

# **ESTO ERES**

***Esta es tu dirección***

***Esta es tu herencia***

***Esta es tu naturaleza***

**por Yuri**

**OMEGALFA**

**2019**

***Esto eres:***  
*Esta es tu dirección,  
esta es tu herencia,  
esta es tu naturaleza*

por ***Yuri***

Los materiales gráficos y fotográficos que componen esta obra proceden del blog “La pizarra de Yuri” (<http://lapizarradeyuri.blogspot.com/2010/05/esta-es-tu-naturaleza.html>)

Se ha respetado el texto original, adaptándolo al formato de libro digital.



*Libros libres  
para una cultura libre*

**h**

Biblioteca Omegalfa

2019

Ω

# ESTO ERES



*Esta es tu dirección  
Esta es tu herencia  
Esta es tu naturaleza*

# ESTA ES TU DIRECCIÓN.

*Una carta dirigida a esta dirección te llegará desde cualquier punto del espaciotiempo. Si es que encuentras un servicio postal que las reparta, claro.*

¿Crees que conoces la dirección de tu casa? Bien, a lo mejor no. O no la dirección *completa*, al menos. Por si alguna vez necesitas darle tu dirección postal a un extraterrestre, o conseguir que te entreguen una carta desde cualquier punto del espaciotiempo, estos son los datos que deberías poner en el remitente para que el cartero no se vaya a perder:

- Tu calle y número, código postal, ciudad, país.
- Tierra, Tercero de Sol.
- Nube Interestelar Local, Burbuja Local, Cinturón de Gould, Brazo de Orión.
- Vía Láctea, Grupo Local, Supercúmulo de Virgo.
- Universo Local, tiempo presente.

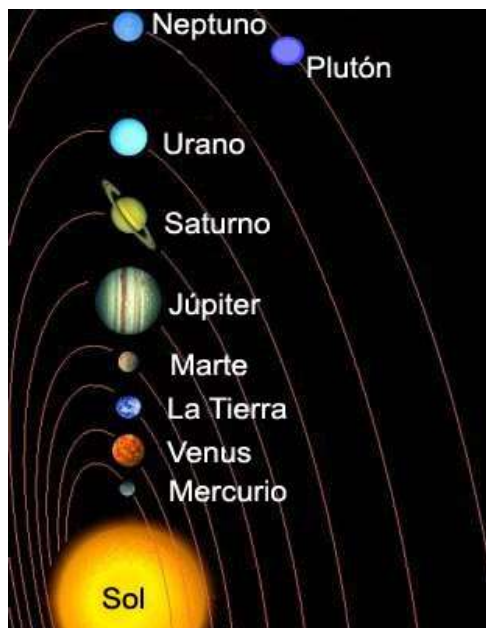
¿Los vemos?

## **Tu calle y número, código postal, ciudad, país.**

Bah, esto ya te lo sabes, es muy aburrido y además resulta irrelevante a escala cósmica. Sigamos.

## Tierra, Tercero de Sol.

No te sorprenderá saber que vivimos en la Tierra, un planeta rocoso que da vueltas alrededor de una estrella llamada *Sol* a razón de una vez por año. También sabrás que ocupamos la tercera posición en el sistema solar, después de Mercurio y Venus, y antes que Marte. En realidad, nos encontramos en el *sistema solar interior*, que termina a la altura del cinturón de asteroides. Todos los planetas del sistema solar



interior son rocosos; esto es típico de los planetas pequeños –como el nuestro–, que tienen muy poca masa y por tanto muy poca gravedad para retener grandes atmósferas de gases o líquidos.

Los planetas más grandes conocidos son todos *gigantes gaseosos*, como Júpiter o Saturno. Dado que están compuestos fundamentalmente de hidrógeno –el elemento primordial, y el más abundante del universo–, si fueran aún más grandes, la enorme presión gravitatoria los haría encenderse por fusión nuclear. Entonces, se convertirían en estrellas. Las estrellas más pequeñas del universo, que se llaman *enanas marrones*, *apenas* son como trece veces Júpiter.

Por este motivo, en el universo conocido sólo hay espacio, a grandes rasgos, para dos tipos de planetas: los rocosos –pequeños– y los gaseosos –grandes– (los de líquidos helados se consideran un subconjunto de los gaseosos). Los que son más grandes, como hemos visto, dejan de ser planetas y se transforman en estrellas.

El planeta más grande que conocemos, pero no tan grande como para ser estrella, es WASP-17b en la constelación del Escorpión. Da vueltas alrededor de WASP-17, un sol parecido al nuestro a mil

años-luz de aquí. El más pequeño es difícil de decir, pues depende de la definición de planeta que usamos. Plutón, por ejemplo, dejó de ser en 2006 un planeta de pleno derecho; entre otras cosas porque, si reconocemos a Plutón como planeta, habría que reconocer a otros 44 más descubiertos en años recientes (véase la figura de la derecha). Y, realmente, no dan la talla.



Al igual que nuestro planeta es sólo un planeta más, nuestro Sol es también una estrella más. Pertenece al **tipo espectral G** (exactamente, al G2V), que es bastante común en el universo: aproximadamente una de cada diez estrellas del cielo son así.

- **Nube Interestelar Local, Burbuja Local, Cinturón de Gould, Brazo de Orión.**

Nuestro Sol y nosotros viajamos por el cosmos junto con otros muchos, en torno al centro de nuestra galaxia: la Vía Láctea. En particular, nos movemos por dentro de la llamada **Nube Interestelar Local**, una acumulación de materia de treinta años-luz de tamaño. Con un **súper-deportivo de alta gama** a toda velocidad, tardaríamos unos 78 millones de años en atravesarla. Usando el avión de serie más rápido del mundo, once millones de años. Viajando en la nave espacial más rápida de la historia (hasta el momento), unos 128.000 años.

Esta Nube Interestelar Local contiene también a las estrellas más próximas, como **Alfa Centauri, Sirio, Procyon, Altair, Vega, Fo-**

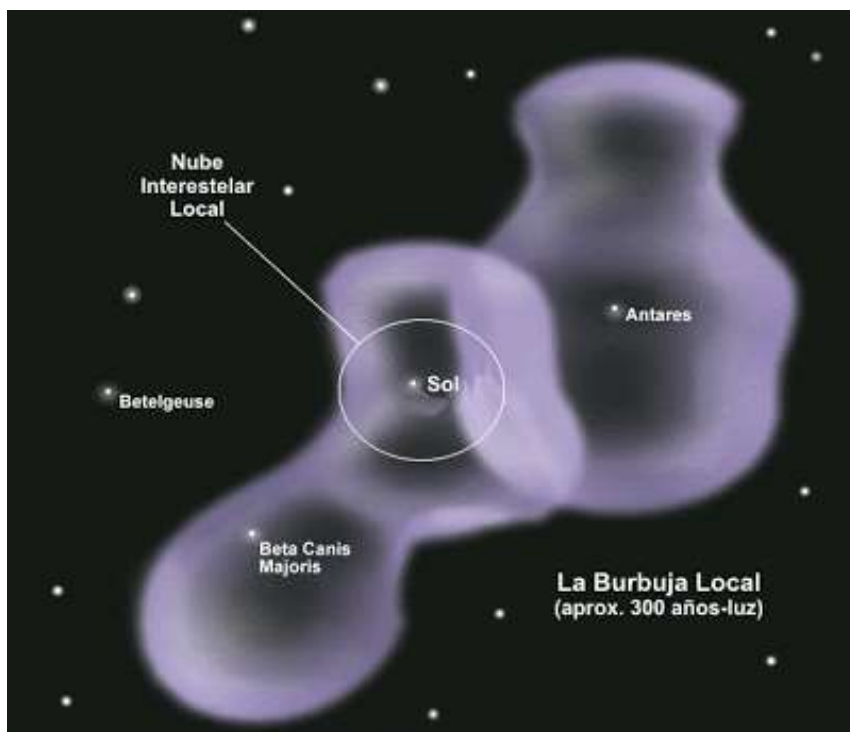
malhaut o Arturo. La más próxima de todas es Alfa Centauri, una estrella doble a 4.37 años-luz de aquí.



Con la nave espacial mencionada, nos costaría unos 18.660 años llegar hasta ella. Realmente, si queremos hacer algo más allá de nuestro sistema solar, vamos a necesitar alguna manera de viajar más deprisa que en la actualidad. O de acortar el viaje.

La Nube Interestelar Local se encuentra dentro de una estructura mayor: la Burbuja Local. La Burbuja Local es una acumulación de materia aún mayor, procedente de la explosión de una o varias supernovas que estallaron hace entre dos y cuatro millones de años. Pero aunque estemos atravesando ahora mismo la Nube Interestelar y la Burbuja locales, nuestra materia no procede de ellas. Sólo estamos pasando por ahí en este momento de la historia del universo. Entramos hace unos cinco millones de años, y saldremos dentro de otros tantos. Nuestro sistema solar –y la materia que contiene, incluyéndonos a ti y a mí– se formó mucho antes que eso, hace más de 4.500 millones de años.

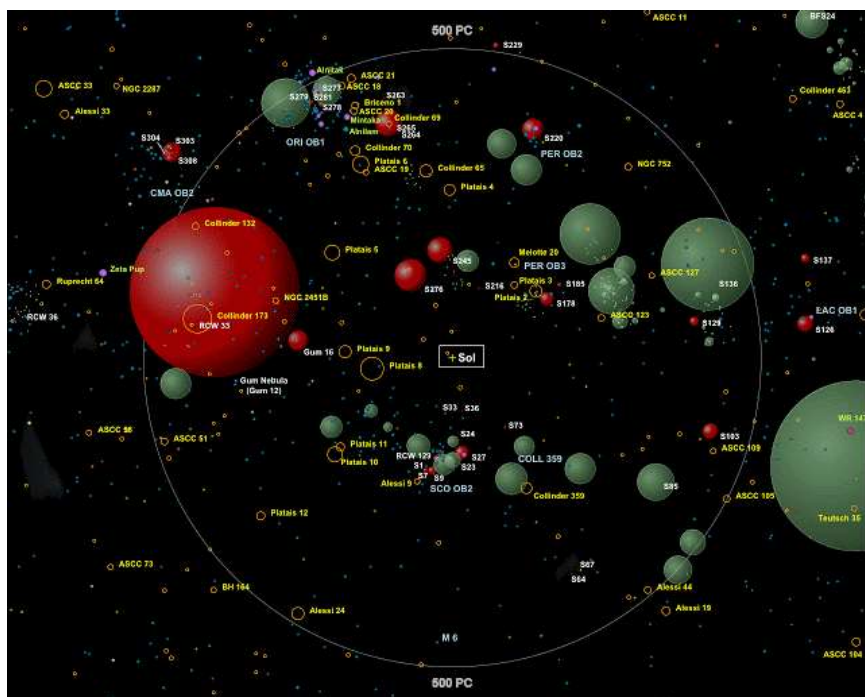
Nuestra Burbuja Local forma a su vez parte del Cinturón de Gould.



El Cinturón de Gould es ya una estructura mucho más compleja y mayor. Es un anillo parcial de estrellas, de unos 3.000 años luz de extensión. ¿Recuerdas aquella nave espacial tan rápida que utilizamos antes? Pues con ella, tardaríamos 12.800.000 años en atravesarlo por completo. Vaya, esto empieza a ser mucho tiempo. Echaremos mano de un concepto para una nave espacial futura, el Proyecto Dédalo, teóricamente capaz de viajar al 12% de la velocidad de la luz: 130 millones de kilómetros por hora. Bien, entonces para atravesar el Cinturón de Gould necesitaríamos veinticinco mil años.

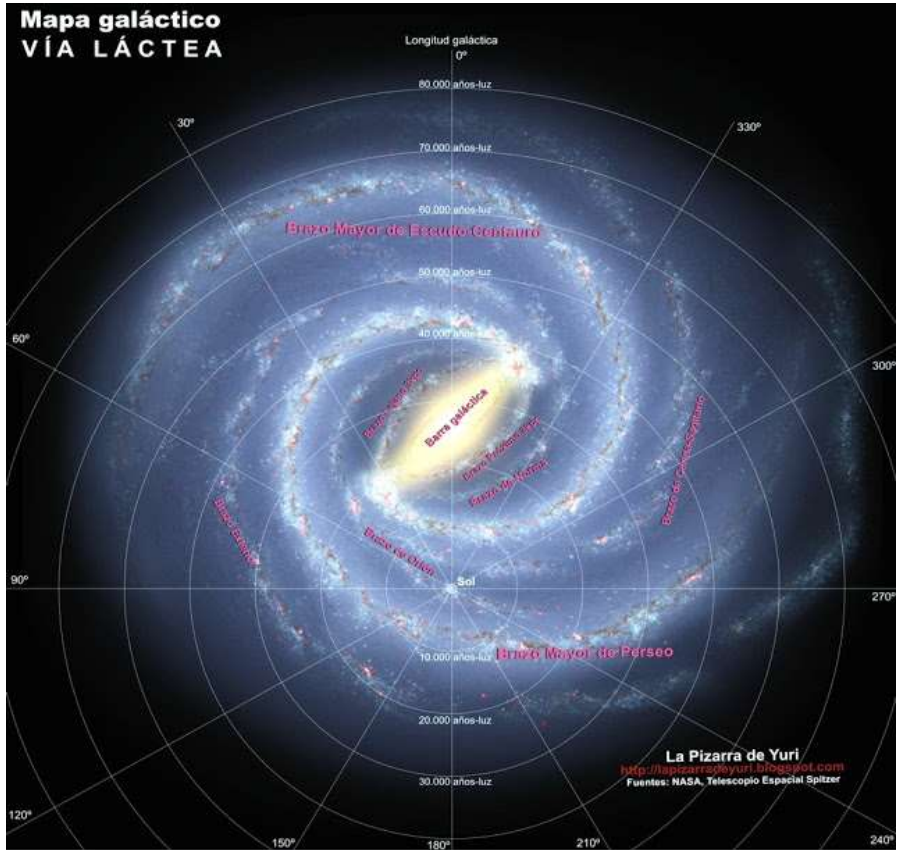
La inmensa mayoría de las cosas que ven tus ojos y los míos en el cielo nocturno están aquí o poco más lejos. Aunque hay algunas excepciones, aquí está el límite general de lo que puede descubrir nuestro ojo desnudo. De las 300 estrellas más brillantes del cielo, por ejemplo, sólo diez están más allá del Cinturón de Gould; y no mucho más allá.





*Cinturón de Gould. La línea indicada como 500 PC (500 parsecs) equivale a una distancia al Sol (en el centro) de 1.630 años-luz; es decir, tiene un diámetro de 3.260 años-luz, que son 31.000 billones de kilómetros. (Clic para ampliar)*

El Cinturón de Gould es un sector del **Brazo de Orión**. El Brazo de Orión es la primera gran estructura a la que pertenecemos; *grande* en sentido galáctico. Es un larguísimo arco estelar de 10.000 años-luz de longitud y 3.500 de ancho. Mucho más del 99% de lo que ven nuestros ojos a simple vista, en una noche normal, está aquí. Muchas personas de ciudad vivirán y morirán sin ver en persona nada más allá del Brazo de Orión, jamás.



## Vía Láctea, Grupo Local, Supercúmulo de Virgo.



El Brazo de Orión es sólo un brazo menor de nuestra galaxia: la Vía Láctea. Se llama así porque, en las noches muy oscuras y limpias, se distingue a ojo desnudo como una larga mancha lechosa que parte el cielo en dos. Se llama así porque los antiguos griegos

pensaban que se trataba de una gota de leche de la diosa [Hera](#), que se le cayó cuando daba de mamar al héroe [Heracles](#). Los indios del pasado, en cambio, la creían el río [Ganges](#) celestial. En Asia Central, África y el mundo árabe la consideraban más bien una brizna de paja cósmica.

Hoy en día sabemos que la Vía Láctea es en realidad una [galaxia](#). Las galaxias son gigantescas organizaciones cósmicas compuestas por estrellas, nubes de gas, planetas, polvo, materia oscura y (creemos que) energía oscura, unidos por la atracción de su gravedad en una sola estructura. Nuestra Vía Láctea es una [galaxia espiral barrada](#), que se mantiene estable y gira alrededor de lo que muy probablemente sea un [agujero negro supermasivo](#) en su centro (desde nuestro punto de vista, localizado en [Sagitario A\\*](#)).

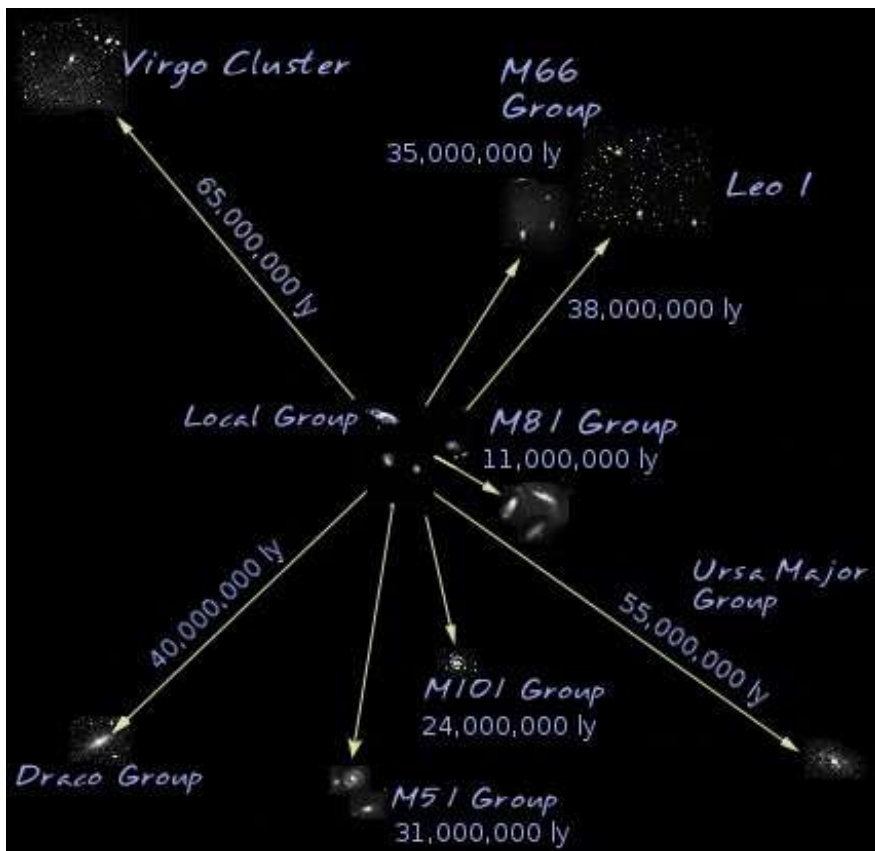
La Vía Láctea tiene unos 100.000 años-luz de diámetro y aproximadamente 1.000 años-luz de grosor. Sí, es muy delgadita; esto pasa con mucha frecuencia. La materia tiende a agregarse en torno a los objetos con mucha masa bajo la forma de [discos de acreción](#), no esferas. Por eso, los sistemas solares tienden a formarse como planos alrededor de un Sol (el caso del nuestro, por ejemplo); y por eso también, las estrellas con sus sistemas solares suelen organizarse en forma de disco para formar galaxias.

¿Recuerdas la nave espacial [Dédalo](#) que propusimos un poco más arriba? Bien, pues con ella nos costaría 883.000 años cruzar nuestra galaxia de punta a punta. Aunque en realidad, estamos a *sólo* 25.000 años-luz del agujero negro en su centro: un viaje de 208.000 años.

En la Vía Láctea hay entre cien mil y cuatrocientos mil millones de estrellas, como nuestro Sol. Alrededor de muchas de ellas orbitan otros planetas. Y la Vía Láctea orbita en conjunción con otras cincuenta galaxias, formando el Grupo Local. Ahora ya empezamos a hablar de tamaños verdaderamente inmensos.

Las dos galaxias más importantes del Grupo Local son la nuestra y [M31 Andrómeda](#), que a veces puede verse tenuemente a simple vista. Viene hacia nosotros, o nosotros vamos hacia ella –como prefieras– a unos 140 kilómetros por segundo. Chocaremos dentro de

unos 2.500 millones de años. Pero seguramente no pasará gran cosa: las distancias entre los cuerpos celestes dentro de una galaxia, como ya hemos visto, son tan grandes que lo más probable es que nos crucemos –o incluso nos fusionemos en una sola– sin impactos significativos.



Nuestro Grupo Local forma parte de una estructura aún mayor: el Supercúmulo de Virgo. El Supercúmulo de Virgo constituye un grupo de grupos monumental, con unos 110 millones de años-luz de diámetro; pero no es sino uno más de los existentes en el universo observable. Más allá de eso, en las estructuras a gran escala, parece que la materia de este universo tendemos a agruparnos en forma de

filamentos y grandes murallas, separados por espacios abismales de vacío.

## **Universo Local, tiempo presente.**

Por múltiples motivos, no tenemos la seguridad de que este sea el único universo existente. De manera muy notable, la *Interpretación de los Multiversos* de la Mecánica Cuántica propone la existencia posible de cualquier número entre uno y casi-infinitos universos distintos. Así pues, será conveniente informar al servicio cósmico de Correos que estamos en uno en particular, en este, al que llamamos Universo Local... suponiendo, claro está, que no nos estemos *dividiendo constantemente en muchos más*, con copias de nosotros mismos por todas partes.

Por asegurar la entrega, quizá resulte conveniente recordar finalmente al servicio postal que existimos en un tiempo determinado, en torno al presente. De lo contrario, podría ser que la carta de nuestro amigo extraterrestre nos llegara con un cierto adelanto o retraso... digamos en un tiempo negativo imposible, o cuando el universo esté ya alcanzando la Muerte Térmica.

## **Y en versión resumida y comprensible en todo este universo...**

Sin embargo, todos estos nombres son nombres humanos, que seguramente un servicio de Correos extraterrestres no entendería. Además, lo que es "local" para nosotros –claro– no lo es para otros. Esto es la base más básica de la *Teoría de la Relatividad* de Einstein. Para escribir menos (aunque un poco más lioso) y además asegurarte de que el cartero interestelar va a entender tu dirección (o la mía) venga de donde venga, podrías poner en el remite lo siguiente a modo de *código postal cósmico*:

- Tu calle y número, código postal, ciudad, país.
- Tierra, Tercero de Sol.

- 1178486506 · 0,2967059728
- 5320116676 · 3,089232776
- 792520205 · 1,1868238914
- Supercúmulo de Virgo, Universo Local.

¿Y qué son esos números? Pues esos números se corresponden con la frecuencia y posición de tres **púlsares**, tal y como se perciben desde la Tierra.

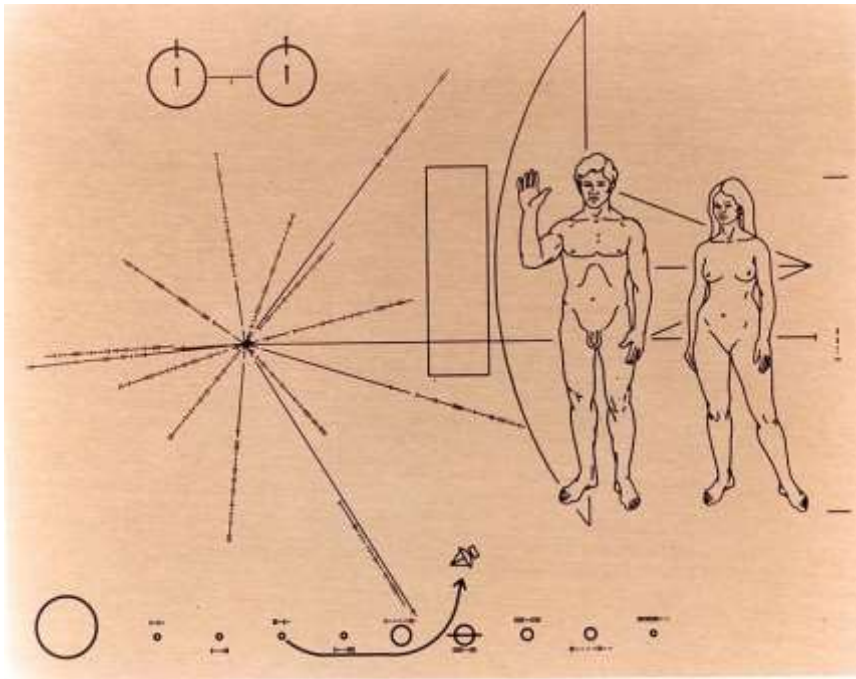
¿Y qué es un púlsar? Pues un pulsar es una estrella de neutrones altamente magnetizada que rota sobre sí misma. Y resulta que su enorme masa las convierte en una especie de péndulos ultraprecisos, con lo que emiten en una frecuencia exacta, reconocible desde cualquier lugar. Su señal es tan intensa que pueden detectarse a millones de años-luz de distancia (nosotros los estamos observando ya en Andrómeda). A todos los efectos, constituyen los faros más precisos y notables del cosmos.

La primera cifra de cada grupo se corresponde con la frecuencia en que emiten estos púlsares, expresada en frecuencia de transición del hidrógeno (la característica más notable del átomo más común del universo). La segunda cifra es el ángulo en radianes, según se ve desde la Tierra en el tiempo presente. Mediante triangulación, es posible determinar sin mucha dificultad desde dónde se veían esos púlsares y cuándo. La respuesta es aquí, ahora; esos tres grupos de cifras son como agitar la mano a escala galáctica: "¡eo! ¡soy yo! ¡estoy aquí! ¡y existo ahora!".

Con sólo estos tres datos, cualquier civilización extraterrestre que conozca al menos una ciencia parecida a la nuestra puede ubicar con precisión nuestro lugar en el espaciotiempo desde cualquier lugar de este universo (al menos, mientras esos púlsares sigan existiendo).

Esta fue una de las genialidades de **Carl Sagan**, para las placas de oro con un mensaje destinado a los extraterrestres que viajan a bordo de las sondas **Pioneer** de espacio profundo. Las catorce líneas en torno al Sol indican la posición no de tres, sino de catorce púlsares notables, evitando así la posibilidad de confusión y permitiendo su

regresión durante largo tiempo.



Este es nuestro lugar en el cosmos, hasta donde somos y sabemos hoy en día; tu dirección y la mía en esa inacabable inmensidad que nos hace sentir tan, tan pequeñitos por la sencilla razón de que – efectivamente– somos por el momento así de pequeñitos. ¡Y algunos se creen grandes y hasta *elegidos*! ¿Te lo puedes creer? ¡Es de chiste!

Ahora que ya hemos aprendido algo de dónde estamos, pronto intentaremos desentrañar de dónde venimos. Y qué somos. Un poquito, por lo menos.

# ESTA ES TU HERENCIA.

*El largo camino por donde llegamos aquí.*

Porque piensas, porque sueñas con los ojos abiertos, porque puedes observar el cielo y el mar y la tierra con la frente despejada y la mirada atenta, porque eres capaz de hablar, y de escuchar, y de escribir, y de leer, y de construir herramientas para llegar adonde no llegarían tus ojos y tus manos, y de hacerte preguntas y desear las respuestas, te llamaremos *sapiens*. Que en latín significa *sabio, quien puede conocer*. Como además eres capaz de hacer cosas maravillosas en tu busca del sentido y la verdad –música exquisita, naves espaciales, obras literarias, aceleradores de partículas, medicina, filosofía, grandes construcciones, aparatitos ingeniosos, de todo– nos concederemos el beneficio de la duda y nos llamaremos dos veces *sapiens*: *sapiens sapiens*.



*Dos especialistas en ingeniería alistan el Gran Colisionador de Hadrones (LHC), para su puesta en marcha. El LHC del CERN es el instrumento científico más grande y sofisticado de la historia de la humanidad: la obra más avanzada, hoy por hoy, del homo sapiens sapiens.*

Hay quien nos llama también *la raza de los ingenieros*, porque todos nosotros, tú y yo, somos capaces de crear cosas nuevas y mejo-



res donde no las había. Cualquier cosa que hagas con tus manos, con tu cuerpo, con tu mente, no existía antes en ningún lugar del universo. Todas esas posibilidades increíbles las llevamos entre las orejas, en ese kilo y medio de pasta grisácea que llamamos cerebro (mayormente, un pastel de proteínas y grasas –lípidos–). Pero para que ese cerebro provisto de un encéfalo superior llegara a ser, hubo que recorrer un camino muy largo. Hace falta mucha base. Una base que fue evolucionando lentamente, a lo largo de los siglos, de los milenios, de los eones. Somos los herederos de una larga historia de la vida que comenzó hace cuatro mil millones de años, y lo llevamos grabado dentro de cada una de nuestras células, dentro de lo que somos. Esta es tu, mi, nuestra estirpe.

## **Homo sapiens sapiens**

No hemos sido los únicos que han pensado sobre la faz de esta Tierra vieja. Pero sí somos los únicos que quedan. Sabes, es posible que los matáramos. Muy posible. Como mínimo, los desplazamos y absorbimos. Lo hicimos porque podíamos, porque éramos más inteli-



gentes, porque somos gente muy chungu cuando nos disputan la tierra, el cielo, el mar y el amor. En realidad, no más que cualquier otro ser vivo; sólo que nosotros tenemos más posibilidades –tanto para crear como para destruir– gracias a ese cerebro gordote. Fíjate, hemos aprendido mucho desde entonces; ahora sabemos que no se debe exterminar a nadie o a nada ni porque podamos, ni por ningún otro motivo. Pero para poder llegar a aprender esa lección, primero teníamos que existir.

Hubo más; hubo otras gentes, a las que ahora quizás añoramos acariciando sus pobres huesos viejos y rotos. Añorar, sentir, amar, odiar: eso es *homo*, y no sólo caminar sobre las dos patas de atrás. El día en que un africano partió una piedra con otra para hacerse algo que cortara, empezó nuestra historia moderna, la historia de la humanidad. Y sí, fue en África. Somos africanos por dos veces: como *homo* y como *homo sapiens*. Surgimos allí, en una franja de sabana a ambos lados del ecuador, hace unos dos millones y pico de años y luego otra vez hace más o menos doscientos mil. Y desde allí, conquistamos el mundo, viajamos al espacio y quién sabe a dónde llegaremos.

## **Homínidos.**

Y surgimos en un lugar donde hay muchos más bichejos parecidos a nosotros. Hace unos catorce millones de años que comenzamos a separarnos de los demás grandes monos: el gorila, el orangután, el chimpancé. Cualquiera que haya visto un chimpancé de cerca con ojos de ver —¿alguna vez viste a mamá chimpancé acunando a chimpancito, o a un chimpancé y un humano borrachos?— comprende de inmediato que esa gente son primos. Primos cercanos. Para quienes tienen la mirada turbia de supersticiones viejas, disponemos a estas alturas de unos cuantos miles de pruebas de toda índole: genéticas, morfológicas, arqueológicas, demográficas, antropológicas, de todo. Y ninguna en contra.

## **Catarrinos.**

Vamos a empezar a retroceder un poquito. Mírate la nariz. La tienes proyectada hacia abajo en la cara, con dos orificios sin membranas ni nada de eso, separados por un tabique nasal estrecho. *Catarrino*, en griego, significa exactamente eso: *la gente que tiene la nariz hacia abajo*. A diferencia, por ejemplo, de un perro, de un gato o de una vaca. O de un pez. Además, todos los catarrinos disponemos de

treinta y dos dientes en la boca adulta, no tenemos cola o no es prensil, somos diurnos y nuestras uñas son planas.

Además de los humanos y demás homínidos, pertenecen a los catarrinos los gibones y macacos. En la imagen, un bebé de macaco rabón abrazado a una mano humana.

### Primates catarrinos



El Infraorden de los Catarrinos, es el de los Monos del Viejo Mundo; es decir, África y Asia. Su nombre se debe a la forma estrecha y a la poca distancia relativa entre sus coanas (fosas nasales) bien delimitadas, que están orientadas hacia abajo.

### Primates platirrininos



El Infraorden de los Platyrrhinií, es el de los Monos del Nuevo Mundo: América Central y del Sur. Su nombre se debe a la forma achatada de su nariz, y a que presentan una distancia relativa entre sus coanas (fosas nasales) que están orientadas hacia afuera.

## Haplorrininos.

Sigamos con la nariz; es que esto de la nariz fue de lo último que cambió. Tócatela. Salvo que tengas un gripazo, estará mayormente seca. Esto es porque nuestro labio superior no se encuentra unido directamente a las fosas nasales, a diferencia de los lemures o gálagos; nos separamos de ellos hace unos 63 millones de años.



Esta característica de la nariz permite un rango más variado de expresiones faciales, pero no es el único factor que nos caracteriza. Todos los haplorrinos tenemos un cerebro más grande, un útero de una sola cámara, visión tricolor y una placa ósea detrás de los ojos. Y debido a ese útero de cámara única tendemos a tener una sola cría por parto, aunque a veces salgan mellizos o trillizos o más debido a esos juegucillos de Mamá Naturaleza. En la foto, un pariente haplorrino: el macaco de cola larga.

## Primates.

Este es nuestro gran clan. Los primates constituimos una extensa familia de bichos con un aspecto general parecido. Como somos tan antropocéntricos, los llamamos *antropomorfos*, es decir, *con forma de persona* (más bien, claro, deberíamos decir que nosotros somos *primatemorfos*). Además de la evidente similitud anatómica y fisiológica general, todos los primates compartimos características únicas en el reino animal. Entre estas se cuentan:



- Diferenciación clara de la corteza cerebral. Reacciones inteligentes muy desarrolladas.
- Cerebelo independiente y bien desarrollado.
- Cinco dedos en cada miembro, con alguna clase de pulgar oponible total o parcialmente.
- Dos tetas separadas y ubicadas en el pecho.
- Pene pendulón y testículos en una bolsa exterior.
- Clavículas en la cintura escapular y hombros articulados en va-

rios ejes.

- Tendencia a caminar erguidos.
- Visión aguda en color, frecuentemente a costa del olfato, tendiendo a una cara plana.
- Un ciego intestinal bien desarrollado.
- Almohadillas sensitivas en la punta de los dedos.
- Existencia de sistemas sociales altamente desarrollados.

...y muchas más. En general, un médico de personas podría tratar a cualquier primate con sólo unos cursos de especialización no muy distintos de las especialidades médicas comunes. Así de parecidos somos. Así de cerca estamos. Los primates aparecimos sobre la faz de la Tierra hace entre 70 y 85 millones de años, pero sólo nos transformamos en una especie endémica a partir de la extinción de los dinosaurios, hace 65 millones y medio de años. En la imagen, un lémur de cola anillada.

## Euarcontoglires.

Vaya con el nombrecito, ¿eh? Es que son dos nombres unidos: *euarcontos* y *glires*. *Euarcontos* significa los *antecesores ver-*



*daderos*, y los *glires* son básicamente los roedores: ratas, ratones y demás. Es importante porque representa la gran evolución de los mamíferos placentarios que dio lugar a los roedores y a los primates; fue en este instante, hace unos 90 millones de años, cuando los primates y roedores nos separamos de los laurasiaterios. ¿Y esto qué son? Pues estos son otros mamíferos importantes como los pegasoferae (caballos y animales parecidos, pero también los murciélagos); los cetáceos (ballenas, delfines, etc.); los artiodáctilos (jirafas, hipopótamos, camellos...) y demás por el estilo.

Si lo piensas, hay muchos primates que se parecen bastante a las

ratas y ratones. Y es lógico, porque aquí estábamos estrechamente emparentados. En cierta medida, los humanos no somos más que una especie de rata o musaraña grande, erguida y cabezona. Lo cual puede que explique muchas cosas. Ahora ya sabes por qué se usan más ratones que peces de laboratorio para experimentar tratamientos humanos, aunque sea de manera limitada. En la foto, una musaraña arborícola.

## Placentarios.

La placenta es seguramente el órgano menos valorado de todos, y muchos piensan que constituye una especie de *porquería* del parto. Pero de porquería, nada. La placenta —un órgano completo para conectar el útero con el feto, que se forma durante el embarazo y se elimina con el parto— representó y representa una transformación radical en la historia de la vida. Permitted y permite el desarrollo de fetos muchísimo más complejos, durante un tiempo significativamente mayor que sus antecesores. Sólo gracias a la placenta es posible gestar todo lo que hemos contado hasta ahora. En la imagen vemos un saco amniótico humano abierto, mostrando la placenta (abajo) y el cordón umbilical.



Los primeros placentarios aparecieron en la Tierra hace unos 125 millones de años. También usan placenta algunas serpientes y lagartos, pero estos no tienen otras características exclusivas de los placentarios. Por ejemplo, la presencia de un gran espacio en la base del hueso de la cadera, desprovisto de huesos epipúbicos, para permitir el nacimiento de esta descendencia tan desarrollada (y que,

ciento y pico millones de años después, nos permitió la posibilidad de caminar erguidos sobre las dos patas traseras).

## **Mamíferos.**

Esta es nuestra gran patria común. Por encima de ninguna otra cosa, somos mamíferos: un bicho que suda, pare vivas a sus crías y les da de mamar con unas glándulas sudoríparas especializadas que llamamos mamas. O tetas. Como la de la foto. Resulta difícil exagerar la brutal transformación que el sur-



gimimiento de los mamíferos significó para la evolución de la vida en la Tierra... y lo mucho que les costó lograrlo. Hace unos doscientos y pico millones de años, poco después del *Gran Morir* –la extinción súper-masiva del Pérmico-Triásico– los amniotas comenzaron a multiplicarse y separarse en distintas clases. Luego veremos lo que es eso de los amniotas, pero por el saco de arriba ya te harás una idea.

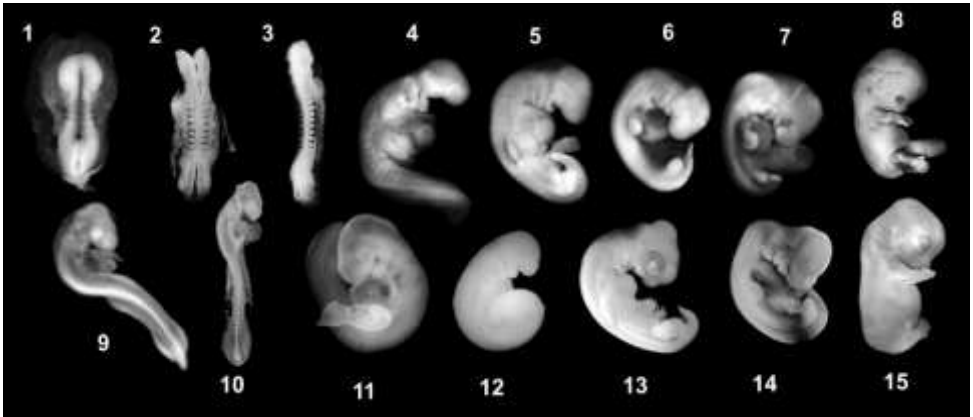
La clase de amniotas de mayor éxito en aquel momento fueron los dinosaurios, que dominaron los ecosistemas terrestres durante más de ciento sesenta millones de años. Durante todo ese tiempo, los mamíferos dábamos la teta a nuestras crías escondidos por los agujeros y bajo las piedras como quien dice, porque los dinosaurios mandaban de forma indiscutible. Sin embargo, en esos animalillos huidizos de sangre caliente se ocultaba la esperanza del futuro. Pero nosotros vamos a seguir viajando hacia el pasado.



*Junto con el ornitorrinco, los equidnas australianos (aquí, un bebé) constituyen los únicos supervivientes de las especies a caballo entre el mamífero y el reptil: ponen huevos (aunque ya en bolsa, al estilo marsupial, en lo que representa el primer paso para la gestación terrestre completamente dentro del cuerpo) pero dan de mamar a sus crías a través de unos poros que son la expresión más antigua de los pezones.*



## JUEGO:



En esta imagen hay quince embriones de distintos animales, incluyendo humanos (puedes ampliarla haciendo clic). A ver si eres capaz de distinguir cuáles de ellos son los humanos. Nota especial para quien además logre identificarlos. La solución, al final.

### Amniotas.

Los amniotas fueron los primeros animales en abandonar definitivamente el agua y adentrarse en la tierra. Evolucionaron a partir de los anfibios primitivos, hace unos 340 millones de años, y fue posible porque mutaron en una cosa esencial: huevos capaces de sobrevivir en lugar seco.



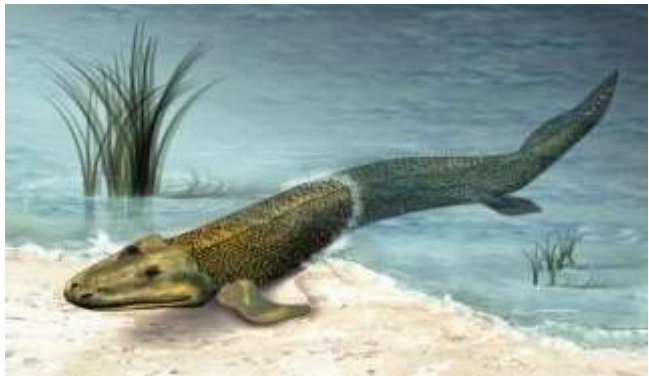
Para ello se necesitaba una actividad aún más ancestral: la repro-

ducción sexuada interna mediante cópula, que ya poseían. De esa forma, el huevo se puede producir y elaborar durante un cierto tiempo dentro del cuerpo de la hembra, permitiendo el desarrollo de varias capas membranosas capaces de mantener la humedad en su interior.

Esa "telilla" que le quitamos a los huevos cocidos es, precisamente, este saco amniótico (que cuando se desarrolla dentro del cuerpo de un mamífero llega a adquirir el aspecto que vimos más arriba). De esta manera, el huevo u óvulo puede mantener húmedo al embrión en tierra firme, lejos del agua. Más o menos por aquí surge también el esternón, ese hueso duro que cierra la caja torácica y te puedes tocar en el centro del pecho. Y la pilula y la vagina modernas. Así como el astrágalo del tobillo, necesario para poder soportar algún peso sobre el suelo y algún día –mucho tiempo después– dejar de arrastrarnos sobre el vientre. Así fue como salimos del mar y conquistamos la tierra definitivamente, hizo esta mañana unos trescientos cuarenta millones de años. En la foto, un bebé tortuga naciendo de su huevo amniota.

## Tetrápodos.

Cuéntate las patas. Una, dos, tres, cuatro, ¿cierto? (No, *eso otro* no es una pata) Esta estructura de cuatro patas, común



a todo lo que hemos contado hasta aquí, surgió hace unos 395 millones de años en los bajíos de poca profundidad próximos a las costas. A un animal marino las patas no le sirven de gran cosa, pero a un animal que ya está moviéndose cerca de la orilla comienzan a venirle bien. Era sólo una cuestión de tiempo que algunas aletas

fueran mutando para convertirse en patas primitivas; cuatro orientadas hacia la región ventral aportan una interesante capacidad de desplazamiento estable en aguas poco profundas.

Arrastrándonos por los bajíos y sacando la cabeza fuera del agua comenzaron a surgir también los primeros pulmones aéreos. En la foto, una salamandra moteada.

## Sarcopterigios.



Y el pez que lo logró fue un sarcopterigio, que en griego significa *aletas de carne*. Siguen existiendo algunos en la actualidad, como los celacantos. Aquellos de quienes vinimos, en cambio, ya se extinguieron para darnos paso a nosotros. Todos los sarcopterigios tenemos al menos cuatro extremidades carnosas, esqueleto de hueso, columna vertebral, cráneo, mandíbulas diferenciadas y dientes con esmalte. Otra variante del sarcopterigio que también ha sobrevivido hasta hoy son los dipnoos, provistos con pulmones funcionales y orificios nasales abiertos al exterior (aunque sólo los usan para oler; si quieren llevar aire a los pulmones, lo tragan por la boca como los anfibios).

Todos los dipnoos tienen una capacidad limitada de salir del agua. Uno de ellos, el pez pulmonado de Australia (en la imagen), es capaz de vivir arrastrándose sobre sus cuatro aletas carnosas y respirando aire en vez de agua. Los sarcopterigios primitivos comenza-

ron a hacer esto mismo hace 416 millones de años. Y una de sus líneas de descendientes, los tetrapodomorfos, terminó por convertirse en los tetrápodos, en los mamíferos, en nosotros.

## Gnatóstomos.

Curioso de pronunciar, ¿eh? Da igual, todos nos olvidamos de la G y decimos *natóstomos*. Pero para poder pronunciarlo necesitas mover la mandíbula, ¿a que sí? Y para moverla, primero tienes que tener una. Exacto: un gnatóstomo es un bicho que ha desarrollado una mandíbula articulada independiente en la boca. Todos los mamíferos, anfibios, reptiles, aves y peces óseos somos gnatóstomos. El primero de todos nosotros apareció en el mar a partir de los peces vertebrados, hace unos 450 millones de años.

Además de la mandíbula, imprescindible para que te puedas pasar todo el día cotilleando, estos tatarabuelos marinos nos dejaron también en herencia el sistema inmunológico adaptativo y la funda de mielina en las neuronas. Sin el primero, nunca habríamos logrado sobrevivir fuera del agua. Sin la segunda, los cerebros complejos jamás habrían podido ser; y la inteligencia o las emociones, ni en broma. Unos primos nuestros gnatóstomos: los atunes.

## Vertebrados y craneados.

Date unos golpecitos en la cabeza. Debajo tienes el cráneo conteniendo tu encéfalo, ¿a que sí? Y a lo largo de la espalda seguro que te corre la columna vertebral, protegiendo la médula espinal que viene del encéfalo. Eso espero, vaya, pues de lo contrario tendrías un problema.



Este pez óseo que dio lugar a los gnatóstomos tenía también un cráneo conteniendo su encéfalo y una columna vertebral alrededor de su médula espinal. Esto último surgió hace unos 525 millones de años y el cráneo, aún antes. Además de todos estos huesos singularmente útiles, estos antepasados nos legaron también un sistema cardiovascular con corazón de dos o más cámaras, los riñones, los glóbulos rojos capaces de transportar oxígeno a través de la hemoglobina y otras cosillas igualmente prácticas.

Aquí encima, un mixino; el único superviviente de aquellos tiempos que tiene cráneo pero no vértebras verdaderas.

## Cordados.

Para tener una columna vertebral protegiendo la médula espinal, lógicamente, primero hay que tener médula espinal. Esto es, un *cordón* nervioso único que circula a lo largo del cuerpo para transmitir los impulsos nerviosos del cerebro al resto del organismo; y viceversa.

En todos nosotros, los cordados, este *cordel nervioso* está estrechamente vinculado al surgimiento del notocordio en el embrión: esto es una estructura ósea o cartilaginosa que circula paralela al mismo a modo de *espina dorsal*. Sólo los vertebrados llegamos a desarrollar una verdadera columna vertebral a partir de ahí.



Los primeros cordados nos dejaron también una cola que se proyecta más allá del ano, y que los primates tenemos atrofiada: es el cóccix, más conocido como el *hueso del culo*. Comenzamos a aparecer en el mar hace unos 530 millones de años. Todos los mamíferos, reptiles, aves, anfibios y peces somos cordados.

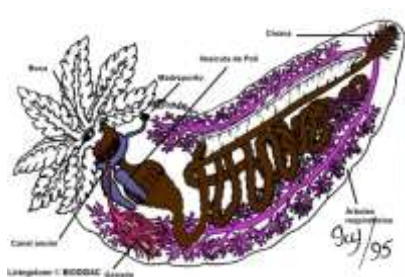
La existencia de este cordel permitió que uno de sus extremos, el

situado más cerca de los órganos sensorios principales, comenzara a engordar y desarrollarse para poder atenderlos adecuadamente. Así empezó la historia del cerebro.

## Celomados deuterostomios.

Estarás de acuerdo conmigo en que el hecho de que la comida entre por la boca y salga por el culo, y no al revés, resulta ciertamente agradable. Y sin embargo ocurriría lo contrario si no fuéramos, también, deuterostomios. Los deuterostomios creemos que ese es el sentido correcto de circulación de comida, mientras que los protostomios (como muchos insectos, moluscos, calamares y gusanos) no lo tienen tan claro. Los deuterostomios opinamos que también es importante reproducirnos mediante embriones, cosa que los demás no hacen.

Sin embargo, todos los celomados coincidimos en tener barriga. O, más exactamente, *celoma*: esta es una segunda bolsa dentro de la bolsa principal que es tu cuerpo, capaz de contener órganos separados de la parte interior de la piel. Gracias al celoma, disponemos de grandes órganos diferenciados y separados del pellejo, como los pulmones en su pleura, el corazón en su pericardio, o el peritoneo lleno de intestinos, estómago, bazo, útero, hígado y demás.



Los celomados deuterostomios empezamos a surgir hace más o me-

nos 540 millones de años. En la foto, una holoturia (más conocida como pepino o carajo de mar), que está de acuerdo con nosotros en la conveniencia de tener una panza con órganos internos independientes, y en que la comida debe viajar de la boca al culo y no al revés. Sin embargo, algunas de ellas piensan que el esqueleto constituye un lujo innecesario, propio de señoritingos cordados.

## **Eumetazoos bilaterales.**

Si te miras en el espejo, enseguida descubrirás que eres un ser vivo simétrico: las dos mitades a ambos lados de la línea que te va de la nariz al churro o raja son casi idénticas, como vistas a su vez en un espejo biológico. E igual que te pasa a ti (y a mí), nos pasa a todos los demás animales excepto las esponjas y los cnidarios (pólipos, medusas, corales...). Este cuerpo con simetría bilateral resulta también esencial para ser lo que somos; y apareció por primera vez hace aproximadamente 555 millones de años, con un molusco llamado kimberella (en la imagen, un fósil).

La simetría bilateral permitió el surgimiento de los cordados, al situar todo el cuerpo alrededor de un eje central.

Y todos los animales a excepción de las esponjas y placozoos somos *eumetazoos*: esto es, provistos con tejidos verdaderos organizados en varias capas o bolsas corporales (alguna de las cuales llegaría a ser el celoma); una característica que también se puede distinguir en el fósil de kimberella de la imagen.



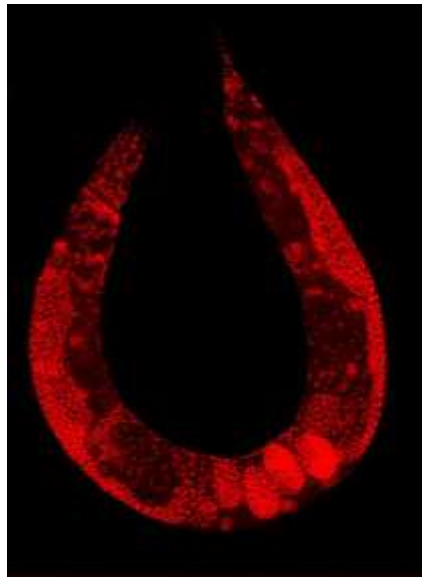
## Animales pluricelulares eucariotas.

Todas las cosas que comemos carbono y lo quemamos en una cámara interior propia para arrastrarnos por nuestros propios medios bajo la luz de este sol somos animales pluricelulares eucariotas. Los primeros animales aparecimos hace en torno a 610 millones de años, en el Precámbrico; separándonos así para siempre de las plantas, las algas, los hongos y los protistas.

Somos pluricelulares porque todos nosotros estamos compuestos por más de una célula. Estas asociaciones de células han ocurrido muchas veces en la historia de la vida; la nuestra se produjo hace 1.000 millones de años, minuto arriba, minuto abajo.

Somos eucariotas porque todas y cada una de nuestras células son complejas, conteniendo diversos órganos dentro de la membrana: el núcleo que alberga nuestro ADN, las mitocondrias, los cloroplastos, el aparato de Golgi y demás. Y con esto, nos separamos también de las bacterias, las arqueas y los virus, siendo tal día como hoy de hace unos 2.000 millones de años.

En la imagen, un *caenorhabditis elegans* teñido en rojo e iluminado, de tal modo que se puede apreciar el núcleo de sus numerosas células organizadas en una estructura compleja dentro de la bolsa de tejido biológico. El *c. elegans* es un gusanillo de apenas un milímetro de longitud.





## Terrestres.

Y todos, todos nosotros, formamos parte de la vida que surgió **en el planeta Tierra** hace al menos 3.700 millones de años, y puede que hasta 4.200. En esos momentos este mundo aún estaba terminando de formarse, junto al resto del sistema solar.

Y todos, todos nosotros somos seres compuestos por moléculas complejas de carbono (de esas que comemos), que se reproducen mediante la replicación de aminoácidos, estructurados bajo la forma de ARN o ADN. Esta capacidad de reproducirse a sí mismos es la característica más esencial de todo lo que llama-

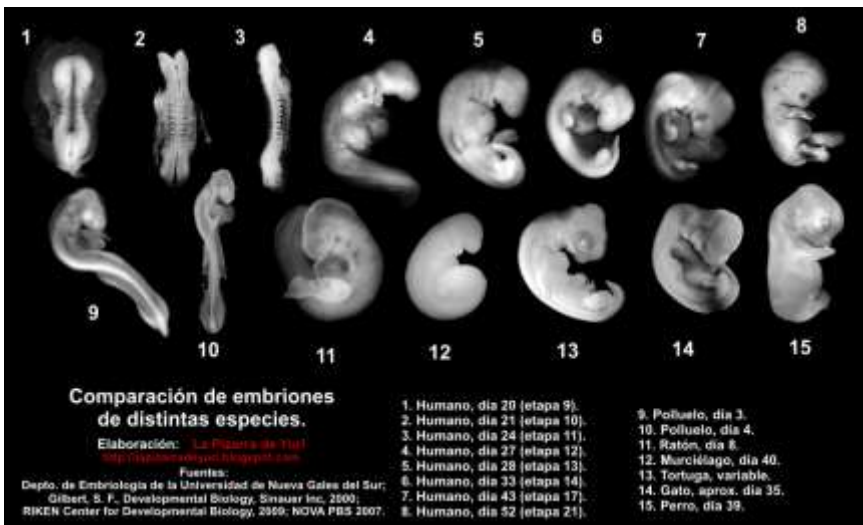


mos vida, pero no la única. Por ejemplo, todos intercambiamos energía con el exterior pero somos capaces de mantener un interior estabilizado, al menos hasta que morimos. Para lograrlo, todos gozamos de un metabolismo. Todos podemos crecer para multiplicarnos. Todos podemos evolucionar y convertirnos en cosas distintas, cosa que hicimos una y otra vez en esta larga historia de la vida que cubre un tercio entero de la edad del universo. Y a lo largo de todo ese tiempo abismal, fuimos transmitiéndonos la herencia de todos nuestros antecesores hasta el día en que fuimos capaces de preguntarnos por qué. Y cómo.

Porque piensas, porque amas, porque sientes, porque odias, porque naces, porque respiras, esta es tu herencia ancestral: terrestre, pluricelular, eucariota, animal, eumetazoo, bilateral, celomado, deuterostomio, cordado, craneado, vertebrado, gnatóstomo, sarcopterigio,

tetrápodo, amniota, mamífero, placentario, eucarcontoglia, primate, haplorrino, catarrino, homínido, homo sapiens sapiens. Eso es lo que eres, soy, somos; seguimos siendo todas y cada una de esas cosas. De ahí venimos. Por ese largo camino llegamos aquí. Esa es nuestra auténtica estirpe, nuestra verdadera herencia para siempre jamás.

### SOLUCIÓN AL JUEGO:



Sí, somos así de parecidos. No sólo eso: se puede apreciar cómo, en gran medida, el desarrollo del embrión va reproduciendo los mismos pasos que siguió la evolución de nuestros antecesores (aquellos de los que el fenotipo reproduce el genotipo). A simple vista puede apreciarse cómo, por ejemplo, desarrollamos primero cola para luego perderla; o estructuras similares a agallas (especial atención a los embriones 5 y 6). Estamos enormemente cerca de todas las demás especies biológicas, y dentro de todos nosotros se halla la memoria de lo que fuimos antes.



## ESTA ES TU NATURALEZA

La semana pasada, **viajamos muy atrás en el tiempo** para desentrañar un poquito de dónde vienes (y vengo, y venimos).

La anterior, **viamos muy lejos en el espacio** para descubrir dónde estás (y estoy, y estamos).

Hoy vamos a viajar también muy allá, pero hacia adentro. O sea, *muy aquí*. Por el camino, trataremos

de arrojar un poquito de luz sobre lo que eres (y soy, y somos).

Hay una cosa que debo decirte, honestamente: no lo sabemos todo. Tardaremos aún algún tiempo en saberlo todo, o casi todo. Pero en estos dos o tres siglos que llevamos de **método científico**, hemos aprendido ya unas cuantas cositas. Más de lo que muchos creen. Pensar que lo sabemos todo sería de una vanidad infinita; pero creer que no sabemos nada es de una ignorancia bastante cañera. Tenemos un muy buen marco de lo que pasa en este universo, muy sólido. Nos falta, sobre todo, el esquema grande; el muy grande. Y profundizar aún mucho más en lo que sabemos. Y, por supuesto, descubrir todas esas cosas nuevas y maravillosas que están esperándonos detrás de cada rincón de la realidad aguardando a que seamos capaces de estudiar un poco más, de aprender un poco más, de pensar y sentir un poquito mejor.

Sin embargo, como te digo, ya no somos tan ignorantes como éramos (porque antes de tener el método científico éramos **ignorantes como piedras**). En las distancias cercanas, hemos llegado muy,

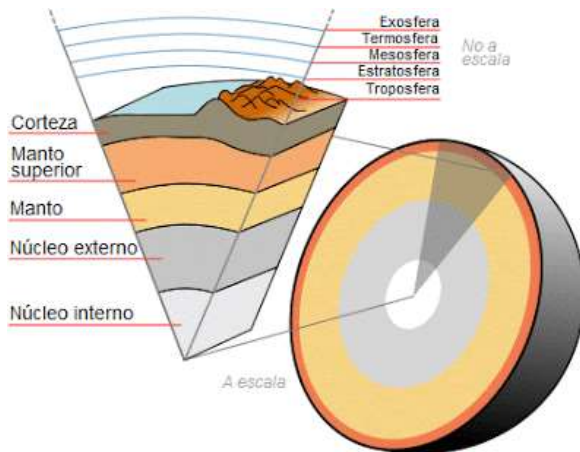
muy hondo. Si me dejas, vamos a ver lo hondo que podemos llegar hoy dentro de ti (y de mí, y de nosotros).

## Eres hija de la lluvia.

Decíamos que hace dos semanas viajamos por los senderos de la astronomía y la astrofísica para llegar a nuestro hogar: Universo, Supercúmulo de Virgo, Vía Láctea, Brazo de Orión, Cinturón de Gould, Sol, Tierra. Etcétera.

Y hace una, recorrimos el largo camino de la biología para alcanzar nuestro origen: homínidos, primates, mamíferos, animales, pluricelulares, biosfera terrestre. Y demás.

¡Vaya! Cualquiera diría que hay un cruce de caminos bastante claro para comenzar a explicarnos a nosotros mismos: la Tierra. Y las dos primeras ciencias que nos permiten hacerlo son la geología y la química. Específicamente, la geología superficial y la química del carbono.



Pues –como ya dije antes en este blog– existimos en una minúscula, delgadísima lámina de realidad entre el abismo abrasador y el cosmos helado: la biosfera terrestre. Resulta difícil enfatizar lo muy pequeño y estrecho que es este lugar: apenas se extiende desde un poco por debajo del fondo de los océanos hasta la zona alta de la estratosfera. En un universo de miles de millones de años-luz, en un planeta con casi trece mil kilómetros de diámetro, eso son sólo cincuenta mil metros, paso arriba, paso abajo.

Todo lo que somos, casi todo lo que amamos, existe en esa estrechísima franja vertical de cincuenta kilómetros. Como de Madrid a Aranjuez. O de Barcelona a Manresa. O de Buenos Aires a Colonia Sacramento. O de Valencia a Burriana. *Si fuera horizontal, se podría recorrer de punta a punta con el puñetero metro.* O con el cercañas, que lo mismo me da.

Nuestra historia comenzó con la lluvia. Fue el día en que esta Tierra nuestra comenzó a llover los gases producidos durante su formación cuando se sentaron las bases de la vida. De manera muy destacada, un gas relativamente común en el universo que se vuelve líquido por debajo de 100 °C de temperatura: el agua, resultado de la combinación entre el hidrógeno y el oxígeno. El hidrógeno (específicamente el hidrógeno-1) es el elemento más común de este universo, y la inmensa mayor parte de la materia que se generó durante el Big Bang. Después viene el helio, que es un gas noble y apenas reacciona con otras cosas. Y a continuación el oxígeno (oxígeno-16): el tercero más común de nuestra galaxia. Esta abundancia de hidrógeno y oxígeno, que se combinan fácilmente en forma de H<sub>2</sub>O, hacen que el agua sea frecuente en nuestro sistema solar y en todas partes en general.

Es agua entre el 55% y el 78% de lo que eres, soy, somos.

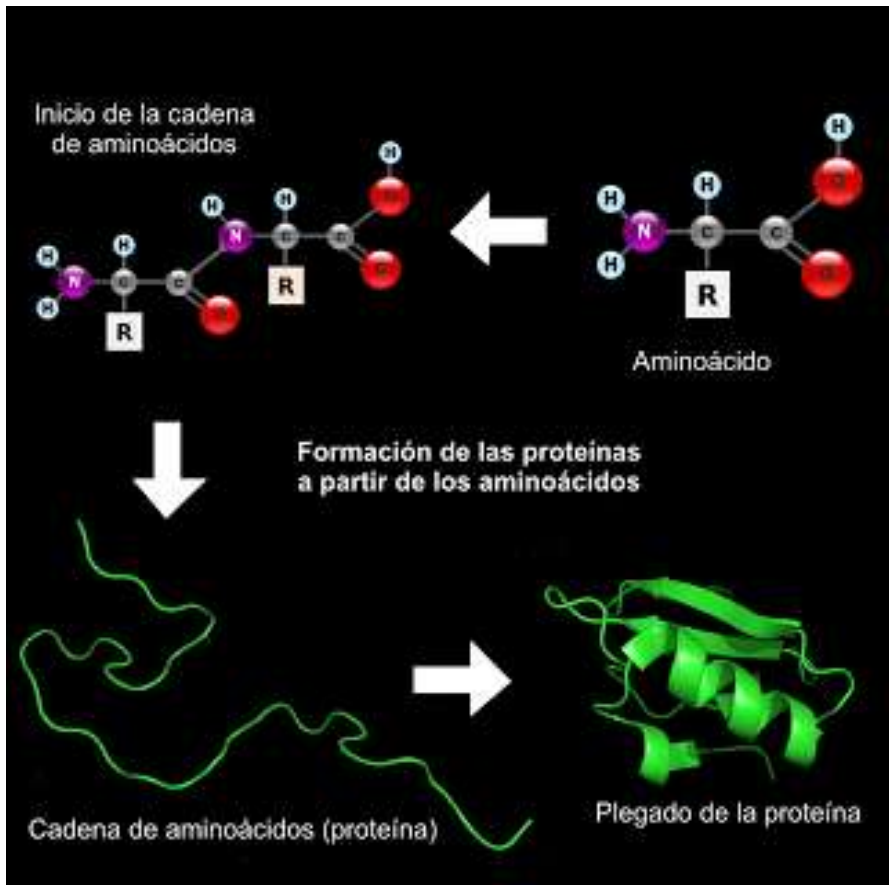
Así pues, conforme la temperatura del planeta fue descendiendo después de la formación del sistema solar, el vapor de agua alrededor de la Tierra pasó a estado líquido y comenzó a llover. Las depresiones y simas empezaron a llenarse de agua, formando ríos y mares y océanos. Así comenzó nuestra historia.

Pues el agua presenta muchas otras propiedades interesantes, y la más importante de ellas para la vida es su cualidad de disolvente universal a temperaturas planetarias bastante típicas y compatibles con la química del carbono (que es el cuarto elemento más corriente del universo). Son muchos los átomos y moléculas que se dispersan fácilmente por el seno del agua, permitiendo su fácil contacto, interacción y combinación. Así fueron surgiendo en la Tierra (y es de

presumir que en muchos otros lugares) moléculas cada vez más complejas.



Entre estas moléculas se encuentran los aminoácidos. Un aminoácido no es mucho más que un átomo de nitrógeno (el séptimo más corriente de la galaxia) y otro de hidrógeno (el más común) enlazados químicamente con oxígeno (el tercero más habitual), carbono (el sexto) y una cantidad variable de átomos menos frecuentes, pero aún así abundantes. Nada fuera de lo ordinario, como vemos: son sólo combinaciones químicas vulgares de los elementos más comunes en nuestro universo, nuestra galaxia y nuestro sistema solar, muy facilitada por hallarse disueltos en el agua líquida de los mares terrestres (y seguramente de muchos más sitios). Glicina, alanina, triptófano, cosas así de sencillas. En las cercanías de los volcanes submarinos, al haber más temperatura y movimiento, estas reacciones se producen de manera extensiva y acelerada; pero en general suceden por todas partes.



Los aminoácidos, con el paso del tiempo, se recombinan a su vez en cadenas de átomos más largas y complejas, que llamamos proteínas. No son especialmente complicadas: sólo largas tiras de aminoácidos enganchados químicamente. Si siguen reaccionando y combinándose durante más tiempo (hablamos de cientos de millones de años), algunas de estas proteínas terminan formando cadenas enormes, muy liosas y relativamente inestables por su misma complejidad. Se rompen con facilidad, a lo largo de sus uniones químicas menos estables. Entonces, los fragmentos desestabilizados tienden a atraer nuevos átomos de esos tan corrientes, con el resultado de formar cadenas nuevas con una forma parecida a la anterior. Una y otra vez.

Eso son ya reacciones biológicas. Eso es la vida.

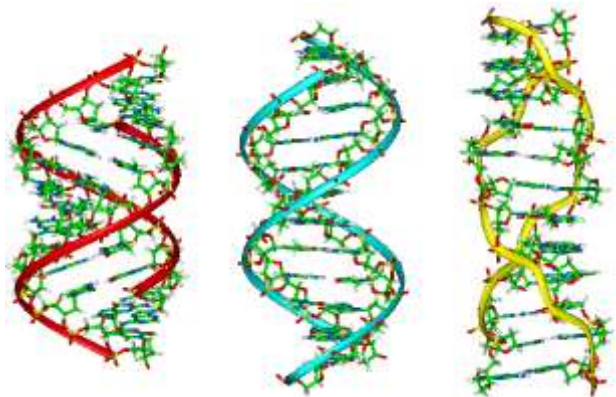
La vida no son más que estas cadenas moleculares de átomos corrientes en la galaxia rompiéndose y reproduciéndose a sí mismas continuamente dentro de un entorno de agua común. Con el paso del tiempo (más cientos de millones de años) se van volviendo más y más complicadas, estableciendo nuevos tipos de uniones y combinaciones, hasta formar células, seres pluricelulares, plantas, animales, tú y yo y nosotros.

A lo largo de los eones, estas cadenas de átomos corrientes han ido recogiendo por ahí otros más raros (pero aún así, nada infrecuentes). Tu cuerpo y el mío están así formados de los muy vulgares oxígeno (65%), carbono (18%), hidrógeno (10%) y nitrógeno (3%); la mayor parte, en forma de agua (hidrógeno + oxígeno) y bases aminoácidas (nitrógeno, hidrógeno, oxígeno, carbono). El resto de las cosas que hemos ido pillando por ahí a lo largo de la larguísima historia de la vida son calcio (1,5%), fósforo (1,2%), potasio (0,25%), azufre (0,25%), cloro (0,15%), sodio (0,15%), magnesio (0,05%), hierro (0,006%), flúor (0,0037%) y otros cuantos más en cantidades marginales, hasta un total de sesenta elementos sobre los aproximadamente cien que se dan de forma natural en el universo, en la galaxia y en el sistema solar.

En la historia de la vida, las invaginaciones en el abdomen inferior de los seres pluricelulares son muy anteriores a las proyecciones.

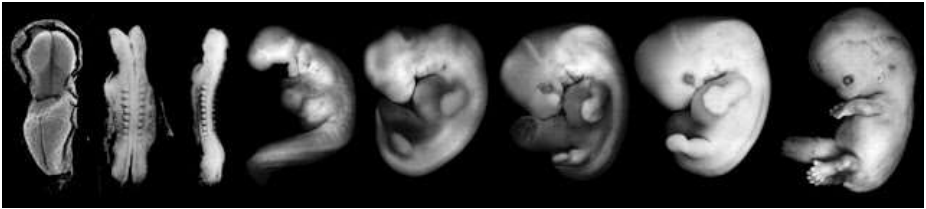
Cuando esta historia se reproduce

en el desarrollo embrionario, como vimos en el post anterior, ocurre lo mismo (¿te has fijado alguna vez en esa especie de costurón o cicatriz que hay a lo largo de los genitales de los chicos, por la parte





de abajo? Se llama el *rafe*, y no es otra cosa que el cierre de la invaginación primigenia –no muy fino; un buen cirujano lo haría mejor–). Como todos tuvimos raja antes que ninguna otra cosa (en la historia de la vida y en nuestra historia personal), y pudimos surgir porque empezó a llover, a mí me gusta decir que todos y todas somos hijas de la lluvia.



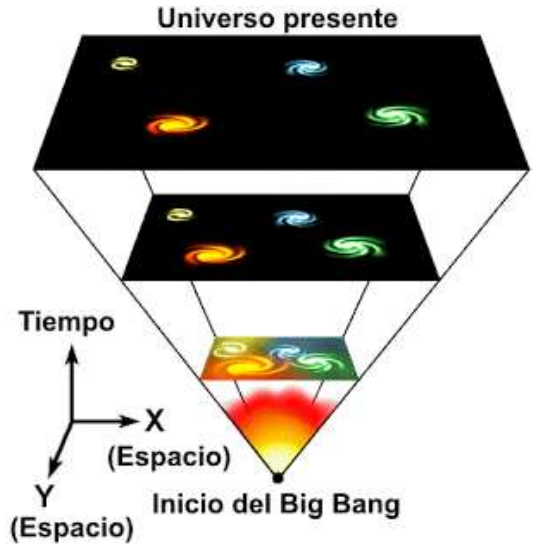
*Evolución de un embrión humano en el útero materno  
(semanas 3<sup>a</sup> a 8<sup>a</sup>).*

## **Eres polvo de estrellas.**

Pero, ¿de dónde salieron todos estos átomos y elementos, para que pudieran llegar a ser tan comunes en nuestra galaxia y por tanto en la Tierra?

Aún no sabemos con exactitud cómo se formó el universo. Sabemos que el componente esencial de este proceso de formación fue la explosión total a la que llamamos Big Bang, ocurrida hace ahora unos trece mil setecientos millones de años. Esta explosión sigue sucediendo en la actualidad: a eso se debe la *inflación cósmica*, que constituye la característica más notable de nuestro universo. Seguimos cabalgando la gran explosión, atenuada después de todo este tiempo pero gran explosión, y seguiremos haciéndolo hasta los momentos finales del universo. En ciencia, es la alta física quien estudia de qué manera pudo ser esto. Y, ¿sabes una cosa? Lo vamos a descubrir. Tardaremos más o tardaremos menos, pero lo vamos a descubrir.

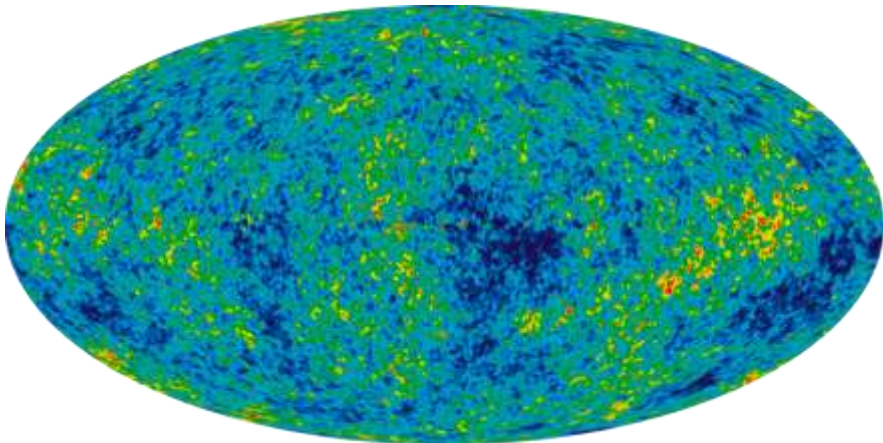
En realidad, empezamos a tener ya una buena idea del proceso a grandes rasgos. Nos falta el detalle fino, y la naturaleza última del mismo. Para llegar hasta ahí, nos faltan tres escalones: una Teoría de la Gravedad Cuántica, una Teoría del Campo Unificado, y finalmente una Teoría del Todo (seguramente sabrás ya a estas alturas que la teoría –a diferencia de lo que cree el lenguaje vulgar– constituye el nivel más alto del conocimiento humano: un conjunto global de leyes demostrables y/o demostradas que explican la totalidad de un fenómeno; quienes dicen cosas como *eso sólo son teorías* confundiendo *teoría* con *hipótesis* o incluso *conjetura* no hacen sino manifestar su ignorancia).



Tenemos mucha certeza, por ejemplo, de que al mismo inicio del proceso se produjo la aparición de la dualidad entre materia y energía que viene estudiando la mecánica cuántica. Esto sucedió muy pronto, en la primera fracción de segundo, tan proto como cero coma treinta y seis ceros uno segundos ( $10^{-36}$  s.). O incluso antes, hacia la frontera del **Tiempo de Planck**. Desde prácticamente los primeros momentos, este universo nuestro fue materia y energía a la vez. La hipótesis más aceptada sobre el modo exacto como esto se produjo es el **Mecanismo de Higgs**, a través de la llamada popularmente *partícula de Dios*, *partícula-dios* o más técnicamente el **bosón de Higgs**. Según este modelo, el bosón de Higgs debe seguir por aquí después de todo este tiempo, y hemos empezado a buscarlo ya con instrumentos como el Gran Colisionador de Hadrones (LHC) del CERN. Si resolvemos esta cuestión –la naturaleza profunda del vínculo entre energía y materia–, estaremos mucho más cerca de

saber cómo empezó todo. Además de abrir el paso a nuevas ciencias energéticas y de materiales que pueden llegar a ser tan sorprendentes como la fusión nuclear podría serlo para alguien de la Edad Media.

Tenemos asimismo mucha seguridad de que la materia formada en estos primeros instantes fue sobre todo hidrógeno. Esto lo estudia también la física, a través de la bariogénesis y la nucleosíntesis primordial. Cuando se completó el surgimiento de nuestro universo, había sobre todo hidrógeno (hidrógeno-1, hidrógeno-2 o deuterio e hidrógeno-3 o tritio) más una pequeña suma de helio (helio-3 y helio-4), litio (litio-6 y litio-7) y berilio (berilio-7 y berilio-8); estos últimos en cantidades despreciables.



No tiene nada de extraño, y de hecho es lo más lógico. Si has seguido los numeritos habrás visto que van del 1 al 7, en proporción cada vez menor. Estos numeritos definen el isótopo exacto del elemento al que hacemos referencia; se trata simplemente del número atómico, es decir, el número de protones en su núcleo. Esta explosión primordial fue muy bruta, muy primaria, y sólo pudo formar los siete primeros aglomerando pequeños núcleos de protones y sus correspondientes neutrones: la formación de átomos más grandes, pesados y complejos estaba totalmente fuera de su alcance. Esto, en

lo que respecta a la materia bariónica (la materia de la que estamos hechos tú y yo, y casi todo lo que ven nuestros ojos y tocan nuestras manos).

Se formó mucha más materia oscura, de la que tenemos buenos motivos para pensar que está constituida por cosas aún más básicas, todavía por descubrir (neutralinos, axiones, neutrinos estériles, WIMPs, etcétera). Y puede que una pequeña cantidad de otra materia no bariónica y materia extraña.

Todo lo cual resulta radicalmente insuficiente para formar algo como el sistema solar, y no digamos ya la vida terrestre. Demasiado básico, demasiado primario.

Por suerte, el hidrógeno primordial comenzó a acumularse, atraído entre sí por su propia gravedad (una característica fundamental de la masa, de la materia). Primero lo hizo en forma de nebulosas, y después terminó concentrándose en determinados puntos, formando esferas de hidrógeno cada vez más y más densas.

Al hacerse más densas, aumentó la presión y con ella la temperatura. Hasta tal punto, que comenzaron a encenderse por fusión nuclear. Habían nacido las primeras estrellas.



Pronto, conforme más hidrógeno primordial se iba concentrando en estas esferas súper-densas, comenzaron a aparecer por todo el universo. Y el universo se iluminó, con una miríada de estrellas, organizándose como galaxias. Billones y billones de estrellas en cientos de miles de millones de galaxias, consumiendo hidrógeno cada vez más deprisa.

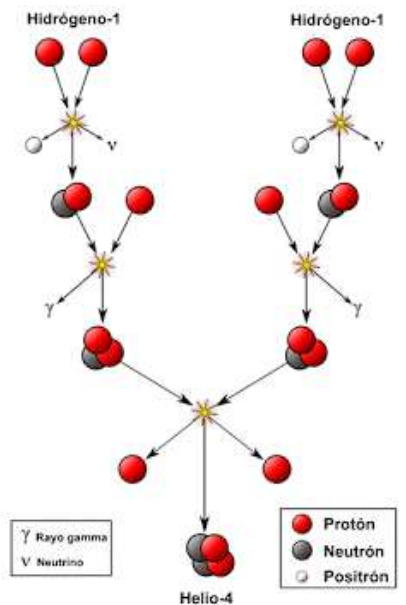
La fusión nuclear se caracteriza por unir dos o más de estos átomos primordiales en otros más complejos, liberando energía en el proce-

so. Al principio, no mucho más complejos: la reacción de fusión más corriente del universo está compuesta por hidrógeno que se une entre sí, formando helio y algo de litio y berilio. Con lo que no hemos ganado gran cosa.

Sin embargo, una estrella está en equilibrio entre la fuerza *hacia adentro* ocasionada por su gravedad y la fuerza *hacia afuera* causada por la fusión nuclear (que es una explosión sostenida). Conforme la estrella va agotando su hidrógeno, como vimos en **este otro post sobre los agujeros negros**, la energía *hacia afuera* generada por la fusión nuclear se va disipando, y la gravedad *hacia adentro* vuelve a ganar la partida. Así, estos soles vuelven a comprimirse sobre sí mismos hasta que alcanzan tanta presión y temperatura que son capaces de fusionar helio (del primordial y del que han ido generando) en vez de hidrógeno. Esta reacción es mucho más interesante para el surgimiento de la vida.

Normalmente sólo produce berilio-8, que es inestable y se vuelve a romper rápidamente en forma de helio, con lo que tampoco hemos ganado gran cosa. Pero si la estrella es lo bastante grande y térmica, como una gigante o supergigante roja, entonces empieza a generar también átomos mucho más grandes y complejos: carbono-12 y oxígeno-16. En grandes cantidades. Un átomo de berilio-8 son sólo dos átomos fusionados de helio-4. Un átomo de carbono-12, tres átomos fusionados de helio-4. Un átomo de oxígeno-16, cuatro átomos fusionados de helio-4. Así de fácil.

Esto se conoce como el **proceso alfa**, mediante el que una estrella de



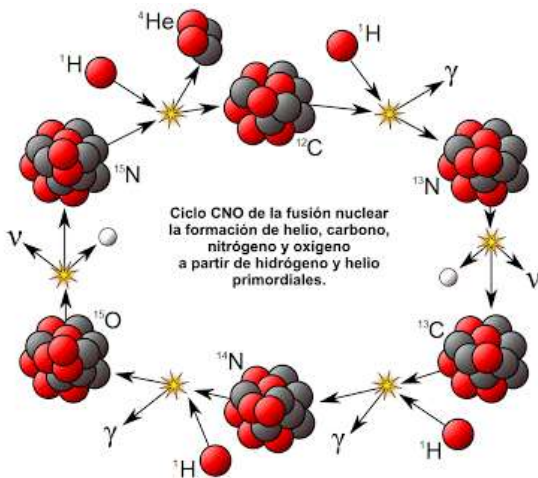
Formación de helio a partir del hidrógeno primordial por fusión nuclear

buen tamaño crea un montón de elementos complejos cuyos núcleos atómicos son múltiplos del helio-4.

¿Recuerdas? Hidrógeno, oxígeno, carbono. Ya sólo nos falta el nitrógeno para tener las bases de la vida. En realidad, ya se ha estado formando también durante todo este proceso, mediante el ciclo CNO. En lo que muy bien podría ser el sueño de un alquimista, el hidrógeno primordial transmuta dentro de las estrellas en helio, carbono, nitrógeno, oxígeno y otras muchas cosas. La materia de la vida, la materia que nos compone a ti y a mí, ya se han formado en estas grandes estrellas.

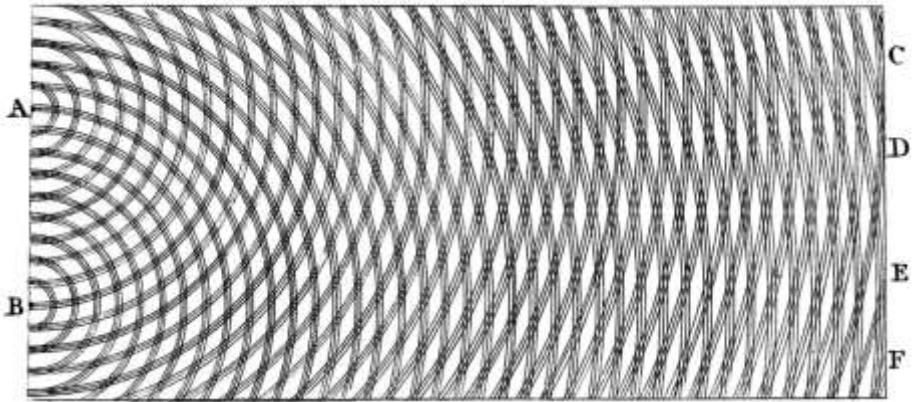
En un determinado momento, estas grandes estrellas estallan en forma de supernovas. Entonces, todos estos átomos son despedidos a inmensas distancias y comienzan a aglutinarse de nuevo en estructuras más pequeñas. En nuevas estrellas y discos de materia a su alrededor, que terminan formando sistemas solares.

Sistemas solares como el nuestro, donde puede surgir la vida que conocemos. Excepto el hidrógeno, toda la materia que compone la Tierra y nos compone a ti y a mí surgió en estas grandes estrellas a lo largo de la historia del universo. En acertadísima expresión del genial Carl Sagan, eres, soy, somos polvo de estrellas.



## Eres el espejo de Alicia.

Toda esta materia que nos compone existe en este universo como dualidades onda-partícula (es decir: es materia y energía a la vez), que además **conserva su memoria y seguirá haciéndolo hasta el fin de los tiempos.**



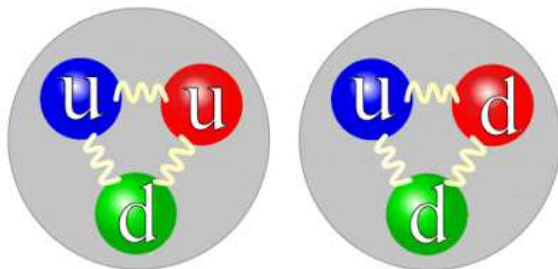
La materia bariónica (esa que podemos tocar, y tocarnos) está compuesta de moléculas y átomos y todo eso. Si seguimos viajando dentro de los átomos y las moléculas que nos forman a ti y a mí, pronto encontraremos un universo cuántico que normalmente no ven los ojos, pero está ahí. Y mucho. Tanto, que constituye nuestra verdadera naturaleza profunda. El universo macroscópico, el que ven nuestros ojos, no es más que la resultante de todos los fenómenos clásicos, relativistas y cuánticos que constituyen su ser.

Todas las partículas subatómicas presentan comportamiento cuántico; cuanto más pequeñas son, más evidente se vuelve. La primera característica de esta naturaleza cuántica es **la dualidad**: todo se comporta a la vez como onda y como partícula. Como materia y como energía, simultáneamente; su interacción con el resto de la realidad (llamada *el observador*, término desafortunado porque supone alguna clase de consciencia que no es tal) determina cuándo lo

hace de una manera o de otra. Estamos a ambos lados del espejo de Alicia a la vez.

## Eres esencia del cosmos.

Estamos formados por moléculas. Nuestras moléculas están formadas por átomos. Los átomos están compuestos por protones, neutrones y electrones. ¿Y de qué están hechos estos protones, neutrones y electrones?



Estructura quárcica del protón (dos arriba, uno abajo) y del neutrón (dos abajo, uno arriba). El electrón es una partícula fundamental en sí mismo (un leptón).

Los electrones son ya una onda-partícula fundamental en sí misma: un tipo de **leptón**, de la familia de los **fermiones**. Son los responsables inmediatos de todas las interacciones químicas de las que hemos hablado, cuya naturaleza es esencialmente electromagnética.

El protón y el neutrón son **hadrones** (también de la familia de los fermiones), pero no son tan fundamentales: están compuestos por **quarks**, la verdadera onda-partícula fundamental del núcleo atómico. Las partículas del núcleo atómico de toda la materia bariónica (como tú) está compuesta por tres quarks. El protón está formado por dos quarks arriba y un quark abajo; el neutrón, por dos quarks abajo y uno arriba.

Estos **quarks y leptones y demás se vinculan entre sí a través de las cuatro fuerzas fundamentales**: cromática, electromagnetismo, débil y gravedad. Y estas fuerzas o **energías** están a su vez vehiculadas por cuatro onda-partículas: el gluón, el fotón, los bosones W y Z e, hipotéticamente, el gravitón. El único que queda por demostrar en estos momentos es el gravitón; la gravedad es una fuerza tan increíblemente débil (aunque no lo parezca) en comparación con las otras tres que su partícula hipotética interacciona muy poquito con



la realidad. El LHC del CERN también se dispone a buscar pruebas (aún indirectas) de la existencia del gravitón. Todas tienen un comportamiento muy parecido y obedecen a la teoría de campos clásica y cuántica.

**La Pizarra de Yuri** **Componentes elementales de la materia y de la energía**

**Modelo estándar de partículas (sep 2009)**

**Las tres generaciones de la materia**

	I	II	III	Fuerzas
<b>Masa</b>	2.4 MeV	1.27 GeV	171.2 GeV	0
<b>Carga</b>	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0
<b>Spin</b>	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
<b>Nombre</b>	<b>u</b> arriba	<b>c</b> encanto	<b>t</b> cima	<b>γ</b> fotón <small>(electromagnético)</small>
<b>Quarks</b>	4.8 MeV	104 MeV	4.2 GeV	0
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0
	<b>d</b> abajo	<b>s</b> extraño	<b>b</b> fondo	1
				<b>g</b> gluón <small>(chromático)</small>
<b>Leptones</b>	<2.2 eV	<0.17 MeV	<15.5 MeV	91.2 GeV <sup>0</sup>
	0	0	0	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	<b>ν<sub>e</sub></b> electrón neutrino	<b>ν<sub>μ</sub></b> muón neutrino	<b>ν<sub>τ</sub></b> tau neutrino	<b>Z</b> bosón Z <small>(fuerza débil)</small>
	0.511 MeV	105.7 MeV	1.777 GeV	80.4 GeV
	-1	-1	-1	±1
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	<b>e</b> electrón	<b>μ</b> muón	<b>τ</b> tau	<b>W</b> bosón W <small>(fuerza débil)</small>
				<b>Bosones</b>

Las especialidades de la física que estudian estas fuerzas fundamentales son la cromodinámica cuántica, la electrodinámica cuántica, el modelo electrodébil y la teoría de la relatividad general. En estos momentos, ya nos ha sido posible unificar en gran medida el electromagnetismo y la fuerza débil, a través de la teoría electrodébil. Cuando logremos unificar las cuatro en una teoría del campo cuántico, estaremos en el último escalón antes de la Teoría del Todo.

Actualmente, sistematizamos estas onda-partículas que constituyen nuestra materia y nuestra energía en el Modelo Estándar (imagen a la izquierda). Este modelo, seguramente, es aún incompleto: hay indicios fuertes para pensar que existen algunas más, o que en realidad forman parte de estructuras más esenciales que todavía se nos escapan. Poco a poco. En todo caso, la materia y la energía que te forman a ti son indudablemente la misma materia y energía que constituyen la totalidad del cosmos. Eres esencia del cosmos.

## Eres tú.

Universos paralelos aparte, la probabilidad de que haya surgido o vuelva a surgir alguna vez un ser idéntico a ti es absurdamente baja. Somos muy pequeñitos, muy pequeñitos, muy débiles y muy frágiles, aunque también únicos. Tampoco te crezcas demasiado: *todo* en este universo es igualmente único, esencia del cosmos, polvo de estrellas, espejo de Alicia, parte indisoluble de la naturaleza de la realidad. Hija de la lluvia, allá donde haya formas de vida parecidas a las nuestras. El mismo viento y la misma lluvia que nos trajo, se nos llevará. Aunque nuestra memoria permanecerá mientras siga existiendo este universo, integrada inextricablemente en el mismo tejido último de la realidad.

h

*Si te ha gustado esta miniserie, es probable que te guste también [Hijas de la Lluvia](#), publicada anteriormente en este mismo blog.*

## **EL LIBRO DE LA PIZARRA DE YURI:**

### *La Pizarra de Yuri*

Pídelo en tu librería: Ed. Silente, *La Pizarra de Yuri*, ISBN 978-84-96862-36-4

o [pulsa aquí para comprarlo por Internet](#)