamos al meollo de la cuestión. ¿Quién creó el universo? ¿Dios? ¿Y de dónde salió Dios?

La respuesta a esa pregunta no es solo este artículo de El Cedazo, sino que es una de las vías por las que Santo Tomás de Aquino demuestra la existencia de Dios. Tomás de Aquino, teólogo, filósofo y sacerdote católico del siglo XIII, obviamente creía en Dios, pero quería demostrar su existencia de un modo científico y, tras mucho pensar, lo hizo mediante las conocidas como “Cinco Vías de Santo Tomás”:

- Primera vía o Primer Motor Inmóvil: todo lo que se mueve lo hace porque antes alguien se movía y al

golpearle o empujarle hace que el primero empiece a moverse. Pero, ¿quién inició ese movimiento? Dado que es obvio que las cosas se mueven, tuvo que haber una primera cosa que se moviera sin que nada le hubiera proporcionado movimiento. En términos físicos modernos diríamos que en el universo hay energía (en este caso cinética), pero la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma... ¿de dónde surgió esa primera energía que se transforma en todas las demás? ¿Quién creó la primera energía? Dios.

- Segunda vía o Causa Incausada: todo existe a causa de algo anterior. Yo existo a causa de mis padres, ellos por mis abuelos, y así más hacia atrás hasta los monos, las ardillas... seguimos retrocediendo en la evolución por los reptiles, los peces, los invertebrados, seres unicelulares, moléculas sueltas, átomos sueltos, partículas subatómicas sueltas... Y lo mismo para las cosas inanimadas: las piedras existen por el magma terrestre, que se creó cuando se formó la Tierra, que se formó a partir de la explosión de una supernova anterior, que se formó cuando se juntó hidrógeno... seguimos retrocediendo hasta el Big Bang... y antes de eso ¿qué? ¿Qué causó el Big Bang? Dios. En términos modernos diríamos que la materia no se crea ni se destruye, solo se transforma, pero el inicio del camino es el mismo: Dios.
- Tercera vía: esta es la que menos entiendo, lo reconozco.^[1] Es algo así como que las cosas que existen antes no existían, solo estaban en esencia, pero

no en existencia. Dios es ese ser en el que esencia y existencia ocurren a la vez.

- Cuarta vía: las cosas son más o menos perfectas, más o menos buenas, y Dios es el máximo de esa perfección, perfección infinita, el modelo de perfección respecto al cual se miden las demás cosas. Una vez más, no termino de entender esta vía, me parece más bien expresar un deseo que una deducción científica.
- Quinta vía: hay cosas que no tienen voluntad, como pueden ser los planetas al rodear una estrella o dos electrones al repelerse. Si hacen eso es porque un ser que sí tiene voluntad ha decidido que “dos cargas de igual signo se repelen” o que “dos cuerpos con masas m_1 y m_2 se atraen con una fuerza proporcional a las masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa”. ¿Por qué no inversamente proporcional, por ejemplo, al cubo de las distancias, o a la cuarta potencia? Alguien ha decidido eso, esas reglas de la física. Dios.

Obviamente las Cinco Vías han sido muy discutidas en la historia, por teólogos, científicos, humanistas y por todo el mundo, hasta el punto de que no creo que haya nadie que las acepte tal y como yo las he enunciado, incluso algunos eminentes científicos ni siquiera las consideran válidas (y tienen argumentos para decirlo).

Pero antes de seguir, como este es mi artículo, me vais a permitir un poquito de pseudofilosofía para dar mi opinión personal e intransferible. Lo que sigue desde aquí hasta casi

el final es solamente mi opinión sobre cómo adaptar las Cinco Vías (que fueron enunciadas en el siglo XIII, cuando la ciencia estaba en pañales) a nuestros conocimientos científicos actuales. En mi opinión, al incluir esos nuevos conocimientos, las Cinco Vías se quedan en Dos.

Primero, dado que sabemos que materia y energía son dos manifestaciones de la misma cosa, creo que podríamos decir que la Primera y la Segunda Vía son la misma Vía: una se refiere al movimiento (energía) y la otra a las causas (materia).

La Cuarta, para mí, también es simplemente otra manifestación de la Quinta: las cosas que aparentan tener voluntad (es decir, las personas) lo hacen por las reacciones químicas que se producen en su cerebro, que ocurren así porque las leyes de la física son las que son (es decir, la Quinta Vía); pero esto es lo mismo que discutir sobre si existe el alma o no (sobre si todo lo que somos como seres racionales es debido o no a meras reacciones químicas en el cerebro), así que entiendo que para Tomás de Aquino fueran cosas distintas.

Y finalmente, para mí la Tercera Vía también es otra manifestación de la Quinta: las cosas que son en esencia son en esencia porque dada la situación actual, las leyes de la física harán que en el futuro sean en existencia. O dicho de otro modo: dado un estado actual de la existencia, hay cosas que solo son en esencia. Pero dado ese estado actual más las leyes de la física que conocemos, esas cosas pasarán a ser en existencia. Un ejemplo: el vaso que tengo en mi mano es en esencia un montón de cristalitos; cuando junto eso con

las leyes de la gravedad y las electromagnéticas... el vaso cae y se convierte en cristalitos.

Mi conocimiento sobre el estado de la filosofía/teología actual es prácticamente nulo, así que seguro que me dejo muchas cosas en el tintero, pero tengo la impresión de que de momento esas dos Vías siguen sin explicación sin recurrir a Dios, pero no quisiera que este artículo se interpretara como un alegato por mi parte sobre la existencia de Dios, ni en un sentido ni en el contrario, ni mucho menos sobre ir a misa, respetar la cuaresma o marcar la X en la casilla de la Iglesia de la Declaración de la Renta. Si has leído hasta aquí, habrás visto dos cosas:

- La concepción de Dios que se deduce está muy, muy, muy alejada de la concepción católica de Dios, hecho sobre el cual Tomás de Aquino pasó de puntillas. Ni que decir tiene que mucho menos afecta entonces a la liturgia o la Iglesia.
- Cuando Tomás de Aquino enuncia las Cinco Vías (o las Dos a las que yo las he reducido, lo mismo me da), concluye que Dios existe... mientras que lo que yo he dicho aquí es “de momento esas dos Vías siguen sin explicación sin recurrir a Dios”. Que es parecido, pero no es lo mismo: él concluyó conocimiento donde yo solo concluyo ignorancia. La creencia en Dios, en cualquier dios, es una opción personal que, como creencia que es, no puede ser demostrada ni rebatida con las herramientas de la Ciencia, pues la Ciencia no trata sobre creencias, sino sobre hechos falsables.

Releed ahora las preguntas del alumno y vedlas desde esta nueva óptica, la de las Cinco Vías de Santo Tomás: la segunda parte de la pregunta es, si profundizamos un poco, la Quinta Vía; mientras que la última parte es la Segunda Vía enunciada de otra forma. Tomás de Aquino fue nombrado Doctor de la Iglesia^[2] en 1567 por, entre otras cosas, estas Cinco Vías, en las que hizo compatibles el conocimiento científico de Aristóteles^[3] con la Fe católica... ¿quién sabe si nuestro alumno no es una mente privilegiada?

NOTAS DE LA RESPUESTA XVI:

1. Si me lee mi profesor de filosofía de COU es capaz de suspenderme retroactivamente...
2. Es un título que otorga la Iglesia Católica a los santos que por su erudición son maestros de la fe para los fieles de todos los tiempos [sí, lo he copiado textualmente de la Wikipedia, es que está muy bien escrito].
3. Que en esa época era considerado el no-va-más del conocimiento científico.

XVII: ¿Por qué cuando nos ponemos al sol nos ponemos más morenos? (por jreguart)

En este capítulo vamos a intentar dar un poco de luz a la pregunta: **¿Por qué cuando nos ponemos al sol nos ponemos más morenos?** Un tema que ya se está poniendo candente. Vamos de cara al verano y operaciones bikinis y compras urgentes de bronceadores es algo que en estos días mueve a nuestra sociedad.

En efecto: nos ponemos morenitos cuando tomamos el sol. Pero ¿cuáles son las causas de este tintado de la piel?



Efecto bronceado en la piel expuesta a los rayos del sol

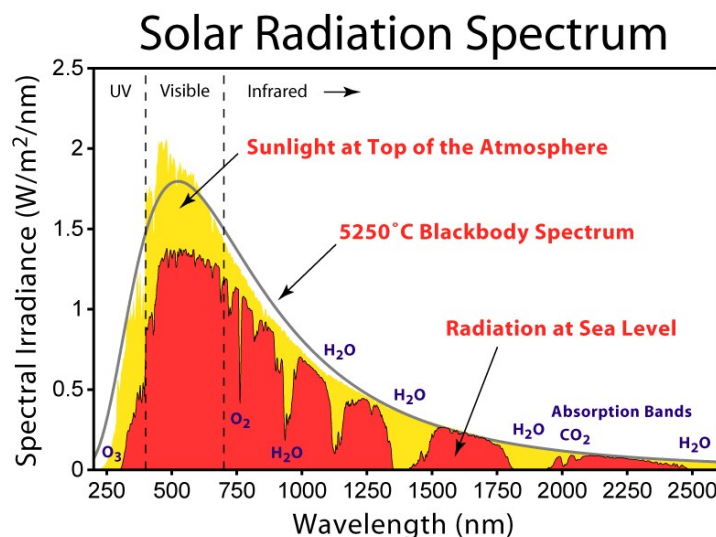
Lo primero que hay que decir es que hay que dar gracias a la naturaleza por haber dotado a nuestros cuerpos de esta propiedad. Es un mecanismo de defensa para prevenirnos de los daños que nos pueden producir las radiaciones que nos llegan, en este caso, del Sol. Nuestra estrella emite una serie de partículas entre las que ganan por goleada los

fotones. Es evidente que los fotones nos encienden la luz de los colores y podemos ver; pero también nos producen la sensación de calor que tanto ansiamos en invierno. Son dos cosas muy distintas ¿no? Ver o percibir el calorcito.

Pero en realidad no son tan distintas si sabemos como actúan los fotones. Estas partículas tienen masa en reposo nula y se mueven como una onda a velocidades próximas a la de la luz dependiendo del medio por donde circulen. Las ondas, como las olas del mar, pueden ser más grandes o más pequeñas, más profundas o más planas. Las ondas en las que se identifican los fotones pueden estar muy comprimidas, frecuencia alta, o poco comprimidas, que son las de frecuencia baja. Son como las olas en un día de galerna y temporal o las olas del apaciguado mar de fondo. Su energía, la de los fotones que son esta onda, depende de su frecuencia, o lo que es lo mismo, cuánto espacio ocupa durante el recorrido de un ciclo de sube y baja -una forma muy burda de presentar a la longitud de onda-. Pero así es: ondas anchas son de poca energía y ondas estrechas de mayor energía. Y, además, voy a decir otra burrada que pondrá a más de uno los pelos de punta: la amplitud de onda es como la amplitud entre los pinchos del tenedor: tenedor pequeño coge granos en el saco de arroz y tenedor grande no los coge, se escurren entre sus dientes. Recordad esto para más tarde.

El Sol es la mayor fábrica de fotones que tenemos en el barrio y no sólo produce muchos, sino que los produce de todos los colores, de los que se ven y de los que no se ven con los ojos de la cara. Aquí uso la palabra *colores* como una generalización de lo que es la frecuencia de los fotones.

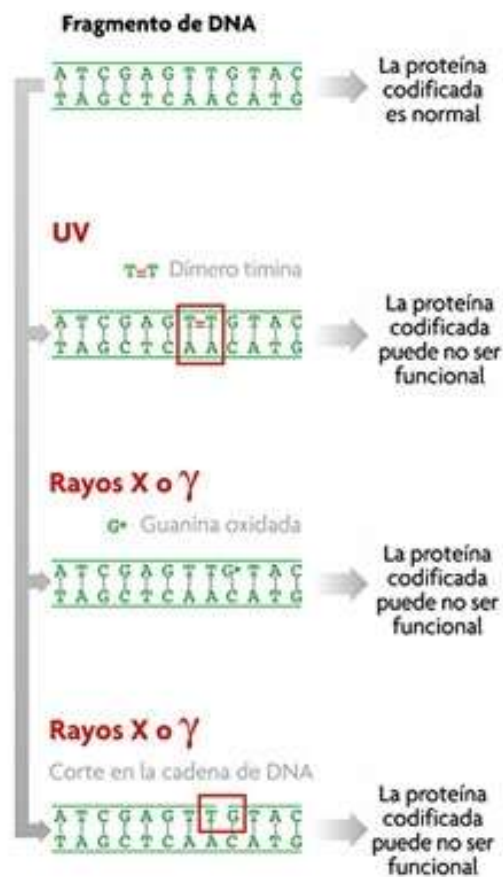
Y el Sol emite fotones de muchas frecuencias. El gran físico Planck nos dijo de qué manera: desde casi cero hasta infinito, por cuantos -hay valores posibles y otros imposibles- y con una distribución muy específica, la de un cuerpo negro a la temperatura de más o menos 5.000K, que es la de la superficie del Sol.



*Espectro de la radiación solar que llega a la Tierra
(Wikimedia, CC BY-SA 3.0)*

Lo que quiere decir que desde el cielo nos cae un chaparrón de fotones, algunos los vemos al apreciar los colores -entre 700 y 400 nanómetros de longitud de onda-, mientras que los de onda más ancha son los que nos producen la sensación de calor o los podemos usar para nuestras telecomunicaciones. Con mi analogía, a esos les llamaría *los de tenedor grande*. Pero también hay fotones de longitud de onda más pequeña, y allí nos encontramos, de menor a mayor, los rayos cósmicos, los rayos gamma, los rayos X de los médicos, y los ultravioleta. Y de nuevo con mi analogía, estos serían los tenedores más finos, con los que podemos penetrarnos muy a fondo en la materia orgánica de nuestros cuerpos y allí “empalar” -realmente

“chocar con”- cosas realmente pequeñas, como un átomo o un electrón.



Posibles efectos de las radiaciones sobre el ADN que a la postre producirán un efecto dañino para el organismo (imagen modificada de: Neus Agell Jané, fair use)

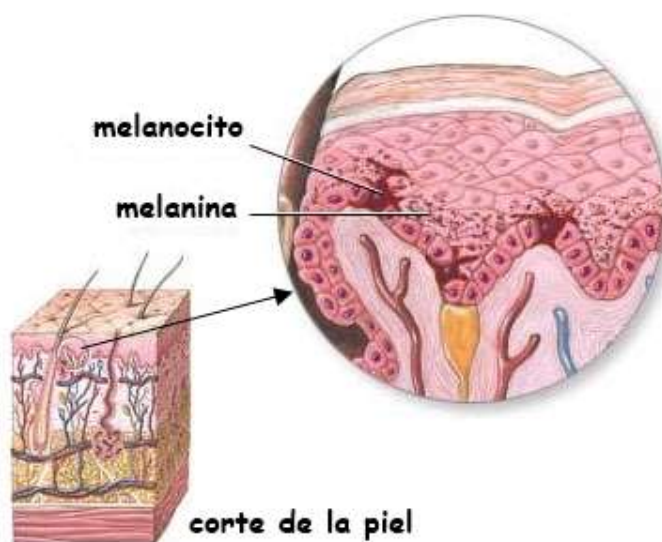
Y eso sí que hace daño a nuestro organismo, pues como resultado de la interacción de uno de estos fotones tan energéticos con nuestras partículas atómicas estructurales, se puede cambiar alguna molécula esencial para la subsistencia de los organismos vivos. Por ejemplo, si se altera la cadena de ADN que está en los núcleos de las células de nuestro cuerpo, se altera el proceso génico de fabricación de proteínas. Y para que una proteína funcione adecuadamente necesita mantener una determinada forma físico-química. Si esta forma está alterada es muy probable

que pueda surgir una enfermedad, como un cáncer. Cuántas veces nos han dicho ¡ponte crema cuando tomes el sol! Porque con ellas dificultamos la penetración dañina de los rayos ultravioleta del Sol.

Sin embargo, la naturaleza es más sabia que el hombre. Nosotros ponemos parches, pero ella pone soluciones absolutas... que nosotros nos saltamos con nuestras modas y manías. La evolución nos ha hecho el regalo de la melanina, que es una molécula sencilla y de estructura que puede variar. Se encuentra en algunas de nuestras células en uno de sus orgánulos que se llaman melanosomas. Es un pigmento, el más importante de la piel. Y también colorea a nuestros pelos.

Pero su función principal no es el proporcionarnos un fantástico color saludable y estético, sino defender las capas profundas de la piel de los efectos dañinos de la radiación solar ultravioleta. Son nuestro escudo frente a los pinchazos de los energéticos “tenedores pequeños” como son los rayos ultravioleta. No en balde los humanos evolutivamente nativos de las zonas ecuatoriales y tropicales son de piel más oscura, mientras que los de latitudes más altas, como en las proximidades de los polos, son más sonrosados y de pelo claro. La defensa se consigue gracias a las particulares propiedades químicas de la melanina, que la hace un fotoprotector muy eficiente. Absorbe la radiación ultravioleta y transforma su energía en calor, que resulta inofensivo para nuestros organismos. Con eso la melanina nos ayuda a disipar más del 99,9% de la radiación absorbida en nuestra piel.

En nuestros cuerpos las fábricas de las melaninas –las hay de varios tipos- son las células llamadas melanocitos. Están repletos de la melanina que producen, en disposición de ser cedida a otras células que la necesiten. A más melanina, mayor intensidad de coloración dependiendo de los tipos y la mezcla que tengamos de estas moléculas. Es un proceso que lógicamente tiene mucho que ver con la capacidad de fabricación que tengan los melanocitos, ya que, por ejemplo, los de las personas de piel oscura fabrican la melanina más deprisa. Un regalo más de la evolución.



Disposición de los melanocitos en la piel (Wikimedia, dominio público)

Todo ello nos permite clasificar a los fenotipos de color de los humanos -en este caso los llamamos fototipos- por su capacidad de resistir las radiaciones solares. Los de la clase 1 y 2 son los de pieles más claras, que difícilmente consiguen broncearse y se queman con facilidad... ¡seguro que conoces a alguno! En el otro extremo queda el fototipo 6, que corresponde a los individuos de raza negra que no suelen quemarse nunca.

Hemos dicho mucho, pero aún nos queda justificar el porqué el Sol nos pone morenitos. A todos... incluso a los de piel oscura. En pocas palabras la respuesta es: porque el sol favorece la melanogénesis. “Melano” y “génesis”, el proceso por el que los melanocitos generan melanina. ¿Cómo funciona esto?

La melanogénesis es un proceso fisiológico que está controlado muy de cerca. Como no podía ser de otra manera -la evolución elimina las situaciones que no permiten la supervivencia-, genéticamente ya llevamos una serie de instrucciones personales desde el nacimiento. Los hay que se tiznan sólo con ver el Sol y los hay que no pueden abandonar el sombrero y las gafas. Aunque también participan en el proceso diversas hormonas, algunas favorecedoras que están producidas por la glándula pituitaria, también conocida como hipófisis -que se encuentra en lo más recóndito del encéfalo-, y otras inhibidoras generadas en el hipotálamo -otro escondido lugar del cerebro-.

También influye en la melanogénesis, incrementándola, la temperatura y la radiación ultravioleta: ¡ya hemos llegado!

En los melanocitos se encuentra una enzima llamada tirosinasa. Esta enzima favorece un proceso -lo agiliza- por el que un aminoácido llamado tirosina va a transformarse en melanina. Cuando los fotones del espectro ultravioleta llegan al melanocito lo que hacen es reaccionar con determinadas moléculas que normalmente inhiben a este proceso de producción de melanina. En pocas palabras, disminuyen las trabas en la fabricación de melanina con el resultado de que se dispara su producción. Como

consecuencia, en las células de nuestra piel hay una mayor concentración y, por tanto, quedan más tintadas con un colorido más oscuro. Y aún hay un proceso que lo refuerza, ya que esta radiación ultravioleta lo que hace es oxidar la melanina produciéndose un producto aún más oscuro... que es lo que apreciamos cuando llevamos dos días en Palma de Mallorca.

¡Qué paséis buenas vacaciones tanto en la playa, como en la montaña... como paseando por los predios de vuestro pueblo! **Y no os olvidéis de usar cremas protectoras**, las mejores, las más eficaces.... no dejéis vuestra salud en manos de lo barato. El Sol ataca hoy en día con una intensidad que no vieron nuestros mayores. Es una realidad que nuestra atmósfera nos protege cada vez menos: el ozono, que en teoría absorbe el 90% de los rayos ultravioleta que nos manda el Sol, parece que está en una senda de progresiva regresión gracias -y sin que cause ninguna gracia- a la acción del hombre. Y ojo cuando os queráis tostar dentro del protocolo *operación bikini* tomando unas sesiones de rayos UVA en vuestro *fitness center* más próximo... hacedlo con precaución. Vuestro ADN os lo agradecerá.

XVIII: ¿Por qué la cebra es blanca y negra a rayas? *(por jreguart)*

La pregunta que vamos a investigar en este capítulo tiene una cierta relación con el anterior, en donde hablamos sobre cómo la melanina nos ponía la piel más oscura al tomar el sol. La melanina es también uno de los principales pigmentos que colorea la piel y el pelo del resto de animales.

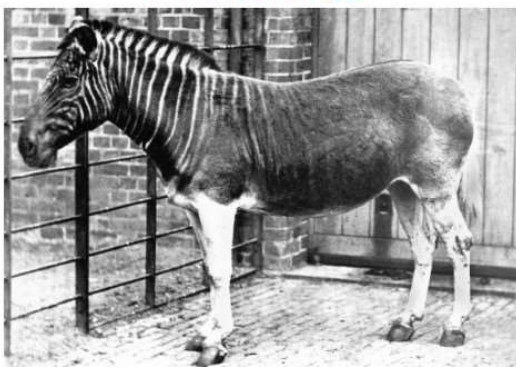
Y sí, las cebras tienen melanina en su piel y pelo, y de sobras sabemos que las decora de forma espectacular. Por eso ha surgido la pregunta en algún alumno de 3º de la ESO: ***¿Por qué la cebra es blanca y negra a rayas?*** Vamos a intentar dar un poco de luz a su curiosidad.

Lo primero que quiero decir es que la aparición de esta circunstancia en el fenotipo de las cebras no es nada especial. Es la consecuencia de una serie de cambios evolutivos que conformó a los ancestros de estos animales con una característica corporal que seguramente les ayudó a sobrevivir y multiplicarse en su hábitat. Las manchas en la piel no son esenciales para vivir, como lo demuestran la mayoría de los animales. Pero sí puede dar un plus de competitividad en determinados nichos ecológicos.

Vayamos, pues, al inicio y busquemos la raíz filogenética de estos animales. Son del género *Equus*, junto a los caballos, asnos y onagros, y en la actualidad viven tres especies de cebras, aunque en 1883 se extinguió una cuarta, la *Equus quagga quagga*, cuya característica más llamativa

era que presentaba una pauta de rayado solamente en la parte delantera de su cuerpo. Las otras tres especies vivas son la *Equus quagga* o cebra común, la *Equus zebra* o cebra de montaña y la *Equus grevyi* o cebra de Grevy, también conocida como cebra imperial. Como podemos ver en la imagen que sigue las tres disponen de un patrón de rayas muy específico y particular de la especie. Todo un juego de zonas melanizadas, las oscuras, y desmelanizadas, las claras.

E. quagga quagga



E. quagga



E. zebra

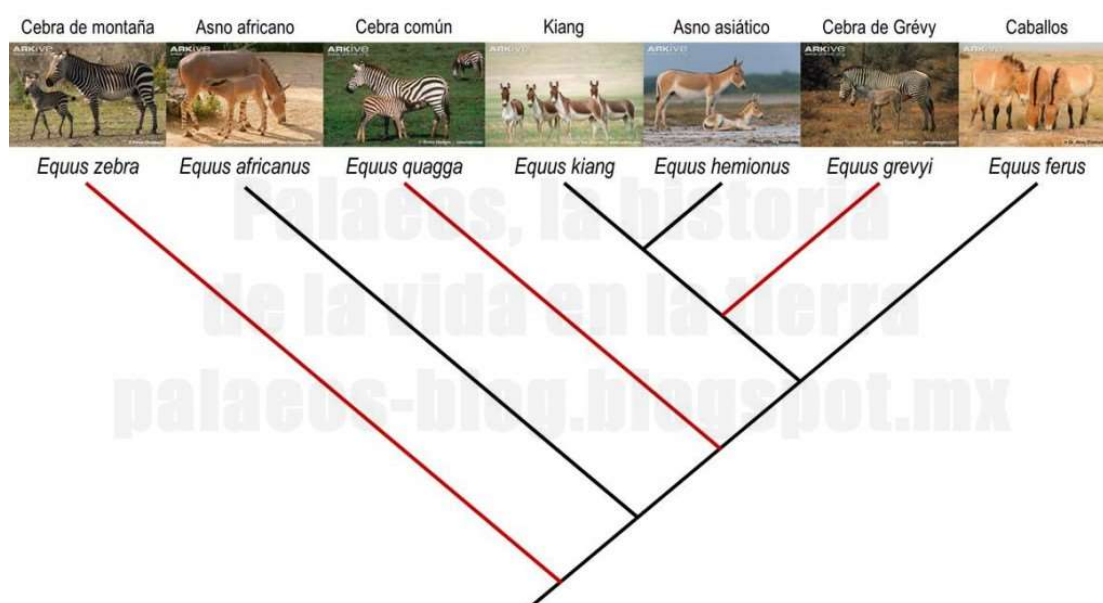


E. grevy

Una especie de cebra extinta, la quagga quagga, y tres vivas. Observad el distinto patrón de rayado en todas ellas (Wikimedia: quagga quagga, dominio público; quagga, zebra CC BY-SA 3.0; grevy, CC BY 3.0)

El hecho de que sean todas rayadas nos puede hacer pensar que las tres especies provienen de un mismo animal

ancestro en el que se produjo el cambio genético que dio paso a este especial tintado de piel y pelo. Pero no es así, como nos lo indica su árbol filogenético que vemos más abajo. Por ejemplo, el caballo africano es una especie intermedia entre la cebra de montaña y la común, mientras que la cebra de Grevy es más pariente del asno asiático que de las otras dos cebras. De este hecho, de estar barajadas las filogenias de las especies *Equus*, parece lógico deducir que estos animales proceden de un antecesor de piel oscura -al menos no blanca- como es la característica del resto de la familia Equidae. Incluso podemos apreciar en la extinta *Equus quagga quagga* cómo su fenotipo está a medio camino, o cómo, y es regla general, cuando una región decolorada entre dos negras se hace muy ancha, aparece una nueva pigmentada como queriendo afirmar que la desmelanización fuera secundaria frente a la melanización. Con lo que casi podemos asegurar que las cebras son.... negras con rayas blancas.



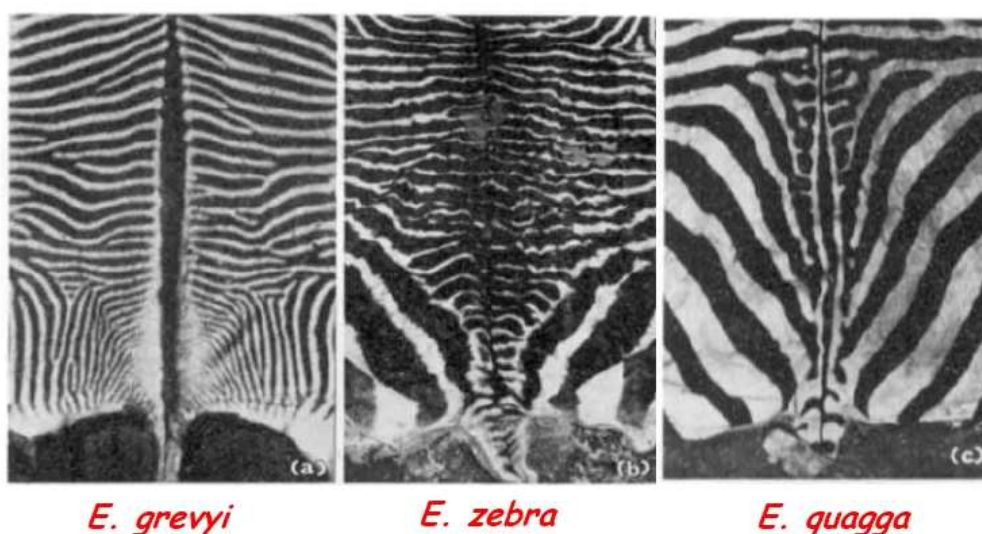
Filogenia del género Equus (imagen: paleos-blog, fair use)

Dicho lo anterior, la primera respuesta parcial a la pregunta planteada, *¿por qué la cebra es blanca y negra a rayas?*, es la más tonta que se me ocurre: porque en algún momento hubo un cambio en la maquinaria genética, o en las condiciones epigenéticas, que lo promocionaron. Evidentemente, la causa inicial del tintado de los animales y de sus patrones son los genes, como veremos más abajo en el caso que nos trae. La duda sería si se produjo el necesario cambio tres veces -en cada una de las tres especies- de forma independiente en distintos momentos históricos o bien los genes estaban allí, en los “caballos” de África, a la espera de una circunstancia externa que promoviera su expresión hasta entonces oculta por innecesaria. Yo me inclino por lo último, aunque simplemente porque me parece más parsimonioso. Es lo que exige menos filigranas intelectuales para ser explicado.

De cualquier forma, esto debió suceder después de que los équidos, originales de Norteamérica, migraran a Eurasia y África hace ahora unos 2,3 millones de años. El primer fósil que se conoce con seguridad que corresponde a una cebras es de un animal de la especie *grevy*, y se ha encontrado en Kenia.

Desconozco si se ha hecho algún estudio génico sobre el fenotipo rayado de las cebras -aunque supongo que así debe de ser- pero sí del patrón de manchas de los gatos, domésticos y salvajes, y del color del pelaje de unos pequeños ratones, del género *Peromyscus*, el mamífero más extendido por la geografía de Norteamérica. Con toda seguridad se habrán realizado muchos más estudios e investigaciones, aunque con los dos mencionados nos es

más que suficiente para darnos cuenta de la relación directa entre genes y patrón de colores en los animales, al menos en los mamíferos. Parece ser en el primer caso^[1] -los felinos- que el dibujo atigrado o punteado es resultado de la expresión secuencial de dos genes, el Taqpep y el Edn3. En el caso de los ratones se estudiaba^[2] el tono general de la coloración y se pudo determinar que dependía también de la acción de dos genes antagonistas, el Mc1r y el Agouti, este último responsable de si aparecen rayas o no.



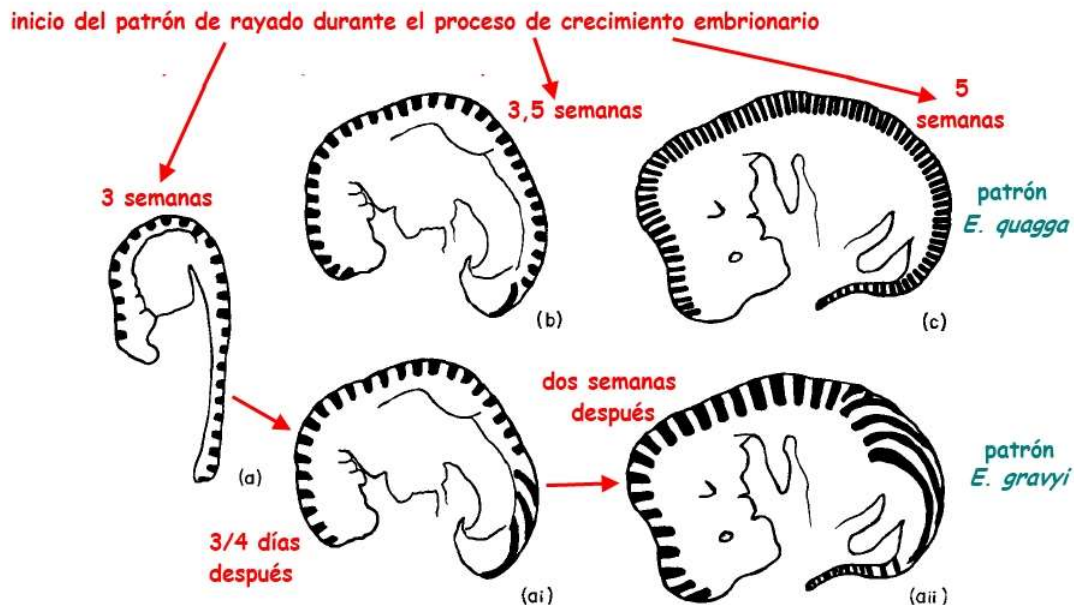
Simetría en el patrón de rayado, definida a lo largo de la línea central dorsal del animal (imagen a partir de: Jonathan Bard, fair use)

En este momento no puedo dejar de mencionar a uno de los genios de las matemáticas, Alan Turing, que pergeñó un modelo que explicaba la formación de los patrones de dibujos en cualquier “objeto”. Hoy en día, con los avances en las técnicas de estudios biogenéticos, se está demostrando que lo que parecía una entelequia científica en su día, 1952, tiene visos de ser una pura realidad. La idea inicial es que todo patrón de “manchas” se produce cuando en un medio, como puede ser un tejido celular, aparecen

dos morfógenos -sustancias participantes en la generación de las formas corporales- antagonistas, uno que favorece el crecimiento poblacional de los dos y el segundo que se difunde por el medio con más velocidad que el primero al que además inhibe su crecimiento. Los morfógenos pueden ser proteínas expresadas por dos genes complementarios en el juego, como el *Mc1r* y el *Agouti* mencionados más arriba para los ratones americanos.

El profesor Jonathan Bard de la Universidad de Edimburgo planteó en 1977 una hipótesis,^[3] que parece bien soportada por lo que se observa durante el desarrollo embrionario de las cebras, acerca de cómo se forman los patrones de rayas en las tres especies a lo largo del desarrollo del feto. Los pigmentos cutáneos son responsabilidad de los cromatóforos, unas células que provienen de una estructura muy inicial durante el proceso embrionario y que se redirigen con posterioridad a otras partes del organismo. El modelo de Bard preconiza que la diferencia en los patrones de rayas de las tres especies de cebras es consecuencia del diferente momento en que estos cromatóforos inician su emigración. Mientras que en los caballos eso se produce en la segunda semana de la gestación, en las cebras se produciría, dependiendo de en qué especie, entre la semana tres y la cinco. Si el patrón inicial de rayas en el embrión de las tres especies fuera el mismo, y si durante la embriogénesis en cada una de ellas fuera diferente el momento temporal en que se inicia este patrón -definida por la emigración de los cromatóforos-, las posteriores heterocronías en el crecimiento del cuerpo de los embriones serían las que darían la explicación del porqué de las diferencias de rayado en los adultos. Según esto, se puede

pensar que el que inicia antes el proceso tiene más tiempo para ir modificando las franjas al crecer, en comparación con el que lo inicia más tarde.



Nota: la figura (c) está a escala mitad de las otras

El corazón de la teoría de Jonathan Bard. Tanto en (a) como en (b) y (c) la separación inicial del patrón de rayado es de 0,4 mm (imagen a partir de: Jonathan Bard, fair use)

Tenemos, por tanto, a los culpables de los trajes de rayas o manchas, sin dejar en el tintero de la responsabilidad a las condiciones ambientales que bendijeron la expresión particular de los genes iniciadores y que fomentaron su desarrollo y extensión. Porque cebras a rayas sólo las hay en África. Algo tendrá su biotopo para que haya sucedido sólo allí.

Pero ¿cuáles pudieron ser estas circunstancias ambientales? Las sabanas y montes del África central, un entorno soleado y caluroso, un mundo lleno de oportunidades pero peligroso, en donde los predadores, como el león, se sienten

cómodos. Tanto como los millones de insectos que se aprovechan de los fluidos corporales de los abundantes mamíferos. Cualquier cambio que sirviera para sobrevivir mejor en este mundo sería bienvenido. Como lo fue el manchar la piel.

Hay opiniones para todos los gustos. La más generalizada es que la aparición de rayas en su pelaje les sirvió de camuflaje. Las ondulantes rayas de la cebra se funden con las ondulantes líneas de los tallos de las gramíneas de la sabana. No importa que sean de distinto color, ya que, al ser el león daltónico, lo que importa es el patrón de camuflaje. Incluso se afirma que el hecho de ir en rebaño un buen número de ellas puede confundir aún más al león, ya que no distingue individualidades en esta gran masa rayada.

También se aporta el motivo de selección sexual. Eso se traduce como que los machos mejor rayados son preferidos por las hembras. Y la verdad es que los pocos ejemplares que nacen sin rayas son apartados socialmente del rebaño, lo que les hace muy vulnerables y, por tanto, su “defecto” genético no se transmitirá con facilidad a la descendencia.

Una tercera opinión tiene que ver con la temperatura ambiente. Se ha comprobado que cuanto más caliente es el hábitat, más rayas tienen las cebras. Lo que parece más esotérico es el explicar por qué es eso así. Una hipótesis se basa en que las bandas oscuras absorben la luz, mientras que las claras la reflejan. Como consecuencia, las zonas oscuras están más calientes que las claras, lo que crea una corriente por convección en el aire que rodea el cuerpo del animal. Y, de hecho, la temperatura corporal de las cebras

es menor que la de un monocromo antílope vecino del mismo tamaño corporal.

Más. Se ha descubierto también que el patrón de rayas de las cebras las hace poco atractivas a los insectos como las moscas. Lo cual, si es así, les debe mantener alejadas de algunas enfermedades. Pero ¿por qué es esto? Parece ser que la luz reflejada en un pelaje oscuro, como el de los caballos marrones y negros, está polarizada. Parece ser también que la luz polarizada es como un caramelo para los tábanos, unas malditas moscas que les pueden transmitir enfermedades y que, para el que ha sido picado alguna vez por uno de ellos, son simplemente inolvidables. La piel blanca no polariza la luz que le llega, por lo que es menos atractiva para la mosca del caballo. Y ésa sería la gran ventaja de las cebras.

Con eso acabo esta entrada en la que hemos analizado, desde diversos puntos de vista, el porqué las cebras son animales con el cuerpo manchado a rayas blancas y negras. Espero que en la próxima reunión con los amigos os ayude a ganar la tradicional apuesta de si son negras a rayas blancas o blancas a rayas negras.

NOTAS DE LA RESPUESTA XVIII:

1. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3709578/>
2. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0006435>
3. https://www.researchgate.net/publication/230348914_A_unity_underlying_the_different_zebra_patterns

XIX: ¿Para qué sirven los dedos de los pies? (por jreguart)

El presente capítulo nos va a servir para **pensar** acerca de nuestro cuerpo y acerca de la evolución. Hoy “*sus alumnos*” -los del profesor Lorenzo Hernández- se han manifestado intrigados con la utilidad de los dedos de los pies. Así, a bote pronto, no da la impresión de que sea una pregunta menor... realmente ¿para qué deben servir estos pequeños pirulís que son los dedos meñiques de los pies, por ejemplo? Parece que para poco. Y si es para poco... ¿por qué los tenemos?... o incluso más, ¿por qué los mantenemos?

Se cree que hace unos seis millones de años unos simios africanos decidieron iniciar una nueva aventura evolutiva al dejar de lado a los que más tarde iban a ser sus primos chimpancés. La aventura se llamó “bajar al suelo y desplazarse a dos patas”. Estos animales provenían de unas estirpes que se movían por las copas de los árboles de las selvas ecuatoriales africanas “braquiando” ... ¿y qué es eso de *braquiando*? Colgados de las ramas mediante las cuatro patas, avanzando gracias a un ágil balanceo. Manos y pies tenían la misma función: formaban una garra con la que podían cogerse bien seguros de las ramas. O manipular hábilmente con las cuatro extremidades el alimento.

Pero las circunstancias climáticas de aquellos momentos les obligaron a cambiar sus hábitats, ya que las superficies boscosas donde desde siempre habían vivido se fueron limitando y aislando, rodeadas por las cada vez más

extensas áreas de monte bajo y de abiertas sabanas repletas de gramíneas. A veces la comida se encontraba en la isla boscosa de al otro lado de la pradera y no quedaba más remedio que ir allí. Imaginad las precauciones que debían tener que adoptar aquellos simios terrestres a la hora de cruzar una zona al descubierto, en donde los depredadores lo tenían fácil. Quien antes llegara al otro lado tendría más probabilidad de sobrevivir y de reproducirse. Su especie perduraría.



Anatomía ósea del pie, con dos zonas de apoyo, anterior y posterior, y una flexible intermedia en donde son parte principal los cinco huesos metatarsianos (Wikimedia, dominio público)

No os voy a contar el camino intermedio -lo tenéis con más detalle en las entradas de las series de El Cedazo “La biografía de la Vida”^[1] y “Biografía de lo Humano”^[2]-. Sólo deciros que la evolución fue modelando aquellos cuerpos que se balanceaban con sus cuatro patas hasta darles una estructura anatómica que les permitió desplazarse de una forma súper-eficiente por los nuevos emplazamientos. Esta nueva forma corporal fue la adecuada para la marcha pedestre: se pusieron de pie... y los pies sirvieron para otras cosas más que para agarrar: fueron una estructura firme y elástica que soportaba el peso del cuerpo y lo impulsaba

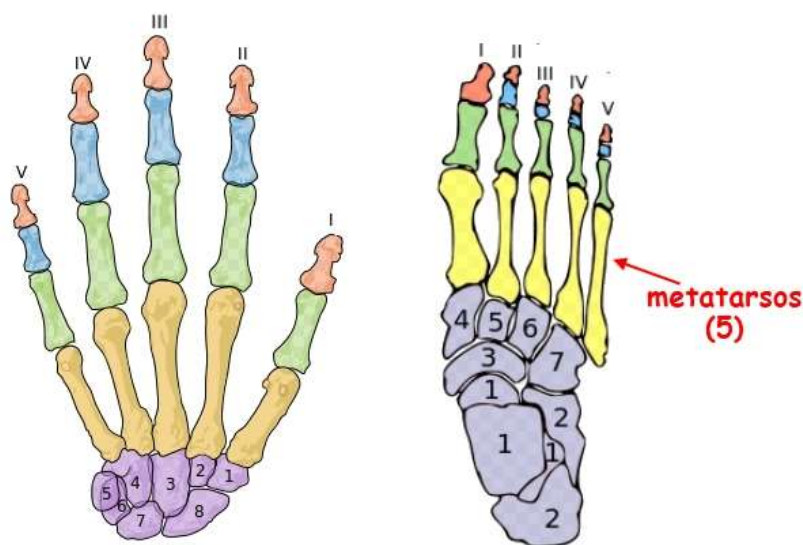
durante el desplazamiento. Los simios se pusieron de pie y llegaron a ser los *Homo*.

La anatomía preparada para la marcha pedestre no es la más adecuada para la velocidad –parece ser que el guepardo tiene puntas de 115 kilómetros a la hora, muy superiores a las del campeón mundial Usain Bolt que llegó a los 45-, pero es genial desde el punto de vista de resistencia. De hecho, hay modalidades de caza que consisten en perseguir al animal para ir agotándolo poco a poco. Pero ¿por qué es tan eficiente andar como los humanos? Para decirlo^[3] en pocas palabras y que se entienda: porque nuestra anatomía tiene tal arquitectura que cuando andamos o corremos el centro de gravedad del cuerpo apenas se desplaza.... Podríamos decir que su trayectoria es prácticamente recta, sin bamboleos, simplemente un ligero movimiento vertical, lo que hace que se pierda muy poca energía en movimientos y desplazamientos superfluos de nuestra masa corporal.

Y ayudando a esta labor está el pie... favorecer un desplazamiento eficiente. Con los elementos de partida, la misma estructura ósea -un bloque de arranque, la parte palmeada y los cinco dedos- que servía para andar colgados de los árboles, claro está que cambiados. Básicamente con un talón que soporta el peso del cuerpo; con una planta que en reposo proporciona una base estable para sustentarse y que durante el movimiento actúa como un amortiguador y como una ballesta que impulsa nuestro cuerpo paso tras paso; y con unos dedos paralelos –ya no formando una pinza- que facilitan estas dos últimas funciones.

En resumen podemos decir que el pie, en su conjunto, es una maquinaria muy compleja, un conjunto de palancas

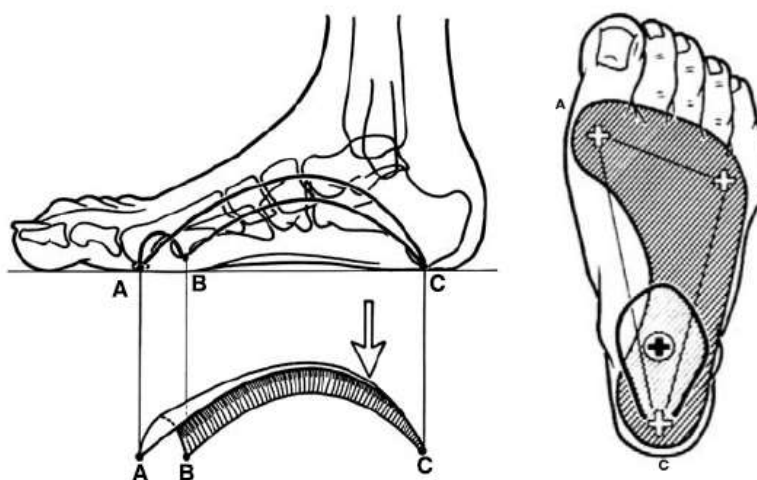
equilibradas en la que todas sus partes participan armónicamente para conseguir su objetivo, que es sustentar el cuerpo tanto en parada como en movimiento. Es una estructura que debe soportar mucho esfuerzo y que es capaz de ofrecer unos servicios asombrosos. Baste saber que un europeo medio, a lo largo de su vida, puede caminar de media unos 150.000 km, casi cuatro vueltas completas al globo terrestre.



Comparación de los huesos de manos y pies que nos permite apreciar su identidad evolutiva. El I es el pulgar y el V el meñique (Wikimedia, dominio público y CC BY-SA 3.0)

Antes de continuar, vamos a echar un ojo al pie. Lo tenemos en la figura anterior. Son 28 huesos (faltan los dos sesamoideos^[4] del pulgar) que se articulan en cincuenta y cinco puntos, atados por un buen número de músculos y ligamentos que les permiten la rigidez estructural que precisan, a la par de la elasticidad necesaria para el movimiento. Como ya se ha dicho, y así puede apreciarse en el dibujo que encabeza esta entrada, en líneas generales

consta de tres partes diferentes, dos que apoyan –talón y dedos- y una intermedia que forma el arco del pie. Esta disposición ósea hace al pie adoptar una arquitectura anatómica como la una *bóveda de puente* que está apoyada en tres puntos, dos a ambos lados del inicio de los dedos y otro más en el talón. Podemos imaginar la estabilidad de esta mesa de tres patas y la elasticidad que confiere este fleje doblemente curvo –transversal y longitudinal- sobre el que se soporta todo el peso del cuerpo como se puede apreciar en la imagen siguiente.

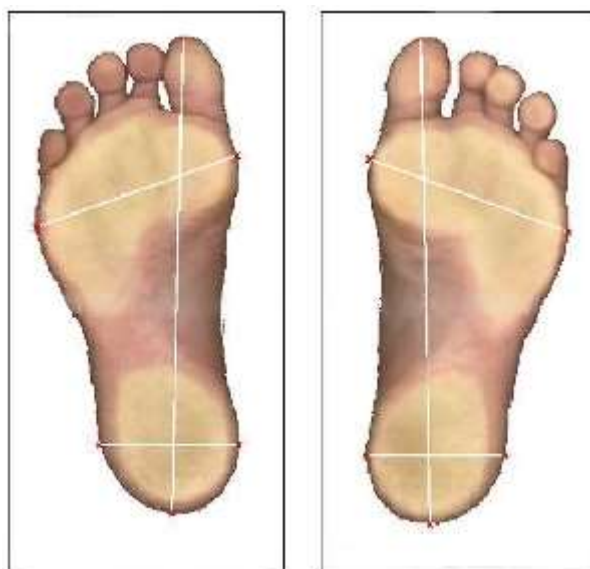


Bóveda del pie (dibujo: I.A. Kapandji, Cuadernos de Fisiología articular, volumen 3,^[5] fair use)

Según esto podemos decir que **en posición de reposo** el pie normal carga sobre el talón, sobre la cabeza de todos los metatarsianos y en los pulpejos de los dedos, siendo más evidente el apoyo del dedo gordo. A veces sucede que falta el del meñique.

Vayamos ahora a ver qué pasa **cuando andamos o corremos**. Durante la marcha el apoyo del cuerpo sobre el pie va avanzando en dirección anterior, desde el momento en el que el talón golpea en el suelo hasta que los dedos se

despegan. En un primer momento el talón apoya en el suelo produciéndose un pequeño giro de la planta del pie hacia fuera con objeto de amortiguar el golpe. Manteniendo esta posición, poco a poco el apoyo del pie va avanzando en dirección anterior mientras va cayendo hasta chocar los metatarsianos con el suelo. En esta fase intermedia el pie se comporta casi como una palanca rígida. Luego se inicia la propulsión: el peso del cuerpo se va desplazando hacia delante, hacia las cabezas de los metatarsianos, comenzando el despegue del talón, para por fin apoyarse en la cabeza del primer metatarsiano y el pulpejo del dedo gordo, y así abandonar el contacto con el suelo.



*Imagen de un estudio estático de los pies: huella plantar
(Imagen, fair use)*

Todo este proceso, mucho más complejo y sofisticado que lo que nos ha costado contarlos, puede ser medido. Los **análisis dinámicos realizados por especialistas** permiten una descripción más precisa de la función del pie durante la marcha o la carrera, pudiendo apreciarse la distribución de cargas y presiones en la planta del pie en movimiento. En

la figura siguiente podemos ver el resultado de uno de estos estudios que nos permite apreciar cómo va variando la posición en donde se sustenta el peso corporal. Es muy claro cómo va pasando desde la zona externa del talón, cruzando el puente a través del arco de bóveda del que ya hablamos, para desplazarse a la parte delantera interna y desaparecer básicamente a través del dedo gordo. Los otros cuatro dedos prácticamente no participan en la parte dinámica más allá de favorecer el equilibrio durante el movimiento.



Imagen del análisis dinámico de los dos pies durante la secuencia de carrera. Los colores más claros indican la magnitud de la presión ejercida sobre el suelo (A partir de Biofoot IBV, fair use)

Recopilemos. Hemos visto que tanto en reposo como durante la marcha, para que el pie desarrolle correctamente su función, unas partes son más esenciales que otras. Y entre estas otras podemos considerar que se encuentran sus cuatro dedos menores. Si se rompen los metatarsos o se amputa el dedo gordo o se produce una calcificación del talón, la marcha se va a ver seriamente alterada. En estos casos es imprescindible intervenir mediante cirugía o hacer uso de prótesis para recuperar la capacidad de marcha normal. Sin embargo, si la amputación afecta a un dedo menor se sigue manteniendo el equilibrio aunque se pueda

alterar un poco la comodidad del andar al verse disminuida ligeramente la superficie de sustentación y de empuje en el momento de levantar el pie. Pueden surgir problemas transitorios secundarios, como sería la erosión de las otras zonas del pie que reacomodan la función perdida de apoyo; o como puede ser la desviación y deformación de algún dedo contiguo. Hemos comentado que una solución es corregir el problema con unas prótesis. Un caso extremo es el del famoso montañero Juanito Oiarzabal, que en 2004 perdió los diez dedos de los pies por congelación cuando descendía del K2 -montaña de los Himalayas de 8.611 de altitud- tras conseguir su cumbre. Después de una complicada época de cuidados médicos, esfuerzo personal y gracias, entre otras cosas, a unas prótesis, consiguió volver a lo que antes fue. Cuatro años más tarde volvía a su reto con los “ochomiles”. Yo no le vi allí, pero sí soy testigo de que en 2007 subía la cumbre pirenaica del Vignemale con las manos en los bolsillos.



*El afamado alpinista Juanito Oiarzabal junto a una de sus “fáciles” cumbres, el Vignemale, 3.298 metros
(Wikimedia, CC BY 3.0 y CC BY-SA 3.0)*

Creo que el tema quedaría incompleto si no habláramos un poco de qué es lo que puede traernos el futuro evolutivo del hombre. ¿Es verdad que perderemos los dos meñiques de los pies por su escasa utilidad? Habría que preguntarse cuál sería la ventaja para la supervivencia y la reproducción el hecho de perder estos dedos. Porque, por supuesto, sólo nos puede pasar si se cumple alguno de estos dos postulados. Nunca por la causa lamarckiana de que por la pérdida de uso están abocados a desaparecer. Evidentemente podríamos decir que la energía que consumen estos deditos es energía malgastada si estamos de acuerdo en que los dedos pequeños de los pies aportan poco para la estabilidad y la eficacia de marcha. Y, por tanto, un lujo innecesario, ya que esta energía podría ser utilizada para otros menesteres más vitales. Sin embargo la evolución no hila tan fino... simplemente lleva a los organismos por caminos de utilidad aunque tenga que dejar algún fleco abierto... siempre y cuando este fleco no suponga, para el que lo tenga, un hándicap con respecto a sus competidores. Hay muchos ejemplos de ello en la naturaleza. Baste pensar, y seguimos con el caso de los dedos de los pies, cómo son, o han sido, especies de éxito animales con un dedo operativo, como los caballos; dos dedos, como las vacas; tres dedos, como las aves; cuatro dedos, como los cánidos; cinco dedos, como los primates o incluso más, como el extinto *Acanthostega* que tenía ocho dedos. Parece que cualquier arquitectura digital puede ser válida. A la vista de esto ¿es absolutamente necesario e ineludible perder algún dedo de los pies? ¿Aportará alguna ventaja competitiva el tener cuatro dedos en los pies? En principio parece ser que no.

Una alteración de tal calibre se produciría por una variación genética –pérdida, modificación o duplicaciones de genes– o una influencia epigenética que influyera en la cadena operativa de expresión de un gen o grupo de genes que definen el número de dedos (podéis leer al respecto esta entrada^[6] de la serie La Biografía de la Vida). Además, la aparición de estas alteraciones, aunque probablemente resultaran neutrales, se verían reforzadas si tuvieran como consecuencia una ventaja para el que la “consiguiera” en relación con sus competidores por la supervivencia y la reproducción en el mismo nicho ecológico vital. No tenemos la bola de cristal, pero casi me atrevería a asegurar que la probabilidad de que los hombres –hoy por hoy en la cúspide, sin competencia, de la pirámide depredadora– pierdan un dedo de los pies debe ser escasa y, en cualquier caso, por causas muy alejadas del hecho de su poca utilidad.

Con esto acabamos este largo recorrido sobre los pies y sus dedos. Más allá de lo que exigía la pregunta que lo ha motivado. Espero que la digresión os haya merecido la pena. ¡Hasta la próxima pregunta-respuesta!

NOTAS DE LA RESPUESTA XIX:

1. <http://eltamiz.com/elcedazo/series/la-biografia-de-la-vida/>
2. <http://eltamiz.com/elcedazo/series/biografia-de-lo-humano/>
3. [http://wzar.unizar.es/acad/cinesio/Documentos/Marcha humana.pdf](http://wzar.unizar.es/acad/cinesio/Documentos/Marcha%20humana.pdf)

4. Un **hueso sesamoideo** es un hueso pequeño y redondeado incrustado en un tendón sometido a compresión y a fuerza de tensión habituales. Los huesos sesamoideos se encuentran en diversas articulaciones del cuerpo.
5. <http://www.bookdepository.com/Physiology-Joints-Lower-Limb-v-2-I-Kapandji/9780702039423>
6. <http://eltamiz.com/elcedazo/2016/05/28/la-biografia-de-la-vida-1-los-misterios-de-las-cuatro-extremidades-pareadas/>

XX: ¿Por qué si ponemos el oído encima de la mesa y damos un golpe por debajo, escuchamos el sonido más fuerte? (por J)

Nuestro alumno hoy se pregunta: **¿Por qué si ponemos el oído encima de la mesa y damos un golpe por debajo, escuchamos el sonido más fuerte? (sic)**

Si alguien no ha hecho el experimento, éste es el momento de hacerlo:

1. Sentaos en una silla, erguido, y dad un golpe con los nudillos por debajo de la mesa. Tomad nota de cómo suena.
2. Acercad la oreja a la mesa, pero sin tocarla. Volved a dar el golpe. ¿Cómo suena? Debería sonar más o menos igual.
3. Ahora tocad con la oreja la mesa, apoyándola fuertemente contra la mesa. Volved a dar el golpe. ¿Cómo suena? Debería sonar muuucho más fuerte.

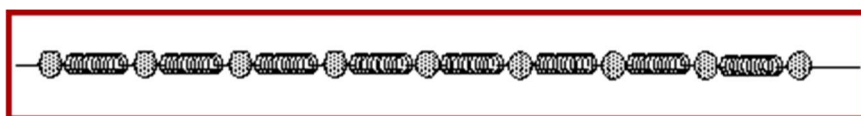
¿Por qué ocurre esto?

Vamos a empezar nuestra respuesta explicando cómo funciona el caso “normal”, el caso de referencia, es decir, cuando damos el golpe a la mesa estando sentados erguidos.

El sonido no es más que la vibración de las moléculas del material. Cuando damos un golpe a la mesa por debajo con los nudillos, el golpe hace vibrar las moléculas de la madera de la mesa. Primero empiezan vibrando las moléculas que

están en contacto con los nudillos, en la parte inferior de la mesa. Esas moléculas chocan contra las demás moléculas de la madera y les transmiten la vibración: es decir, las moléculas originales dejan de vibrar y empiezan a vibrar las moléculas de interior. Esas moléculas chocan con las que hay detrás, y con las siguientes y las siguientes, y así hasta que llegan al extremo superior de la mesa.

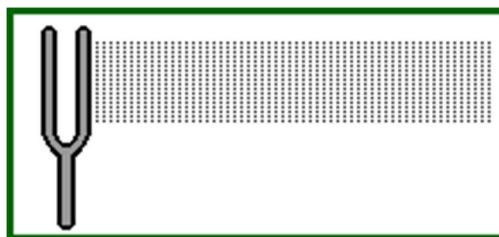
Es decir, el sonido se transmite como una onda: la excitación de unas moléculas se transmite a las moléculas adyacentes. Se le puede aplicar todos los estudios que se hace a las ondas: difracción, refracción, reflexión... No puedo dibujarlo mejor de lo que lo ha hecho el blog de “*El sonido en nuestra vida*”,^[1] así que no voy a intentarlo: la siguiente animación muestra cómo la vibración va pasando de molécula en molécula.



Propagación del sonido como un tren de muelles que se van excitando uno detrás de otro (para ver la figura en movimiento acudir al enlace de ^[2]) (Sound Stereo Class, fair use)

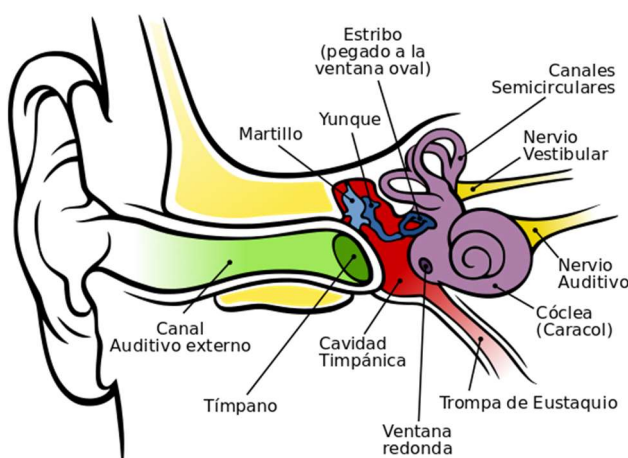
¿Qué ocurre cuando esa vibración llega a la parte superior de la mesa, cuando se acaba la madera? Lo que ocurre es que las moléculas de madera transmiten su vibración a las moléculas del aire que hay encima. Y una vez esa vibración llega al aire, se va propagando por él más o menos de la misma manera que se propagaba por la madera: unas moléculas chocan con las que hay al lado y estas se ponen a vibrar, chocando a su vez con las siguientes y las siguientes... así hasta que la vibración llega hasta el aire

que hay en nuestros oídos. De nuevo, la siguiente animación de “*El sonido en nuestra vida*” muestra muy bien cómo se propaga el sonido en el aire.



*Propagación del sonido tras la vibración del diapasón
(para ver la figura en movimiento acudir al enlace de ^[3])
(Sound Stereo Class, fair use)*

Cuando las moléculas de aire que hay en nuestros oídos vibran, chocan con nuestro oído, haciéndole vibrar también. Seguramente has estudiado la anatomía del oído: el tímpano es la membrana que recoge esa vibración, que la transmite al yunque, el martillo y el estribo (unos huesos pequeños que hay en el oído) y de ahí va a la cóclea, que convierte esa vibración en señales eléctricas que se transmiten a través del nervio auditivo hasta el cerebro, que las interpreta como música, voz o lo que sea.



*Anatomía del oído humano (Pachu, a través de
Wikimedia, cc-by-sa)*

¿Entendido hasta aquí? Bien, pues así es como funciona cuando damos el golpe en la mesa y estamos erguidos.

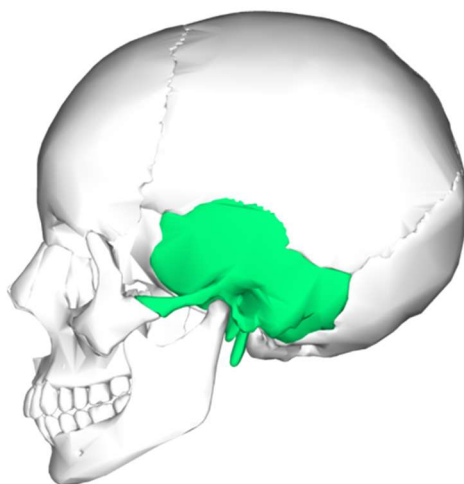
Cuando estamos agachados junto a la mesa, pero sin tocarla, ocurre más o menos lo mismo, solo que el tramo de aire que hay que recorrer es más pequeño.

Sin embargo, cuando apoyamos la cabeza contra la mesa, lo que ocurre es que el sonido no se propaga a través del aire, sino a través de los huesos de la cabeza: las moléculas de la mesa no chocan contra las moléculas del aire, sino contra las moléculas de los huesos de la cabeza, que transmiten la vibración directamente hasta el oído sin pasar por el aire. Los huesos transmiten esas vibraciones mucho mejor que el aire (en general, los materiales más densos, al estar sus moléculas más próximas, transmiten el sonido mejor y más rápido) y por eso lo oímos más fuerte.

O dicho de otro modo: el aire transmite el sonido muy mal; cuando el sonido tiene que propagarse por el aire se atenúa mucho, por eso cuando el sonido tiene que “saltar” a través del aire, se oye más débil. Incluso el tipo de aire es importante: por ejemplo, si estamos en alta montaña, donde el aire es menos denso, el sonido se transmite peor, se oye más débil.

Vamos ahora a cambiar un poco el experimento. Si tienes un diapasón a mano es lo mejor, pero si no, puede hacerlo con un tenedor. Debes “pellizcar” sus dientes de modo que al soltarlos bruscamente, vibren. Practica varias veces hasta oír como suena. Cuando lo hayas logrado y seas capaz de hacerlo con soltura, apoya el mango del tenedor contra el hueso temporal (es el hueso que está junto a la oreja, el que

apoyabas en la mesa, se ve en verde en el dibujo de debajo) y vuelve a pellizcar el tenedor. Es difícil hacerlo, porque tienes que hacerlo a la vez sujetas el tenedor contra tu cabeza... pero si lo logras, notarás cómo el sonido se oye un poquito más fuerte y distinto.



Hueso temporal (Anatomography, a traves de Wikimedia, cc-by-sa)

Este es el motivo de que cuando oímos nuestra voz grabada nos suene rara. Cuando hablamos, nosotros no nos oímos a nosotros mismos a través del aire, sino que el sonido pasa por la garganta y viaja hasta el oído a través de los huesos de la cara. En cambio, cuando nos grabamos y nos volvemos a escuchar recibimos el sonido a través del aire, mucho más parecido a como nos oye el resto de la gente.

NOTAS DE LA RESPUESTA XX:

1. <http://elsonido-ennuestravida.blogspot.com.es/>
2. <http://elsonido-ennuestravida.blogspot.com.es/2015/09/como-lo-podemos-definir-desde-un-punto.html>

3. <http://elsonido-ennuestravida.blogspot.com.es/2015/09/como-lo-podemos-definir-desde-un-punto.html>

XXI: ¿Cómo es posible que cuando vamos a acostarnos y pensamos mucho en una hora determinada, después me despierte a esa misma hora sin necesidad de despertador? (por jreguart)

Seguimos el azaroso, variado y casi impredecible camino de este libro sobre *“Lo que se preguntan sus alumnos de 3º de la ESO”*. En este capítulo nos toca desatracar una pregunta realmente difícil. Y digo *difícil* porque los que más saben sobre los temas de cerebro y sueño-vigilia, aseguran no tener aún las ideas claras. La pregunta es la siguiente: **“¿Cómo es posible que cuando vamos a acostarnos y pensamos mucho en una hora determinada, después me despierte a esa misma hora sin necesidad de despertador?”**



Este chico se tomó en serio el encontrar la respuesta a nuestra pregunta por la vía de la experimentación científica (Imagen de la web, fair use)

He decidido confesar cuanto antes. Ya he dicho que no hay una respuesta clara al respecto. Desde el entorno de la neurología se van aproximando al tema, pero... quizás no sea ésta la inquietud más importante en el ámbito del sueño. Intentaré aproximarme dando una visión general siguiendo la lógica del proceso, desde ver cómo, de qué manera ciertas moléculas químicas modulan el dualismo del sueño-vigilia, de cómo el cuerpo se va preparando inconscientemente para el momento del despertar, para por último plantear la hipótesis, mía personal, de que la memoria emocional puede estar implicada en la explicación a nuestra pregunta. Vayamos, pues, al tema.

Tanto el sueño como la vigilia son estados particulares de nuestro cerebro. Quizás lo primero que tengamos que saber es qué es lo que le pasa al cerebro durante el sueño y qué es lo que le pasa en el momento anterior al despertar. Para ello vamos a asomarnos al escenario.

Pongámonos nuestras gafas de ver... por ejemplo, una máquina de generar encefalogramas, o de medir el ritmo cardíaco, y observemos el cerebro. Hay un baile continuo de las neuronas, una actividad frenética, rápidas conversaciones entre grupos de ellas, un ir y venir constante de la información. De repente vemos que parece iniciarse un cambio. Nuestro conejillo de indias está adentrándose en el sueño. Observamos cómo progresivamente cada una de las neuronas va ralentizando su baile, paulatinamente, hasta llegar a un ligero movimiento de caderas con un ritmo de 1 a 4 veces por segundo. Pero, es curioso, prácticamente todas las neuronas adoptan la misma actitud, de forma que al cabo de una hora y media, poco más o menos, aquello parece más

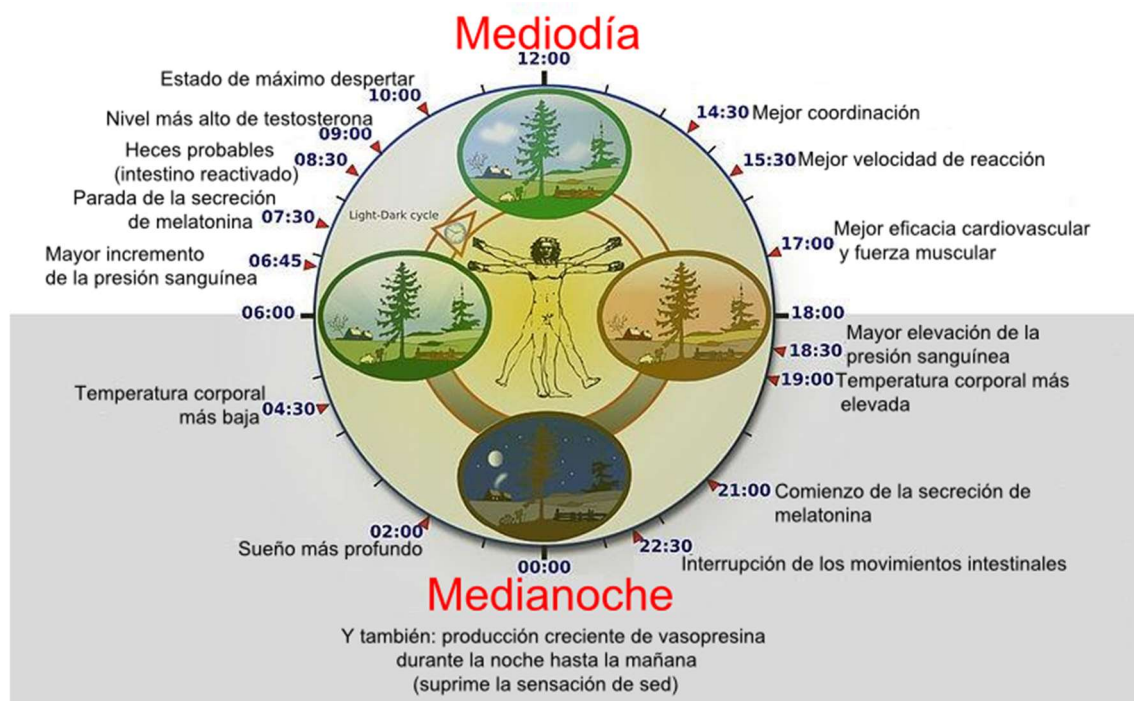
la superficie plácida de un lago movida por una ligera brisa al amanecer: un ritmo ondulante, sereno, constante y al unísono en todo su conjunto. No gritéis, es que el sujeto está dormido.

De repente algo pasa, y no sabemos muy bien por qué: El cerebro “parece despertar”, ya que la actividad neuronal vuelve a alterarse y a recuperar el ritmo de la vigilia, marejada en el lago, pero... su dueño sigue dormido. Es más, comienza a soñar. Hasta que un nuevo y misterioso sortilegio hace que la tormenta vuelva a la situación de calma chicha anterior. Y así unas cuatro veces a lo largo de la noche, siendo la fase plácida, en cada nuevo escalón, cada vez más “débil”. Hasta que despertamos, volvemos a la vigilia y nos encontramos a nosotros de nuevo: ahí vuelve el mismo “yo” que se echó ayer a dormir.

No se sabe muy bien el porqué exacto de este comportamiento cerebral. Aunque sí que hemos sido capaces de observar y analizar algún detalle de lo qué pasa, como el ritmo de baile del que hemos hablado. O incluso lo más obvio... que es el que generalmente todos dormimos más o menos a la misma hora y las mismas horas. Bueno, no exactamente así, aunque el patrón es semejante para todos. Es decir, a lo largo del día sucede como si hubiera un árbitro relojero que dijera al organismo: “Es hora de hacer esto, es hora de hacer lo otro, es hora de parar”.

Este árbitro no es otro que determinadas estructuras cerebrales que son la maquinaria de nuestro reloj interno, llamado circadiano, porque más o menos da una vuelta cada día -eso es precisamente lo que quiere decir “circa-diano”- a determinadas funciones fisiológicas. Y las funciones son

muy variadas: sueño-vigilia, temperatura corporal, concentración hormonal, ...



Esquema general del ritmo circadiano (Wikimedia, CC BY-SA 3.0)

Cuando caemos en el sueño se produce una progresiva desactivación de algunas estructuras del cerebro -se van parando- y la inhibición de otras -se “hacen las locas”-. Todo ello gracias a la acción de determinados neurotransmisores como son la acetilcolina, la serotonina o la noradrenalina. Es como si una serie de interruptores neuronales se posicionaran de una o de otra manera definiendo el sueño o su alternativa la vigilia. Sin embargo, esto no es un “todo o nada”, un escalón fijo, al menos durante el sueño, ya que nuestro reloj circadiano nos va ayudando a posicionarnos para despertar, va regulando el nivel de determinadas hormonas, como la conocida melatonina que va incrementando su presencia a medida que va transcurriendo el periodo del sueño. Parece como si

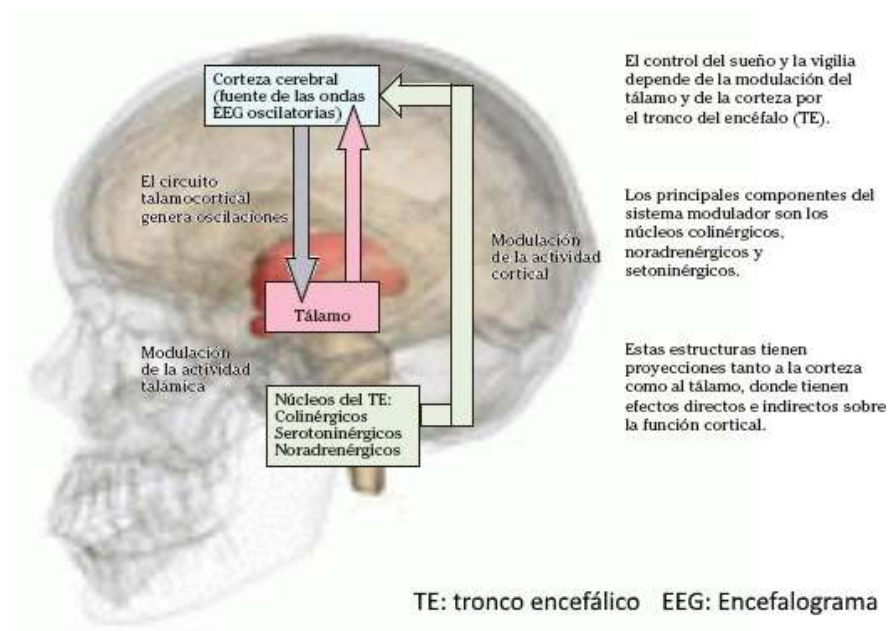
hubiera un determinado mecanismo interno e inconsciente que nos va preparando para volver a la vigilia y reactivar las estructuras neuronales que nos mantienen despiertos.

Pero hay casos en que esto no es así de “sencillo”. Antes de que sea la hora suena un ruido estrepitoso y nos despertamos, lo que indica que dentro de nosotros, a pesar de no tener consciencia de nuestras percepciones sensoriales, hay un vaso casi lleno que se derrama con una alteración que sobrepasa un determinado umbral personal. Este caso es una forma de despertarse que ahora, en esta larga respuesta a la larga pregunta de los alumnos, no nos preocupa. Lo que sí nos intriga es el proceso que nos lleva a despertar ante determinadas y “misteriosas” situaciones. Una madre se despierta automáticamente y al instante cuando su bebé necesita algo, o cuando va a ser la hora del biberón nocturno, aun cuando no le despierten otros estímulos más potentes. Ciertas personas pueden despertarse a una hora predeterminada con gran precisión, por ellas mismas, sin que les agite el mareante sonido del despertador. Simplemente, y es esto lo que nos inquieta, con haber hecho un acto de voluntad al acostarnos la noche antes. Lo que nos lleva a pensar que no todo es tan fácil como lo que llevamos contando. Deben de entrar en juego unos mecanismos de inhibición-activación que los neurólogos y fisiólogos dicen desconocer a día de hoy.

Pues ¡vaya!, nos vamos a quedar con las ganas de saber el porqué de estas habilidades mentales. Aunque no del todo.

Yo creo que todos tenemos claro que si mantenemos una rutina en nuestra forma de ir a la cama y dormir se facilita el discurrir del sueño. Lo que nos hace pensar que al cuerpo

le gustan las cosas cuadrículadas, rutinarias, estables y predecibles, antes que las alteraciones inesperadas o las improvisaciones. A fin de cuentas somos una máquina química muy sofisticada, muy cerca del desequilibrio, en un balanceo al que las alteraciones podrían llevar fatalmente a que se nos derrumbara el edificio para siempre. Por eso no le gusta una interrupción “violenta” del sueño. En consecuencia, el cuerpo llega a ingeniárselas para adelantar una situación química tal que nos predispone a despertarnos de forma natural unos minutos, o incluso segundos, antes de que suene la alarma del despertador. Nuestro cuerpo tiene en cuenta la hora a la que pretendemos despertarnos para ir preparando poco a poco las funciones vitales que nos llevará a la vigilia, en donde vuelve todo el “stress” de la vida y la generación circadiana del cortisol, la hormona que nos va a permitir convivir con ese estrés.



Para el que quiera saber más, un esquemático diagrama de los flujos neurofisiológicos que modulan la actividad sueño-vigilia (Imagen: elaboración propia, a partir de imágenes de la red, fair use)

En la universidad alemana de Lübeck se ha llevado a cabo un experimento que, aunque no nos da la luz total, aclara un poco los caminos que explican la respuesta a nuestra pregunta. Tras una serie de pruebas comprobaron cómo la expectativa orgánica de que se va aproximando la hora de despertar, sea cual sea ésta que fue definida al ir a dormir, provoca un incremento de la concentración sanguínea de la hormona adrenocorticotropina una hora antes de que llegara la hora acordada de despertarse, y que es superior a la que se produce si el proceso de despertar no está condicionado por un objetivo de la noche anterior. Y es curioso que esta discrepancia comience a manifestarse solamente pasado el ecuador del sueño. Como si realmente hubiera una memoria interna que hubiera grabado la hora a la que se iba a despertar y que desencadenara este proceso preparatorio. Esta hormona, la adrenocorticotropina o ACTH, es la encargada de ordenar a las glándulas suprarrenales que eleven el nivel de generación de cortisol, la hormona básica que controla las actividades “diurnas”.

Los científicos que observaron esto, y sólo esto, no se atreven a tocar fanfarrias triunfales: *“La regulación - comentada- de la producción de adrenocorticotropina sugiere que existe un mecanismo que ajusta velozmente la actividad endocrina cuando se inducen cambios súbitos en la duración del sueño”*. Fin de la cita. Nada más.

Lo que nos lleva a un “humilde” colofón. Si rezas un padrenuestro a las almas del purgatorio -sí, esto es lo que hacía yo de pequeño- para que te despierten a las cinco de la madrugada porque a las seis te tienes que ir de excursión, piensa que un proceso complejo y aún desconocido grava

este pensamiento -a fin de cuentas, una actividad cerebral- en algún módulo neuronal de memoria, que activa un proceso emocional -en el que no me extrañaría que intervinieran algunos genes, y sus correspondientes proteínas expresadas por ellos, que se auto influyen- y que hace que en un determinado momento se inicie la secreción de ciertas hormonas activadoras de los módulos cerebrales que rigen el estado de vigilia, sacándolos del sopor del pausado baile en que se encuentran tus neuronas.

Hasta la próxima pregunta-respuesta.

XXII: ¿Por qué tenemos sentimientos que nos pueden hacer hasta llorar? (por Jreguart)

Siguiendo el orden que plantea el profesor Lorenzo Hernández en su blog “*Ciencia online*” acerca de lo que le preguntan sus alumnos de 3º de la ESO, ahora nos toca elucidar la respuesta a lo siguiente: **¿Por qué tenemos sentimientos que nos pueden hacer hasta llorar?**

Lo primero que deberemos hacer es analizar un poco a qué nos referimos cuando hablamos de “sentimientos”. Parece obvio... y más cuando nos vamos a ver cómo los define el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española, que en una segunda acepción para la palabra nos dice: “*Estado afectivo del ánimo*”. “*Afectivo*”... palabra que nos lleva a la abstracción “emociones”.



El entrenador de fútbol Pep Guardiola no pudo controlar las lágrimas de emoción ante el estrés orgánico al que le había llevado el hecho de acabar de conquistar un gran éxito profesional (foto: Marca, fair use)

Una emoción es uno de los procesos más complejos de nuestro cerebro, realizado en gran medida por el inconsciente. No nos damos cuenta de cómo se lleva a cabo en su mayoría. Incluso hay procesos emocionales que ni siquiera los sentimos conscientemente. Sin embargo, los hombres lo solemos asimilar a lo que sentimos a lo largo de este proceso, lo que llamamos “sentimiento”: darse uno cuenta de forma consciente de lo que nos está pasando durante la fase de actividad emocional. Vemos en una película una escena de terror, nos sentimos dentro de la acción y el cuerpo reacciona: nos produce una agitación inicial descontrolada para pasar a una especie de parálisis como diciendo “aquí no estoy”, se nos acelera el corazón, se erizan los pelos de la piel, sudamos, sentimos ganas de huir del peligro, cerramos los ojos para huir de la escena, buscamos la protección del que está sentado a nuestro lado al que pegamos un pellizco tremendo e involuntario en su antebrazo, se nos cae alguna lágrima de empatía con el actor aterrorizado... todas ellas acciones inconscientes, reacciones a órdenes del cerebro para predisponer al cuerpo a la defensa ante una situación de peligro... para luego entrar en una fase racional que nos hace analizar la situación y ver si comporta de verdad un riesgo, tras lo que seguimos manteniendo la excitación hormonal y motora que ha aparecido en nuestro organismo, o bien constatar que ha sido una falsa alarma y relajamos este estrés al que nos llevó el subidón del terror.

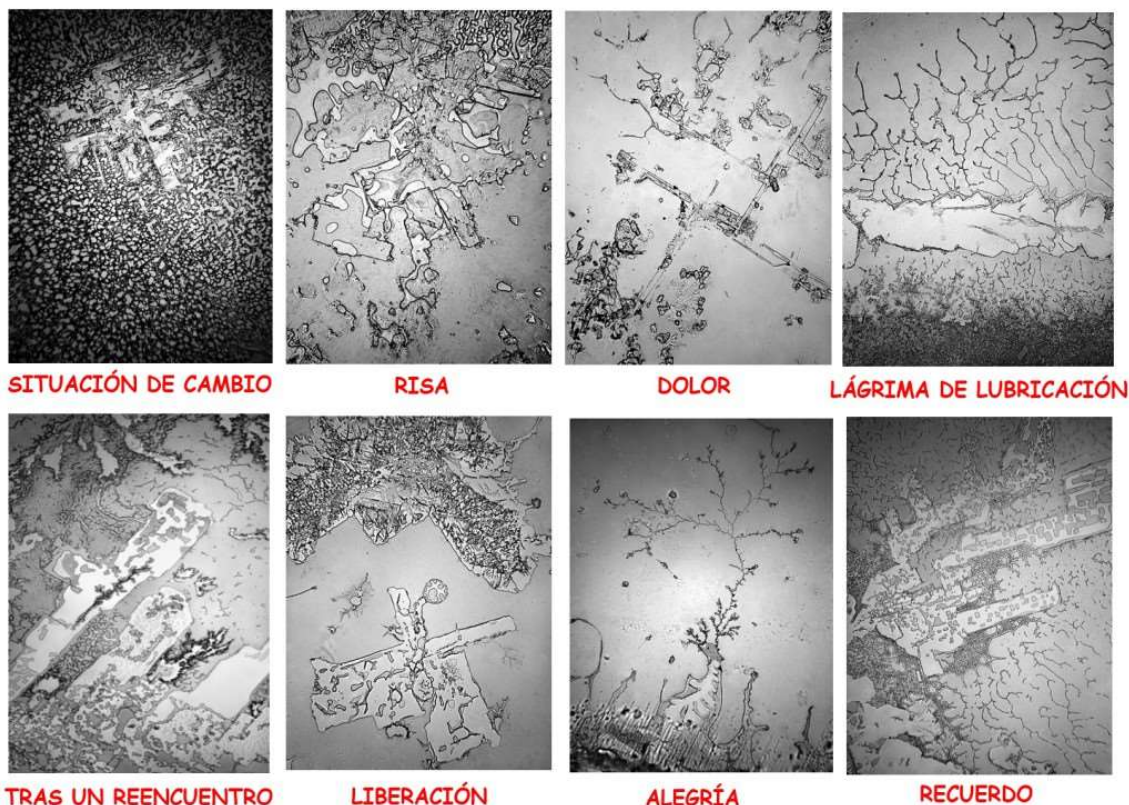
Generalizando podemos decir que, en determinadas circunstancias, el cerebro detecta alguna situación vivencial que valora, según su experiencia pasada y basándose en los datos que tiene acumulados en su “almacén” de memoria

implícita, como peligrosa para el organismo. Tanto por su posible malignidad para la supervivencia como, incluso lo contrario, por excesivamente euforizante, exceso que también puede poner en riesgo el equilibrio vital. A esta actividad de nuestro organismo nosotros la describimos como una situación de emoción, que detectamos a partir de la serie de cambios que se producen en el cuerpo tras una situación de estrés y que, al hacerse conscientes, lo conceptuamos como lo que los humanos hemos determinado expresar como un sentimiento: sentimos una emoción.

Diréis que esto pasa a todos los niveles de la vida y no sólo en situaciones de estrés. Pero ahí os quiero llevar, a las situaciones de estrés fisiológico durante las que es muy fácil observar cómo la emoción sentida va acompañada de llanto. Pues bien, éste es el núcleo de la pregunta que nos hacemos hoy. Hay muchas formas de llorar, o de lagrimear. La habitual e inconsciente es la que nos humedece los ojos lubricándolos y previniendo daños por sequedad. Otra forma de llanto es el que sirve para limpiar los ojos de agentes nocivos, como cuando nos llegan los efluvios de una cebolla que estamos cortando o nos entra una mota de polvo. Por último está la llorera que nos sirve para aliviar una situación emocional de estrés. Que es nuestro caso.

Hay gente muy estudiosa que se ha dedicado a mirar a través de un microscopio el aspecto que tiene la lágrima en cualquier tipo de llanto como los descritos arriba. Y realmente han observado una clara diferencia, como mostramos en las imágenes que siguen.

En estas diferencias no sólo se nos puede ocurrir encontrar, por ejemplo, un patrón de belleza como imagen, sino que indudablemente también nos lleva de la mano a pensar que en cada tipo de lágrima, además de la debida al agua y las sales, debe haber una química muy diferente.



Análisis microscópico según tipo de lágrima (fotos: Rose-Lynn Fisher, fair use)

El análisis de las lágrimas emocionales -así se les llama a las que surgen con los sentimientos- nos indican lo siguiente:

1. Las lágrimas provocadas por las emociones tienen una química diferente a las de lubricación o de protección física.
2. Las lágrimas emocionales que derramamos ante una situación dramática propia o ajena contienen, con

respecto a los otros tipos de lágrimas, cantidades diferenciales de cloruro de potasio y manganeso, de endorfinas -un neurotransmisor-, de hormonas tales como la prolactina y la adrenocorticotropa, y del analgésico natural leucina-encefalina. Con la mecánica del lloro estas sustancias, todas ellas consideradas como estresantes y, por tanto, potencialmente dañinas para el organismo, son eliminadas del cuerpo. De esta forma balanceamos nuestro estado de ánimo que vuelve más fácilmente a la situación de equilibrio que asimilamos a un estado vivencial “normal”.

Pero no solamente sucede esto, ya que después del llanto el cerebro activa la secreción de los neurotransmisores adrenalina y noradrenalina. Estos neurotransmisores se segregan de forma natural también ante una situación de estrés, combatiéndolo desde diversos frentes ya que produce una sensación generalizada de relajación al regular la presión sanguínea, relajar los músculos gracias a su efecto sedante generalizado y al restaurar los niveles hormonales a valores normales. Es decir, el llanto ejerce un efecto llamada a otros procesos neuronales encaminados a relajar el organismo.

La relación emoción-lágrima tiene una explicación neurológica. Lo que se conoce como el sistema cerebral límbico, es decir, las estructuras neuronales que están muy directamente involucradas en la producción de impulsos emocionales básicos -como la ira, el miedo, la alegría...- tienen un grado de control sobre el sistema nervioso autónomo. El nervio parasimpático, que es una rama de este

sistema autónomo, controla las glándulas lagrimales a través del neurotransmisor acetilcolina, que aunque podemos encontrarla en todo el cerebro, en nuestro caso debemos buscar la fuente en el hipotálamo, estructura clave, como era de esperar, del cerebro emocional. En las glándulas lacrimales se encuentran unos receptores, las cerraduras en donde acopla la llave acetilcolina, que cuando se activan estimulan a la glándula lacrimal para producir lágrimas, con lo que se favorece la relajación.

Pero no solamente encontramos una explicación fisiológica para llorar cuando sentimos una situación particularmente emocional. Intuimos fácilmente que la evolución ha dirigido el camino fisiológico de generar un lloro desestresante. Pero la evolución también tiene otra parte de la responsabilidad, ésta marcada por la presión selectiva del comportamiento social. Y aquí encontramos una segunda explicación para los lloros conectados con las emociones.



Las tres de la tarde y la mesa sin poner... ¡creo que nadie me hace caso! (imagen de la red)

Es bien sabido que el llanto también tiene una función de comunicación, ya que puede producir una respuesta, de variada índole, entre los que presencian a la persona que llora. No sólo me refiero a momentos en que el pesar es insoportable y un consuelo ajeno es pieza importante para nuestro ánimo. Me refiero también, por ejemplo, a la función tan determinante que realiza el llanto en un bebé que no sabe manifestarse de otra manera y necesita alimento. A lo largo de la evolución ha quedado asociado indeleblemente en los humanos el sentimiento de necesitar ayuda con la activación de las glándulas lagrimales.

Y quizás también podamos intuir la misma causa, la de comunicación social, en el hecho cierto de que las mujeres lloran más que los hombres. Hasta cinco veces más unas que otros. No es una apreciación peyorativa, por supuesto, ya que los expertos opinan que se trata de una predisposición biológica. Y eso siempre es por algo útil para la supervivencia. Una predisposición provocada por el diferente balance hormonal entre hombres y mujeres. Estas últimas suelen llorar más por ira o impotencia y los hombres por alegría u orgullo.

Quiero creer que la evolución es también la causante de este comportamiento, que en gran medida es cultural. Por su especial papel en las relaciones sociales y de cohesión de clan que ancestralmente han tenido que desarrollar las mujeres, entre otras el cuidado de la descendencia, o por el mayor tiempo viviendo en el entorno de grupo, la expresividad comunicadora se manifestó en ellas crucial, o diferencial, ante las amenazas-oportunidades de la vida. Posiblemente aun antes de la aparición del lenguaje verbal,

cuando todavía el lenguaje era gestual, el lloro debió cumplir un papel fundamental en la comunicación de las mujeres. Cosa que culturalmente debió ser reprimida en los hombres los cuales se dedicaban a otros menesteres. Cómo no pensar, por ejemplo, en las situación de alto requerimiento físico en que se encontraban nuestro antepasados varones -caza, defensa, defensa del estatus...- momentos en los que reprimir el llanto tenía entre otras consecuencias el aumento de la rabia y la agresividad, emociones que les aportaban el escalón de tensión que necesitaban para dar un plus de ellos mismos. Hay que pensar en la selección sexual por el cual las hembras escogerían y se aparearían preferentemente con machos de alto nivel de testosterona y con un casi insostenible autocontrol, de origen cultural, del llanto.

Con estas ideas voy acabando la entrada, con la que espero haber ayudado a comprender el porqué de la inquietud de “sus” alumnos de 3º de la ESO al sentir curiosidad por el tema. El acto de llorar emocionalmente es universal y se produce en todas las culturas. En primer lugar se manifiesta como una pieza clave, regalo de la evolución, para relajar el organismo cuando determinadas situaciones vivenciales, que experimentamos como particulares e intensos sentimientos emocionales, nos pueden colocar al borde de la quiebra vital o muy próximos a ella. Y en segundo lugar, usamos el llanto como un semáforo, una llamada de atención a los individuos de nuestro entorno cuando es tal nuestra impotencia emocional que imploramos desesperadamente su ayuda. Y esto es un regalo de la evolución refinado por el raciocinio y la cultura de los humanos.

No quiero acabar sin dejar esto claro: no es que tengamos sentimientos que nos hacen llorar, como se preguntan los alumnos. Es un poco al revés. La realidad es que hay situaciones en nuestras vidas que nos hacen llorar, porque es bueno para nuestro organismo, y que nuestro “yo” racional las interpreta como una “emoción” sentida, lo que conocemos como un “sentimiento”.

XXIII: ¿Por qué los camellos y los dromedarios tienen chepas? (por jreguart)

Seguimos avanzando por la lista de preguntas que plantea el profesor Lorenzo Hernández y que a su vez ha recibido de sus alumnos de 3º de la ESO. Ahora nos toca enfocar la curiosidad en la siguiente cuestión: **¿por qué los camellos y los dromedarios tienen chepas?** Está bien lo de las chepas... aunque normalmente decimos que estos animales tienen jorobas. Y así continuaremos.

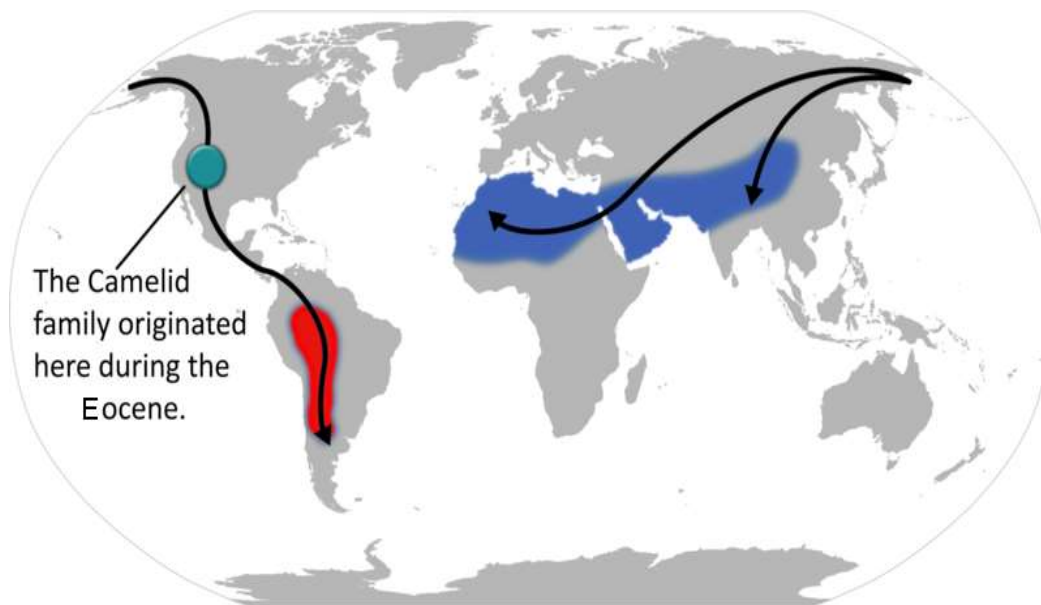
Camellos y dromedarios son unos animales mamíferos pertenecientes a un trío de especies diferentes de la familia Camelidae: *Camelus bactrianus*, *Camelus ferus* y *Camelus dromedarius*. Los tres tienen un origen común, un antecesor que corría por las praderas norteamericanas durante el Eoceno (entre hace 56 y 34 millones de años). De él también provienen las vicuñas, las alpacas, las llamas y los guanacos que a día de hoy habitan en Sudamérica.



A la izquierda un ejemplar de Camelus bactrianus y a la derecha de Camelus dromedarius (Wikimedia, CC BY-SA 3.0)

Nuestros amigos *Camelus*, el camello y el dromedario, viven actualmente en las llanuras áridas de África, Asia e incluso en Australia. Quizás tuvieron que emigrar desde su geografía de origen, las zonas de las grandes praderas, hasta esos territorios inhóspitos, empujados por sus depredadores naturales. La evolución fue conformando sus anatomías y fisiologías de forma que se seleccionaron aquellas que eran más eficientes para la supervivencia y reproducción en los territorios áridos y secos de los desiertos. Básicamente, la selección natural cotizó todo lo relacionado con la defensa frente al calor y la deshidratación. Y precisamente en eso juega un papel fundamental la joroba.

El camello tiene dos jorobas y el dromedario una, pero en ambos juega un mismo papel, empezando por representar un eficiente protector frente a los rayos de sol, ya que son unos sacos, sobre la espalda, repletos de aislante grasa. Prácticamente toda la grasa corporal de estos animales se concentra en la joroba, lo que favorece una menor sudoración -en general apenas sudan- retrasando la posible deshidratación de sus organismos, en contraste a lo que pasaría si tuvieran su grasa repartida por todo el cuerpo. Esta concentración de grasas en las jorobas tiene otro efecto beneficioso colateral al efecto de prevención de la deshidratación, ya que al no tener casi ninguna en el resto del cuerpo pueden disipar mejor la temperatura interna a través de casi toda su epidermis. De todas formas, tienen la habilidad biológica de acumular el calor corporal durante el día, pudiendo fluctuar arriba y abajo hasta en 8°C, disipándolo luego durante la noche más fría mediante métodos de transferencia de calor -conducción, radiación o convección- que no implican la pérdida de agua.



Caminos de migración de los Camelidae desde su tierra de origen, Norteamérica, en donde se extinguieron hace unos diez mil años (wikimedia, CC BY-SA 3.0)

Además, practica otros trucos, como una orina escasa y concentrada, lo mismo que sus heces; apenas jadean, por lo que pierden poca humedad a través de sus pulmones y los epitelios de su cavidad bucal; sus tejidos corporales resisten una deshidratación de hasta un 30-40% de la masa corporal sin que peligre su equilibrio homeostático; son capaces de almacenar grandes cantidades de agua en su estómago e intestino, absorbiéndola con posterioridad muy lentamente; su plasma sanguíneo tiene la característica única de aumentar su proporción de agua -hinchando sus glóbulos rojos hasta un 240% de su tamaño normal sin causar su rompimiento-, agua en sangre que luego será utilizada en el metabolismo, devolviendo a los hematíes su tamaño normal, hematíes que, a la postre, se moverán en un medio más viscoso.

Saben usar el agua de una forma eficiente. Pero también saben beber grandes cantidades de una sentada: cuando

tienen agua a su disposición son capaces de consumir hasta 200 litros de una sola vez... ¿a dónde va tanta agua? Evidentemente, a su aparato digestivo y de allí tras un lento proceso de absorción, que pasa por la sangre y los líquidos de los tejidos orgánicos, participar directamente en el metabolismo que tiene sus propias vías para la generación de grasas que serán almacenadas en las jorobas. Con posterioridad, y según necesidades, la irán reprocesando en sentido contrario a medida que se vaya necesitando el agua en el organismo. Este último proceso puede ser muy prolongado en el tiempo, dependiendo de las oportunidades de beber agua que encuentre el animal, pudiendo resistir hasta una deshidratación equivalente a la pérdida de un 25-40 % de su peso. Este peso lo pierden de su joroba, de forma que una vez que han utilizado toda la grasa de este depósito se vuelve flácida, realmente como una bota de vino vacía. Con ello, entendemos cómo la joroba confiere al camello y al dromedario su legendaria capacidad para viajar hasta 160 kilómetros por el desierto sin necesidad de beber agua.



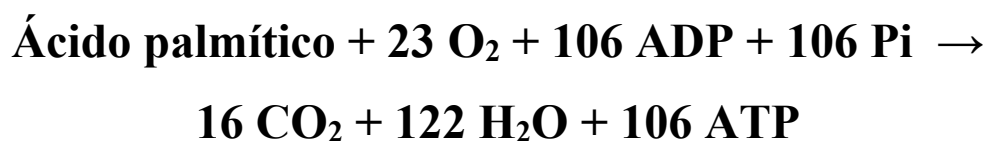
Jorobas de un camello (imagen de la red, fair use)

Pero ¿cómo son capaces de extraer agua de su grasa? Porque sabemos que a partir de las grasas los organismos

de los animales son capaces de extraer energía y nutrientes al oxidarse los lípidos. Pero ... ¿agua? ¡Si la grasa casi que repele al agua!

Los almacenes grasos de nuestros cuerpos están exentos de este componente como tal. Sin embargo en las reacciones químicas del catabolismo, en las que se rompen las energéticas moléculas de los lípidos, sí que se genera agua metabólica. Así es como los *Camelidae* saben utilizar sus depósitos dorsales.

Analicemos la producción de agua metabólica del catabolismo de una molécula de ácido palmítico -un ácido graso muy común en nuestras dietas- cuya reacción química es la como sigue:



El ADP y el ATP -adenosín difosfato y trifosfato respectivamente- son moléculas vehiculadoras de energía en los procesos metabólicos. De las 122 moléculas de agua que se generan en la anterior reacción, 100 proceden directamente de la síntesis de ATP. Con estos datos se puede calcular que a partir de un mol de tripalmitina, un triglicérido del ácido palmítico -y sin tener en cuenta la catálisis del glicerol-, se obtendrían 6.588 gramos de agua. Esto equivale a 8,2 litros de agua por kilo de grasa catabolizada. Los camellos y dromedarios acumulan en sus jorobas de 15 a 20 kg de glicerol y fosfolípidos con más de un 60% de ácidos grasos saturados -sobre todo los ácidos palmítico y esteárico-, o insaturados como el oleico.

Así que, a razón de 8,2 litros por kilo, son capaces de generar hasta alrededor de 150 litros de agua.

Y éste es el gran misterio de las jorobas de los camellos. Son grandes depósitos de combustible vital para sobrevivir en las arideces de los desiertos, combustible que se transforma poco a poco en el agua que también van necesitando para el funcionamiento adecuado de su organismo. Por tanto, no guardan agua, sino grasa. El agua la almacenan en abundancia en el aparato digestivo y en la sangre. Con ello espero que haya quedado satisfactoriamente contestada la pregunta, tal como espero que también entendamos ahora el porqué a las mochilas de hidratación que se llevan en la montaña se les haya dado el nombre de *camelback*.

XXIV: Todo lo que vemos alrededor nuestro ¿los demás lo ven igual? (por jreguart)

Interesante pregunta la que se hace el alumno de nuestro profe favorito. Porque hoy es un bonito día para disfrutar de nuestra vida. Y... ¿qué sería de nuestra vida si no tuviera el escenario adecuado en donde desarrollar la trama de la existencia personal? Cierro los ojos y ahí están presentes los sonidos que ocupan un infinito, los olores que incitan mi imaginación, la temperatura de la atmósfera, las texturas del aire que me abanica, la humedad de la boca transportando una paleta de sabores...



¿Ves tú lo que yo veo? Estarás de acuerdo conmigo en que es un hermoso amanecer. Precisamente el del 26 de junio de 2015 en la ciudad inglesa de Normanton (Crédito: Michiko Smith, fair use)

Estoy dormido. Me despierto. Abro los ojos y todo parece alcanzar una explicación. Ante mí están los objetos que

incitaban a mis sentidos en la oscuridad. Ya sé por qué mi vida dispone de anclas con las que afianzar su existencia. El Cosmos que se me ha desvelado en todo su esplendor al pasar al estado de vigilia es todo lo que tengo. El Cosmos y mi yo consciente.

Todo lo que observo con mis sentidos, con todos ellos, sin olvidar mis poderes de raciocinio, me ayudan a interactuar en mi vida con el medio donde me encuentro y con los demás. Está claro que, por lo general y en ausencia de enfermedades, drogas o ideologías recalcitrantes, no tengo problemas en entenderme con mi medioambiente y mis vecinos. Sé que estos tienen una mente que creo funciona como la mía. Debe ser así, pues creo que reaccionan ante idénticas situaciones de la misma manera como lo hago yo... chillan si les cae una cucaracha encima, sonríen si ven a un cachorro, abren los ojos ante un ruido inesperado. Las mentes de todos los humanos son iguales: la misma maquinaria, los mismos procesos, los mismos códigos de interpretación.

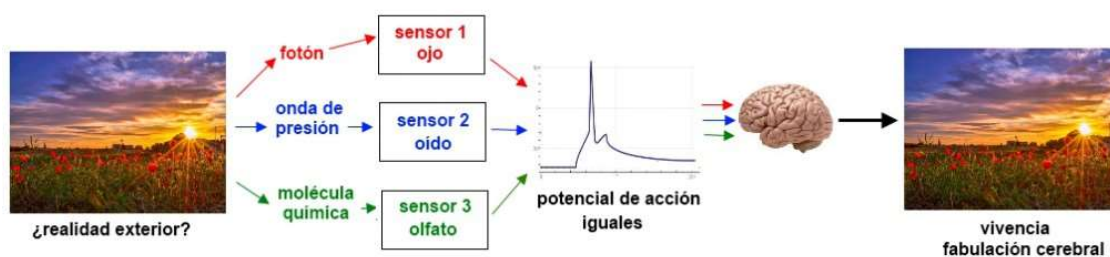
Cuando digo *árbol* sé que mi acompañante, sin duda, se hace cargo de que estoy haciendo mención a un ente que su mente interpreta también como un árbol. Yo veo unos palos y unas hojas vivos, un conjunto sujeto todo al suelo. Yo sé que él también ve un ser vivo compuesto de un palo, unas hojas y también unas raíces. Usa las mismas palabras y, aun más, no hace falta que me lo diga hablando: sé que en su cabeza se entrelazan durante su razonamiento las mismas abstracciones que se entrelazan en la mía. Si no fuera así no nos entenderíamos, el mundo sería una continua colisión y un desatino. Y la verdad es que nos comprendemos unos y

otros, convivimos y mejoramos. Parece claro que un árbol es un árbol para todos. Y un mar es un mar para todos. Y el viento es el mismo viento para todos.

Sin embargo, sólo podemos estar seguros de nuestras percepciones: la roja manzana ¿será igual *roja* o igual *manzana* para mi amigo? No lo sé, no tengo forma de saberlo. Mi cerebro construye sólo mis percepciones, lo que en las ciencias que a él se dedican se denominan como *qualia*, y no es capaz de saber las *qualia* percibidas por mis vecinos. Ni falta que le hace, ya que lo único que es crucial es el diccionario común que recoge los acuerdos universales para interpretar el medio universal. El tronco del árbol es duro para todos... yo sé qué es ser duro, el de enfrente tiene también su saber sobre la cualidad de la dureza. Y lo único que nos une es la certeza de que si él me avisa: ¡hay una rama!, yo sé que su propósito es avisarme de que me puedo hacer daño gracias a que compartimos la abstracción del peligro que supone la dureza de la rama en este caso.

Lo importante, por tanto, es el código común. El resto es accesorio a efectos de supervivencia. Lo que nos lleva entonces a poder pensar en la intrascendencia de las percepciones particulares de cada uno, en el sentido de que lo que yo, Rogelio, veo como rojo no es necesario que sea lo mismo que lo que Akane percibe como rojo: sólo es importante que nos pongamos de acuerdo cuando los dos pensamos ¡rojo! Lo cual nos llevaría a preguntarnos: “*si las características concretas de la realidad personal de nuestras percepciones no son decisivas y definitorias ¿puede que cada uno vea el mundo a su manera, todos de forma distinta y personal?*”

Esa es la pregunta que le trasladan al profe Lorenzo Hernández sus alumnos de 3º de la ESO, con la que nos vamos a fajar en este capítulo en nuestra ya larga aventura de respuestas. Parece evidente que todas las personas tenemos una unanimidad casi absoluta al plantearnos un Concepto. Pero ¿estamos seguros de que la percepción de este concepto, su Percepto, se construye de la misma manera en el cerebro de cada individuo? Vamos a intentar explicar cómo se construyen nuestras percepciones.



De la ¿realidad? a la experiencia subjetiva (imágenes de la red, fair use)

El punto de partida es el estímulo que normalmente viene del exterior y que es detectado por los sensores específicos de nuestros sentidos. Quizás se trate de un fotón de longitud de onda de 470 nanómetros; o una onda de presión de 164,81 hercios; o una molécula de capsaicina u otra de ácido cianhídrico. Nuestro fotón acaba produciendo en la neurona específica de la retina del ojo una respuesta fisiológica que conocemos como un potencial de acción. Lo mismo produce nuestra onda de presión en la correspondiente neurona de la cóclea del oído interno, al igual que ocurre en la papila gustativa de la lengua o en las células olfatorias de nuestra nariz. Los cuatro distintos agentes excitadores producen, en la membrana de alguna neurona local con la que puede hablarse, una alteración

eléctrica consistente en un desequilibrio transitorio de iones entre la normal situación del interior y el exterior de dicha membrana. Todas nuestras percepciones empiezan así.

El mecanismo fisiológico que acaba produciendo el potencial de acción **es idéntico** en cualquiera que sea el tipo de neurona sensitiva. Desequilibrio fugaz y reversible que se produce en un punto de su membrana, que a su vez es inductor de lo mismo en el punto vecino, que a su vez... con lo que se produce una cadena de señales semejante a una tira de luces del árbol de Navidad, que transporta el mensaje de que “*aquí ha pasado algo*” hasta las zonas específicas del cerebro que lo procesa. Y así el fotón mencionado se nos transforma al final en una percepción con cualidad de “azulidad”, valga la expresión; la onda de presión en una percepción sonora con cualidad de la nota Mi de la tercera escala; la molécula de capsaicina en la percepción con cualidad de “picantez”, mientras que el ácido cianhídrico nos generará la percepción con cualidad olorosa de “almendras amargas”.

¿Cómo puede ser que un desequilibrio iónico equivalente a, más o menos, una variación del potencial eléctrico de unos 120 milivoltios, según a qué zonas del cerebro llegue, nos haga sentir cualidades tan diferentes? No vamos a entrar en los procesos neuronales específicos que aún no son bien conocidos y que tampoco nos aportan mucho para nuestra incógnita. Pero está claro que la sensación de azul, el sonido del Mi3, el sabor picante o el olor sutil de la almendra tiene que ser pura y llanamente un invento de este amasijo de hacendosas células que viven dentro del cráneo.

Pero tus neuronas no son mis neuronas; mis conexiones entre ellas no son las mismas que las tuyas; el banco de datos de tu memoria no es como el mío; los efectos de nuestras historias en la plasticidad neuronal son necesariamente distintos en tu encéfalo y en el mío. Aunque sí está muy claro que producen, tanto en ti como en mí, una sensación subjetiva, una *quale*, a la que ambos hemos decidido etiquetar como *azul*, *nota Mi*, *picante* o *fragancia de almendra*. Y nos entendemos.

Tenemos plena concordancia en el Concepto, y nos parece que el Percepto deberá ser también igual. Pero sólo nos lo parece, porque ni tus experiencias pueden procesarse en mi máquina, ni tampoco a la inversa. Supón que desde tu retina y tu nervio óptico un “tecnoneurólogo” deriva una copia online de la información que genera en tu cerebro el azul del mar y por unos cables la lleva hasta mi cerebro con la esperanza de que generará también en mi la misma cualidad de percepción. Por mucha ilusión que pongamos en el experimento, al final va a ser imposible: tu mar azul no va a ser mi mar azul, ya que en la gestión de los procesos neurales que acaban en “percepción azul mar” son muchas las partes del cerebro que intervienen. No sólo las áreas de visión, sino también las de la memoria en donde tienes el recuerdo de aquella tarde melancólica en el cabo Finisterre, con un mar inusualmente silencioso y en calma, sólo el graznido de aquella gaviota que me disputaba el bocadillo de atún, pescado azul pero de otra familia semántica... y así hasta la infinitud de experiencias personales y subjetivas adosadas a la elaboración actual, en este instante, de mi *quale* “azul” personal. No, no puede ni de lejos ser lo mismo tu azul mar y mi azul mar. Pero nos basta así. Nos ha

funcionado a todos los animales que ha manejado la evolución. Y a los que no les ha funcionado ten por seguro que no lograron sobrevivir. Cayeron del árbol filogenético de la Vida.

El Concepto es el mismo. Pero el Percepto... ¡ah, el Percepto! Nadie se atreve a asegurar lo mismo.

Con esto quedaría explicada la pregunta de “sus” alumnos de 3º de la ESO. Pero me parece que eso no puede quedar así, por lo que me atrevo a plantear un interrogante que a mí me parece aún más profundo y esencial. Sabemos que nuestras percepciones sensoriales, lo de dentro, no son exactamente iguales en todos y cada uno de nosotros, ya que son un invento de cada cerebro particular a partir de unos agentes externos provocadores. También sabemos que estas espoletas iniciadoras, energías de diversas formas - mecánica, electromagnética o de enlace molecular-, son pura esencia física o química, casi pura trama matemática. Entonces, la pregunta que impresiona, al menos a mí, es ésta: ¿y lo de afuera? ¿**qué hay allí afuera**? ¿hay árboles sólidos? ¿hay olas ruidosas? ¿hay nueces amargas? ¿O es simplemente escurridiza energía?

¿Hay algún valiente que se atreva con ello?

XXV: ¿Por qué no nos podemos chupar el codo? *(por jreguart)*

El capítulo actual va a ser muy escueto. Siguiendo el orden de la lista de preguntas a la que hemos de tratar de dar respuesta, hemos llegado a una de ellas a la que no soy capaz de cogerle el puntillo del interés, interés que indudablemente debe tener cuando fue escogida como una pregunta interesante realizada por un alumno de 3º de la ESO, o al menos interesante para él. Es como si me dijeran: “*explica el porqué no puedes aplaudir* -en realidad sería por analogía “orejear”- *con las orejas*”.

Pero nuestro compromiso es responder a todas las preguntas efectuadas por los chicos y chicas según se han visto propuestas en el blog del profesor Lorenzo Hernández. Así que allá vamos...



Una imagen vale más que cien palabras (Imagen de la red, CC BY)

Quizás la duda, posiblemente planteada en un momento de esos “... y ahora yo qué digo”, queda enmascarada por el hecho de haber utilizado el verbo “chupar” en vez de el de “morder”. Porque la simple verdad es que SÍ podemos chuparnos el codo, como vemos en la imagen anterior. Todo depende, lógicamente, de las proporciones anatómicas de nuestro esqueleto y de nuestras habilidades. Veamos un poco cómo es esta métrica con la ayuda del croquis de más abajo.

Para poder llegar con la boca al codo deberemos flexionar la articulación proximal del húmero -el hueso del brazo- para elevarlo hasta que esté posicionado lo más próximo a la boca. Conviene rotar la articulación glenohumeral -que simplemente es la del hombro, pero como queremos dar altura “científica” a la entrada, ahí queda lo de *glenohumeral*- para presentar la cara interna del codo hacia la cara, que quedará en la posición marcada como punto B en el esquema del esqueleto humano que presentamos más abajo.

Una vez conseguida esta flexión y torsión habrá que aproximar la boca a este punto B, lo cual lo tendremos que realizar basculando la cabeza mediante la flexión delantero-lateral del conjunto de vértebras cervicales. Si se consigue, la boca habrá sido posicionada en el punto A del esquema. Quedaría por tanto aproximar el punto A al punto B, o viceversa. Lo cual se puede hacer de dos maneras: [1] Forzando la flexión cervical y prognatando el eje mandibular o, “ítem más”, [2] añadiendo a lo anterior, si no fuera suficiente, la proyección de la lengua fuera de la boca.



Estudio métrico de la posibilidad de acercar la boca al codo (imagen modificada a partir de la web, fair use)

La lengua es un órgano muscular que queda anclado a la oquedad bucofaríngea en varios puntos, siendo el más trascendental para el caso que nos ocupa el frenillo sublingual, también conocido como *frenulum linguae*. Hay una parte sustancial de la población, llamémosle X, que tiene este frenillo muy corto lo cual hace que las personas de este subconjunto población se vean impedidas de llegar a lamerse el codo por sus propios medios. No obstante, hay referencias fidedignas del siglo XVII y posteriores que aseguran que la Santa Inquisición lo conseguía fácilmente usando unas simples tenacillas. Por el contrario, el resto de la humanidad, el conjunto (1-X), no debería tener problemas excesivos para prolongar la lengua fuera de la boca de forma sustancial y así, por asimilación al oso hormiguero y su apéndice de hasta medio metro de longitud, poder aliviar el hormigueo o picazón en la cúspide del codo. Lo que puede llegar a ser interesante cuando uno

es manco, porque si no lo es seguramente es más sencillo rascarse con la otra mano...

No entro en la disquisición relativa al caso de “morderse” el codo, ya que es fácil deducir que esto no es posible dado el evidente problema anatómico que nos lo impide. Baste observar el anterior croquis del esqueleto como para deducir que la operación exigiría evidentemente otra operación... en este caso quirúrgica. Que consistiría en girar 180° el húmero intercambiando sus articulaciones distales, de forma que la del codo, punto C del croquis, quedara enfrentada al eje longitudinal de la boca, lo que facilitaría en gran medida el que nos pudiéramos introducir el codo en la cavidad bucal. No entro en otro tipo de alternativas mucho más traumáticas -y seguramente imposibles-, como la de alterar los procesos de metabolización del colágeno, lo que proporcionaría al húmero una “plasticidad” fuera de lo normal. Es evidente que estas soluciones no son recomendables por las evidentes contraindicaciones y molestias que ocasionaría y que somos capaces de imaginar.

Además, y ahí va la necesaria e inevitable píldora evolutiva, si no nos podemos morder el codo de forma natural es porque con ello, presumiblemente, ninguno de nuestros antepasados se hubiera alimentado mejor, ni hubieran huido con más sagacidad de los predadores y otras amenazas, ni hubieran procreado su descendencia con mayor abundancia. A todos los que lo consiguieron se los comió un león o cualquier otro bicho similar mientras perdían el tiempo mordiéndose el codo. No cuentan en el cómputo todos aquellos que también fueron depredados mientras se

rascaban el codo porque les había picado un tábano. Los estructurales y los no coyunturales no están hoy aquí.

Con esto creo que queda contestada la inquietud de nuestro alumno o alumna de 3º de la ESO, después de haberlo intentado hacer con la misma jocosidad con la que imagino la planteó en su momento.

¡Ah! Y feliz Día de los Inocentes.^[1]

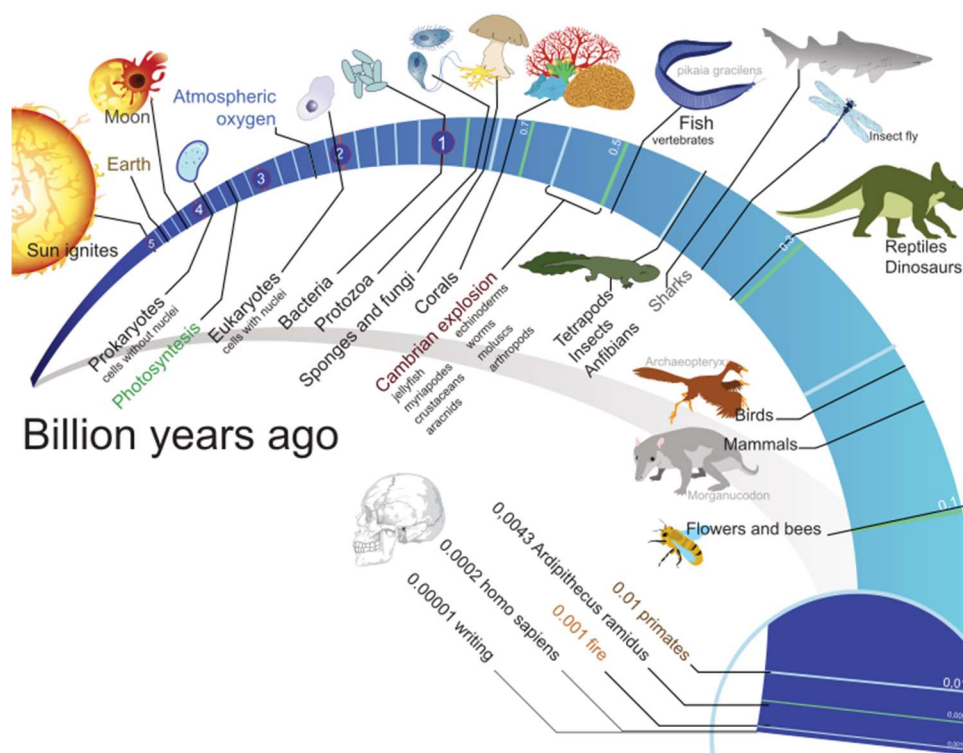
NOTA DE LA RESPUESTA XXV:

1. Esta respuesta se publicó el día 28 de diciembre de 2016, tradicionalmente el Día de los Inocentes en España. Día para gastar bromas sutiles o no tan sutiles.

XXVI: ¿Qué sentido tiene la vida? (por J)

La pregunta que nos hace hoy nuestro alumno sí que es profunda, pardiez. Los sabios llevan milenios dándole vueltas sin encontrar solución o, al menos, sin ponerse de acuerdo en ella, pero no queremos dejar la pregunta sin responder, así que vamos a intentar algo. **¿Qué sentido tiene la vida?**

Quizá deberíamos haber dejado el placer de escribir esta entrada a nuestro experto en la historia de la Vida,^[1] pero he preferido escribirla yo para que nuestros lectores tengan otro punto de vista y otra redacción.



*La gran y excitante aventura: Desde el “encendido solar”
hasta el cráneo del Homo sapiens
(Wikipedia Dominio Público)*

Para siquiera intentar acercarnos a dar una respuesta, tenemos primero que definir **qué es la vida**. Porque nuestro alumno no se pregunta cuál es el sentido de *su* vida (eso, amigo, tendrás que averiguarlo por ti mismo), sino de la vida en general, de la Vida con mayúsculas, que escribiría nuestro coautor Jreguart.

Cuando yo estaba en el cole, en primaria, me enseñaron que los seres vivos “**nacen, crecen, se reproducen y mueren**”. Cuando luego fui creciendo, en secundaria, me cambiaron la definición a “**se nutren, se relacionan y se reproducen**”,^[2] que parece una definición un poco más general.

El problema, como casi siempre, está en los casos frontera: por ejemplo, esta definición deja fuera de la Vida a los virus, que no son capaces de reproducirse sin la ayuda de otra célula, de otro ser vivo. ¿Están entonces vivos los virus o no?

Pero en los últimos tiempos he leído una definición que me ha parecido que lo resume mejor. A ver si soy capaz de llevaros por ese razonamiento.

Lo primero es pensar en *para qué* se nutren los seres vivos. En última instancia, los seres vivos se nutren para obtener energía para “hacer lo que tengan que hacer los seres vivos”: engordar, tener fuerzas para cazar, reproducirse, o simplemente seguir vivos... es decir, parece que la nutrición solo es un medio para otro fin, no es un fin en sí misma. Visto así, la nutrición no es una característica de los seres vivos, sino una condición necesaria para las demás,

una consecuencia inevitable, no una característica intrínseca.

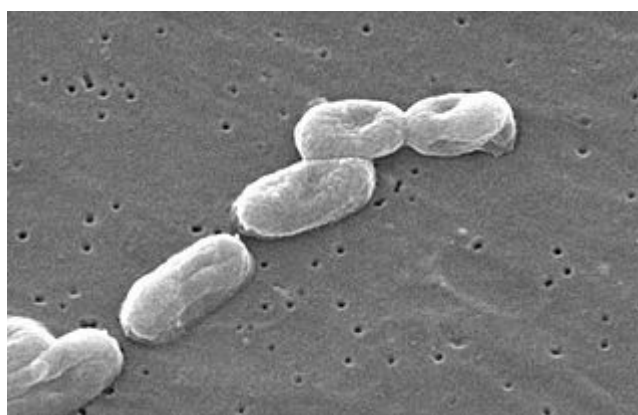
¿Y las relaciones? Pues un poco lo mismo, ¿no? Nos relacionamos con nuestro entorno para obtener comida, para reproducirnos, para evitar que otros seres vivos nos coman, que otras cosas nos maten... Pues entonces, lo mismo: el hecho de relacionarse tampoco es una característica intrínseca de los seres vivos, es algo necesario para las demás.



*Araña relacionándose con un saltamontes para nutrirse
(Jeevan Jose, a través de Wikimedia, cc-by-sa-4.0)*

Y eso nos deja la reproducción: parece (luego lo matizaremos) que es la única característica que no es un medio para otro fin. Es decir: los seres vivos se reproducen porque **ese es el objetivo de la vida: reproducirse**. Claro que para esto, solo teníamos que haber consultado a cualquier adolescente con las hormonas revolucionadas y obsesionado por el sexo... o si no queremos entrar en terrenos incómodos, simplemente a cualquier padre cuando

observa a sus hijos. Cazamos, nos relacionamos laboralmente, corremos cuando nos persigue un león, ligamos, etcétera... para algún día reproducirnos. Cuidado, que aquí hace falta entender la reproducción en su sentido más amplio: no solo tener descendencia y luego morir, sino que a veces eso significa asegurarse de que esa descendencia perpetúe el ciclo cuidando a los polluelos en el nido, dando a nuestros niños una buena educación, sacrificándonos para que ellos vivan...

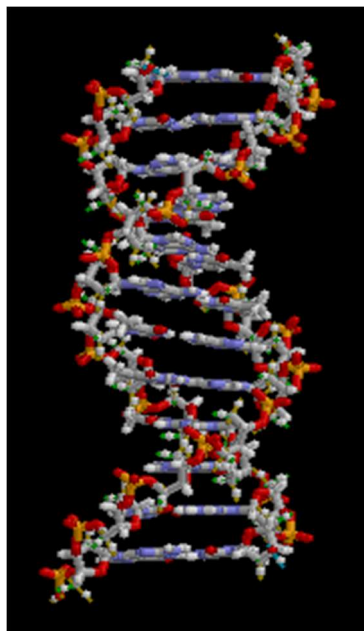


Bacteria reproduciéndose por bipartición (US CDC, dominio público, a través de Wikimedia)

En realidad, ya que nos dejan explayarnos, aun podemos ponernos filosóficos y profundizar un poco más, preguntándonos *qué es la reproducción*. Pues bien, la reproducción es una forma de que nuestros genes se perpetúen. Cuando nos reproducimos, nuestros genes pasan a nuestra descendencia y allí vuelven a comenzar un nuevo ciclo.

Si un determinado ser vivo tiene un gen que de cualquier manera dificulta su posibilidad de reproducirse, ese gen acabará extinguiéndose. Puede ser una enfermedad, una característica física... Y al revés: si un gen determinado de alguna manera facilita la posibilidad de que el ser se

reproduzca y su descendencia se perpetúe, ese gen se acabará imponiendo a otros genes y se perpetuará. Esta frase no es más que la **teoría de la evolución por selección natural**.



Visión artística de los genes del ADN (brian0918, dominio público, a través de Wikimedia)

Pero, ¿existe alguna otra forma de que nuestros genes se perpetúen sin necesidad de reproducirnos? Sí que existe: que seamos inmortales. Si un determinado ser vivo, con unos determinados genes, vive para siempre, sus genes se perpetúan.^[2] Obviamente. ¿Por qué no ocurre eso? ¿Por qué la reproducción se ha impuesto sobre la inmortalidad como mecanismo de perpetuación de los genes? El problema es que ese hipotético ser inmortal no es perfecto: cuando llegue otro ser vivo que esté mejor adaptado al medio ambiente que él, acabará extinguiéndole; e incluso si fuera un ser perfecto para ese determinado medio ambiente, antes o después ese medio cambiará y ya no será perfecto para él.

Y aquí es donde entra el matiz: la reproducción consigue no solo que nuestros genes pasen a nuestros descendientes, sino que sufren pequeños cambios en el proceso. Es lo que llamamos “mutaciones”. Bien sea porque el proceso de copia no es perfecto, bien sea porque busquemos deliberadamente que los genes no sean una copia idéntica (la reproducción sexuada sirve justo para eso, para que los hijos no sean copias exactas de los padres), el caso es que los genes de los descendientes serán parecidos a los padres, pero no iguales. Y así llegamos a la evolución por selección natural: algunas de esas diferencias serán buenas, otras malas... las buenas se impondrán y las malas serán extinguidas.

Entonces el objetivo de la reproducción es la evolución, y con esto llegamos por fin a la definición más corta que he leído sobre lo que son los seres vivos: **los seres vivos evolucionan.**

NOTAS DE LA RESPUESTA XXVI:

1. Por nuestro experto en la historia de la Vida se sobreentiende que es Jreguart, el coautor junto con J de este libro, que publicó en el blog de El Cedazo la serie “La Biografía de la Vida” en donde se exployó muy a su giusto desde el nacimiento del sistema solar hasta la llegada del *Homo sapiens sapiens*. Y algo más.

<https://eltamiz.com/elcedazo/series/la-biografia-de-la-vida/>

2. *Nutrition, interaction and reproduction*, dice el libro de mi hija, porque ella no estudia “natu” como yo, sino “sayens” (*science*). [☞]
3. Creo que existe un tipo de pólipo que pasa de estado larval a adulto y de vuelta a larva y adulto otra vez y otra vez y otra y otra... de modo que básicamente, es inmortal. Ni siquiera estoy seguro de que fuera un pólipo.

Editor: Acabo de encontrar de casualidad que el bicho en cuestión se llama *Turritopsis dohrnii* y es una medusa que se encuentra en el Mediterráneo y en Japón.

XXVII: ¿Qué será de nosotros después de la muerte? *(por jreguart)*

Una nueva pregunta de la larga serie “*Lo que se preguntan sus alumnos de 3º de la ESO*”. Complicada ella, como os podéis imaginar, y un intento de respuesta que a todas luces no puede ser completa, dada la naturaleza de estas entradas. Aparte de que es muy difícil el no destilar opiniones personales en este tipo de cuestiones. Pero bueno, pido disculpas si ése es el caso, y vamos a ello.



La muerte, el más allá, preocupación del hombre de todas la épocas y culturas. Anubis, dios egipcio de los muertos, preparando el tránsito del Faraón (Imagen de la red, fair use)

Vamos a despiezar la pregunta en lo que creo son sus tres partes fundamentales:

1. **Nosotros**
2. **Muerte**
3. **Qué será después**

Nosotros: Este “nosotros” es un reflejo claro de la idea de mi YO. ¿Qué es el Yo? Neurológicamente, es un estado funcional de nuestro cerebro y, sin duda alguna, de todos los seres vivos con sistema nervioso, necesario para que puedan interactuar organismo y entorno. Y ¿por qué tienen que interactuar organismo y entorno? Porque si no fuera así el primero no viviría. La maquinaria vital, para mantener su precario equilibrio químico -homeostático-, necesita tener una referencia propia en la que situar en continuo sus estados corporales, percibir su entorno y ajustar todo lo que se deba ajustar en cada momento. Éste es el Yo, es decir, el Nosotros.

Los humanos lógicamente tenemos una referencia más cercana de nuestro Yo coloreado por nuestros recuerdos, nuestras vivencias y nuestras planificaciones. Diríamos que es algo realmente sólido... pero no, no es algo sólido. En nosotros no hay un Yo inmutable, ya que aprende y cambia con el tiempo y lo vivido. Mi Yo, mi referencia vital, no es el mismo el día que entré en la escuela y el día que salí de ella, quizás quince años después. Mi Yo puede ser alterado y transmutarse en otro Yo diametralmente opuesto mediante drogas, experiencias sensoriales límite o bien patologías. De hecho, están descritas las realidades de pacientes que experimentan la realidad de varios Yoes y actúan escogiendo uno de su paleta de acuerdo a lo que cree necesitar en cada momento. Como comenta el neurólogo Francisco Rubia en una de sus conferencias, *“se han descrito casos en Norteamérica de personas con más de 130 personalidades distintas, de distinta edad, sexo y aficiones, todas en la misma persona”*. Hay determinadas malfunciones cerebrales que se han tratado separando

quirúrgicamente ambos hemisferios del encéfalo, o que tuvo como consecuencia el desdoble de su personalidad: el hemisferio derecho decía asumir un rol mientras que el izquierdo actuaba como otro personaje. El neurólogo Ramachandrán explica en su libro *“Fantasmas en el cerebro”* lo siguiente acerca de una paciente con el cuerpo calloso -la unión nerviosa entre ambos hemisferios cerebrales- absolutamente dañado tras un ataque de apoplejía: “... *tenía un problema extraordinario: de vez en cuando, su mano izquierda se lanzaba a su garganta e intentaba estrangularla. Por lo general, tenía que utilizar la mano derecha para luchar contra la izquierda... Más de una vez, incluso, había tenido que sentarse sobre la mano asesina, tan empeñada estaba ésta en acabar con su vida.*” Un claro caso de doble personalidad simultánea, ¡y una de ellas muy peligrosa!

Así que ¿qué es eso del Yo que perdure después de la muerte? Si no hay un Yo definido en vida, si tras la muerte quedan destruidas las estructuras neuronales que lo fabricaban y soportaban... ¿qué esperamos que perdure tras la muerte? Yo no lo veo, aunque ya sabemos que en este tema hay opiniones diferentes soportadas por una credibilidad sin evidencias.

Muerte: Es la consecuencia de la pérdida del equilibrio químico que sujeta nuestra vida. Nuestro organismo es un saco químico que vive de tomar energía -y materia- del exterior, devolviendo parte en forma de calor. Con ello puede mantener la baja entropía que exige un cuerpo altamente organizado.

A los pocos minutos después de la muerte el dióxido de carbono comienza a acumularse en la sangre, haciéndola más ácida. Esto hace que las células se rompan y derramen las enzimas que empiezan a digerir los tejidos desde dentro... así continúan en pocos días los procesos de destrucción del organismo, putrefacción y descomposición, incluso de los huesos. El resultado es la vuelta de nuestros átomos, libres, a los almacenes de materia del Universo para ser utilizados de nuevo... vete a saber en qué, ¡quizás en un plástico estructural del escudo electromagnético que la NASA está pergeñando para *terraformar* Marte! O más prosaico... en parte del músculo peduncular de un percebe.

Si en el apartado anterior abogábamos por un “No-Yo”, aquí tenemos las evidencias de una “No-Materia Estructurada” perdurable.

Qué será después: ¡Ay, dios mío! ¿qué será después? Difícil respuesta, porque nadie ha vuelto del mundo de los muertos con un certificado que testifique esta circunstancia.

Ya sé que hay opiniones variadas al respecto. Y algunas, quizás las más soportadas en la realidad de las poblaciones, pueden ser las siguientes, algunas de ellas entrelazadas:

1. No vuelve nadie porque no hay nadie ni nada para volver. ¿Alguien ha visto a un muerto volver? Aunque hay opiniones que aseguran que sí.
2. Hay gente que postula que hay vida detrás de la muerte, basados en el análisis de las experiencias que cuentan los que se hallaban en algún momento clínicamente muertos, pero que sorprendentemente han vuelto a la vida. Explican percepciones que se pueden interpretar como la ventana del

más allá -muchos opinan esto- o como los últimos hálitos de un cerebro muriendo -y también muchos opinan esto último-. No dicen, sin embargo, qué es lo que hay más allá aparte de esas experiencias preliminares.

3. *Que... ¿qué podría ser?*

A. Se ha quedado aquí la materia y se ha ido el “alma” a, digamos, otra dimensión. Pero aunque es muy difícil -yo particularmente creo que imposible- el percibir algo inmaterial si vuelve a nuestro mundo material, hay personas que creen en un mundo de espíritus junto a nosotros.

B. Otra alternativa pareja es la de que hay cuerpo y alma en otro mundo más allá de la muerte, idea mantenida por muchas religiones. Idea que sólo se soportan en una inquebrantable, y valiosa para ellos, fe. No hay pruebas y sólo dogma. Una idea implantada en profundidad en el mundo cultural y religioso Occidental.

C. Hay un alma universal de la que todos participamos en vida y que nos acoge una vez muertos a la espera de una futura reencarnación. El hinduismo postula esto de esta forma: el alma particular, Atman, es acogida por el alma cósmica, Brahman. En general es una visión del más allá muy enraizado en el conjunto de culturas, filosofías y religiones orientales. Digo lo mismo que antes, no hay pruebas demostrables.

D. Hay otras culturas que viven en perfecta comunión con todo el entorno, al que le reconoce realidades espirituales sea lo que sea que hay fuera -animales, plantas, ríos, piedras...- una de las cuales es la propia realidad espiritual de cada uno. Una vez muerto, tu espíritu entra en el mundo

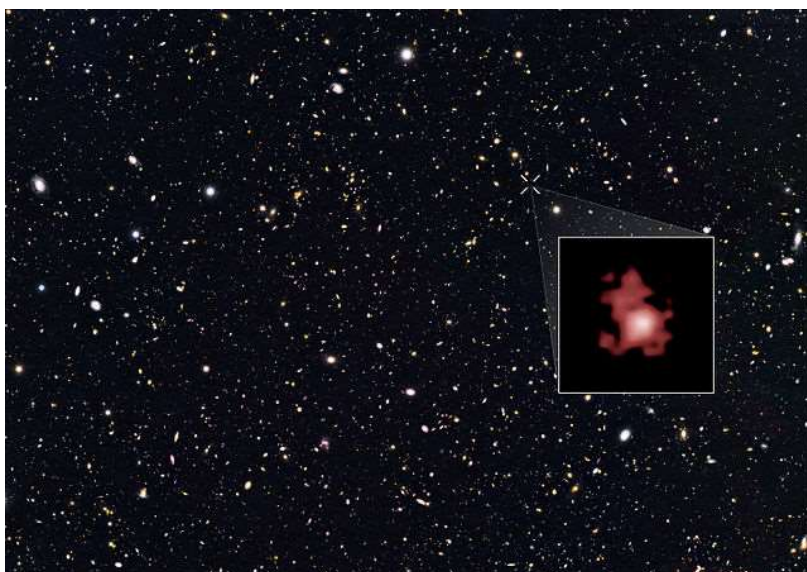
general de lo espiritual, interactuando con lo material. Incluyen la posibilidad de una fuerza vital universal en donde se acogen todos los espíritus. Se trata del pensamiento animista, también indemostrable, que impera con mayor incidencia en aquellas sociedades que aún viven en comunión con la naturaleza.

No voy a seguir más, ya que el tema es hartó controvertido y cada uno es libre de opinar lo que crea más conveniente para su vida. Evidentemente, la exposición transpira el tufillo de mi propia opinión, y sin lugar a dudas no recoge ni de lejos la casuística de algo tan trascendental para el hombre: por un lado entramos en el túnel de la vida al nacer y, por otro lado, lo dejamos al morir. Sólo tenemos lo que hay en este recorrido... así que acabarlo, tras el hecho de nacer, es lo más importante que a uno le pasa. O quizás más, porque para nacer nadie te pide opinión, pero para morir tú tienes capacidad de decisión.

XXVIII: ¿Cómo se creó la primera estrella? *(por jreguart)*

Hoy vamos a abordar un nuevo interrogante planteado por los alumnos de 3º de la ESO del profe Lorenzo Hernández: “**¿Cómo se creó la primera estrella?**”. Como diría Tirso de Molina en su Burlador de Sevilla, “*¡Cuán largo me lo fiais!*”.

Pero sí, en algún momento tuvo que comenzar a lucir la primera estrella, la *Eva* de la familia de las poco más o menos 10^{22} astros que pensamos que palpitan en el volumen de nuestro Universo observable.



¿Quieres ver algo realmente joven joven de hace mucho mucho tiempo? Aquí tienes a la galaxia GN-z11, una imagen de hace 13.400 millones de años. Algo parecido debió ser donde se encendió la primera estrella un par de cientos de millones de años antes

(Wikimedia, NASA Hubble site, dominio público)

Eso debió de pasar hace mucho tiempo. Tanto que aún andamos con nuestros telescopios y nuestras tecnologías sondeando el Cosmos más profundo en busca de tan ancestral abuela. Porque estamos hablando de darnos un paseo en el pasado de hace unos 13.700 millones de años... cuando nuestro Universo era un pipiolo de tan sólo unos cien millones de años o poco más.

Unos pocos años antes, cuando el Universo cumplió los 380.000 mil años, se había aclarado el panorama. Anteriormente, la materia y la radiación estaban amalgamadas en un plasma no demasiado espeso en donde los electrones andaban electromagnéticamente tras los protones -y tras los núcleos de helio, que a fin de cuentas tienen dos protones y... dos neutrones- y en donde los fotones iban tras los electrones importunándoles con sus empujones, empujones que conocemos como interacciones Thomson. Y toda esta materia “normal”, junto con la radiación, bailando al son de lo que decía la materia oscura. Eso era el Universo en aquellos momentos.

Pero como el Universo estaba siguiendo desde su inicio un proceso expansivo, bajó su temperatura y las partículas se frenaron, de forma que por aquellos años los fotones dejaron de dar la murga a los electrones que ¡por fin! pudieron unirse con los protones -núcleos de hidrógeno- y con los núcleos de helio, naciendo así los primeros átomos. Ya teníamos la materia prima para hacer estrellas. Sólo faltaba compactarla un poco. Bueno... un mucho... un muchísimo.

Si hacemos caso a lo que nos dijo Einstein -y recomiendo hacerlo así- la masa de estos átomos generaba una

deformación del tejido espacio-tiempo del Cosmos, que a su vez inducía una atracción gravitatoria entre ellos. Aunque no la suficiente como para que se apelmazaran hasta el extremo que se encendiera el horno nuclear de la primera estrella. Adelanto que la primera estrella -y cualquiera de ellas- no es más que una concentración de material “combustible” que se enciende por la presión -temperatura- generada al verse apelmazado hasta límites insospechados por la “caída” en el pozo de gravedad que produce su propio peso. En este proceso llega un momento en que la presión es tal que los núcleos de hidrógeno se fusionan emitiendo fotones en un variado espectro de frecuencias que, gracias a esta magia física, podemos percibir con nuestra vista o con nuestros instrumentos diciendo: ¡Vaya, una estrella!

Decíamos que los átomos de aquellos momentos no acumulaban masa suficiente como para compactarse gravitatoriamente -o al menos con la suficiente velocidad- y así encender una estrella. Pero no estaban solos... el Gran Hermano estaba allí: la materia oscura, cinco veces más masiva que la materia ordinaria, aunque hoy por hoy no tengamos ni idea de lo que pueda ser. La materia oscura también se estaba compactando, generando unos intensos pozos gravitatorios en donde se veían arrastrados nuestros hidrógenos y helios.

Poco a poco los aleatorios girones de la nube de gases comenzaron a presentar un patrón de zonas donde la congregación de átomos era mayor, tanto que incluso le ganaban el pulso a la tozudez del Universo, que intentaba lo contrario tirando de unos y otros al irse expandiendo su

tejido espacio-temporal. Eran los primeros esgarces hacia la construcción de las estructuras del Universo que vemos hoy cuando miramos al infinito. Como cuando atravesamos una nube metidos en un avión... unas zonas más densas y otras menos. Aunque la densidad de la nube de agua es infinitamente mayor que la de los gases cósmicos, el ejemplo nos puede aproximar al entendimiento.

Dentro de las zonas más densas se producían también situaciones diferenciales en los gradientes de compactación gravitatoria, fruto de procesos físicos que, como es lógico, de forma aleatoria eran más o menos intensos en unos u otros puntos de la nube. Había *fuerzas del mal*, como los misteriosos campos electromagnéticos que atraviesan el Universo -de los cuales no tenemos ni idea de porqué están ahí- los cuales desviaban a los átomos ionizados de las trayectorias de caída gravitatoria ya que les obligaban a seguir las líneas de campo electromagnético que no tenían que pasar necesariamente por el centro de masas de aquella aglomeración. Lo cual dificultaba la compactación de materia.

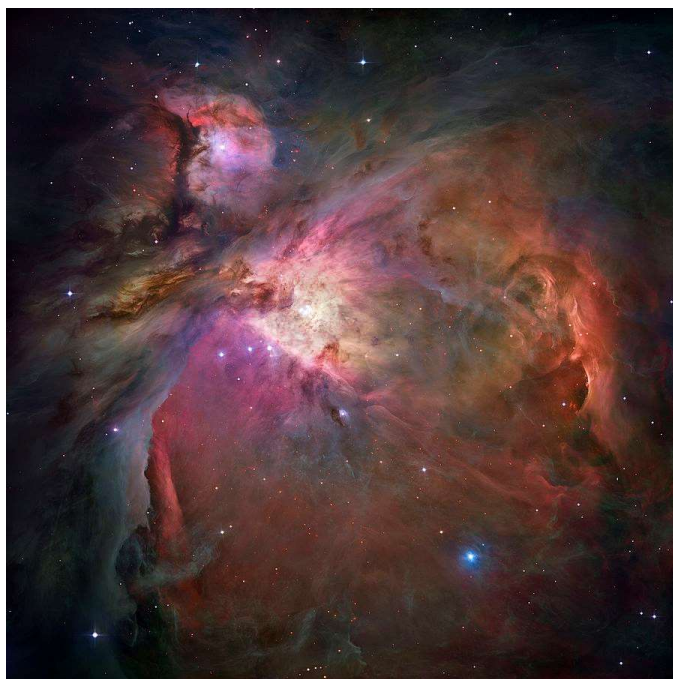
Pero también estaban presentes las *fuerzas del bien* en forma de “ventiladores térmicos” que refrigeraban la nube mientras se iba compactando, permitiendo que ésta, al estar más fría y, por tanto, con menos presión que se opusiera, pudiera apretarse el cinturón un poco más en su caída gravitatoria. Estos ventiladores no eran más que el resultado de las interacciones entre moléculas, átomos y partículas que por ahí andaban, con el resultado de que se iban excitando para después volver a su estado estable tras la emisión de los correspondientes fotones que, a la velocidad

de la luz, se escapaban al vacío del Cosmos llevándose parte de la energía que impedía un mayor apelotonamiento de nuestro gas.

En este proceso, como cada partícula en su caída seguía su propia trayectoria aleatoria y en aras de la conservación del momento angular, las zonas de compactación iban girando en su conjunto. Lo cual imaginamos que no era muy a propósito para incrementar la compactación, aunque la Naturaleza es muy sabia, ya que esos conglomerados giratorios expulsaban por su propia dinámica materia al exterior, la cual se llevaba consigo momento angular, aliviando el problema de la mayoría de la población que permanecía en su giro. Incluso la separación de la materia podía ser de tal calibre que comenzaban a congregarse en dos o tres supernúcleos que giraban alrededor de un centro de masas común, danza que absorbía giro y que también aliviaba el estrés de movimiento dentro de cada uno de ellos.

Así que en aquellas zonas donde aleatoriamente se estaba dando con mayor éxito esta conjunción de circunstancias, la “plaza” se iba llenando aquí y allá con una población cada vez más apelotonada, un pastel en donde las pasas se iban haciendo visibles, dándose codazos unos a otros cada vez más fuertes y subiendo así la temperatura ambiente. Llegaría finalmente a unos valores en que la radiación de estas nubes “privilegiadas” serían de una grandísima intensidad en el campo de los infrarrojos. Quizás si las viéramos con algún visor militar de este tipo de luz nos hubiéramos deslumbrado. Aunque esta radiación también remaba a favor del camino sin vuelta atrás hacia el

nacimiento de una estrella. En un doble sentido. Uno, porque esos fotones no dejaban de ser una continuación del “ventilador térmico” -la compactación gravitatoria podía ser aún mayor- y otro, porque esta radiación era semejante a un viento que empujaba a la materia de las fronteras exteriores, generando una especie de huevo cósmico, el huevo de la primera estrella.



La nebulosa de Orión vivero de nuevas estrellas a partir de nubes de polvo y gas en colisión (Wikimedia, dominio público)

Sí. Ante nosotros una gran nébula, más o menos espesa aquí y allá. En esas espesuras comenzándose a ver, también aquí y allá, unas “lentejas” cada vez más calientes... hasta que... en una de ellas se llega a la presión interna suficiente como para que unos núcleos de hidrógeno se fusionen para dar lugar a unos núcleos de helio, soltando en el proceso una gran cantidad de energía en forma de fotones que servirían para seguir autocebando y reforzando la fusión. Un destello

luminoso consiguió escapar... la primera estrella estaba dando sus primeros balbuceos. Hace 13.700 millones de años.

Así que cuando miréis al cielo por la noche y disfrutéis de nuestra Vía Láctea y de los miles de puntos luminosos que más allá dibujan otras lejanas galaxias, acordaos de esta sopa espesa de gases en donde se iban distinguiendo las lentejas: lo estáis viendo... más moderno, pero lo estáis viendo... una sopa grumosa de nacientes galaxias en donde fueron apareciendo a la par una familia evolutiva de estrellas “lentejas”.

Así creemos que pudo ser el nacimiento de la primera estrella.

XXIX: ¿Por qué escribimos sobre una hoja en blanco y no sobre una hoja de color azul? (por jreguart)

Aparece en este capítulo una nueva entrega en la serie de preguntas que corresponde a la inquietud de uno de los estudiantes del profesor de Física y Química Lorenzo Hernández Villalobos, plasmada en la siguiente pregunta: “¿Por qué escribimos sobre una hoja en blanco y no sobre una hoja de color azul?”

Interpreto que en la comparación la duda se extiende a cualquier tipo de hoja de color distinto al blanco, es decir: ¿Por qué escribimos la mayoría de las veces sobre un papel blanco?



Rellenando una carta de... seguramente... amor. El escribano sí debía saber de papeles (Imagen extraída de la red, fair use)

La respuesta es del tipo... **porque así se ha hecho siempre y además es más barato**. Es evidente que prácticamente sobre cualquier fondo de color, eligiendo la tinta adecuada, se puede cumplir con el objetivo de la escritura, que es ni más ni menos que el transmitir sobre una base material, en ese caso papel, un determinado mensaje que pueda ser posteriormente leído por una segunda persona. Incluso sobre negro se puede escribir en blanco o con cualquier tinta que produzca el contraste necesario. Es decir, que utilizar papel blanco en vez de uno coloreado no se corresponde estrictamente con la eficiencia de la transmisión del mensaje. Lo cual nos lleva otra vez a la simpleza de más arriba... *“porque así se ha hecho siempre y además es más barato”*.

El papel fue inventado por los chinos allá por el siglo II antes de Cristo, para más tarde pasar la técnica al Japón y después al Asia Central hasta llegar a Europa a mitad del siglo XI. Todo consistía en generar un entretrejido de fibras de celulosa a partir de una pasta obtenida de moler alguna materia prima de origen vegetal^[1] mediante la mezcla de agua y el material procedente de trocear las fibras naturales. Inicialmente se utilizaba como materia prima cualquier material con celulosa -residuos de tela, cáñamo, algodón, paja...- para después, dado el incremento en el uso del papel, usar la madera extraída de plantas leñosas como los árboles.

Esta pasta de fibras de celulosa se prensaba y secaba, obteniéndose así el papel. Hay que decir que la celulosa tiene un color blanquecino, aunque dependiendo del origen de la pasta puede tener otro colorido, ya que en el proceso

a la celulosa le acompañan otros productos como puede ser la lignina, de color marrón, o colorantes u otro tipo de impurezas. Según el tipo de uso para el que se quiera el papel se le aplican procesos complementarios, pero siempre la base tendrá un colorido desde el blanco al pardo o amarillento. Evidentemente los usos y gustos hacen que para usos “nobles” del papel se prefieran un color blanco nuclear en el que la lignina, producto que hace amarillear al papel con la edad, tenga presencia residual.

En lo dicho con antelación no interviene ningún proceso de cambio de color, más que si se quiere hacer un blanqueado artificial más intenso por procesos químicos. En resumen, el papel “original” puro celulosa es blanquecino y en él debían ya escribir los chinos. Y tras los chinos, el resto de los asiáticos y posteriormente los europeos.

Los gustos, las modas y las necesidades de resaltar la individualidad -tanto personal como colectivo o societaria- debieron empujar a la coloración de los papeles. Actualmente se utilizan colorantes de diversa procedencia, ya sea orgánica o mineral. Dicta el buen gusto... pero encarece la fabricación. Basta pasearse por cualquier web de suministradores de hojas de papel para darse cuenta de que, para el mismo gramaje, calidad y formato, el papel blanco es más económico que uno de color.^[2]

No nos debemos olvidar de otra circunstancia, que es el que al escribir un texto sobre un papel lo que se pretende es que se lea con la mayor facilidad, es decir, que haya un gran contraste entre el trazo de la letra y el fondo. Técnicamente a esto se le conceptúa como “contraste claro-oscuro” o contraste de luminosidad, lo cual se produce en su máxima

expresión cuando se contraponen colores claros o saturados con blanco con colores oscuros o saturados con negro. Hoy en día la industria química es capaz de ofrecernos una paleta infinita de colores para la tinta, pero si buceamos en la historia veremos que las primeras tintas se fabricaban con hollín, tinta de cefalópodos y pigmentos de minerales, plantas y animales con los que se obtenían el color negro o matices desde el rojo al pardo. Como veis, en su mayoría tonos fuertes y contrastantes con los claros. La historia nos ha llevado de la mano a este tipo de coloraciones para base y trazo. No es raro, por tanto, que esa eficacia nos haya llegado hasta nosotros. Aunque como he dicho un poco más arriba, las modas y los gustos nos han llevado a infinitos tipos de combinaciones, más o menos armoniosas, más o menos eficaces, más o menos “marketinables”.

Personalmente yo sigo escribiendo, si las circunstancias materiales me lo permiten, con boli azul sobre folio blanco. No le hago ascos al bolígrafo negro, verde o rojo... pero siempre con un magnífico fondo contrastante blanco. Aunque en latín clásico “*de gustibus non disputandum*”^[3] o como se suele decir, al menos en España, ¡para gustos hay colores! ¿Cuál es el vuestro?

NOTAS DE LA RESPUESTA XXIX:

1. Los vegetales conforman su resistencia y flexibilidad gracias a dos moléculas específicas: la celulosa y la lignina.

2. La somera investigación que he hecho para paquetes de 500 hojas formato A4 me ha dado un sobrecoste entre el color azul y el blanco de hasta un 76%.
3. Como dice Wikipedia, significa “*sobre gustos no se disputa*”... La frase intenta subrayar la subjetividad e inutilidad de las discusiones en cuestiones de gustos personales

XXX: ¿Por qué bebemos agua dulce en vez de salada? *(por Jreguart)*

Con este capítulo damos un paso más en la lista de preguntas que los estudiantes de 3º de la ESO le planteaban a su profe Lorenzo. Hoy nos toca zambullirnos en el agua, pero no como quien lo hace tras una carrera en la playa o un salto a la poza del río, sino desde el punto de vista fisiológico. No en vano la pregunta de hoy va de “¿Por qué bebemos agua dulce en vez de salada?”



Portada del periódico colombiano El Espectador relatando la aventura del marinerio Velasco.^[1] Diez días a la deriva sin comer ni beber. Y además los tiburones (Imagen: Hemeroteca El Espectador, fair use)

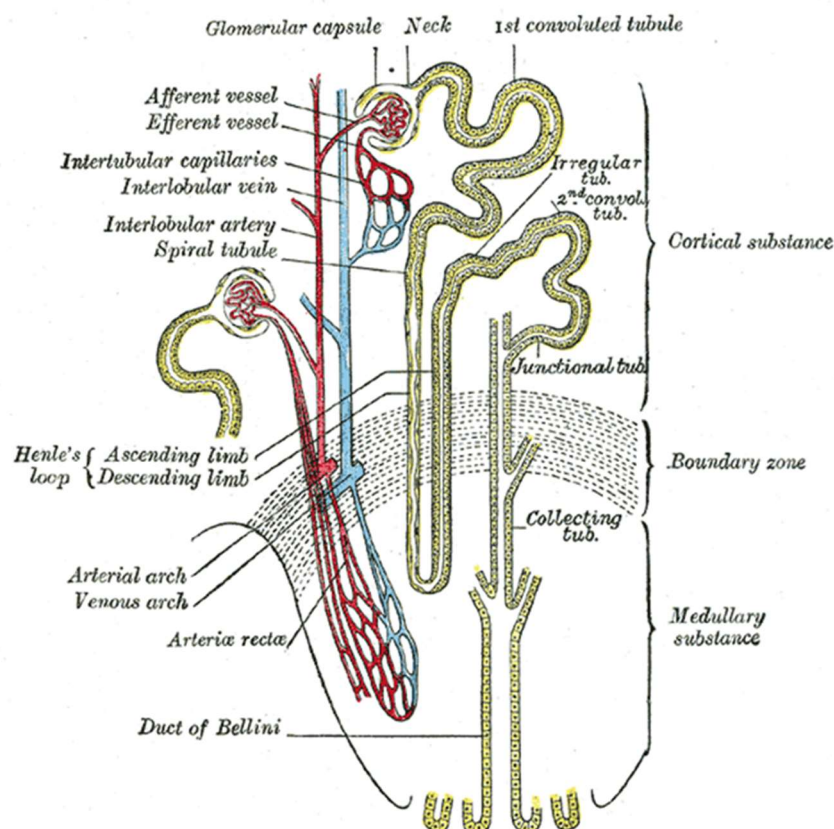
Todos sabemos de la importancia del agua para el buen funcionamiento de nuestro cuerpo. Y es que somos agua en un 60% de nuestro peso. Nuestras células son herederas de

aquellas primigenias que nacieron en el mar y que incorporaron en sus membranas una química diluida en agua “salina”.^[2] Las células de nuestro organismo pluricelular están bañadas por el líquido intersticial, también salino, que se mantiene en equilibrio con el líquido de dentro de las células. Además, fuera de las células tenemos también el torrente circulatorio repleto de plasma y el cerebro con su líquido cefalorraquídeo. Cuando he hablado de “salino” me estaba refiriendo a que todos estos líquidos corporales son una disolución de diversos iones,^[3] entre los que sobresalen por su abundancia el sodio, el cloro, el potasio o el magnesio.^[4] La gestión continua del equilibrio de iones a un lado y otro de la membrana de las células es parte fundamental de nuestra fisiología vital.

¿En qué consiste este ajuste dinámico?

Para entenderlo hay que saber que las membranas de nuestras células son permeables, es decir, por diversos mecanismos pasan de un lado a otro iones y agua. Uno de esos mecanismos es el osmótico, un fenómeno físico relacionado con el movimiento de un disolvente -en nuestro caso el agua- a través de una membrana semipermeable, dependiente de las concentraciones a uno y otro lado de la barrera: los procesos físico-químicos relacionados “intentan” equilibrar la concentración de las partículas osmóticamente activas -los iones de los que hemos hablado- en ambos lados. Entre otras cosas esto es sumamente importante puesto que, como ya explicamos en la entrada 03^[5] de la serie “*Los sistemas receptores*” publicada también en el blog El Cedazo, el funcionamiento de nuestras neuronas y sus “conversaciones” dependen

totalmente de un buen equilibrio iónico en sus membranas. Cuando el cerebro detecta que en sus fluidos hay una concentración inferior a una determinada cantidad de sodio^[6] envía unas señales de aviso a los riñones para que disminuya la excreción de orina, que es una de las vías más importantes por donde perdemos nuestra salinidad. Esta operación de regulación de la concentración de sal en los fluidos se hace mediante una hormona antidiurética y otra que controla la cantidad de sodio en la sangre. Por supuesto, la regulación también tiene el sentido contrario.



Un precioso esquema del túbulo renal y de su suministro vascular, en donde queda dibujada el asa de Henle (Henle's loop), estructura del riñón en donde se hace el intercambio de agua e iones entre sangre y orina (Wikimedia, del libro de Henry Gray (1918) "Anatomy of the Human Body", dominio público)

Es así que cuando se disminuye el consumo de sal^[7] el cuerpo tiende a eliminar líquidos con el objetivo de restablecer la concentración salina en los fluidos corporales, pudiendo tener como consecuencia una deshidratación inducida. Por ello las personas que están expuestas a ambientes calurosos, como puede ser la travesía de un desierto, ingieren pequeñas cantidades de sal para evitar una sudoración excesiva. Y es curioso, porque lo contrario, una ingesta excesiva de sales, como cuando bebemos agua de mar en cantidades significativas, también lleva a la deshidratación del organismo. Los líquidos que ya tenemos en el cuerpo se disponen a eliminar el exceso de sales mediante su disolución y eliminación en la orina. Si el exceso de sales es muy importante puede llegarse a un colapso de la función renal, ya que los riñones no pueden producir orina debido a la falta de agua y por estar llenos de sal, con lo que perderíamos la función de eliminación de tóxicos producidos en el metabolismo habitual, pudiéndose llegar a la muerte.^[8] Antes de que se llegue a esta situación nuestro habilidoso cerebro nos manda señales que nos hacen sentir la sensación de sed.^[9]

Estos posibles fatales problemas de salud por el exceso de iones en nuestro organismo van anticipados de otros síntomas y malestares. Calambres, náuseas y problemas circulatorios: La deshidratación disminuye el volumen del plasma sanguíneo, por lo que el corazón se acelera, ya que debe bombear más deprisa la sangre, con el precioso oxígeno, al resto del organismo, y las arterias se contraen para intentar compensar la bajada de presión sanguínea al circular menos plasma. Poco a poco la sangre no pueda circular correctamente, lo que hace que el cerebro u otros

órganos vitales comiencen a no recibir sangre... ¡os podéis imaginar el potencial desastre!

Y tras este largo, dramático y necesario preludio explicativo, entra por fin el agua de mar. Me imagino que tras lo leído ya os imagináis por dónde van a ir los tiros. A lo largo de los afanes metabólicos y fisiológicos de nuestro organismo, éste pierde agua, ya sea por el sudor, por la orina, en la humedad de las heces o del aliento. Y aunque el propio organismo es capaz de generar agua a partir de la metabolización de los alimentos y las reservas,^[10] este mecanismo no es suficiente como para compensar las pérdidas y mantenernos el 60% de masa corporal de agua. Entonces tenemos que beber, no hay más remedio. ¿Da lo mismo agua dulce que agua salada como la del mar? Ésa es nuestra pregunta.

El agua del mar en el mundo en promedio tiene una salinidad de aproximadamente el 3,5%, por lo que cada kilogramo de agua de mar tiene aproximadamente 35 gramos de sales disueltas como el sodio, el magnesio y el cloro, mientras que la salinidad permitida en nuestro cuerpo es tan solo del 0,9%. Es decir, al beber agua de mar en cantidades apreciables, la cantidad de sal que entra en nuestro cuerpo alcanza magnitudes peligrosas para nuestra salud, como ya somos capaces de imaginar. Además, el beber agua de mar para saciar la sed no sólo es contraproducente, sino que es un sinsentido, ya que, como nuestros riñones producen orina con una concentración ligeramente inferior a la del agua de mar, al beber demasiada de esta agua y al tender el cuerpo automáticamente a orinar todo lo que pueda para eliminar

el exceso de sales, el resultado que se produce es que en lugar de eliminar ese exceso cada vez tendrá más, ya que la orina que produce es siempre menos salada que el líquido bebido. A más agua de mar más deshidratación... más sed... más agua de mar bebida... un ciclo perfectamente malévolo.

Así que... el agua de mar solamente en situaciones en que la alternativa es aún más fatal, en pequeñas dosis y a poder ser mezclada con agua dulce. Con ello no quiero quitar la parte positiva del agua de mar para nuestra salud -baños corporales, gárgaras...- siempre que sigamos los consejos médicos y no nos fiemos de la palabrería de los charlatanes pseudosanitarios. En la web se pueden leer cosas tan alejadas de la realidad y médicamente peligrosas como ésta: *“¡Lo que nos han ocultado del AGUA DE MAR... ¡Cura TODAS LAS ENFERMEDADES! ¡Comprobado científicamente desde 1904!”*^[11] Mucho cuidado con estas cosas, que nos estamos jugando la salud.

Pero no nos pongamos serios y disfrutemos de las facetas lúdicas del agua de mar, entre las que no podemos dejar en el tintero a sus aplicaciones culinarias. *“El pescado sabe más a pescado...”* como asegura Ferrán Adrià^[12] o *“...la masa de la pizza queda más suave y crujiente.”* al entender del chef londinense Mauro Palomba. Digo yo, en broma, que entre otras cosas será para cerrar el silogismo *“edoeconómico”*^[13] : más agua de mar... más sed... más vino...

NOTAS DE LA RESPUESTA XXX:

1. El 28 de febrero de 1955 ocho tripulantes de la nave ARC Caldas, de la Armada Nacional, cayeron al mar. La historia del único sobreviviente, Luis Alejandro Velasco, se convirtió en una de las creaciones más emblemáticas de Gabriel García Márquez. La obra desató un lío jurídico.

<https://www.elespectador.com/noticias/nacional/sesenta-anos-de-tragedia-del-marinero-velasco-articulo-546687>

2. Podéis profundizar en el tema leyendo la entrada número 05 de la serie “*La Biografía de la Vida*“, publicada en El Cedazo hace ya tiempo.

<https://eltamiz.com/elcedazo/2013/06/09/la-biografia-de-la-vida-05-la-casa-natal-de-la-vida/>

3. Los iones son los elementos químicos que han perdido o ganado electrones.
4. No resulta curiosa esta distribución, ya que en el agua de mar reinan el cloro y el sodio. Entre los dos, un 86% de los iones marinos.

5. <https://eltamiz.com/elcedazo/2017/02/25/los-sistemas-receptores-03-los-caminos-de-la-informacion/>

6. Que es de 140 milimoles por litro de plasma sanguíneo. El milimol es la milésima parte de un mol, que a su vez es la unidad con que se mide la cantidad de sustancia, y que en nuestro caso equivale a algo más de 10^{20} iones.

7. Como puede suceder en el caso típico de beber en la montaña solamente agua directa del deshielo de la nieve. Los escaladores de alta montaña siempre suelen reponer sus pérdidas de agua mezclando directamente sales al agua que consiguen descongelando hielo o bien en forma de sopas.
8. Después de 8 horas, la sangre en el cerebro está contaminada y las personas comienzan a ver visiones. No pasan más de 24 horas para que el cuerpo humano se contamine al completo con sangre sin purificar.
9. Para el que quiera saber un poco más de cómo lo hace podéis leer esta interesante reseña de un estudio publicado en la revista Nature en septiembre de 2016.
<http://www.lavanguardia.com/ciencia/cuerpo-humano/20160803/403664841028/neuronas-predicciones-tiempo-real-sed-agua.html>
<https://www.nature.com/articles/nature18950>
10. Aunque va de otro tema, recuerdo cómo en el capítulo XXIII de este libro, cuando hablábamos de los camellos y dromedarios, se explicó cómo esos animales producían agua metabólica a partir de las grasas almacenadas en las jorobas.
11. No pongo la web de donde he extraído el titular, el cual creo firmemente que es una gran y peligrosa mentira, por no hacerles propaganda. Aunque cualquier interesado puede llegar a ella con cierta facilidad.

12. Ferran Adrià Acosta es un cocinero español. Revolucionó el mundo de la gastronomía y lo introdujo en una nueva era.
13. Palabra tonta que se me ha ocurrido para unir las ideas de edonismo y economía en el mismo vocablo.

XXXI: ¿Cómo podemos saber si hay vida en otro planeta? (por jreguart)

Este capítulo es uno más de los que intentan responder a la inagotable lista de preguntas que los estudiantes de 3º de la ESO plantearon en su día a su profe Lorenzo y que servían a este última para hacer un “ajuste fino” de las cualificaciones obtenidas por sus alumnos. La inquietud estudiantil con la que nos enfrentamos ahora es la siguiente: **“¿Cómo podemos saber si hay vida en otro planeta?”**

Antes de seguir no me queda más remedio que hacer un poco de campaña comercial del blog El Cedazo, ya que en él publicamos hace tiempo la serie “*La biografía de la Vida*”^[1] de la que sus últimas entradas fueron dedicadas precisamente a eso de buscar vida más allá de la estratosfera terrestre. En especial la entrada número 60^[1] que encabezábamos con otra pregunta: “¿*Tenemos vecinos?*” No obstante lo apuntado, vamos a por faena. Quizás algunas cosas se repitan, ya que desde aquel 10 de marzo de 2015 del “¿*Tenemos vecinos?*” hasta hoy no han cambiado demasiadas cosas.

Hay tres consideraciones iniciales que creo que debemos tener en cuenta: *Una*, que la Vida tal como la conocemos está basada en el carbono y a lo mejor hay vida por ahí que la fía en el silicio u otros elementos químicos. *Dos*, que la vida en la Tierra se ha manifestado empecinadamente aferrada a la existencia, de forma que hay vida prácticamente en cualquier ambiente, desde los

congeladores a los cráteres volcánicos, desde la superficie a las profundidades, desde lo ácido a lo básico, de lo dulce a lo salino... nuestros extremófilos.^[2] Y *tercero*, que nuestra vida necesita del agua. Sin este disolvente universal pensamos que no se puede llevar la química precisa para la emergencia de la Vida.



La eterna pregunta ¿Estandremos solos? (Imagen de la red, fair use)

Además hay un escenario general, el Universo, donde creemos que existen más de 10^{22} estrellas,^[3] la mayoría de ellas con planetas, más de uno, y satélites... muchos satélites, lugares todos donde la vida pudo afincarse como en la Tierra. Pero... con unos condicionantes: debe tener la temperatura precisa para que haya agua en estado líquido, ni que esté congelada ni que se vaya progresivamente evaporando y perdiendo por el empuje de los vientos de las estrellas de sus particulares sistemas planetarios; tiene que estar alejada de zonas con gran radiación, como el centro de sus galaxias; sería conveniente que tuviera un escudo magnético que le protegiera de las radiaciones de su propia estrella... y así una variada lista.

En el nuestro, el Sistema Solar, hay lugares en donde pueden darse buenas circunstancias para el desarrollo de la Vida además de en la Tierra: Quizás en Marte o en Europa, satélite de Júpiter, o Encélado, satélite de Saturno, e incluso Titán, también satélite del mismo planeta.^[4] El tema es ir allí y mirar, como podemos hacerlo en ambientes extremos de la Tierra, cosa que está al alcance de nuestra tecnología.^[5]

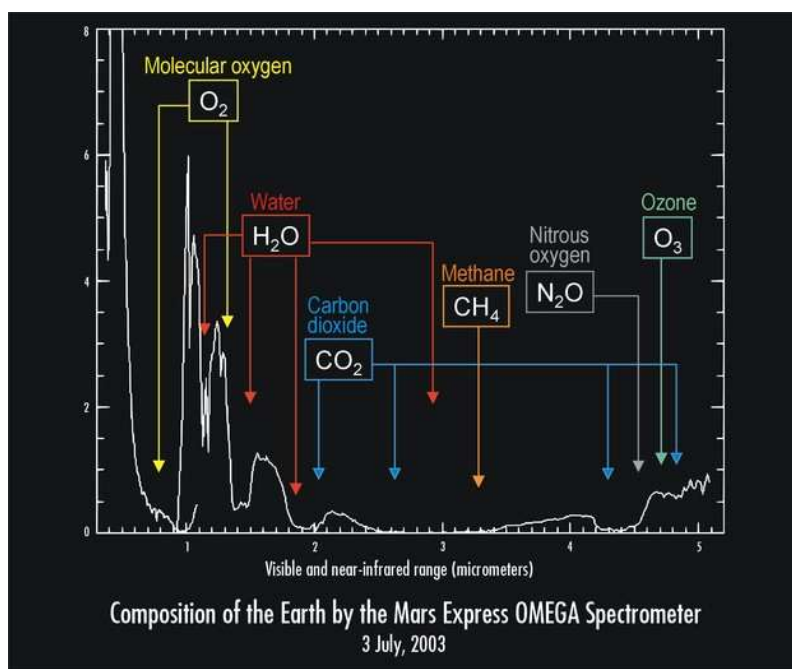
Pero no se acaba aquí el asunto, porque podemos mirar aún más lejos. Desde la década de los ochenta del pasado siglo sabemos que hay planetas en otros sistemas distintos al nuestro, el solar. En 1988 se descubrió el primero, Gamma Cephei Ab. Hay diversas técnicas para encontrarlos, y si os interesa el tema podéis profundizar un poco más leyendo la entrada 61^[6] de la ya mencionada serie de El Cedazo “*La biografía de la Vida*”. Según nos comunicó la NASA, en agosto de 2017 teníamos 4.496 posibles candidatos a exoplanetas y en abril de 2018 nos ha dicho que de los posibles candidatos habían sido ya confirmados 3.725 como auténticos planetas.^[7] Ahora bien, ahora toca estudiar todos esos últimos para ver si, dentro de sus particulares sistemas estelares, se encuentran orbitando en zonas de habitabilidad. Con la tecnología de que disponemos ahora, basada en estudios de interferometría de la luz que nos llega de ellos y sus estrellas, podemos saber sus dimensiones; cuánto de lejos, con que periodicidad y a qué velocidad orbitan a sus estrellas; las masas y temperaturas de éstas; la densidad del planeta... es decir, un cúmulo de información muy útil para apreciar si en su superficie se dan condiciones como para que pudiera existir una vida parecida a la de a Tierra. Esos son nuestros objetivos, a dónde hay que mirar

precisión en las mediciones, cosa que esperamos conseguir con el nuevo telescopio TESS (en inglés Transiting Exoplanet Survey Satellite) lanzado con éxito el 18 de abril de 2018. Con la tecnología de TESS será posible estudiar la masa, el tamaño, la densidad y la órbita de una gran cohorte de pequeños planetas, incluyendo mundos rocosos en las zonas habitables de sus estrellas anfitrionas. También proporcionará objetivos principales para una mejor observación y estudio desde los futuros telescopios, tanto terrestres como espaciales. Con todos estos aparatos podremos realmente analizar con cierta precisión cuál es la composición de la atmósfera de esos planetas candidatos a contener vida. Si enfocáramos a la Tierra seríamos capaces de ver que hay agua, oxígeno, nitrógeno, metano... [ver imagen de abajo]. Y eso sí que es un buen dato, saber qué es lo que hay en las atmósferas de ahí afuera.

¿Por qué esta importancia? Porque la vida tal como la conocemos deja un rastro químico que, aunque a veces puede ser atribuido también a procesos químicos normales abiogénicos de la naturaleza, en otros casos pensamos que sólo pueden ser debidos a que el planeta esté habitado por seres vivos. Por ejemplo, en los momentos^[8] iniciales de la atmósfera de la Tierra escaseaba el oxígeno, sin embargo ahora representa el 21% de nuestra atmósfera. Y todo se lo debemos a unas bacterias que descubrieron la eficiencia para obtener energía, la del Sol, a partir de la fotosíntesis, lo cual dejó tal reguero de O₂ que hoy en día no podríamos concebir el vivir sin este preciado elemento. Hay otras bacterias que “excretan”, en vez de oxígeno, metano. Y qué decir de si no vemos rastros de agua... impensable imaginar un mundo vivo sin H₂O. En resumen, nos tenemos que

centrar sobre lo que se conoce como **biomarcadores**, aquellos elementos que son realmente los mejores indicios de vida: **oxígeno**, **ozono** y **metano**. Además, podemos buscar la presencia de **dióxido de carbono** como producto secundario de la respiración y de **agua** como disolvente universal necesario para que la vida sea una realidad. Aunque estos dos últimos no sean estrictamente biomarcadores, ambos juegan un papel fundamental en la biosfera terrestre.

Después de lo dicho ya podéis entender el porqué le he dado más arriba tanta importancia a la interferometría de la luz que nos viene de planetas y estrellas lejanas: porque en los espectros de esas luces vienen grabadas las firmas de los elementos químicos de donde ha salido esa luz.



Biomarcadores en el espectro de la atmósfera de la Tierra visto por la Mars Express (Imagen: ESA, fair use)

No es objeto de este capítulo, pero tiene que ver con la especial distribución de capas electrónicas -en el fondo de

niveles de energía- alrededor de sus núcleos: cuando un electrón ha sido excitado y por consiguiente ha pasado a una capa energética superior, más externa, tiende naturalmente a volver a su posición inicial emitiendo un fotón con una energía que es exactamente la diferencia entre las energías de las dos capas entre las que se ha movido. Y ya sabemos que cada elemento tiene una especial configuración de sus capas electrónicas que depende del número atómico y de las “grandezas y misterios” de la cuántica. Cada uno de esos específicos fotones deja su impronta en el espectro de luz del elemento. Así que no es de extrañar que cuando unos astrofísicos vieron el espectro de luz que emitía la atmósfera de la Tierra no pudieran más que comprobar lo que esperaban: la existencia de ciertos tipos de átomos, biomarcadores, como podéis ver en la imagen anterior.

Con eso creo que queda satisfecha la inquietud de quien propuso al profe Lorenzo Hernández Villalobos la pregunta acerca de ¿cómo podemos saber si hay vida en otro planeta? Apasionante, ¿no? ¡Y lo que nos espera!

NOTAS DE LA RESPUESTA XXXI:

1. <https://eltamiz.com/elcedazo/series/la-biografia-de-la-vida/>

<https://eltamiz.com/elcedazo/2015/10/03/la-biografia-de-la-vida-60-tenemos-vecinos/>

2. Para saber un poco más os recomiendo la entrada 59 de la ya citada serie de El Cedazo, “*La biografía de la Vida*”.

<https://eltamiz.com/elcedazo/2015/09/19/la-biografia-de-la-vida-59-extremofilos/>

- 3.** Tenéis un poco más detalle en este enlace.

<http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/3085885.stm>

- 4.** Aunque aquí el disolvente sería el metano que en este astro, dadas las temperaturas y presiones en su superficie, se encuentra en estado líquido.

- 5.** Sí, hoy en día lo podemos hacer. Aunque la economía manda: serían misiones muy costosas y hay que priorizar dónde ponemos nuestros recursos.

- 6.** <https://eltamiz.com/elcedazo/2015/10/17/la-biografia-de-la-vida-61-hay-vida-aun-mas-lejos/>

- 7.** En la página de la NASA dedicada al tema tenemos una completa información real y estadística.

<https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/>

- 8.** Momentos geológicos, es decir, cientos de millones de años.

XXXII: ¿Por qué se sostiene el agua del mar si no está en algún sitio cerrado que no se pueda derramar? (por jreguart)

Seguimos avanzando en las respuestas a la lista de preguntas que han hecho los alumnos de 3º de ESO a su profesor D. Lorenzo Hernández.^[1] La respuesta a la pregunta de hoy puede parecer un tanto dispersa... pido disculpas: simplemente he querido explicar con un poco más de envoltorio lo que me parece una evidencia. Lo aclaro.



*¿Será que el agua se derrama más allá del horizonte?
(Imagen extraída de la red, fair use)*

Al enfrentarme a la pregunta “¿Por qué se sostiene el agua del mar si no está en algún sitio cerrado que no se pueda derramar?” mi sensación personal es de confusión ¿Cuál fue el motivo por el que el alumno se planteó la duda de solución tan evidente? A mí me parece que la pregunta está viciada en su planteamiento, puesto que una de sus premisas

no es cierta: ¡el mar sí que está confinado en recipientes cerrados! ¿Qué son las grandes cuencas oceánicas sino gigantescos recipientes para el agua de los mares? Lo que nos lleva a la siguiente argumentación intuitiva: ¿Se desparrama el agua contenida en un vaso en posición estática siempre que el volumen del agua sea inferior al del vaso? Tendremos que admitir que el agua no se derramará. Las paredes laterales frenan los movimientos horizontales de las moléculas del líquido que contienen y la inferior, la base del vaso, los verticales más el peso del líquido. Mientras que los gases de la atmósfera se encargan de atemperar los movimientos cinéticos de las moléculas de H_2O en la superficie libre del agua que las impulsan a salirse de la masa líquida.

Es evidente que a nivel macro, despreciando la dinámica a nivel molecular, el agua del mar se desplaza, muchas veces a grandes velocidades y en grandes volúmenes. ¿Hacia dónde van esas masas con tanta energía cinética incorporada? Pensamos en las mareas; en la circulación termohalina;^[2] en los movimientos provocados por el arrastre de los vientos; o bien en los provocados por la diferencia de presión atmosférica en diversos puntos de la superficie del mar; o los inducidos por terremotos en su fondo... los tornados, los maremotos, los tsunamis; o simplemente las mansas olas que nos bañan los pies en la playa. Esos fenómenos conllevan unos movimientos verticales y horizontales del agua que quizás nos puedan desencadenar el pensamiento de... ¿a qué lugar se dirigen esas masas?, es decir, al final... ¿dónde se embalsan esos volúmenes en movimiento?

Los desplazamientos de masas debidos a la dinámica horizontal en un mayor o menor lapso de tiempo tienden a llegar a una configuración estable cíclica^[3] debido a diversos fenómenos físicos, como por ejemplo los cambios en las condiciones atmosféricas, o la dilución de los gradientes de densidad al encontrarse las aguas en movimiento con otras a distinta temperatura o con diferentes concentraciones salinas.

En el fondo el fenómeno es simple: el agua que se desplaza de un lugar deja volumen para la que viene detrás, como sucede con las grandes corrientes termohalinas, que no dejan de ser más una especie de río en el océano que se realimenta a sí mismo en una especie de cinta transportadora sin fin; o, de forma parecida, en las corrientes de resaca^[4] junto a la costa. En último término siempre estará el rozamiento y la presión que opone el material de los fondos marinos y las costas, o las propias moléculas del agua, que atemperarán, e incluso podrán frenar, los desplazamientos horizontales del agua marina.

Por su parte, la **dinámica vertical** a la larga^[5] se verá amortiguada, o incluso anulada, por la fuerza gravitatoria que la masa de la Tierra ejerce sobre el agua oceánica. Podemos imaginar el amanecer en un pequeño y plácido lago alpino, que como un espejo refleja fielmente el perfil del valle que lo contiene, a pesar de la tormenta vespertina que alteró su placidez la noche anterior. El oleaje, una vez pasada la fuerza de la tormenta, es atemperado poco a poco por la atracción hacia el centro de masas de la Tierra, más o menos el centro geométrico de la esfera terrestre.

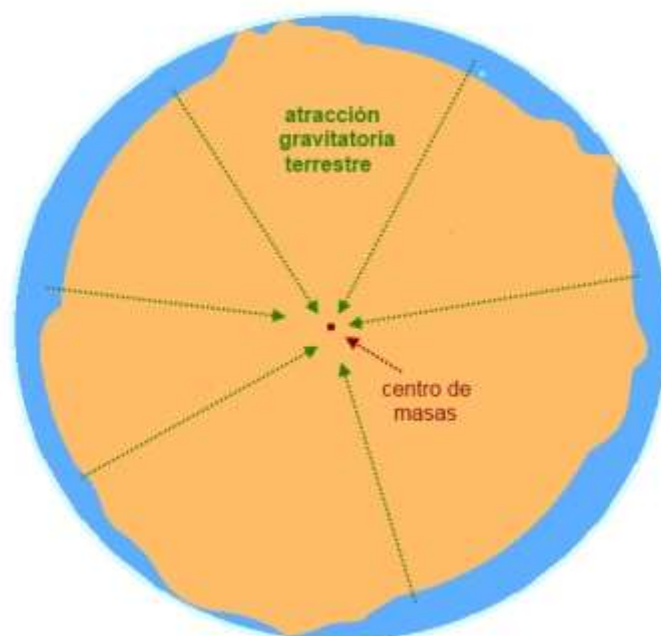
Pero sigamos con el ejemplo del agua en un vaso ¿No os parece que la totalidad de las cuencas marinas conforman un inmenso vaso cuyas aguas podrán hacer lo que quieran, pero que siempre se verán contenidas por las paredes del vaso?



En diversos tonos de azul la topografía de los fondos marinos, una gran bañera contenida por las placas oceánicas y continentales, estas últimas en diversos tonos ocres y verdosos^[6] (Imagen: Alamy stock photo, Michael Schmeling, fair use)

Es evidente que si añadimos más agua hasta superar el volumen del recipiente, sus moléculas tenderán a empujarse entre sí y ocupar el espacio disponible, es decir, el exterior del vaso, momento en que caerán libremente en las manos de las fuerzas gravitatorias que las llevaría hasta la siguiente barrera de contención sólida que sería la superficie de la mesa donde está el vaso. Quizás allí, si la cantidad de agua no es mucha, las moléculas podrían quedar frenadas por el rozamiento -la interacción electromagnética- que ejercen

las moléculas del sólido “mesa” sobre ellas. Pero si el volumen del agua fuera muy grande, incluso el agua caería desparramada fuera de la mesa hasta el suelo gracias a la fuerza atractiva gravitatoria ejercida por la masa del planeta. Es evidente que el agua del mar y el fondo oceánico conforman un caso práctico tan elemental que no pasa más allá de lo que hemos hablado del vaso y su “poca” agua: no hay forma de que se desparrame ya que no hay un juego de fuerzas que lo provoque dentro del limitado espacio donde está confinada.



Aún con un mar generalizado sobre la superficie de la esfera terrestre, el agua no tiene donde derramarse, permaneciendo unida a dicha superficie gracias a la atracción gravitatoria que ejerce el centro de masas de la Tierra sobre la masa del agua periférica.

Pero aunque no estuviera confinada el agua oceánica en sus vasos rocosos, si hubiera tanta agua como para que existiera un mar ocupando el 100% de la superficie terrestre,

tampoco se derramaría. Y es que la Tierra no es plana^[7] por lo que, tal como dibuja la imagen de arriba, podemos jugar a imaginarnos a la Tierra como una esfera en cuya parte exterior, al igual que una especie de cáscara líquida, se encuentran las moléculas de agua de los mares y océanos que se ven atraídos por la masa del planeta, como si toda ella estuviera aproximadamente en el centro de la esfera, lugar que se conoce como su centro de masa. Cualquier molécula de agua de la superficie de la esfera se vería atraída por una fuerza hacia abajo, hacia el centro de masas, hacia el centro geométrico de la esfera terrestre, dejándola “adherida” a la capa exterior de la misma, formando entre todas un gran lago esférico de donde es imposible escapar. Cualquier fenómeno externo a la gravedad, como puede ser el empuje de los vientos, los gradientes de temperatura o movimientos telúricos del suelo, le sería indiferente. Y si me apuráis, incluso el gravitatorio que produce el juego de las mareas.

Es fácil ahora el pasar intuitivamente de ese océano imaginario y “*no derramable*” al real, de nivel inferior, contenido en sus cubetas geológicas ¿Con menos agua no será aún más “*no derramable*”? Creo que con eso queda resuelto el supuesto dilema.

NOTAS DE LA RESPUESTA XXXII

1. Eso es lo que nos dice el profesor en su blog: “*En el primer examen del curso siempre introduzco un ejercicio que consiste en que los alumnos tienen que plantear una pregunta cualquiera, la que ellos*

quieran. Tan sólo les impongo dos reglas para valorarla correctamente: Que no se haya planteado antes en clase y que no se repita en el examen de otro compañero. Así, al menos, les obligo a que piensen un poco la pregunta. Aunque no lo parezca, el alumnado se plantea muchas cosas.”

2. En oceanografía física se denomina circulación termohalina (CTH) o, metafóricamente, cinta transportadora oceánica, a una parte de la circulación oceánica a gran escala que es determinada por los gradientes de densidad globales producto del calor en la superficie y los flujos de agua dulce.
3. Cuando digo estable cíclica quiero decir que las alteraciones de la dinámica tienden a ser un rosario de situaciones estresadas-relajadas que se realimentan aunque siempre bajo los atractores de estabilidad de fondo como son la gravedad o el rozamiento.
4. Casi todo el mundo hemos tenido experiencias, más o menos preocupantes, con las corrientes de resaca, también llamadas corriente de retorno, que no dejan de ser más que una fuerte corriente superficial (o casi superficial) de agua, que retrocede desde la costa hacia el mar. Se genera principalmente por el rompimiento irregular de las olas a lo largo de la cresta, llegando bruscamente a la playa con un índice elevado de energía, desvaneciéndose luego sobre el fondo para, posteriormente, regresar hacia el mar por un canal a través de las olas.

5. Ese “a la larga” merece un comentario ya que no deja de ser una simplificación. La dinámica del agua en el mar está sometida a vectores diversos, como puede ser el gradiente de temperatura en sentido vertical, pero que podemos teorizar que son coyunturales e incluso pueden estabilizarse. Con lo que dejarían a la gravedad como único árbitro de la dinámica vertical.
6. Aunque la imagen es plana no deja de ser el desarrollo abierto de la superficie de una esfera, la de nuestro planeta.
7. No quiero entrar en el juego de los terraplanistas que aseguran que la Tierra es plana, desgraciadamente con cierta predicación aún hoy en día, dadas las evidencias tan claras que tenemos, como puede ser la observación de las sombras circulares en los eclipses o a las imágenes obtenidas desde una perspectiva suficiente como para ver claramente la esfera terrestre, por no hablar de esos astronautas que orbitan la Tierra varias veces al día en la Estación Espacial Internacional.

XXXIII: ¿Por qué el fuego quema? *(por jreguart)*

Un capítulo más en la larga misión de dar respuesta a las preguntas de los alumnos de 3º de la ESO del “profe” Lorenzo Hernández. Hoy nos toca “*¿Por qué el fuego quema?*”



Sigamos el hilo de la llama y quizás descubramos el porqué que hoy nos inquieta (Wikimedia, CC BY 3.0)

Tengo mis dudas en interpretar bien la pregunta porque bien pudiera ser que la inquietud se centre en cómo el fuego genera la sensación del dolor que conceptuamos como “quemazón”. Vamos a ir paso a paso comenzando de entrada por intentar definir qué se entiende por *fuego* y por *quemar*. Con respecto al fuego el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española (RAE) en su primera acepción nos dice: “*Fenómeno caracterizado por la emisión de calor y de luz, generalmente con llama*”. Y de quemar nos dice: “*Dicho del fuego, destruir algo o a*

alguien”. Habrá, por tanto, que estudiar a este fenómeno que destruye para entender por qué lo hace.

Vayamos por partes. Para que haya fuego es necesario que haya un material que pueda quemarse, llamado combustible, que al oxidarse de forma rápida se va a degradar, a quemar, a destruir de forma violenta transformándose en otra serie de compuestos y desprendiendo en el proceso energía y fotones en un amplio rango energético. Nos podemos preguntar el origen de esta energía que se libera: la vamos a encontrar en los enlaces químicos de las moléculas del material que forma el combustible. Los enlaces químicos no dejan de ser más que un apretón de manos, más o menos hercúleo, entre átomos. Cuando por cualquier motivo se destraba el apretón, la fuerza queda libre. Normalmente estaremos hablando de moléculas que contienen carbono, como las que nos encontramos en materiales orgánicos: podemos pensar en la madera o la carne animal, así como en sus transformados como son el petróleo, el carbón, la madera o la turba natural. O los transformados de los transformados... gasolinas, querosenos, etc.

La energía que estamos persiguiendo se va a hacer más visible tras la “combustión” del “combustible”. ¿Qué es eso de la combustión? Según nos encontramos en la Wikipedia: *“La combustión se refiere a las reacciones de oxidación, que se producen de forma rápida, de materiales llamados combustibles [en nuestro caso que nos estamos centrando en materiales orgánicos] formados fundamentalmente por carbono e hidrógeno... en presencia de oxígeno [como el del aire], denominado el comburente, y con gran*

desprendimiento de calor.” En esos procesos el oxígeno se une con el carbono y el hidrógeno mediante el procedimiento de secuestrarles electrones (es decir, los oxida) de acuerdo a las siguientes reacciones:



En otras palabras, se han desgajado las moléculas orgánicas del combustible, que simplificando bastante tienen una fórmula de ese estilo: $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$, rompiendo sus comparativamente enlaces fuertes, para formar otras moléculas de fuerza de enlace más débil, liberando el saldo de energía. Estas reacciones se pueden iniciar de forma espontánea^[1], o bien con una pequeña ayudita, o ayudaza, energética, como puede ser una cerilla encendida, o la llama en el árbol de al lado que hace que el fuego pueda correr por el bosque a velocidades inimaginables.

A efectos de la pregunta del alumno de la ESO diremos que normalmente el comburente va a ser el oxígeno, que forma parte del aire en una proporción del 21% (el resto, en su mayor parte, es nitrógeno). Tras esos procesos de oxidación violenta se generan una serie de productos que formarán la llama o el humo inherente a la combustión, a la quema de los combustibles, que no sólo serán el CO_2 o el H_2O que nos sugieren las ecuaciones anteriores, sino que también podemos encontrar otros componentes, ya que según sean las condiciones iniciales, como por ejemplo que haya mucha humedad de partida tanto en el aire como en el combustible; que haya exceso de aire; que la combustión del carbono no sea perfecta... hará que en los humos haya

además otro tipo de gases además del dióxido de carbono y el agua, que se verán mezclados con oxígeno, con nitrógeno, con monóxido de carbono (CO) o incluso con carbono molecular en forma de partículas de hollín. Ahí tenemos la base de lo que vamos a llamar la llama o el humo.



Etapas de la combustión que nos enseñan cómo el fuego va dañando a la cerilla inicial de la izquierda. En el centro en plena deflagración de la combustión, con los gases resultantes aun a altas temperaturas. A la derecha la cerilla humea finalizando el proceso de enfriamiento
(Imagen: 4ever.eu, uso no comercial)

Pero ese amasijo de gases y partículas, que forman la llama o el humo, no está precisamente frío a la vista de la energía residual surgida tras las reacciones de oxidación. Lo que hace que las moléculas de los gases calientes se muevan con gran energía y choquen inevitablemente entre ellas, por lo que algunos de sus átomos van a excitarse, con el resultado posterior de que sus electrones salten a órbitas externas de mayor energía. Para poco después volver a su estado natural, hacia su posición de mínima energía, emitiendo fotones de diversas frecuencias según sea el salto energético

del electrón desde su nivel excitado a su estado “normal” de reposo en el átomo.

Tenemos por tanto una transformación, desde el material que se quema y el aire necesario, a una masa de gases que si estuvieran a temperatura ambiente seríamos incapaces de ver, quizás mezclado con hollín. Pero tanto los gases como el hollín están a grandes temperaturas, incluso de 4000K, emitiendo fotones con un espectro relativamente amplio de frecuencias que, en su mayoría, pueden ir desde el infrarrojo hasta el visible. Estas últimas nos hace visible la masa de gases post-combustión en forma de una bailarina e hipnótica llama mientras que las primeras, las infrarrojas, las percibimos como calor. Al mismo tiempo el flujo visible de las partículas resultantes tras una combustión incompleta, el hollín, nos va dibujando las volutas del humo que se va dispersando en el aire.

¡Para, para! Pero qué enrolle el de jreguart con eso del fuego... si el tema iba de un *“fenómeno caracterizado por la emisión de calor y de luz, generalmente con llama”* [fuego]... que *“destruye a algo o a alguien”* [quema]. Pues eso.

Pues eso supone también el que si lo que se ha quemado es mi dedo; si en la combustión se ha destruido mi piel; si se han transformado sus proteínas y grasas repletas de carbono, o simplemente se han alterado; si se han destruido sus terminales nerviosas del dolor y la temperatura; supone que impecinablemente el proceso neuronal de la percepción dolorosa se habrá iniciado, lo que nos habrá hecho exclamar ¡AY! ¡cómo quema el fuego!^[2]

Con lo apuntado en el anterior párrafo espero que haya sido capaz de dejar aclarada la respuesta a la pregunta de el porqué de que el fuego queme... en todos sus aspectos, físico y perceptual.

NOTAS DE LA RESPUESTA XXXIII:

1. Si tenéis curiosidad podéis acudir a esta entrada de la Wikipedia dedicada a este tipo de combustiones espontáneas.

https://es.wikipedia.org/wiki/Combusti%C3%B3n_espont%C3%A1nea

2. Para los más curiosos sobre el tema de la percepción os sugiero el que acudáis a esta entrada de El Cedazo, una de las que componen la serie “*Los sistemas receptores*”.

<https://eltamiz.com/elcedazo/2017/06/17/los-sistemas-receptores-08-dolor-y-temperatura/>

<https://eltamiz.com/elcedazo/series/los-sistemas-receptores/>

XXXIV: ¿Cuándo el ácido toca algo y lo va destruyendo, la materia que destruye desaparece o en qué se transforma? (por jreguart)

Hoy vamos a dar un paso más en lo que ya va siendo una larga serie de respuestas a las preguntas que le plantearon al enseñante profesor Lorenzo Hernández sus enseñados. Vamos ya por la entrada número XXXIV, que la vamos a dedicar a “¿Cuándo el ácido toca algo y lo va destruyendo, la materia que destruye desaparece o en qué se transforma?”



Símbolo de precaución, sustancia corrosiva (Imagen de la red, fair use)

La primera frase que planteo va a ser contundentemente aclaratoria: La materia ni se crea ni se destruye, se transforma en otra materia y/o en energía. Desde que nos lo sugirió Antoine-Laurent Lavoisier y desde que completó la idea Albert Einstein, sabemos que es así. Los ácidos, como cualquier “objeto” de la naturaleza, siguen esta ley -el que la materia y la energía son intercambiables- y, por tanto, lo que parece una destrucción provocada por ellos se trata

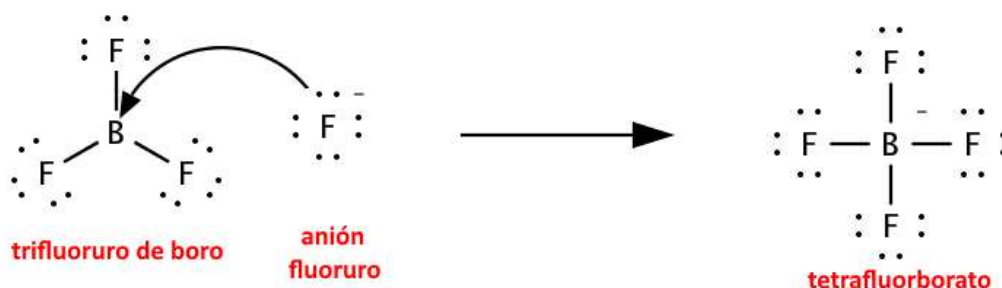
realmente de una transformación. Voy a extenderme un poco más.

¿Qué es un ácido? Es un compuesto químico que puede encontrarse, según las condiciones del medio, en alguno de los tres estados: sólido, líquido o gaseoso. Puede estar en estado puro o, lo que es más normal, en disolución. Además, los encontramos tanto en la química inorgánica - el “terrible” sulfúrico, por poner un ejemplo- como en la orgánica -a parecen más amables, como el ácido cítrico-.

Los químicos difieren a la hora de definir su característica química más esencial, pero en el fondo va de casi lo mismo. La molécula de los ácidos se descompone en iones, uno con carga positiva -un catión-, que suele ser el hidrógeno H^+ (un sencillo protón) y otro con carga negativa -un anión, como el CO_3^{2-} del ácido carbónico-.

Pensando en este comportamiento, algunos estudiosos del tema apuestan por definir como característica básica de los ácidos el que prestan a otros compuestos químicos el H^+ , ya sea a la propia agua disolvente o a otras moléculas con ganas de oxidarse. El resultado es que esas otras moléculas secundarias ya no son químicamente como las primeras y, por tanto, están en disposición de hacer diabluras que en el estado inicial ni se les ocurrían.

Y no digamos cuando a los científicos les gusta aun más el definir a los ácidos como una especie que acepta un par de electrones de otra especie con la que quedarán íntimamente unidas formando un compuesto químico que puede ser completamente distinto a los progenitores. Copio de Wikipedia la imagen siguiente, ilustrativa del caso:

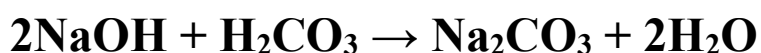


En la reacción de la imagen, un anión fluoruro, F^- , cede un par electrónico al trifluoruro de boro para formar el producto tetrafluoroborato. El BF_3 se comporta como un ácido porque acepta el par de electrones del fluoruro.

(Wikimedia, dominio público)

Un anión F^- , quizás el resultado de la disociación del ácido fluorhídrico -en disolución acuosa se trata de una sustancia irritante, corrosiva y tóxica-, cede un par de electrones al trifluoruro de boro -que actúa como un ácido-, que a su vez es un gas también corrosivo y tóxico, para formar el tetrafluoroborato, que es un anión muy poco reactivo: de la unión de dos leones sale una gacela.

O bien en una reacción de neutralización, como la siguiente, entre un ácido y una base^[1] que da como resultado una sal y agua,^[2] ¡qué cosa más distinta los reactivos y los productos de la reacción! A todos se nos alcanza que una sal o el agua, químicamente, no tienen nada que ver con un ácido o una base ¡La materia ha cambiado de identidad!



Todo lo anterior es para justificar el hecho de que los ácidos actúan sí o sí con lo que tengan a su alrededor alterando su “materialidad” en mayor o menor grado, dependiendo de la fortaleza del ácido -lo cual depende de la capacidad que tenga de disociarse en iones, dejando más o menos

H^+ libres, como decíamos en unos párrafos más arriba-. Lo que pasa es que la forma de “intervenir” del ácido, que parece tan simple, en realidad puede ser muy compleja. Y no me voy a inventar nada de lo que ya está perfectamente descrito en un artículo de la revista Investigación y Ciencia escrito por el profesor Xavier Giménez Font:^[3]

“Así, los ácidos son lo que son, es decir, literales devoradores de materia, debido a cuatro mecanismos de acción, que pueden llegar a actuar a la vez:

*1. **cómo ácidos y bases propiamente dichos.** Liberan H^+ y provocan así que otras sustancias los capturen, modifiquen por ello su forma y función y dejen de ser operativas.*

*2. **arrancan electrones** de las sustancias sobre las que se depositan, **por acción del ion hidrógeno**. El hierro, el cromo o el níquel son atacados mediante este mecanismo.*

*3. **arrancan electrones gracias al resto de la molécula ácida**. Por ejemplo, el ácido nítrico $-HNO_3-$ captura electrones gracias a una preparación previa por parte del H^+ y al ataque del grupo nitrato, NO_3^- .*

*4. **deshidratán**, es decir, arrancan agua. Este comportamiento es casi exclusivo del ácido sulfúrico, pero no por ello es menos importante.”*

La “actividad” de los ácidos puede ser muy dañina, orgánica e inorgánicamente, o beneficiosa, dependiendo del ingenio con que aprovechemos sus habilidades. Empezando por esto último, por ejemplo, los ácidos son materia prima en la obtención a través de procesos industriales de otras materias que nos son útiles; se utilizan para limpiar el óxido

en que ha derivado un objeto metálico; también tienen su uso como producto para la limpieza del hogar -la lejía es simplemente una disolución de ácido clorhídrico-; y qué diremos de las burbujitas de las bebidas gaseosas, CO_2 , resultante de la descomposición del ácido carbónico; o también como conservante de alimentos -un rico ceviche condimentado con ácido cítrico-; o qué sería de las baterías eléctricas sin este elemento fundamental... la lista sería interminable.

Pero también tienen su cara amarga. Limpia el óxido de los metales -la herrumbre- pero también los corroe de forma que la mayoría de las disoluciones de ácidos sólo se pueden guardar en recipientes de vidrio (cosas de la química, el vidrio parece más débil que el metal, pero su estructura cristalina le proporciona ciertos superpoderes). Esta capacidad de corroer la materia es lo que los hace especialmente temibles dentro del mundo de la biología y la salud. En estado líquido, pueden ser ingeridos o nos pueden mojar la piel o los conductos del aparato digestivo; los podemos inhalar en estado gaseosos con consecuencias fatales para nuestros pulmones. Seguramente hemos oído hablar acerca de terribles casos de niños que han bebido de la botella de lejía en su casa, o del amante despechado que riega con ácido a su pareja, o de los terribles sufrimientos producidos por el gas mostaza en las trincheras de la primera guerra mundial... el daño generado se concreta en que producen unas quemaduras conceptuadas como químicas que, desgraciadamente, en una mayoría de ellas dejan secuelas irreparables, si no es la muerte ¿por qué son tan graves las consecuencias?



Afectación de la parte posterior del cuello, de la parte externa de la oreja derecha y de la espalda. El patrón “rayado” de la agresión química en el flanco y en la región distal de la espalda que muestra esta paciente es característica de un ataque químico (Imagen: a partir del texto académico de la UCM, “Lección 9 Quemaduras Químicas”,^[4] fair use)

Las sustancias químicas tóxicas, al actuar sobre los tejidos, producen reacciones químicas en sus proteínas que o bien desnaturalizan, es decir, les cambian su estructura química -lo que va a alterar el buen funcionamiento de nuestra fisiología-,^[5] o les rompen su molécula pudiendo formar sales al combinarse con ellas. Otro efecto sobre la materia orgánica es que saponifican^[6] las grasas, con ruptura de las membranas celulares -las membranas de las células están formadas por fosfolípidos-. Por último, hay otro efecto colateral ya que algunas de las reacciones anteriores son muy exoenergéticas llegando a producir, gracias a su efecto calorífico, la deshidratación de las células. Como podéis

imaginar, en cualquiera de los procesos comentados el fatal resultado último es la muerte de las células afectadas.

Como todas las cosas en esta vida, o casi todas, podemos hacer buen uso de los beneficios que nos aportan, o podemos hacer un mal uso. Los ácidos alteran la materia, a veces de forma letal, por lo que jamás hay que bajar la guardia, sobre todo en el ámbito familiar, nuestro más habitual medioambiente. No me resisto a despedirme con un consejo, fruto de una experiencia que, lo mismo que podía acabar mal, gracias a los cielos acabó bien. Un nieto de tres años se bebió lejía en casa. El resultado suele ser letal. No os cuento la crisis emocional en la familia... abrevio... en Urgencias del Hospital nos dijeron que se había salvado sin ninguna secuela gracias a que en casa se compraban lejías “modernas” de efecto limpiador pero con pH's no nocivos. Creo que es obligado por ley. También nos advirtieron del riesgo de comprar los productos de limpieza en “locales” baratos... todos me entendéis.

NOTAS DE LA RESPUESTA XXXIV:

1. Cualquier sustancia que en disolución acuosa aporte iones OH^- al medio. También se les llama álcalis.
2. Se les suele llamar reacciones de neutralización porque al reaccionar un ácido con una base, ambos neutralizan sus propiedades mutuamente.
3. Profesor titular del Departamento de Ciencia de Materiales y Química Física, y miembro del Instituto de Química Teórica y Computacional, Universidad de Barcelona. Docente en química ambiental y química

física de materiales, e investigador en simulación computacional de reacciones químicas con aplicación a I+D, y en innovación docente.

<https://www.investigacionyciencia.es/blogs/fisica-y-quimica/39/posts/cidos-y-lcalis-realidades-y-mitos-13229>

4. <https://www.ucm.es/data/cont/docs/420-2014-02-07-QUEMADURAS-QUIMICAS-8Enero-2013.pdf>
5. La estructura de las proteínas biológicas implica no sólo una secuencia específica de aminoácidos, sino también una estructura tridimensional que depende de fuerzas muy débiles. Estas estructuras tridimensionales son clave para la actividad biológica de las proteínas y son fácilmente distorsionadas por factores externos.
6. La **saponificación** es un proceso químico por el cual un cuerpo graso, unido a un álcali -cualquier sustancia que en disolución acuosa aporta iones OH^- al medio- y agua, da como resultado jabón y glicerina.

