

# LA VIDA SECRETA DEL ORO

Por Grant Currin

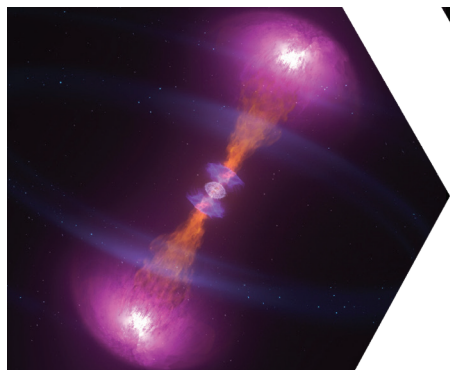
Justo en este segundo, un poco de oro podría estar literalmente a su alcance, incluso si no usa joyas de oro. El metal precioso podría estar en su bolsillo, o frente a usted en su escritorio—eso porque hay una cantidad muy pequeña de oro dentro de los teléfonos, las tabletas y las computadoras portátiles.

Escondidos detrás de pantallas electrónicas y cubiertas externas de vidrio y aluminio, se encuentran los cerebros electrónicos de las computadoras, que dependen del oro junto con otros metales preciosos. Solo una pequeña cantidad de oro—aproximadamente 0.034 gramos—conduce la electricidad en un teléfono celular, y evita que otros componentes eléctricos se corroan. Le permite enviar mensajes de texto y ver videos de YouTube de manera confiable con el toque de un dedo.

Es por eso que el oro está en su bolsillo, pero ¿de dónde vino?



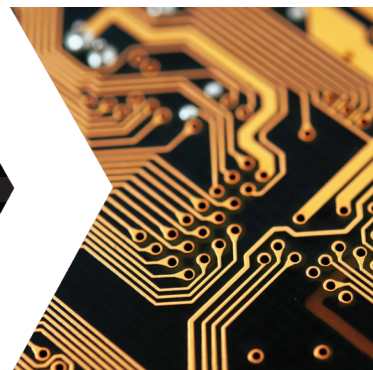
## Del Cosmos a tu Computadora



⤴ Esta ilustración muestra la fusión explosiva de dos estrellas de neutrones. Los científicos han informado que una colisión de dos de esas estrellas hace unos 4.600 millones de años probablemente condujo a la formación de oro.



⤴ Los copos, fragmentos y pepitas de oro incrustados en la corteza terrestre fueron liberados en meteoritos que arrojó el planeta (mucho antes de que aparecieran los humanos).



⤴ El oro es blando, altamente conductor y no se corroe, por lo que es adecuado para su uso en electrónica. La industria electrónica usó casi 270 toneladas de oro en el 2018.

La historia de cómo el oro terminó en formaciones rocosas, y en sus productos electrónicos y joyas ha sido turbia. Pero los investigadores han estado reconstruyendo su historia de origen, y en los últimos dos años, han publicado nuevos informes que ayudan a esclarecer de dónde vino el oro, uno de los metales más valiosos de la Tierra.

### La historia comienza con una explosión

Es posible que ya sepa que la materia que constituye todo lo que alguna vez usted ha tocado, oído o visto vino de la Gran Explosión (“Big Bang”), la cual descomprimió el universo hace 13.8 billones de años. La teoría de la Gran Explosión es el modelo predominante de cómo el universo fue creado, y propone que todo—toda la materia y la energía—se atascó en un pequeño punto que se convirtió en el universo en una explosión masiva que marcó el comienzo del tiempo y la creación del espacio mismo.

Al principio, el oro ni siquiera era una mota brillante en el explosivo debut del universo. Después de la Gran Explosión, enormes cantidades de protones, neutrones y electrones se combinaron para formar hidrógeno, helio y un poco de litio, dice Imre Bartos, astrofísico de la Universidad de Florida. Estas reacciones “sembraron” el universo con este polvo cósmico durante cientos de miles de años.

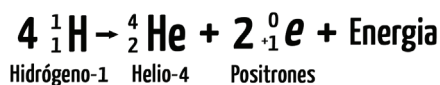
En su mayor parte, estos elementos fueron distribuidos uniformemente a través del universo. Pero de vez en cuando, la densidad en un lugar era un poco más alta que la densidad en todos los demás. Cuando esto sucedió, la gravedad comenzó a acercar los átomos para formar remolinos de gases y polvo. A medida que un grupo se comprimía, su centro se volvería denso y lo suficientemente caliente como para comenzar a fusionar núcleos de hidrógeno (es decir, protones), liberando energía y dando lugar a una nueva estrella.

De acuerdo a las mejores estimaciones de los científicos, las estrellas comenzaron a formarse hace 13.6 billones de años, 200 millones de años después de la Gran Explosión. El oro todavía no se veía por ninguna parte.

Pero varios billones de años después del nacimiento de las primeras estrellas, se formó un importante par de estrellas grandes, cada una de aproximadamente 10 veces la masa del sol, y comenzaron a circular entre sí, creando un sistema estelar binario. Bartos y un colaborador, Szabolcs Márka, de la Universidad de Columbia, identificaron las estrellas en el 2019, publicando su trabajo en la revista científica Nature. Estas estrellas sin nombre podrían haber jugado un papel crucial en la formación de la Tierra—y los recursos preciosos, incluido el oro, en lo profundo de nuestro planeta.

### Tensión

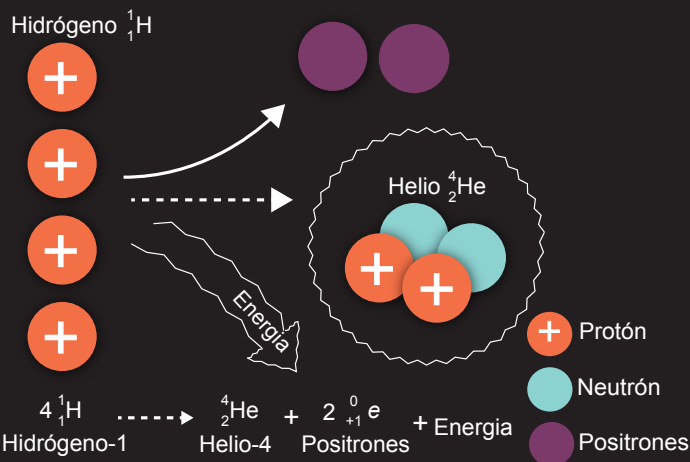
Para la mayoría, las vidas de estas dos estrellas se desarrollaron en la fusión nuclear. La gravedad de las estrellas forzó a los núcleos de hidrógeno a fusionarse, desencadenando reacciones adicionales que resultaron en la producción de núcleos de helio (también conocidos como partículas alfa), energía y positrones—un tipo de partículas llamadas anti-electrones:



Las reacciones de fusión nuclear continuaron por decenas de millones de años. A medida que las estrellas crecieron, comen-

## Poder de las Estrellas

Durante decenas de millones de años, dos estrellas involucradas en la creación de oro se desarrollaron en la fusión nuclear. La gravedad forzó a los núcleos de hidrógeno a fusionarse, desencadenando reacciones adicionales que resultaron en la producción de núcleos de helio (o partículas alfa), energía y positrones.



RACHEL PRICER

zaron a producir elementos más pesados, como carbono, oxígeno y silicio, en sus núcleos.

Entonces las estrellas llegaron al elemento 26. La introducción del hierro cambiaría drásticamente el curso del desarrollo de las estrellas.

“El hierro es la forma más estable de la materia”, dice Bartos. “Cualquier cosa más pesada que el hierro requiere energía para crear”.

Irónicamente, fue la estabilidad del hierro lo que significó la fatalidad para las estrellas. Debido a que la fuerza de gravedad en el núcleo de las estrellas es tan fuerte, las estrellas dependen de un suministro constante de energía para resistir su fuerza de aplastamiento. Pero con la introducción del hierro, los núcleos dejaron de producir energía, invitando al colapso.

### Explosión

En diferentes momentos, los núcleos de las estrellas implosionaron, colapsaron miles de millas en solo segundos, desde aproximadamente el tamaño de la Tierra hasta aproximadamente 7 millas de diámetro. Las implosiones ocurrieron tan rápidamente que crearon poderosas ondas de choque.

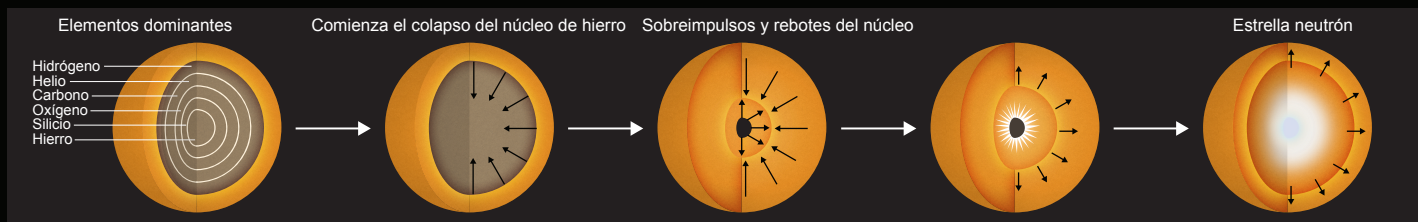
Y cuando los núcleos de las estrellas colapsaron, las capas externas también se acercaron, chocando con las ondas de choque externas. La colisión arrojó materia expulsada al espacio profundo en dos explosiones de supernova que ocurrieron con unos pocos millones de años de diferencia.

Sorprendentemente, la gran cantidad de energía emanando de las explosiones no destruyó el sistema binario.

“Por lo general, una estrella [en un sistema binario] es arrojada en una explosión de supernova”, dice James Lattimer, astrofísico de la Universidad Estatal de Nueva York en Stony Brook.

En este caso, las explosiones dejaron dos estrellas de neutrones. Las estrellas de neutrones son tan densas que una sola cucharadita de su material en la Tierra pesaría un billón de toneladas.

“Se llaman estrellas de neutrones porque después de que el polvo se haya asentado, son aproximadamente 95% de neutrones, y 5% de



## Nace una Estrella Neutrón

A medida que una estrella masiva envejece, la formación en su núcleo de elementos cada vez más pesados, como carbono, oxígeno, silicio y luego hierro, conduce al colapso del núcleo bajo una fuerza gravitacional intensa. La implosión del núcleo emite una onda de choque mientras la gravedad tira hacia adentro de las capas externas de la estrella. Las capas entrantes chocan con la onda saliente, lanzando materia al espacio profundo. El pequeño núcleo increíblemente denso que queda es una estrella de neutrones.



¿Por Qué Estamos Hechos de 'Materia Estelar'?

<http://bit.ly/Reactions-StarStuff>

protones", dice Lattimer, quien en la década de 1970 fue uno de los primeros científicos en argumentar que las estrellas de neutrones podrían crear elementos pesados, como el oro. Décadas más tarde, una nueva investigación apoyaría esta hipótesis.

### Colisión

Las estrellas de neutrones se rodearon la una a la otra durante billones de años, acercándose cada vez más unas a otras a un ritmo glacial.

Y luego, hace unos 4.6 de billones de años, las estrellas vecinas de hace mucho tiempo colisionaron.

El choque envió nubes de neutrones silbando a través del espacio. Las partículas en esta nube de escombros chocaron entre sí, creando finalmente elementos más pesados que el hierro.

Entre los nuevos elementos creados estaba—por fin,—el elemento 79: ¡oro! La masa de oro creada en la colisión de la estrella de neutrones era entre 3 y 13 veces la de la Tierra, según un artículo del 2018 en el "Astrophysical Journal".

Pero el oro producido no apareció en grandes trozos. Sus átomos se dispararon en cada rincón del universo. Algunos se unieron a una antigua nube de polvo cerca de nuestro rincón de la Vía Láctea. Unos 100 millones de años después, la nube comenzó a condensarse y a fragmentarse. Uno de los fragmentos se convertiría en nuestro sistema solar.

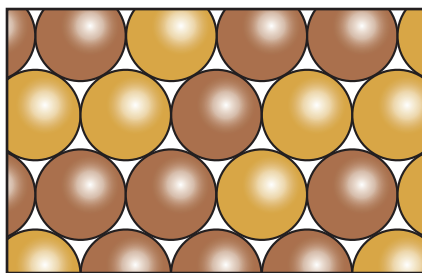
La gran mayoría de los átomos en esta nebulosa pre-solar eran hidrógeno y helio, y casi todos abarcaban el sol. Los elementos más pesados se unieron para formar asteroides y planetas rocosos, incluida la Tierra.

La Tierra primitiva era una bola de roca fundida que creaba la gravedad lo suficientemente fuerte como para arrastrar hacia su núcleo los elementos más pesados, incluido el oro. Los científicos de la Universidad de Bristol en el Reino Unido han calculado que el oro en el núcleo podría cubrir la superficie de la Tierra con una capa de 13 pulgadas de espesor.

## ¿Qué significa "oro de 24 quilates"?

Casi todo el oro en circulación hoy es una aleación—una mezcla de dos o más metales.

Usamos aleaciones porque a menudo son más baratas y más útiles. El oro es un elemento costoso, por lo que mezclar oro con metales menos costosos produce aleaciones menos costosas, que se pueden usar para hacer productos que sean más asequibles. También es costoso refinar el oro a niveles muy altos de pureza. Incluso las muestras más altamente refinadas contienen un átomo de algo más por cada 100,000 átomos de Au.



« El oro blanco, el oro rosa y otros tipos de oro son mezclas de átomos de oro con átomos de otros metales, como cobre, níquel y aluminio.

Las aleaciones también son más prácticas que el oro puro para la mayoría de las aplicaciones. El oro puro es muy suave, por lo que los joyeros lo mezclan con elementos como el níquel, el cobre o la plata para crear una aleación más fuerte con otras propiedades deseables. Por ejemplo, ciertas aleaciones tienen colores distintivos que hacen que las joyas sean más interesantes. El oro blanco a menudo se hace mezclando nueve partes de oro con una parte de níquel. El oro rosa es una familia de aleaciones que contiene aproximadamente tres partes de oro por una parte de cobre.

Los quilates (a veces "quilates" mal escritos, una medida de la masa utilizada a menudo para las piedras preciosas) son la unidad utilizada para expresar el porcentaje de oro puro en una aleación. El número de quilates representa la fracción de oro puro por 24 partes. Entonces, el oro de 24 quilates es oro puro, mientras que el oro de 14 quilates es una aleación que solo contiene 58.3% de oro (14 átomos de oro/ 24 átomos en total).

Pero ese no es el origen del oro en sus teléfonos. Los humanos nunca han visto el oro en el núcleo de la Tierra, y probablemente nunca lo harán. Ese oro está encerrado bajo unos pocos miles de millas de roca. Actualmente, la mina reconocida como la más profunda del mundo se extiende un poco más de 2.5 millas debajo de la superficie de la Tierra.

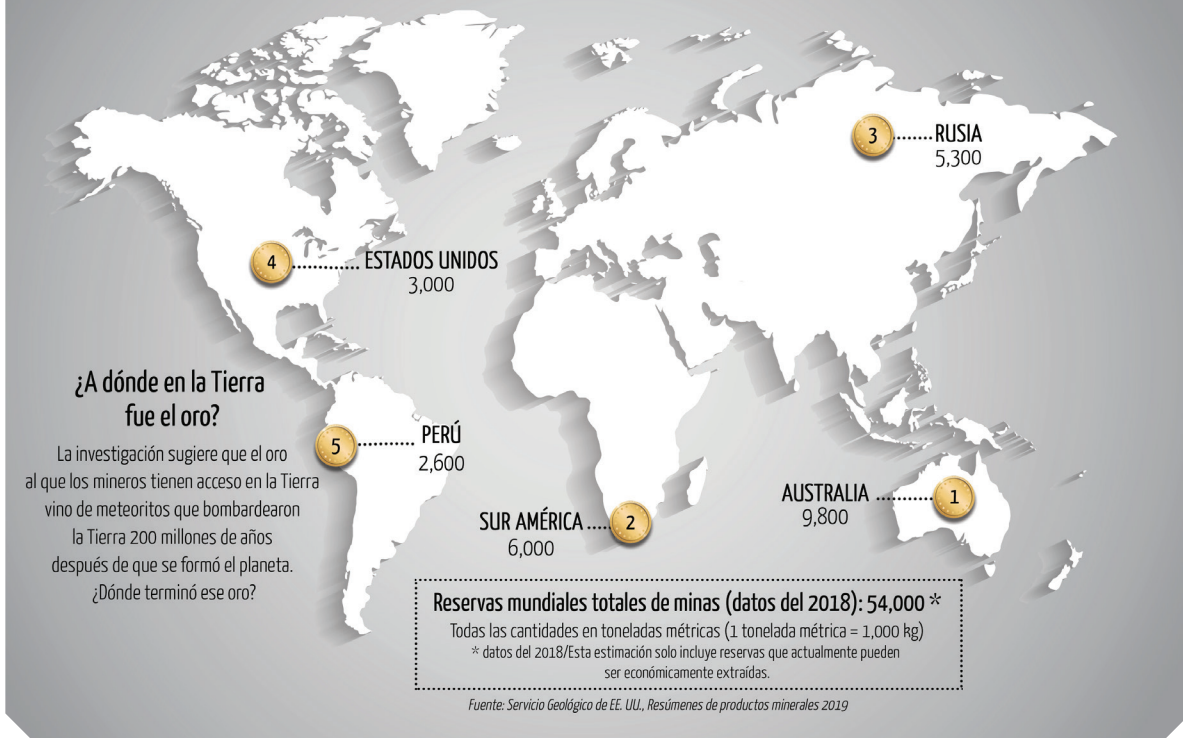
El oro que finalmente terminó en nuestros teléfonos, joyas y las reservas bancarias del mundo tomó un viaje un poco más largo para llegar aquí.

### Bombardeo

Mucho más pequeños que los planetas, los asteroides y los meteoroides, no encerraron su oro debajo de toneladas de roca. Algunos de ellos probablemente se sentaron en la superficie, fusionados a trozos de roca.

Entonces, unos 200 millones de años después de que se formó la Tierra, cuando el planeta barrió un parche de rocas flotando en el espacio, los

## Reservas Recuperables de Oro: Los 5 Países Principales



meteoritos (rocas espaciales que golpearon la superficie de un planeta) arrojaron a la Tierra billones de toneladas de roca, según los investigadores de Bristol. Investigaciones recientes sugieren que los meteoritos incrustaron un nuevo lote de elementos pesados, incluido el oro, en la corteza del planeta. La fuerza de las colisiones causó que porciones de la corteza se derritieran y se movieran, dejando oro en las venas, que son depósitos minerales cristalizados dentro de las rocas, donde los mineros lo encuentran hoy.

### El Universo en tu Bolsillo

El oro ha hecho la vida más opulenta durante siglos con estatuas doradas, cúpulas doradas e hilos lujosos para bordar. En la era digital, el metal brillante ha adquirido una nueva importancia. Pero dada la larga historia del oro, está claro que su teléfono es simplemente una parada de descanso para los átomos de oro que se estrenaron en el universo hace miles de millones de años.

**Grant Currin** es un escritor de Ciencias de Cleveland, Tenn.

### REFERENCIAS

Bartos, Imre y Marka, Szabolcs. Una fusión cercana de estrellas de neutrones explica las abundancias de actínidos en el Sistema Solar temprano. *Nature*, mayo de 2019, 85-90. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1113-7>

Côté, Benoit et al. El origen de los elementos del proceso-r en la Vía Láctea. *The Astrophysical Journal*, marzo de 2018. <https://doi.org/10.3847/1538-4357/aaad67>

## ¿Donde Esta el Oro?

El oro no solo es hermoso, sino que se puede convertir en láminas de 0.18  $\mu\text{m}$  de grosor, se enrolla en cables de 1  $\mu\text{m}$  de diámetro y es inerte para la mayoría de los ácidos y oxidantes. Además, es un buen conductor de calor y electricidad y forma nanopartículas estables y uniformes.

A continuación se presentan algunos de los

usos del oro, pero cada letra ha sido sustituida aleatoriamente con otra letra del alfabeto. Las sustituciones de letras son las mismas para cada palabra. ¿Puedes identificar todos los usos del oro?

(Sugerencia inicial: la D representa A y la A representa R)

YEMHAKD \_\_\_\_\_

PEUHBDX \_\_\_\_\_

VADVDPKHUVEX BH NDUNHA \_\_\_\_\_

PHBRRDX \_\_\_\_\_

NKANFKVEX LDAD VHRHSEUEX KUVHRKQHUVHX \_\_\_\_\_

NEUVDNVEX HRHNVAKNEX \_\_\_\_\_

LKHAUDX DAVKSKNKDRHX \_\_\_\_\_

AHNFOAKPHUVE AHSRHNVDUVH HU NDXNEX HXLDNKDRHX \_\_\_\_\_

\* Las respuestas se encuentran en el "Teacher's Guide," disponible en [www.acs.org/chemmatters](http://www.acs.org/chemmatters)