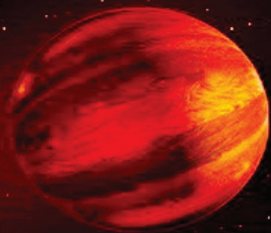


# NÉMESIS

LA ESTRELLA DE LA MUERTE



Némesis

DR. RICHARD MULLER

# NÉMESIS

LA ESTRELLA DE LA MUERTE  
La Historia de una Revolución Científica

**Richard Muller**

Introducción por el Dr. Luis Álvarez

Traducido por  
Ricardo Álvarez y Luis Mollar  
Septiembre 2017

Diseño de portada por  
ArtZen

Título original  
“NEMESIS. The Death Star”  
1ª Edición impresa 1988

# Presentación

El Dr. Richard A. Muller (1944) es profesor de Física en la Universidad de California, en Berkeley, y Faculty Senior Scientist en el Lawrence Berkeley Laboratory.

Ha recibido varios premios prestigiosos por sus sobresalientes logros en las ciencias físicas, incluyendo el Alan T. Waterman Award, el mayor premio otorgado por la American National Science Foundation.

El Dr. Muller vive en California con su esposa y sus dos hijas.



# Agradecimientos

A Luie  
por enseñarme el arte de la Física  
y mucho, mucho más.

Este libro es el descendiente directo de mi artículo, “Una Aventura en la Ciencia”, que fue escrito para el “*New York Magazine*” a petición de Harvey Shapiro.

Estoy particularmente agradecido a Luis Álvarez, Walter Álvarez y Frank Asaro por su cuidadosa revisión de los borradores del manuscrito, y por su ayuda en rellenar los huecos de mi conocimiento. Recibí sugerencias muy útiles de Bill Press, Piet Hut, Ronald Kahn, Terry Mast, Gordon Getty y Dudley Wright.

Agradezco a Rosemary, Betsy y Melinda por su paciencia, ya que les hackeé el procesador de texto, y a Apple Computer porque hacer hacking en un MacIntosh fue muy divertido.

# Introducción

Este libro no es una autobiografía científica, como le puede parecer a alguien que la esté hojeando. Es una descripción de la investigación sobre uno de los problemas más emocionantes y revolucionarios de la ciencia moderna, pero es más que eso. Desde hace mucho tiempo, he sentido que la mayoría de los libros sobre ciencia, incluso la mayoría de las autobiografías científicas, descuidan mencionar lo que más me gustaría saber: cómo los científicos estaban trabajando en sus problemas más importantes y cuál era la naturaleza de sus procesos de pensamiento al abordar esos problemas. Estoy convencido de que todos los estudiantes de física leerán y releerán "Némesis" varias veces, aprendiendo lecciones importantes en cada ocasión y pasando un tiempo maravilloso.

Y creo que el lector que siempre se ha preguntado acerca de la misma pregunta: ¿cómo se hace realmente la ciencia?, encontrará el libro igualmente interesante. Este libro permite a la persona no técnica entrar en la mente del científico y ver cómo es realmente la experiencia del descubrimiento y la invención. No conozco ningún otro libro sobre física que tenga éxito, como lo tiene "Némesis", al describir el arte de la ciencia. Creo que el lector leal tendrá dificultades para dejar de leer el libro y, que como han hecho varios de mis amigos no técnicos, se quedarán despiertos toda la noche para terminarlo.

Rich Muller es, sin duda, el mejor estudiante que he tenido en mis cincuenta y cinco años de investigación en física, pero también creo que es el mejor físico experimental de gran alcance de su generación. De hecho, puede ser igual que los mejores científicos experimentales que he conocido en mi carrera. La mayoría de los físicos de hoy en día logran distinguirse en un campo restringido, pero Rich ha logrado hacer importantes contribuciones en muchos campos. Él tiene ese talento raro que le permite improvisar y pensar nuevas formas de hacer ciencia, y el liderazgo para reunir a los equipos para seguir sus ideas. El grupo de Rich descubrió que las microondas del Big Bang hicieron un "gran coseno en el cielo" y mostraron que la Tierra y la Vía Láctea se mueven a través del espacio a más de un millón de kilómetros por hora. Su "Teorema de la Nitidez de la Imagen" para la óptica explica cómo el ojo puede saber cuándo está enfocado, y da un método para corregir la distorsión atmosférica en telescopios. Rich inventó un método de datación que ahora es ampliamente utilizado en arqueología y geología, y es miles de veces más sensible que el método anterior. Recientemente, dirigió un equipo que desarrolló un sistema automatizado que descubrió varias supernovas. De esta lista, usted no adivinaría que Rich obtuvo su Doctorado en Ciencias trabajando en física elemental de partículas. Ha pasado todos los veranos durante los últimos quince años trabajando en problemas de seguridad nacional y, durante los últimos cuatro años, ha estado haciendo importantes contribuciones en el control de armas participando en un comité de la Academia Nacional de Ciencias, que se reúne con la Academia Soviética dos veces al año, en Moscú y en Washington, DC. Pero su trabajo más importante hasta ahora puede ser el que describe en este libro.

El libro de Rich da la mejor descripción que se ha escrito sobre el desarrollo de la historia de Némesis, desde el descubrimiento original del impacto extraterrestre por parte de mi hijo Walt, Frank Asaro, Helen Michel y yo, hasta la búsqueda continua de la estrella por Rich y sus colegas. El libro se lee como una novela de misterio, porque el proceso científico es en gran parte el desenredar misterios y el trabajo de un científico es, en gran parte, el de un detective. Pero el proceso de resolver una novela policíaca es mucho más difícil cuando muchas personas creen que el autor fue enviado hace mucho tiempo a la cárcel o tal vez que no se ha cometido ningún crimen. El libro de Rich también hace una vívida analogía con el trabajo de un explorador *"tratando de armar un mapa de un mundo desconocido, sin saber el valor de lo que va a encontrar y cómo va a pagar sus deudas, mientras que sufren de escasez de suministros y ataques de los nativos"*.

Ahora estoy plenamente convencido de que la periodicidad que los paleontólogos descubrieron en las extinciones masivas es real y que la teoría de Némesis de Rich es la única explicación plausible, aunque no tendremos pruebas hasta que se encuentre la estrella. El descubrimiento de Némesis obligaría a una reescritura completa de nuestra imagen del Sistema Solar, de nuestra imagen de la evolución, y aún más.

Reconozco que los periódicos, quizá incluso la mayoría de los científicos, consideran esta área de la ciencia extremadamente polémica. Creo que es porque no están familiarizados con todos los hechos convincentes y porque la naturaleza revolucionaria de los descubrimientos va en contra de gran parte del dogma (pero no contra las observaciones) de la ciencia actual. Un pronto establecimiento del consenso no es de esperar en una revolución científica. Cuando Rich encuentre Némesis (y creo que lo hará), la revolución se completará muy rápidamente, y aquellos que han leído este libro podrán compartir la emoción plena, la emoción que es el objetivo último de gran parte del trabajo científico, la emoción de volver del revés el dogma anterior y abrir un nuevo mundo con fronteras desconocidas.



Luis W. Álvarez (1911-1988)  
Premio Nobel de Física 1968  
22 diciembre 1987

Parte 1

LA  
CATÁSTROFE  
DEL  
CRETÁCICO

# 1. Un Terrorista Cósmico

Luis Álvarez entró en mi oficina como si estuviera listo para una pelea. "Rich, acabo de conseguir un artículo absurdo de Raup y Sepkoski. Dicen que grandes catástrofes ocurren en la Tierra cada 26 millones de años, como un reloj. Es ridículo."

Reconocí los nombres de los dos respetados paleontólogos. Su afirmación sonaba absurda. Era absurdo o revolucionario, y una revolución reciente había sido suficiente. Cuatro años antes, en 1979, Álvarez había descubierto lo que había matado a los dinosaurios. Trabajando con su hijo Walter, un geólogo, y Frank Asaro y Helen Michel, dos químicos nucleares, había demostrado que la extinción había sido provocada hace 65 millones de años por un asteroide chocando con la Tierra. Muchos paleontólogos inicialmente no habían prestado atención a este trabajo, y uno había descrito públicamente a Álvarez como un "loco", independientemente de su Premio Nobel de Física. Ahora, al parecer, los tercicos estaban enviando sus teorías a Álvarez.

"Les he escrito una carta señalando sus errores", continuó Álvarez. "¿La verías antes de enviarla?"

Sonaba como una petición modesta, pero yo sabía que no. Álvarez esperaba mucho. Quería que me estudiara ese "artículo loco", lo entendiera en detalle y luego hiciera lo mismo con su carta. Quería que cada uno de sus cálculos fuese rehecho desde cero. Sería una tarea larga y tediosa, pero no podía rechazarla. Él y yo dependíamos el uno del otro para este tipo de trabajo.

Sabíamos que podíamos confiar el uno en el otro para hacer un trabajo minucioso. Por otra parte, teníamos bastante respeto mutuo, así que no nos importó el parecer tonto el uno al otro, aunque ninguno de nosotros le gustaría parecer tonto al mundo exterior. Así que, a regañadientes acepté la tarea, como hice muchas veces antes.

La teoría de Álvarez había ido ganando aceptación en el mundo científico. Los astrónomos habían sido los más receptivos, tal vez porque sus fotografías a menudo mostraban grandes asteroides y cometas flotando en el espacio en órbitas que cruzaban la de la Tierra. Sabían que los impactos desastrosos debían haber ocurrido con frecuencia en el pasado. Muchos geólogos habían sido igualmente persuadidos. Pero la mayoría de los paleontólogos todavía parecían estar en contra de la teoría, que era perjudicial para sus modelos estándar de evolución. Álvarez se enorgullece del hecho de que algunos de los paleontólogos más respetados apreciaron su teoría, incluyendo a Stephen Jay Gould, Dale Russell, David Raup y J. John Sepkoski.

Comencé mi tarea leyendo el artículo de Raup y Sepkoski. Habían recopilado una gran cantidad de datos sobre las extinciones de especies en los océanos, mucho más de lo que se había reunido anteriormente. Ese hecho me perturbó; odio desestimar las conclusiones de los expertos, especialmente las conclusiones basadas en un estudio tan minucioso. Su análisis mostró que hubo períodos intensos de extinción cada 26 millones de años. No era de extrañar que hubiera extinciones a menudo, pero era sorprendente que fueran tan regularmente espaciadas. El trabajo de Álvarez había demostrado que, al menos, dos de estas extinciones fueron causadas por impactos de asteroides, la que mató a los dinosaurios al final del Cretácico, hace 65 millones de años, y la que mató a muchos mamíferos terrestres al final del Eoceno, hace 35-39 millones de años. (La fecha era incierta debido a la dificultad de datar viejas rocas).

La astrofísica era un campo que creía conocer; mi trabajo en él me había ganado una cátedra en física en Berkeley y tres prestigiosos premios nacionales. Pero el artículo anulaba mi entendimiento. Me pareció increíble que un asteroide golpeará precisamente cada 26 millones de años. En la inmensidad del espacio, incluso la Tierra es un objetivo muy pequeño. Un asteroide que pasa cerca del Sol tiene solamente una probabilidad muy pequeña, un poco más de una entre mil millones, de golpear nuestro planeta. Los

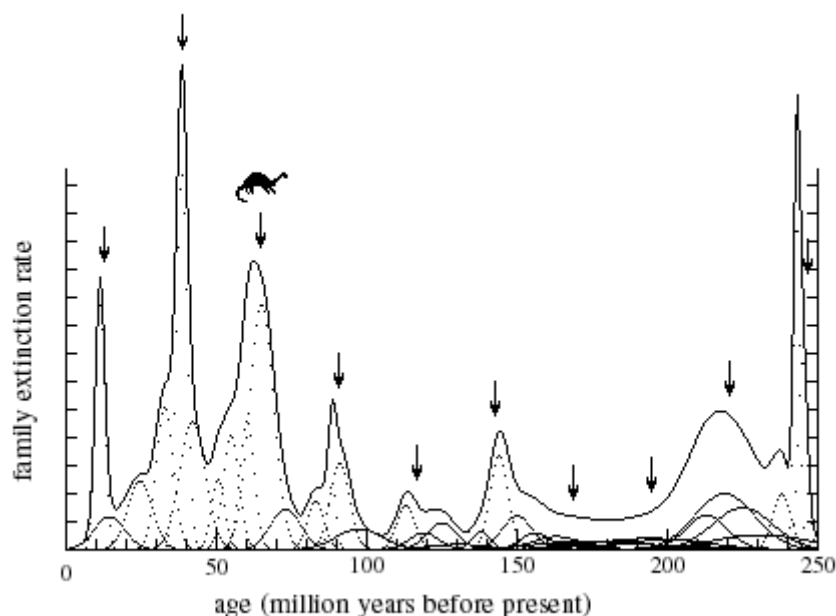


impactos que ocurren deben estar aleatoriamente espaciados, no uniformes en el tiempo. ¿Qué podría hacerlos impactar de forma tan regular? Tal vez algún terrorista cósmico estaba apuntando con un asteroide como pistola. Los resultados ridículos exigen teorías absurdas.

Me apresuré en llegar al final de su artículo, como un lector haciendo trampas en una novela de misterio, para ver cómo Raup y Sepkoski explicarían la periodicidad. Me decepcionó descubrir que no tenían teoría, sólo hechos. Los físicos tienen un dicho irónico: "Si sucede, entonces debe ser posible". Muchos descubrimientos se habían perdido porque los científicos ignoraban datos que no encajaban en su modo establecido de pensar, en su paradigma, y yo no quería caer en esa trampa. "Tal vez sería mejor revisar sus datos", pensé, "y tratar de juzgarlos independientemente de la teoría". Habían trazado en un gráfico, la variación de la tasa de extinción de los últimos 250 millones de años. Los grandes picos de la tasa estaban espaciados con 26 millones de años de diferencia.

Después me volví hacia la carta de Álvarez. Él pensó que había varios errores en la manera en que Raup y Sepkoski habían analizado sus datos. Algunos de los aparentes picos, argumentó, deberían ser eliminados del análisis debido a su baja certeza estadística. Del mismo modo, tanto el Cretácico como el Eoceno, las extinciones no deberían considerarse como parte de un patrón periódico, ya que se debieron a los impactos de asteroides y, por lo tanto, debe ser al azar en el tiempo. Esto había sido tan obvio para Álvarez como para mí. Con estas extinciones eliminadas, las restantes estaban tan ampliamente separadas que parecía que toda evidencia de periodicidad había desaparecido.

El enfoque de Álvarez era convincente, pero ¿estaba en lo cierto? Era mi trabajo ser el abogado del diablo, defender las conclusiones de Raup y Sepkoski. Regresé al artículo y volví a mirar el gráfico. "No debo ser demasiado escéptico", pensé. Repetí sus datos, sustituyendo las convenciones de los paleontólogos por las de los físicos. Le di a cada extinción una incertidumbre, tanto en edad como en intensidad. El nuevo gráfico parecía más impresionante de lo que esperaba. Era una versión aproximada de la que se muestra a continuación.



Los datos de los paleólogos Raup y Sepkoski, que muestran las grandes extinciones que suceden cada 26 millones de años, readaptados por el autor. Esta gráfica inspiró la teoría Némesis.

Había colocado las flechas en intervalos regulares de 26 millones de años. Ocho de ellos apuntaban directamente a los picos de extinción; sólo dos no lo estaban. Los picos parecían estar uniformemente espaciados.

Tal vez tenían razón. Me di cuenta de que tenía que reexaminar el caso de Álvarez, y ver si era defectuoso. Este trabajo resultó ser más divertido de lo que esperaba.

En mi segunda lectura de la carta de Álvarez, encontré particularmente dudoso que las extinciones del Cretácico y del Eoceno debían ser excluidas. ¿Cómo sabemos que los asteroides no golpean la Tierra periódicamente?, me pregunté. Tal vez nuestro fracaso en llegar a una teoría sólo significaba que no habíamos sido lo suficientemente inteligentes. No encontrar algo no es lo mismo que probar que no está allí. Decidí reservarme mi opinión.

Unos minutos más tarde, Álvarez se presentó para ver si había terminado, y le dije que había encontrado un error en su lógica. Le dije que había sido impropio excluir las extinciones en masa del Cretácico y el Eoceno. Presenté mi caso como un abogado, interesado en probar que mi cliente es inocente, a pesar de que no estaba totalmente convencido de mí mismo.

Álvarez replicó fuertemente, como si fuera un abogado. "Mantener esas extinciones en el análisis sería hacer trampa", dijo. Su ofensiva beligerante me dejó momentáneamente desconcertado. "Estás tomando un enfoque irracional", continuó. "A un científico no se le permite ignorar algo que sabe que es verdad, y sabemos que esos eventos se debieron a impactos de asteroides".

Conocía a Álvarez demasiado bien como para consentir su embestida furiosa. "Mi enfoque no es irracional de ninguna manera", le dije. Era apropiado ignorar cierto "conocimiento previo" al probar una hipótesis. Él no tenía derecho a suponer que las extinciones del Cretácico y del Eoceno no podían ser parte de un patrón periódico más grande. Tal vez si fuéramos lo suficientemente listos para encontrar la explicación correcta, veríamos que los impactos de asteroides pueden ser periódicos.

Álvarez repitió su argumento anterior, con un poco más de énfasis en la frase "irracional". Su lenguaje corporal parecía decir: "¿Por qué Rich no me entiende?, ¿cómo puede ser tan tonto?". Repetí mis viejos argumentos. Estábamos hablando justo uno delante del otro. Él sabía que tenía razón. Yo sabía que tenía razón. No estábamos llegando a ninguna parte, no era una cuestión de política, religión u opinión, sino una cuestión de análisis de datos, algo en el que todos los físicos deberían de estar de acuerdo. Sin duda, Álvarez y yo deberíamos estar de acuerdo, después de casi dos décadas de trabajo conjunto.

Lo intenté otra vez. "Supongamos que algún día encontramos una manera de hacer que un asteroide golpee la Tierra cada 26 millones de años. Entonces, ¿no tendrías que admitir que te equivocaste, y que todos los datos deberían haber sido usados?"

"¿Cuál es tu modelo?", preguntó. Pensé que estaba evadiendo mi pregunta. "¡No importa! Es la posibilidad de tal modelo lo que hace que tu lógica no funcione, no la existencia de un modelo en particular."

Había un ligero temblor en la voz de Álvarez. Él también parecía que empezaba a enfadarse. "Mira, Rich - replicó-, he estado en el campo de análisis de datos desde hace mucho tiempo, y la mayoría de la gente me considera un experto. Tú simplemente no puedes tomar un enfoque irracional e ignorar algo que sabes."

¡Él estaba reclamando autoridad! A los científicos no se les permite hacer eso. "¡Mantén la calma, Rich!", me dije. "No le demuestres que te estás enfadando".

"La carga de la prueba está en ti" -continué, con una voz artificialmente tranquila. "No tengo que encontrar un modelo. A menos de que puedas demostrar que tales modelos no son posibles, tu lógica está equivocada".

"¿Cómo podrían los asteroides golpear la tierra periódicamente? ¿Cuál es tu modelo?", preguntó de nuevo. Mi frustración me acercó al punto de ruptura. ¿Por qué Álvarez no podía entender lo que decía? Era mi héroe científico. ¿Cómo podía ser tan estúpido?

"¡Maldición!", pensé. Si tengo que hacerlo, ganaré este argumento en sus términos. Inventaré un modelo. Ahora mi adrenalina fluía. Después de pensar otro momento, dije: "Supongamos que hay una estrella acompañante que orbita al Sol. Cada 26 millones de años se acerca a la Tierra y hace algo, no estoy seguro de qué, pero hace que los asteroides golpeen la Tierra. Tal vez traiga consigo los asteroides."

Me sorprendió el reflexivo silencio de Álvarez. Parecía estar tomando la idea en serio y mentalmente comprobando si había algo malo en ello. Su cólera había desaparecido.

Finalmente me dijo: "Me has sorprendido, Rich. Estaba seguro de que se te ocurriría un modelo que traía polvo o rocas de fuera del Sistema Solar, y luego te iba a golpear con un hecho que apuesto que no sabías, que la capa de iridio asociada con la desaparición de los dinosaurios procedía de nuestro propio Sistema Solar. La relación renio-187 / renio-185 en el límite arcilloso es la misma que en la corteza terrestre. Supuse que no lo sabías. Pero tu estrella compañera presumiblemente nació junto con el Sol y, por lo tanto, tendría las mismas proporciones de isótopos que el Sol. El argumento que estaba sosteniendo en reserva no es bueno. ¡Bien hecho!" Álvarez hizo una pausa. Había estado tratando de pensar un paso por delante de mí, anticipando mis movimientos, como un maestro de ajedrez. Había adivinado cuál sería mi crítica y tenía su respuesta lista, pero yo había tomado una decisión diferente. Parecía complacido de que su antiguo alumno pudiera sorprenderlo. Finalmente dijo: "Creo que su órbita sería demasiado grande. La estrella compañera sería alejada por la gravedad de otras estrellas cercanas."

No esperaba que la discusión se enfriara tan repentinamente. Volvimos a discutir de física, no de autoridad o lógica. No había pensado que mi modelo fuera tomado en serio, aunque sentí que mi punto de vista se sostendría si el modelo pudiera soportar un asalto durante al menos unos minutos. Tenía razón en que ignoraba el descubrimiento del renio. El hijo Walter de Álvarez, un geólogo, había encontrado una capa de arcilla que había sido depositada en los océanos precisamente en el momento en que los dinosaurios fueron destruidos. Esta capa de arcilla, según la hipótesis de Luis Álvarez, había sido creada por el impacto de un cuerpo extraterrestre (como un cometa o un asteroide) en la Tierra. El renio viene en varias formas - entre otras, el renio-185, que es estable, y el renio-187, que es radiactivo y desaparece con una vida media de 40 mil millones de años. En los 4.500 millones de años desde la formación del sistema solar, aproximadamente el 8% del renio-187 debería haberse desintegrado. Y, de hecho, había aproximadamente esa cantidad. A menos que el renio en la arcilla se hubiera producido al mismo tiempo que el renio en la Tierra (es decir, en la formación del Sistema Solar), era poco probable que las proporciones fueran casi idénticas. En otras palabras, el cuerpo extraterrestre parecería haber nacido al mismo tiempo que el Sol.

Ahora tomé la iniciativa. "Vamos a ver si tienes razón en que la estrella sería alejada del Sol. Podemos calcular cuán grande sería la órbita". Escribí las leyes de Kepler del movimiento gravitatorio en la pizarra. El diámetro mayor de una órbita elíptica es el período de la órbita, en este caso 26 millones de años, aumentado a 2/3 de potencia, y multiplicado por 2. Mi calculadora de bolsillo Hewlett-Packard 11C rápidamente dio la respuesta: 176.000 unidades astronómicas, Es decir, 176.000 veces más lejos que la distancia de la Tierra al Sol, unos 2.8 años luz. (Un año-luz es la distancia que la luz viaja en un año.) Eso puso a la estrella compañera lo suficientemente cerca del Sol para que no fuera arrastrada por otras estrellas. Álvarez asintió. La teoría había sobrevivido cinco minutos, hasta ahora.

"Me parece bien. No enviaré mi carta". El cambio de Álvarez fue tan abrupto como feroz había sido su argumentación. Había cambiado de lado tan rápidamente que no podía decir si había ganado la discusión o no. A mi vez le dije algo agradable, pero él habló primero. "Vamos a llamar a Raup y Sepkoski y decirles que has encontrado un modelo que explica sus datos."

Así nació la hipótesis de Némesis, aunque no tenía idea en ese momento a lo que esto me llevaría.

## 2. Desastre

A excepción de los nuevos datos confusos proporcionados por Raup y Sepkoski, nuestra comprensión de lo sucedido hace 65 millones de años parecía casi completa. El equipo de Álvarez, y los equipos de otros científicos de todo el mundo, habían pintado una imagen bastante completa del desastre. Todavía había algunos detalles que no se entendían completamente, pero el cuadro general se puede resumir de la siguiente manera.

Al final del período Cretáceo, la edad de oro de los dinosaurios, un asteroide o cometa de aproximadamente 8 km de diámetro (aproximadamente del tamaño del Monte Everest) se dirigía directamente hacia la Tierra a una velocidad de 32 km por segundo<sup>1</sup>, 10 veces más rápido que nuestras balas más rápidas. Muchos cuerpos celestes tan grandes podían haber llegado cerca de la Tierra, pero éste fue el que finalmente impactó en ella. Apenas notó el aire cuando se precipitó a través de la atmósfera en una fracción de segundo, dejando momentáneamente un rastro de vacío detrás de él. Golpeó la Tierra con tanta fuerza que el asteroide y la roca cercana se calentaron repentinamente a una temperatura de más de un millón de grados centígrados, varios cientos de veces más caliente que la superficie del Sol. El asteroide, la roca, y el agua (si golpeó en el océano) se vaporizaron instantáneamente. La energía liberada fue mayor que la de 100 millones de megatonnes de TNT, 100 teratonnes, 10.000 veces mayor que el total de los arsenales nucleares estadounidenses y soviéticos.

Antes de que transcurriera un minuto, el cráter en expansión tenía casi 100 km de diámetro y 32 km de profundidad. (Pronto se haría aún más grande). El material caliente vaporizado por el impacto ya había atravesado la mayor parte de la atmósfera a una altitud de 24 km. El material, que un momento antes había sido un plasma brillante, empezaba a enfriarse y se condensaba en polvo y roca que se extendería por todo el mundo. La Tierra entera retrocedió por el impacto, pero sólo unas decenas de metros. La duración del año cambió unas pocas centésimas de segundo.

La profundidad del cráter pudo haber atravesado la corteza de la Tierra hasta el manto. La roca a esta profundidad es muy caliente debido a la radiactividad natural de trazas de potasio, uranio y torio. La roca caliente se había convertido en líquido tan pronto como el peso de la roca por encima de ella se retiró. La gran presión del interior de la Tierra llenó rápidamente la mayor parte del cráter con roca derretida desde abajo. Es posible que la roca fundida continuara fluyendo en un gran derramamiento. Esto no se conoce con certeza, porque el sitio de impacto no se ha identificado definitivamente<sup>2</sup>. Una localización sugerida está en las Trampas de Deccan en la India, uno de los derramamientos más grandes de la roca basáltica profunda que ha ocurrido en los últimos mil millones de años de la historia de la Tierra. Unos 518.000 km<sup>2</sup> de la Tierra quedaron cubiertos cuando se formaron las Trampas de Deccan, y esto se sabe que tuvo lugar en el momento adecuado, hace aproximadamente 65 millones de años.

Las ondas de choque del impacto sacudieron la Tierra con una energía mucho mayor que la de los terremotos más grandes que los seres humanos hayan experimentado, probablemente un millón de veces más potente que el que devastó San Francisco en 1906. El choque pudo haber desencadenado otros terremotos durante meses o años. Esto es especulación, porque no sabemos lo suficiente sobre la corteza de la Tierra para decirlo con certeza. Los puntos débiles en la corteza terrestre pudieron haberse abierto y haber brotado nuevos volcanes. Es imposible adivinar todos los efectos o cuánto tiempo duraron.

---

<sup>1</sup> N. del T. Todas las unidades de medida inglesas originales se han convertido al sistema métrico decimal.

<sup>2</sup> N. del T. Descubierta en 1989 en Yucatán (México) y confirmado en 1991 como el cráter de Chicxulub.

Nuestro fracaso para encontrar el cráter sugiere o bien que fue cubierto por la salida posterior de magma o que el impacto se produjo en los dos tercios de la Tierra que está cubierta por el océano. Según este último escenario, el asteroide perforó rápidamente la capa de agua como una roca a través de un charco, ya que en la mayoría de los lugares la profundidad del océano es menor que el diámetro hipotético 8 km del asteroide. El impacto creó un gran tsunami, o maremoto, que creció cientos de metros de altura conforme avanzaba hacia la orilla. La gigantesca ola rodeó la Tierra muchas veces, inundando las regiones costeras. Sólo se salvaron los interiores de los continentes.

La roca del cráter, mezclada con el material vaporizado del cometa, se enfrió a varios miles de grados centígrados mientras que se levantaba en una bola de fuego a través de la atmósfera. Era entonces tan caliente y brillante como la superficie del Sol, la mayor bola de fuego jamás vista por las criaturas vivientes. Pero no lo vieron por mucho tiempo, porque el intenso calor irradiado por la nube quemaba todo lo que se veía. El calor de la bola de fuego también fundía el nitrógeno y el oxígeno en el aire para producir óxidos nitrosos, un componente del smog moderno. Parte de este gas posteriormente se combinó con agua en la atmósfera para producir ácido nítrico. Del mismo modo, el dióxido de azufre de la quema de material vegetal formó ácido sulfúrico que, junto con el ácido nítrico, finalmente cayó a la Tierra. Esta lluvia ácida pudo haber sido lo suficientemente fuerte como para disolver las conchas de las criaturas que vivían en las aguas superficiales de los océanos.

Parte del material expulsado del cráter salió de la atmósfera en trayectorias balísticas y, al igual que los ICBM (misiles balísticos intercontinentales), causó estragos en continentes distantes. Algunos escaparon al espacio, tal vez para golpear la Tierra en un aniversario del impacto, cuando la Tierra y la eyección volvieran al mismo lugar de sus órbitas alrededor del Sol. Cuando la bola de fuego alcanzó la parte superior de la atmósfera, se balanceó como un corcho, flotando en el aire más fresco debajo de él, pero no tenía nada para mantenerlo unido y comenzó a esparcirse por todo el globo. A medida que se extendía, su color se enfrió de un rojo brillante a un negro impenetrable. Las criaturas sobrevivientes de abajo probablemente pensaron que la noche había llegado temprano, pero era una noche sin Luna, sin estrellas. Los dinosaurios no podían ver sus propias garras delante de sus rostros. La mañana no vendría por varios meses.

Unos cuantos animales habían evitado la destrucción inicial y, al principio, parecían manejarse sorprendentemente bien. La mayoría de los comedores de plantas todavía podía encontrar comida, aunque el polvo de sedimentación añadía una textura arenosa a todo. Algunos de los carnívoros estaban acostumbrados a cazar en la oscuridad, aunque nunca habían experimentado una oscuridad como ésta. Pero la fuente última de toda la comida, el Sol, había sido bloqueada efectivamente. Sin luz solar, no había fotosíntesis, no había creación de azúcar y almidón a partir del dióxido de carbono y agua. Sin ser visto por los animales, las plantas estaban cambiando de verde a amarillo, y luego a marrón. Si no fuera por la oscuridad, habría sido una hermosa escena de otoño. Los herbívoros más grandes comenzaron a morir de hambre, seguido poco después por los grandes carnívoros. La muerte similar ocurrió en los océanos. El fitoplancton, el primer eslabón de la cadena alimentaria de los océanos, murió a causa de la lluvia ácida y la falta de luz solar, y los organismos superiores siguieron rápidamente.

Sin la luz del Sol, la temperatura de gran parte de la Tierra comenzó a caer. En gran parte de la tierra la temperatura bajó pronto bajo cero. Sólo aquellos afortunados pocos animales que ya habían comenzado a hibernar no se dieron cuenta. Las criaturas de sangre caliente tenían una ventaja en su capacidad de soportar el frío, pero también requerían más comida. Las regiones costeras tenían temperaturas moderadas por los océanos, pero éstas eran las áreas que habían sido devastadas por el tsunami. Se crearon fuertes tormentas por las grandes diferencias de temperatura entre los océanos y las masas terrestres. Las tormentas hicieron llover los ácidos nitroso y sulfúrico sobre la tierra y el mar.

Las diminutas partículas de polvo en la atmósfera comenzaron a pegarse unas a otras, aglomerándose en partículas más grandes, que cayeron más rápidamente a la Tierra. En toda la Tierra el polvo se asentó para formar una capa alrededor de 1.3 cm de espesor. (Un día, Walter Álvarez rompería una sección de esta capa en un afloramiento cerca de Gubbio, Italia, donde había sido llevada a la superficie cuando la corteza de la

Tierra se dobló durante la creación de las montañas de los Apeninos. Él cortaría un trozo para dárselo como regalo a su padre.)

A medida que el polvo se asentaba, la luz del Sol empezó a filtrarse hasta la superficie de la Tierra. Prácticamente todos los animales y plantas habían muerto. Las plantas fueron probablemente las primeras en revivir. Muchas esporas y semillas habían quedado atrás. La vida es increíblemente robusta. Para algunas plantas, el período de tres meses de oscuridad y frío no fue peor que un invierno severo; estos resucitaron de las semillas y de las raíces. Fue un milagro que cualquiera de las formas de vida más complejas lo logaran. De hecho, casi todos los animales terrestres que pesaban más de 23 kg se habían extinguido, probablemente porque eran los más vulnerables por su alta posición en la cadena alimentaria. Los dinosaurios reptiles, tanto en tierra como en el mar, habían desaparecido para siempre. Los parientes más cercanos de los dinosaurios capaces de sobrevivir fueron los pájaros. Realmente no sabemos por qué. Tal vez fue por su movilidad, por su capacidad de buscar calor y comida. Tal vez eran más capaces que otros dinosaurios para alimentarse de materia en descomposición y semillas. Tal vez era su sangre caliente. No podemos estar seguros porque ni siquiera sabemos si los otros dinosaurios eran de sangre caliente o de sangre fría. No había patrón obvio que explicara por qué ciertas criaturas habían sobrevivido, y otras no. La vida es muy robusta, pero muy frágil.

Con la vida vegetal repentinamente brotando alrededor, las pocas criaturas que habían sobrevivido a través de la catástrofe se encontraron en un virtual jardín del Edén. Sus enemigos naturales habían desaparecido y las plantas comestibles eran abundantes. Sin embargo, su especie no continuaría a menos que pudieran encontrar compañeros. Aquellos que se extendieron rápidamente sobre la Tierra, como (mucho más recientemente) los conejos que se soltaron en Australia. Ellos llenaron los nichos ecológicos que les habían negado sus antiguos enemigos. La pizarra de la evolución había sido limpiada casi totalmente. Ahora había mucho espacio para que la Naturaleza probara nuevas invenciones. De hecho, la gran catástrofe fue marcada en el registro paleontológico no sólo por la desaparición de especies, sino también por la gran proliferación de nuevas especies que siguieron después. Al igual que un incendio forestal limpia la maleza, la destrucción pudo haber sido necesaria para limpiar el mundo de las criaturas débiles que, sin embargo, se habían mantenido en un nicho simplemente por ocuparlo antes que cualquier otro animal. En la evolución, la posesión es realmente nueve décimas de la ley. La supervivencia de los más aptos había sido obstaculizada por un principio igualmente poderoso: la supervivencia del primero. La catástrofe había eliminado cualquier estancamiento que hubiera habido en el proceso de la evolución. Una vez más había espacio para la experimentación libre.

En este cuadro, la evolución no era exactamente lo que se pensaba que era: criaturas luchando contra otras criaturas para determinar cuáles eran las más aptas. Para sobrevivir, las criaturas también tenían que adaptarse para soportar la catástrofe. Tal vez por eso los mamíferos sobrevivieron. Habían soportado traumas durante 100 millones de años, el trauma de intentar vivir con los dinosaurios.

Cuando el equipo de Luis Álvarez analizó primero los efectos climáticos del impacto, no pudo decidir si el polvo que rodea a la Tierra provocaría la caída o la subida de la temperatura superficial. La respuesta dependía de cuáles eran los efectos más importantes. Bloquear la luz del sol debería hacer que la Tierra se enfríe, pensaron al principio. Pero el polvo alto es mejor en absorber la luz del sol que las nubes, que reflejan la mayor parte de la luz que les llega. Si el polvo se volviera lo suficientemente caliente, podría irradiar el calor a la superficie de la Tierra, calentándola. El geólogo Eugene Shoemaker había señalado que, si el asteroide impacta en el océano, la inyección de vapor de agua en la atmósfera podría aumentar el "efecto invernadero" y calentar el clima. Era difícil saber qué efecto dominaría, si la temperatura subiría o bajaría. Esta pregunta había interesado a Brian Toon, un físico que trabajó en el Laboratorio de Investigación Ames de la NASA en Sunnyvale, California. Toon y sus colegas llegaron finalmente a una conclusión asombrosa, que tendría consecuencias prácticas inmediatas lejos del misterio de los dinosaurios. (Algunos años más tarde este trabajo estaba bajo extenso estudio por parte del Departamento de Defensa de los Estados Unidos.)

Toon y sus colegas encontraron que la nube de polvo haría que la absorción y reemisión de la radiación solar sucediera en altitudes más altas de lo habitual. Normalmente, la superficie de la Tierra recibe la radiación luminosa del Sol y aproximadamente una cantidad igual de radiación infrarroja de la atmósfera

superior. Con la capa de polvo deteniendo la luz directa del Sol, la tierra recibiría sólo la mitad de la energía. Normalmente, la temperatura de un objeto bañado en radiación es proporcional a la cuarta raíz (es decir, la raíz cuadrada de la raíz cuadrada) de la energía que la golpea. Dado que la temperatura superficial de la Tierra, libre de polvo, es normalmente de unos 28 grados centígrados (300 grados por encima del cero absoluto), se podría esperar una caída en una escala absoluta de la cuarta raíz de 2, un factor de 1,18, hasta 252 grados por encima del cero absoluto, unos 20 grados bajo cero. Las simulaciones por ordenador más detalladas que tuvieron en cuenta el hecho de que la atmósfera tiene varias capas efectivas, verificaron esencialmente este simple cálculo, aunque la caída de temperatura no fue tan severa.

Si la nieve cubre una gran parte de la Tierra, incluso el retorno de la luz solar puede no calentar la tierra. Aunque pueda comenzar a alcanzar la tierra una vez que el polvo se asiente, la luz del Sol será reflejada por la nieve blanca antes de que pueda retornar como calor infrarrojo. Puede suceder que algo externo, tal como otro impacto o una erupción volcánica, separe el polvo sobre la nieve para hacer que la tierra absorba la luz del Sol otra vez. Algunos paleontólogos creían que el cambio climático había matado a los dinosaurios. Pero ahora parecía probable que uno no fuera una consecuencia del otro, sino que, en realidad, ambos habían sido provocados por la misma causa: el impacto del asteroide. Tal vez un cambio climático había sido el agente responsable, pero fue un cambio climático provocado por un impacto.

El invierno causado por el impacto fue una importante contribución, una nueva idea importante. Pero entonces, en un gran salto conceptual, Toon y sus colaboradores se dieron cuenta de que un efecto similar podría ocurrir hoy en día como resultado de una guerra nuclear total, si el polvo suficiente fuera lanzado en la alta atmósfera. Toon discutió estas ideas con Carl Sagan, su antiguo asesor de tesis, que había analizado los efectos climáticos de las nubes de polvo en Marte y habían llegado a conclusiones similares. Se dieron cuenta de que la mayor contribución al oscurecimiento de la atmósfera no sería polvo en la bola de fuego, sino el hollín de la quema extensa de ciudades que muy probablemente acompañaría a una guerra nuclear total. Este análisis fue publicado en la revista "*Science*", en un artículo que pronto se conoció como "el informe TTAPS", a partir de las iniciales de los autores: Turco, Toon, Ackerman, Pollack y Sagan.

El informe TTAPS, que predice un invierno nuclear, impactó a toda la comunidad de defensa como una onda de choque. Unos años antes, un comité de la Academia Nacional de Ciencias, la más prestigiosa organización científica de los Estados Unidos, había analizado los efectos a largo plazo de la guerra nuclear y concluyó que podrían ser relativamente menores. Las poblaciones habían surgido de los desastres del pasado, como la peste bubónica de 1350, con increíble elasticidad y velocidad. Pero el comité de la Academia nunca había pensado en el invierno nuclear, que podría ser mucho más devastador que la explosión inmediata o los efectos de radiación a largo plazo. Dependiendo de la duración del frío, parecía posible que todas las formas superiores de vida pudieran ser destruidas nuevamente, esta vez en una acción provocada por nosotros mismos.

Algunos críticos del informe TTAPS dijeron que los cálculos habían sido simplificados excesivamente. La existencia de los océanos, de las tormentas y de la formación de nubes no había sido tomada en cuenta. La amenaza nuclear del invierno podría no existir, o podría ser mucho menos severa de lo que sugiere el informe TTAPS. Sin embargo, muchos científicos serios pensaron que esta crítica, aunque precisa, era irrelevante. El grupo TTAPS había demostrado que los mejores científicos del mundo, en su examen previo sobre la guerra nuclear, posiblemente no habían tenido en cuenta el efecto más importante y más perjudicial. El grupo TTAPS podría estar equivocado en sus detallados cálculos climáticos, pero tenían toda la razón en su demostración de que la guerra nuclear era un desvío demasiado grande de la experiencia previa para que confiáramos en que podíamos predecir sus consecuencias. El invierno nuclear podría resultar correcto o incorrecto, pero todos habíamos aprendido una humildad nuclear.

Poco después de que el grupo Álvarez publicara su descubrimiento del impacto primordial, la NASA encargó un estudio especial para averiguar qué hacer si descubriéramos que un asteroide o cometa se dirigía directamente hacia la Tierra. Uno no podría simplemente volar el asteroide en pedazos, puesto que incluso un pequeño pedazo puede destruir una ciudad. En 1908, un pequeño fragmento de un cometa, probablemente menos de 30 m de diámetro, golpeó la atmósfera sobre la región de Tunguska, una región

de Siberia. Se vaporizó y nunca llegó al suelo, pero la explosión de los gases calientes fue equivalente a la de una explosión nuclear de 50 megatones. Decenas de miles de kilómetros cuadrados de árboles fueron aplastados. Los observadores que volaron sobre Tunguska una década más tarde informaron que, desde el aire, los árboles rotos parecían palillos de cerillas, con sus bases apuntando hacia el lugar donde el fragmento habría impactado.

El estudio de la NASA, que incluyó a Luis Álvarez como participante, concluyó que lo mejor era aterrizar en el asteroide, cavar un agujero en él y desencadenar una pequeña explosión nuclear en el agujero. En efecto, todo el asteroide se convertiría en un cohete, con el chorro de la explosión dando un impulso que empujaría el asteroide fuera de su órbita. Si se coge al asteroide a tiempo, una explosión relativamente suave podría desviarlo lo suficiente para que se desvíe de la Tierra. El físico Roderick Hyde calculó que sería aún más fácil desviar un cometa, que es en gran parte hielo y polvo. Sugirió detonar el arma nuclear a unos cuantos kilómetros por encima de la superficie del núcleo del cometa. El calor de la explosión vaporizaría el agua en la superficie del cometa, y este vapor empujaría el cometa lejos. Si fuera lo suficientemente dispersa, la explosión no haría pedazos el cometa.

Somos las primeras criaturas en la Tierra capaces de poner este tipo de "paraguas anti-cometa". Sin embargo, sería prudente practicar en unos pocos cometas y asteroides lejanos para asegurarse de que el método funciona, antes de probarlo en un cometa o un asteroide que se dirija directamente hacia la Tierra.



## 3. Luie

Originalmente había ido a la Universidad de California en Berkeley, en 1964, para convertirme en un físico nuclear. Terminé la mayor parte de mi trabajo de curso dentro de un año, pero sabía que todavía tenía mucho que aprender. Los verdaderos problemas que resolver no son los que se encuentran al final de cada capítulo del libro de texto. Los problemas reales vienen en el trato con lo inesperado. Las preguntas son vagas y difusas. ¿Cómo se elige un tema de investigación? ¿Cuánto tiempo estudias un tema antes de publicarlo? ¿Qué haces cuando las cosas no se ven como esperabas? ¿Qué buscar cuando tus resultados te sorprenden? ¿Cómo reconocer cuándo abandonar una empresa no perdida del todo? Afrontar estos problemas es el arte de la física, y es muy similar al arte de los negocios, o el arte del arte. Sólo puedes aprenderlo de otro físico. Así que, una vez que uno haya terminado sus cursos de postgrado, se espera que aprenda de otro, su "consejero de tesis".

Lo más innovador en la física nuclear era un subcampo llamado "física elemental de partículas", el estudio de los "elementales" haces de energía con los cuales se construye todo lo demás en el Universo. En este campo, Berkeley era el centro del mundo. Casi todos los días algún gran científico pasaba por Berkeley, deteniéndose en el Laboratorio Lawrence Berkeley para escuchar sobre el último descubrimiento. Más raramente, el científico hablaba sobre algún nuevo descubrimiento hecho en otra parte. El vocabulario del físico de partículas ya era colorido, con "partículas extrañas" y la "forma octava" como temas comunes de conversación en el comedor. Parecía como si un rompecabezas gigante se hubiera presentado, y todo el mundo estaba tratando de encajar las piezas. Pero, en lugar de trabajar con un verdadero rompecabezas, en este caso nadie sabía cómo sería la imagen al final, ni cuáles eran los límites del rompecabezas. Diferentes grupos estaban especializados en diferentes partes del rompecabezas. Era un área de investigación en la que muchas personas podían trabajar juntas, ya fueran grandes científicos o mediocres. Algunas personas encajaban más piezas que otras, y algunas eran particularmente buenas en encontrar esa pieza difícil, la que todos los demás habían abandonado. Pero todo el mundo era capaz de encontrar alguna manera de ayudar. A pesar de que era un campo en rápido movimiento, un extraño lo vería como si todavía hubiera mucho por hacer. Había un rincón en el que incluso un estudiante graduado podría contribuir. Tal vez incluso podría tener suerte y hacer un descubrimiento.

Una tarde, cuando entraba en una oficina compartida por los asistentes de enseñanza postgraduados (TAs), mi amigo Calvin Farwell le estaba diciendo a los otras TAs acerca de un nuevo proyecto recién iniciado por el profesor Luis Álvarez. Álvarez quería utilizar los rayos cósmicos, la radiación intensa que viene del espacio, para estudiar las propiedades de las partículas elementales. Era una tarea extremadamente difícil y compleja, porque la mayor parte de la radiación nunca llega a la superficie de la Tierra, ya que es detenida por el manto de la atmósfera terrestre. Así, explicó Álvarez, iba a hacer un completo experimento de física de partículas elementales desde el fondo de un enorme globo, de más de 30 m de diámetro. Puesto que no había energía eléctrica en la parte superior de la atmósfera, él planeó utilizar imanes superconductores, una tecnología novedosa y sin probar. Ni las cámaras de chispas ni las cámaras de burbujas funcionarían, y Álvarez había inventado un nuevo tipo de detector, algo que combinaba cámaras de chispas con emulsiones nucleares de una manera inteligente, lo que las hacía mucho más eficaces juntas de lo que podrían haber sido por separado.

Yo estaba encantado. Álvarez era famoso como el hombre que había convertido la cámara de burbujas en la principal herramienta de descubrimiento en la física de partículas elementales, pero ahora lo estaba abandonando e inventando algo nuevo, algo inaudito, para abordar nuevos problemas sin resolver de una manera original. La única pregunta en mi mente era si un gran hombre me aceptaría como estudiante. No creo que lo considere una posibilidad seria. En lugar de estudiantes de postgrado, Álvarez prefirió tener una docena de jóvenes doctores trabajando para él, y los trataba como si fueran estudiantes de postgrado. Pero

entonces tuve un poco de suerte. Me convertí en el jefe de TA para la Física 4A en el nuevo semestre de otoño, y Álvarez estaba programado para enseñarla. Así que, naturalmente, encontraría al hombre y sería capaz de hacer mi propia evaluación, sin tener que asumir el riesgo psicológico de aparecer para solicitar un asesor de tesis.

Cuando entré en el laboratorio de Física 4A el próximo otoño para tener una reunión con los otros TA, había un hombre alto, rubio, de aspecto atlético con un abrigo deportivo sentado en uno de los bancos de laboratorio. Se presentó con "Soy Luie Álvarez", evitando el título de "profesor", que muchos otros profesores obviamente usaban. Dijo que estaba allí para ayudarme a organizar el laboratorio. Le dije que él era bienvenido a asistir a nuestra reunión, pero que ya tenía una agenda preparada. Prometió no interferir. Se sentó durante la reunión de una hora de duración y escuchó con paciencia mientras le explicaba a los nuevos TA cuáles serían sus deberes, cómo prepararse para los laboratorios y cómo guiar mejor a los estudiantes. Al final de la reunión se acercó a mí y me dijo que claramente que él no era necesario, así que, si estaba de acuerdo, se saltaría las reuniones de futuros TAs. Yo estaba sorprendido y halagado.

Asistí a algunas de sus conferencias en una gran clase con unos 300 estudiantes, y encontré sus presentaciones muy animadas e interesantes, aunque no totalmente organizadas. A Álvarez le encantaba adornar sus conferencias con historias personales de sus experiencias en el laboratorio. Toda la física parecía tener un significado directo para su propia vida y experiencia de investigación. Él no sólo practicaba la física, él vivía la física.

Finalmente reuní valor y, después de una clase, le pregunté por su proyecto del globo. Inmediatamente nos sentamos en el gran Aula de Ciencias Físicas. Quería saber por qué me interesaba. Dije que el proyecto era obviamente emocionante. No quería convertirme en un físico de cámara de burbujas, ni en un físico de contador de partículas, ni en un físico de cámara de chispas, sino que sólo quería aprender a hacer experimentos, experimentos que nunca se habían hecho antes. Me parecía que eso era lo de su proyecto del globo. Me dijo que tenía toda la razón y me sugirió que viniera al Laboratorio de Radiación, a tiempo para ver el hardware real y conocer a algunas de las personas que ya trabajaban en él.

Subimos la colina en la que se encontraba el Laboratorio de Radiación de Lawrence, a lo largo de la sinuosa Cyclotron Road y a través de un bosque de eucaliptos. Este laboratorio está dedicado a la investigación básica en ciencia. A diferencia del más famoso Laboratorio de Radiación Lawrence, ubicado en Livermore, no se dedica al diseño de armas nucleares ni a otras investigaciones clasificadas. Álvarez no se detuvo cuando el guardia de seguridad le hizo un ademán a través de la puerta. La vista desde la colina era espectacular, con toda la zona de San Francisco Bay yaciendo debajo de nosotros. Dos ciervos salieron corriendo de la carretera enfrente de nuestro coche. Álvarez explicó que el ciervo tenía un refugio dentro de la valla que dividía el laboratorio del resto del mundo. El camino siguió serpenteando, pero los edificios comenzaron a aparecer entre los árboles, había vapor que se elevaba de algunos de ellos. "Ese es el Bevatron", dijo Álvarez, señalando un enorme edificio circular con una luz intermitente en la puerta. Era el gran acelerador que había sido construido por Ernest Lawrence, el premio Nóbel que había creado el laboratorio y que había sido el mentor de Luis Álvarez. El Bevatron fue utilizado en la mayoría de los grandes descubrimientos hechos en el laboratorio.

Finalmente, llegamos a un largo edificio de metal corrugado llamado simplemente Big 46. Dentro había docenas de personas en mangas de camisa trabajando en bancos y mesas de dibujo y máquinas. Álvarez me llevó a una pequeña área separada del resto, donde un hombre joven y corpulento se levantó a nuestro paso. Era William Humphrey, un físico que dirigía las actividades cotidianas del proyecto. Para usar un símil del mundo empresarial, Álvarez actuó sobre el proyecto como el presidente del consejo, pero había delegado recientemente el papel de presidente a Humphrey. Estaba algo deslumbrado cuando Álvarez y Humphrey me mostraron el resto del edificio. Vi un proyecto difícil y complejo con muchos elementos, cada uno de los cuales me parecía demasiado complicado para entender, y una tripulación de varias docenas de físicos, ingenieros, maquinistas y técnicos trabajando todos juntos con un solo objetivo, que había sido definido por Álvarez. A Álvarez siempre le gustaba tomar la delantera para explicar el aparato que se esparcía por el edificio, pero siempre se aferraba a Humphrey para obtener más detalles. Al final de la gira, Álvarez me

preguntó: "¿Cuándo puedes empezar?" No había entendido mucho de lo que había visto, y no pensé que hubiera hecho preguntas inteligentes. Además, Álvarez no había tenido la oportunidad de revisar mis notas ni de mirar mi expediente en la oficina del Departamento de Física, así que no tenía manera de saber si yo era un buen estudiante. Pero fue una oferta que no pude rechazar.

Todos en el grupo llamaban a Álvarez "Luie", excepto yo. Álvarez había continuado la tradición de informalidad que Ernest Lawrence había comenzado décadas antes. Pero yo había sido educado para llamar a todas las personas mayores que yo por un título. Como no podía ser el único en el grupo en decir "Profesor Álvarez", evité llamarle nada. Parecía como si hubiera olvidado su nombre.

Todo el enfoque de Álvarez sobre la física era como el de un empresario, asumiendo grandes riesgos al construir grandes nuevos proyectos con la esperanza de grandes recompensas, aunque su ganancia fuera académica y no financiera. Había atraído a su alrededor a un grupo de jóvenes físicos ansiosos de probar las emocionantes ideas que proponía. Muchas de estas personas dejaron más tarde la investigación básica y se convirtieron en empresarios de un tipo u otro. Las verdaderas recompensas para este tipo de trabajo estaban en el desafío, en la aventura. A Álvarez le importaba menos la forma en que se vería la imagen en el rompecabezas, cuando todo encajaba, que la diversión de buscar piezas que encajaran. No amaba nada más que hacer algo que todo el mundo pensaba imposible. Sus diseños eran inteligentes, y generalmente explotaban algún principio poco conocido que todos los demás habían olvidado.

Decidí que mi primer trabajo era leer y entender la larga nota que había escrito en el proyecto del globo. Lo más sorprendente del memorándum era que Álvarez no tenía antecedentes en superconductividad, pero estaba proponiendo utilizar la tecnología más avanzada en este nuevo experimento. Pero, obviamente, había hecho un montón de "deberes", hablando con expertos reales, y se convenció de que no había obstáculos insuperables para el nuevo imán superconductor. No había detectores de partículas conocidos que funcionaran con suficiente precisión en el espacio reducido de una góndola colgada de un globo. Álvarez había abordado este problema inventando un nuevo tipo de detector de partículas, que combinaba las mejores características de algunos de los detectores existentes, incluyendo cámaras de chispas y emulsiones nucleares, detectores de centelleo y un detector Cherenkov lleno de gas. La concatenación de nuevas tecnologías fue abrumadora. Me parecía que Álvarez debía saber todo lo que hay que saber en ciencia.

Disfruté la idea de trabajar con cosas que realmente no entendía. Tal vez yo había heredado este rasgo de mi padre, que amaba reparar nuestro televisor cuando yo era un niño. Tenía muy poca comprensión de cómo funcionaba la cosa, pero eso nunca le impedía arreglarlo. Lo abría por detrás, desmontaba cuidadosamente el mecanismo de enclavamiento y empezaba a olfatear. A veces se daba cuenta de que un tubo no estaba encendido. Otras veces él encontraba un capacitor (entonces se llamaba "condensador") que olía raro. En retrospectiva, me doy cuenta de que lo que estaba haciendo era la esencia de la buena ciencia. Buscas algo que huele raro y lo exploras a su alrededor. No siempre entiendes lo que estás haciendo; si lo hace, probablemente significa que usted no está realmente cerca de la vanguardia del conocimiento. Mi papá era un detective, un solucionador de misterios. Tenía una nariz bien afinada, como Álvarez.

Un día Álvarez me vio sentado en una oficina leyendo, y me preguntó qué estaba haciendo. Le dije con orgullo lo duro que estaba trabajando en mi "tarea": su nota.

"Nunca aprenderás la física experimental sentado en un escritorio", dijo abruptamente. "¡Acércate al Edificio 46, donde se está haciendo la física real!"

Estaba avergonzado. "Pero, todavía no entiendo nada. No sé cómo ayudar. Yo sólo estaría enmedio", protesté.

Recuerdo su respuesta muy claramente. "Eso no importa -dijo- Sólo ve allí y da vueltas. Haz cualquier cosa que alguien te pida que hagas. Tarde o temprano alguien verá que estás allí, y te pedirán que sostengas un destornillador. Ensucia tus manos. Pronto sabrás cómo se construyen las cosas. Una vez que ellos han visto que estás alrededor continuamente, pueden pedirte que les ayudes a probar el aparato. Pronto sabrás cómo

funciona todo. Puedes leer notas en cualquier momento, por las tardes, en casa, pero solo puedes aprender física experimental estando en el laboratorio, haciéndola".

La próxima vez que Álvarez me vio estaba en el Big. 46, donde ayudaba a probar algunas cámaras de chispas. Intercambiamos sonrisas. La parte que había pensado más difícil de aprender, la comprensión del equipamiento había resultado ser la más fácil. Pero, como había dicho Álvarez, no podía aprenderlo leyendo memorandos o artículos publicados. Incluso hoy, cuando visito el laboratorio de alguien y me sientan en una oficina cercana para escuchar una conferencia sobre su experimento, protesto. Quiero ir a ver el equipamiento, si es posible tocarlo.

A medida que he ido creciendo, me doy cuenta de que estoy pasando más y más tiempo en un escritorio, planificando nuevos proyectos (como Álvarez hacía en su memorándum) en lugar de construir aparatos, en lugar de hacer experimentos. Pero, incluso ahora, un cierto contacto mínimo con los instrumentos es absolutamente necesario. En la leyenda griega, el luchador Anteo era invencible mientras tocaba el suelo. Hércules lo derrotó levantando a Anteo por encima de su cabeza, fuera del alcance de la Tierra, donde pudo aplastarlo hasta la muerte. Esta leyenda puede haberse originado como un recordatorio a los agricultores para permanecer en estrecho contacto con la tierra, la fuente de su sustento, y no relegar toda la obra manual a los trabajadores contratados. El recordatorio se aplica igualmente bien a los físicos experimentales, que deben volver periódicamente a sus aparatos, a ensuciarse las manos, para que no se olviden de por qué, a menudo, se tarda una hora en meter un tornillo.

Unas semanas más tarde, estaba ayudando a otro estudiante graduado, Dennis Smith, a montar un gran tubo fotomultiplicador en el detector Cerenkov, y lo dejé caer. Implodió como un tubo de televisión, con un ruidoso y espeluznante estruendo. Acababa de destruir un equipo con un valor de 15.000 dólares. Dennis me consoló. Podría sucederle a cualquiera, dijo. Pensé que podría ser el final de mi carrera. Quince mil dólares era el doble de lo que ganaba en un año como asistente de investigación. Parte del dinero podría ser recuperado disparándome. Poco tiempo después vi a Álvarez y confesé lo que había sucedido. "Grrrrr. . . ¡Grita!", rugió, y extendió la mano como para felicitarme. Me estrechó la mano vigorosamente, pero protesté. "Bienvenido al club", continuó. "Ahora sé que te estás convirtiendo en un físico experimental." Para convertirte en un verdadero miembro de la Mafia tienes que asesinar a alguien. Para convertirse en un físico experimental, Álvarez parecía pensar que tenía que destruir algún equipo caro. Era un rito de paso. "No hagas nada diferente", aconsejó. "Sigue así."

Al temor de Álvarez se añadió ese día una sensación de calidez. Yo superé mi timidez y, finalmente, logré dirigirme a él como Luie.

Después de eso Luie y yo nos acercamos. Me convertí casi en un "hijo" científico para él. Compartió no sólo sus ideas científicas, sino también sus pensamientos sobre la vida y el mundo. Sentí que realmente apreciaba mi interés en aprender de él, y estaba muy agradecido por todo el tiempo que comenzó a darme. Aún era imposible mantenerse al día para competir con él en materia de física. Yo nunca parecía tener una idea que no hubiera pensado y desechado hace años. Fue duro para mi ego. Pero luego hice algo que fue uno de los mejores momentos de mi vida. Tomé una gran decisión, una decisión que determinó toda mi carrera. Yo le dije, casi conscientemente, casi en voz alta: "¡Al infierno con mi ego!", decidí que la oportunidad era simplemente demasiado grande. Uno de los grandes físicos de todos los tiempos estaba deseando enseñar, y yo haría todo lo posible para aprender de este hombre. Seguiría totalmente sus sugerencias para en qué proyectos trabajar. Si tuviera una idea nueva, dejaría lo que estuviera haciendo para trabajar en ella con él. Mi objetivo para los próximos años sería simplemente aprender lo más que pudiera sobre cómo Luie pensaba, cómo se acercaba a la física, cómo decidía qué hacer, cómo lo seguía. Me acostumbraría completamente a Luie. No dejaría Berkeley hasta que sintiera que ya no estaba aprendiendo.

¿Qué hace un buen científico? A medida que pasaban los años, me di cuenta de que los estudiantes más inteligentes no siempre se convirtieron en los mejores investigadores. Eso me dio alguna esperanza, ya que mi trabajo de curso era sólo ligeramente mejor que el promedio. ¿Qué era lo que no habían aprendido? Yo estaba impresionado por las carreras de varios de los profesores en Berkeley. Había más premios Nóbel en

Berkeley que en toda la Unión Soviética. Y estaba Luie, que no tenía el Premio Nóbel entonces, pero parecía tener descubrimientos más importantes para su crédito que cualquiera de los científicos que habían ganado el Nóbel.

Hice una lista mental de los grandes descubrimientos de Luie. Él demostró que los rayos cósmicos eran positivos, probablemente protones; descubrió varios isótopos raros; descubrió el proceso radiactivo llamado "captura de electrones"; encontró la conversión interna en núcleos de luz; descubrió el magnetismo del neutrón; encontró la radioactividad del tritio; y fue responsable de todo un libro de descubrimientos en física elemental de partículas. A esta lista podría añadir varios inventos importantes. Inventó el sistema de activación de la bomba atómica (y voló en el avión de escolta sobre Hiroshima para medir el rendimiento de la bomba). Él también inventó el acercamiento controlado a tierra (GCA), ampliamente utilizado para los aterrizajes a ciegas de los aviones. Pero no era el arte de la invención, sino el arte del descubrimiento lo que yo más quería aprender. ¿Cómo lo hizo? ¿Qué conocimiento secreto le permitía hacer un descubrimiento tras otro? Si pudiera identificar lo que era, entonces podría intentar aprenderlo.

Escepticismo, la capacidad de no ser engañado, era claramente importante pero también no cuesta nada. Es fácil no creer en nada, y algunos científicos parecían adoptar este enfoque. A veces Luie era escéptico, pero más a menudo parecía abrazar ideas locas, al menos al principio. Rara vez descartaba cualquier cosa fuera de lo normal, por absurda que fuera, hasta que la había examinado de cerca. Pero entonces, un pequeño defecto, sólidamente establecido, era suficiente para desecharla. Su apertura a las ideas salvajes estaba equilibrada por su firmeza en abandonar las que eran defectuosas. Tenía un escepticismo muy fino. Tal vez eso formaba parte de su talento secreto.

El entrenamiento científico no evita que tus sentidos te engañen, pero un buen científico no acepta las impresiones que sus sentidos le ofrecen. Él los usa como punto de partida, y entonces lo comprueba y lo vuelve a comprobar. Busca evidencias adicionales y coherencia en sus mediciones. Un científico difiere de otras personas en que sabe lo fácil que es ser engañado, y él utiliza procedimientos para compensar.

Luie había aprendido sobre el arte del descubrimiento de su padre, Walter Álvarez, médico e investigador médico, famoso por su columna médica en el periódico: "*Pregunte al Dr. Álvarez.*" Algunas personas también le dieron mérito por devolver el prestigio a los médicos generales cuando los especialistas habían estado recibiendo toda la atención. Obviamente, su hijo había aprendido al menos una gran lección de su padre, ya que Luie se había convertido en un médico general de la física. El Álvarez padre creía que la clave del descubrimiento era no ser "perezoso". Había estado muy cerca de ganar un Premio Nóbel de Medicina. Había tenido la idea de tratar la anemia perniciosa con hígado, pero nunca había seguido realmente sus observaciones. Había sido demasiado perezoso, o quizás demasiado escéptico. Los descubrimientos más difíciles de tomar en serio son, a menudo, los de uno. Unos años más tarde, George Whipple y otros siguieron la idea del tratamiento con hígado, lo convirtieron en el método estándar para curar la enfermedad y recibieron el Premio Nóbel de Medicina. Walter Álvarez nunca llegó tan cerca de un Premio Nóbel de nuevo, pero se aseguró de que su hijo aprendiera la lección.

Luie no tenía el Premio Nóbel, pero creía que había perdido por poco el ganarlo al menos dos veces. Casi había descubierto la fisión, la "transmutación de los elementos", cuando bombardeaba uranio con neutrones. Lo habría encontrado si hubiera funcionado su aparato durante media hora en lugar de sólo unos pocos minutos. Cuando leyó en un periódico que la fisión había sido descubierta por Otto Hahn en Alemania, fue inmediatamente capaz de confirmar el descubrimiento, pero era demasiado tarde. No fue su descubrimiento.

El segundo Premio Nóbel que perdió fue el descubrimiento de los neutrones secundarios de la fisión, el proceso que hace posible la reacción en cadena. Luie había producido neutrones con el ciclotrón y bombardeado varios materiales con ellos. Tenía todo el aparato necesario para ver que, a veces, cuando un neutrón golpea un núcleo de uranio, dos neutrones salen, pero no había mirado lo suficiente. Un neutrón puede conducir a dos, dos a cuatro, cuatro a ocho, y así sucesivamente; aproximadamente setenta y cinco generaciones más tarde, prácticamente cada átomo de la muestra ha emitido un neutrón, a menos que el

tremendo calor generado haya volado la muestra. La reacción en cadena es la base para el reactor nuclear y la bomba atómica.

El arte de la física consiste en saber en qué trabajar y por cuánto tiempo. Muchos físicos han desperdiciado sus carreras siguiendo descubrimientos poco interesantes. Pero para mí, como un estudiante graduado impresionado por los éxitos de Luie, no fue fácil discernir un patrón detrás de su elección de proyectos. Su proyecto de globo era claramente emocionante, aunque quizás demasiado difícil que llegara a algún sitio. Poco después de que me uniera a este experimento, Luie comenzó el proyecto de la pirámide. Parecía divertido, pero no era el tipo de proyecto que yo esperaba de un físico de clase mundial.

Luie había leído sobre las pirámides de niño, como había leído sobre los dinosaurios. Había leído cómo Howard Carter había encontrado la tumba de Tutankamón mediante una combinación de planificación y preparación meticulosas, mezcladas con una buena dosis de atrevimiento. De sus lecturas, Luie estaba convencido de que había otras cámaras sin descubrir probablemente en las pirámides de Giza. Si tenía éxito, significaba hacer realidad un sueño de la infancia, entonces el éxito cumbre de Luie sería su descubrimiento de una cámara oculta llena de oro, tesoros e historia. Y en 1966, Luie finalmente creyó que había inventado un método de mirar dentro de las pirámides, lo que equivalía a los rayos x. Su idea era aplicar los métodos de la física nuclear a la arqueología, utilizar un tipo especial de radiación natural penetrante (muones) en lugar de las radiografías.

Luie trabajó prácticamente todos los detalles antes de que le dijera a nadie lo que estaba pensando, y lo puso en un memorándum. Los rayos X reales no penetrarían lo suficientemente profundo en la roca, por lo que Luie planeó usar muones, partículas elementales creadas por la radiación cósmica desde el espacio, que pueden penetrar cientos de metros de roca. Para estimar el flujo de muones, Luie utilizó una regla general: aproximadamente un muón de rayos cósmicos pasa a través de su pulgar cada 10 segundos como parte de la radiación "orgánica" natural que siempre nos rodea (y nos penetra) en la Tierra. Todos los detalles fueron elaborados antes de que se construyera cualquier aparato. Era un físico experimental en un escritorio. Muchos científicos piensan que los experimentalistas no piensan; trabajan con hardware. Luie creía que uno tenía que conocer y entender un tema a fondo, antes de intentar una medición.

Estaba empezando a ver, en la forma en que Luie trabajaba, una posibilidad para mi propia investigación. Siempre había otros con mucho más talento en matemáticas que yo, y siempre había otros mucho más eruditos e inteligentes. Yo había encontrado la física frustrante porque había mucho que aprender. Pero el acercamiento de Luie a la física no era matemático ni comprensivo; era inteligente e inventivo. Había aprendido lo suficiente sobre cada tema; él podría volver atrás y llenar los huecos más tarde, si fuera necesario. Las brechas en su conocimiento eran sorprendentemente grandes, pero no perjudiciales para su trabajo. A pesar de que sabía poco sobre la mecánica cuántica, había descubierto la conversión interna en los núcleos de luz, un proceso cuántico-mecánico extremadamente importante e inesperado. Su conocimiento de la óptica teórica era extremadamente irregular, pero había utilizado la óptica difractiva de una manera inteligente y original para inventar un método de aterrizaje de aviones en condiciones de visibilidad cero. (Por la invención de su aproximación a tierra controlada durante la Segunda Guerra Mundial, Luie había ganado muchos premios y recibió el agradecimiento de cientos de pilotos que le debían la vida). Parecía tener un don para aprender la cantidad correcta sobre todo, y para emplear el tiempo que ganaba inventando y reuniendo ideas de campos dispares.

El proyecto de pirámide de Luie fue una aventura, la ciencia usada para la exploración. Creía que había heredado el legado de los grandes exploradores. Había leído y releído las revistas de Sir Richard Burton, el primer no musulmán que entró en La Meca, y del capitán James Cook, explorador del Pacífico. Los exploradores deben estar preparados para lo inesperado. Deben estar preparados para permitir que el destino los guíe en nuevas direcciones. Tienen que ser ampliamente educados y conscientes de dónde están las verdaderas fronteras. La ciencia es la herramienta moderna para explorar el mundo. La emoción real en la ciencia es la excitación del descubrimiento, particularmente el descubrimiento de algo que usted no tenía ninguna razón para esperar que estuviera allí.

Luie afirmaba estar impulsado por una sensación de curiosidad, pero si eso fuera cierto, podría haber pasado su tiempo convirtiéndose en un erudito. Con tanta física para aprender, ¿por qué trabajar duro tratando de descubrir algunos pequeños hechos en la física que nadie más sabe? Los verdaderamente curiosos no pierden el tiempo juntando rompecabezas, ya que había tantos bellos cuadros para ser vistos en libros y museos. ¿Alguien realmente resuelve rompecabezas para ver la imagen? No, lo hace por la diversión de resolver la miríada de pequeños puzzles a lo largo del camino. Luie era un solucionador de rompecabezas, un aventurero, un explorador.

Por supuesto, no todas las exploraciones tienen éxito. Ponce de León nunca encontró la Fuente de la Juventud. Luie no encontró cámaras en la pirámide. Algunos periódicos informaron erróneamente que no había encontrado ninguna cámara, y Luie se apresuró a señalar su error. Hizo más que buscar sin éxito; había buscado y hallado que no había cámaras dentro. El problema con la toma de riesgos es que a veces fallas. La resistencia no es una virtud para la investigación en física; es una necesidad absoluta.

Una mañana de 1968 tuve problemas para sintonizar la radio para oír las noticias de la mañana. Lo que escuché fue "inaudible. . . inaudible. . Premio Nóbel de Química. . . inaudible. . inaudible... Física ... inaudible ... inaudible ... Álvarez. . . inaudible". Corrí a la habitación de al lado buscando a mi esposa, Rosemary, gritando, "¡Luie ganó el Premio Nóbel! ¡Luie ganó el Premio Nóbel!" La levanté en el aire y la hice girar, sorprendiéndome de mi propia fuerza. Dejamos de bailar por un momento mientras, de repente, me preguntaba si había oído mal. Tenía mucho sentido darle el premio, pero pensé que Luie había perdido su oportunidad cuando el premio había sido dado a Donald Glaser, varios años antes, por la invención de la cámara de burbujas, el dispositivo que Luie había perfeccionado y utilizado para miles de descubrimientos de partículas elementales. Toda mi alegría se basaba en una sola palabra, que tal vez no había escuchado correctamente. Llamé al laboratorio y llamé al secretario de Luie por teléfono: "Ann, acabo de oír en la radio...", "Sí - interrumpió ella - ¿no es maravilloso?" Corrí al laboratorio. Todo el mundo lo estaba celebrando, esperando que Luie apareciera. Un periodista le había llamado a casa por la mañana temprano. El premio le fue dado por todos los descubrimientos que habían conseguido con la cámara de burbujas. Luie fue el único ganador de Física ese año.

Había aplausos por el pasillo y supuse que Luie había llegado por fin. Todo el mundo estaba delirantemente feliz. Para alguien con una reputación entre los extraños de ser un gran cascarrabias, Luie obviamente había generado una gran lealtad y cariño entre los que habían trabajado con él. Me sorprendió incluso mi propia felicidad. Fue el día más emocionante de mi vida.

## 4. Dinosaurios

En 1976 habían pasado siete años desde que había recibido mi doctorado. Me había quedado en Berkeley y había seguido el modelo de Luie para desarrollar varios proyectos míos. Dos de ellos tuvieron un éxito particular: una medición de la radiación cósmica de microondas, y la invención de un nuevo método para la datación por radioisótopos. Pronto sería recompensado con un cargo en la facultad, en el departamento de la física en Berkeley, y dos premios nacionales prestigiosos. Un amigo me advirtió que era más fácil conseguir una buena reputación que mantenerla. Estaba buscando algo nuevo que hacer.

Recibí una llamada telefónica de Walter Álvarez, el hijo de Luie, quien entonces trabajaba en el Observatorio Geológico Lamont-Doherty de la Universidad de Columbia. Nunca había conocido a Walter, y ésta era la segunda vez que hablábamos por teléfono. Había oído una teoría de que los dinosaurios habían sido eliminados por una supernova y pensó que podría probar o refutar la teoría haciendo algunas mediciones de una fina capa de arcilla que había encontrado en Italia. Dijo que necesitaba mi ayuda, ya que había sabido por su padre que yo había inventado una técnica sensible de datación por radioisótopos. Sus ideas fluían tan rápidamente por el teléfono que no podía mantener la atención. Al final, me desaceleré al decir: "Pensé que los dinosaurios habían sido eliminados por mamíferos más inteligentes". Tan pronto como hice este comentario, se dio cuenta de la profundidad de mi ignorancia, y se transformó de un científico entusiasmado en un paciente profesor. Dijo: "Déjame decirte un poco sobre los dinosaurios". Estaba agradecido por el cambio de ritmo y la ausencia de condescendencia en su tono.

La mayor parte de lo que yo sabía de los dinosaurios lo había aprendido, cuando era niño, del único libro que la biblioteca pública local tenía sobre el tema. (En los viejos tiempos, a diferencia de hoy, no estábamos inundados con libros de dinosaurios, modelos de dinosaurios y muñecos de dinosaurios de peluche rellenos). Yo sabía que los dinosaurios habían desaparecido misteriosamente al final del Cretácico, hace 65 millones de años. La mayoría de las personas creían que sus cuerpos habían crecido demasiado para sus cerebros, y se habían vuelto demasiado tontos para competir con los mamíferos. La palabra "dinosaurio" se ha convertido incluso en una metáfora despectiva para cualquier cosa crecida demasiado grande para su propio bien. Esto es lo que creía saber acerca de los dinosaurios. Pero como Josh Billings, el humorista del siglo XIX, dijo una vez: *"El problema con la mayoría de la gente no es su ignorancia. Es que lo que saben, no es así,"*

Walter rápidamente corrigió mis conceptos erróneos. Explicó que hace 65 millones de años, los más brillantes de los mamíferos no eran más inteligentes que los más inteligentes de los dinosaurios. Los mamíferos no habían sido una invención reciente de la Naturaleza. Habían competido sin éxito con los dinosaurios durante 100 millones de años. Por otra parte, la mayoría de los mamíferos que vivieron entonces se extinguieron al mismo tiempo. El mito popular de que los dinosaurios habían sido eliminados por inteligentes pequeños mamíferos, con gusto por los huevos de dinosaurio, no era más digno de respeto que el alegato de que los dinosaurios habían muerto porque eran demasiado grandes para caber en el Arca de Noé. Lo que mató a los grandes lagartos no se especializó en dinosaurios. Más de dos tercios de todas las especies que vivían en ese momento desaparecieron junto con ellos, incluidos no sólo los mamíferos, sino también los peces, los corales, los mariscos e incluso los microscópicos animales unicelulares conocidos como foraminíferos. Fue tanta la biomasa que fue destruida, que los paleontólogos llamaron a la catástrofe "una extinción en masa".

En ese momento, la teoría más reputada para las extinciones las atribuía al cambio climático. Este, a su vez, puede haber sido provocado por la deriva continental, también conocida como "tectónica de placas", porque no son sólo los continentes los que se mueven, sino piezas más grandes de la corteza terrestre, conocidas como placas. Norteamérica y Europa se están separando actualmente a una velocidad de cerca de 1 milímetro por mes, mientras que el nuevo suelo marino se crea en la dorsal mesoatlántica. "Esa es casi la misma velocidad con la que crecen tus uñas", dijo Walter. Un milímetro por mes suma, aproximadamente,



un centímetro por año, un metro cada 100 años, 10 kilómetros cada millón de años, y 10.000 kilómetros cada mil millones de años, comparable al tamaño de la Tierra. A medida que estas placas se mueven, suceden muchas otras cosas. El nivel del mar puede subir o bajar, la configuración de los océanos puede ser alterada, y el clima, en todo el mundo, puede cambiar. Hace unos 65 millones de años, tal movimiento hizo que los grandes mares interiores de América del Norte se secaran, un cambio suficiente por sí solo para desencadenar una catástrofe ecológica. Pero Walter no había encontrado convincentes las teorías de la extinción masiva. Estaba particularmente preocupado por la desaparición abrupta de los animales microscópicos conocidos como foraminíferos. ¿Qué podría matar simultáneamente a los dinosaurios gigantes y los foraminíferos microscópicos, y hacerlo en todo el mundo?

Malvin Ruderman, profesor de física en la Universidad de Columbia, había propuesto que las criaturas se extinguieron por la explosión de una estrella cercana, una supernova. En tal explosión, las capas externas de una estrella se desprenden y, durante unos segundos, la potencia vertida en el espacio es mayor que el poder combinado de todas las otras estrellas en el Universo. Durante unas semanas, el plasma en expansión brilla con el brillo de 10 mil millones de estrellas, mayor que el de todas las restantes estrellas de la galaxia. Ruderman especuló que los intensos rayos X de tal explosión destruyeron el escudo de ozono de la atmósfera superior, y permitieron que la radiación ultravioleta del Sol, mortal para la vida, llegara a la superficie de la Tierra. De acuerdo con esta teoría de la supernova, el desastre duró sólo una década, el tiempo que tomó la atmósfera para restaurar el escudo. Walter señaló que este período era mucho más corto que los millones de años requeridos por otras teorías y, por eso, la duración de la catástrofe era lo que más le interesaba medir.

Las rocas sedimentarias se forman en el lecho marino como cocolitos, restos de conchas y esqueletos de pequeños animales marinos, que se desplazan hacia el fondo y son comprimidos gradualmente por el peso de otros materiales que caen desde arriba. Walter había estado trabajando durante varios años en varios lugares de Italia, donde había identificado minuciosamente todas las etapas geológicas de la roca, y sabía exactamente dónde encontrar la roca formada en el momento en que los dinosaurios se extinguieron. Justo por encima de la roca formada en el período cretáceo, la última edad de los dinosaurios, la caliza continua estaba interrumpida por una capa de arcilla de menos de 1,3 cm de espesor. Debajo de la capa de arcilla había abundantes foraminíferos, pero, por encima de ellos, estaban prácticamente ausentes. Walter especuló que la arcilla fue depositada durante la gran catástrofe, cuando había pocas criaturas marinas para formar piedra caliza, pero la arcilla continuó lavándose por la erosión continental. Si pudiéramos decir cuánto tiempo tardó en depositarse la arcilla, sabríamos cuánto tiempo había durado la catástrofe.

Walter no tuvo que retorcerme el brazo para que me interesara ayudarlo. La medida que quería era difícil, pero posible. Acordé en visitarlo en Nueva York para elaborar algunos planes en detalle. Mientras que estaba allí, yo daría también un coloquio sobre el método del ciclotrón y sus aplicaciones a la geología. Había muchos expertos en Lamont que podían criticar nuestros planes y, así, ayudarnos a anticipar los problemas.

La muerte de los dinosaurios había sido el primer misterio de la ciencia sin resolver que había aprendido de niño. Al cabo de un rato dejé de pensar en las dificultades que se avecinaban y, en cambio, me entregaba a la fantasía de resolver el problema. No perjudica fantasear un poco, y es mejor que lo haga mientras pueda. Lui me había enseñado que, en pocos días, se demuestra que las ideas más inteligentes están equivocadas. Si usted consigue tener una buena idea cada semana, entonces puede esperar encontrar una cada pocos meses que sea realmente digna de desarrollarla. Cada pocos años, usted podría tener una idea que podría conducir a un descubrimiento. Lo importante es seguir trabajando, pensando, probando ideas locas. Si usted puede mantener el ritmo, entonces tal vez una vez en su vida se pueda tropezar con algo realmente importante, algo que podría cambiar el curso de la ciencia.

Mientras conducía hasta el Observatorio Geológico de Lamont-Doherty, medité en el extraño título dado a este laboratorio. Para mí, "observatorio" significaba telescopios, noches frías pasadas en las montañas tratando de trabajar en la oscuridad virtual. ¿Por qué los geólogos habían tomado prestado este término de los astrónomos? Es cierto que ni los astrónomos ni los geólogos pueden hacer experimentos, al menos no en el sentido que hacen los físicos. Las estrellas y las rocas se sientan ahí afuera, dando como mucho una

instantánea de lo que es el Universo en este momento. No se puede cambiar de manera significativa; sólo se puede hacer observaciones detalladas y cuidadosas de su configuración actual y tratar de deducir lo que deben haber sido como millones o miles de millones de años atrás. Los astrónomos y los geólogos son observadores, no experimentadores, observadores de los experimentos realizados por la Naturaleza. Así que, tal vez "observatorio geológico" era adecuado.

Cuando hablé con Walter por teléfono, me había imaginado que estaba en un deslucido despacho que, tal vez, se asomaba a otros edificios, pero, de hecho, su oficina estaba en una elegante mansión antigua que alguna vez había servido como casa solariega en una finca. Desde el sitio elevado sobre el río, se podía ver los altos acantilados de las Palisades y las colinas del Hudson Valley. Los geólogos ciertamente saben cómo vivir.

Por alguna razón nunca se me había ocurrido que Walter se parecería a su padre. Pero lo era. Allí estaba, alto y delgado, con la sonrisa característica y el cabello rubio de mi antiguo profesor de tesis. He tenido experiencias similares muchas veces, pero siempre me sorprende ver los claros efectos de la herencia en las personas. Quizá subconscientemente quiero olvidar que soy una criatura biológica y cultural. Walter parecía un hombre que había pasado buena parte de su vida al aire libre, y tenía un fuerte apretón de manos. Pero su voz era más suave que la de su padre. Tenía un leve timbre que me recordaba a Henry Fonda.

Mi coloquio en Lamont fue programado temprano en el día. Cerca de una docena de geólogos vinieron a oírme hablar de "espectrometría de masas acelerada" y cómo se podría usar para fechar la roca sedimentaria. El método utiliza un acelerador de partículas, tal como un ciclotrón, comúnmente conocido como un "atomizador", para acelerar algunos de los átomos en la roca a una velocidad cerca de la de la luz. Cuando los átomos se mueven con esta velocidad, se pueden usar detectores especiales para identificar y contar átomos individuales. Un átomo particular que parecía útil para la geología era el Be-10, un isótopo de berilio con un total de 10 protones y neutrones. Es un átomo radiactivo, creado cuando la radiación cósmica del espacio golpea los átomos de oxígeno y nitrógeno en la atmósfera, rompiéndolos en pedazos más pequeños. La mayor parte de este Be-10 cae gradualmente a la superficie de la Tierra o en los océanos. A medida que se instala en el lecho marino, queda atrapado en cualquier roca que se esté formando. Creemos que esta lluvia de Be-10 sobre la Tierra es constante, ya que estimamos que la afluencia de radiación cósmica es constante. Así que, si la tasa de formación de rocas está cambiando, la densidad de Be-10 atrapado cambiará al mismo tiempo. Si una gran cantidad de roca se forma en un año determinado, entonces la densidad de berilio-10 será baja. Si la roca se forma lentamente, la densidad de Be-10 será alta. Al medir la densidad de los átomos Be-10 atrapados en la muestra, podríamos responder a la pregunta de Walter sobre la velocidad de formación de la misteriosa capa de arcilla.

El Be-10 es radioactivo, y las tablas de datos establecen su vida media en sólo 2,5 millones de años. Eso significa que en cada intervalo de 2,5 millones de años después de que se haya depositado, la mitad de los restantes átomos de Be-10 en la capa desaparecerán. En 65 millones de años hay 26 intervalos de este tipo, por lo que la fracción de Be-10 que queda después de ese tiempo se puede calcular como  $(1/2) \times (1/2) \times (1/2) \times (1/2) \times \dots$  con el término " $(1/2)$ " apareciendo 26 veces. Unas pocas pulsaciones rápidas en una calculadora de bolsillo que nos habían dado a Walter y a mí, y la respuesta durante nuestra conversación telefónica fue: el Be-10 original se había reducido en un factor de 67 millones. Prácticamente todo había desaparecido. Sin embargo, el nuevo método del ciclotrón era tan sensible que podría ser capaz de detectar incluso este pequeño remanente. La medida parecía difícil, pero era todavía posible.

Los geólogos presentes en el acto hicieron preguntas pertinentes y plantearon muchas objeciones. Yo era capaz de manejar la física, pero tuve que delegar en Walter para prácticamente todo lo relativo a la geología. Había claramente muchas sutilezas en este tema que yo ni siquiera era consciente de ellas. Al final de mi presentación tuve la fuerte impresión de que Walter conocía mi tema mucho mejor de lo que yo lo conocía.

Después Walter me llevó a ver la enorme "biblioteca" de núcleos marinos que estaban almacenados en Lamont. Estas fueron muestras de rocas tomadas por la famosa nave oceanográfica "Glomar Challenger", que había empleado años (y muchos millones de dólares) en perforar hoyos de muestreo en el fondo de los

océanos de todo el mundo. Esta nave era parecida, pero no debía confundirse con el "Glomar Explorer", que alcanzó notoriedad al ser secretamente manejado por la CIA y que supuestamente recuperó parte de un submarino soviético del fondo marino. Es irónico que el "Glomar Challenger" fuera realmente un explorador, y el "Glomar Explorer" fue utilizado, en efecto, para desafiar a los soviéticos.

La enorme biblioteca central estaba ubicada en el sótano de uno de los edificios más grandes. Puestas cuidadosamente en filas de más de 30 metros de largo había miles de bandejas de metal que contenían cilindros de roca, cada uno cuidadosamente marcado con una notación similar a la utilizada en el sistema decimal de Dewey. La edad de la mayor parte de esta roca nunca había sido determinada, pero aquí estaba, una muestra del mundo, sentada en Lamont esperando a ser medida. Era invaluable e insustituible (excepto a un gran costo), llena de muchos secretos, esperando a que científicos inteligentes los descubrieran. La historia del mundo estaba allí, si pudiéramos descifrarla. Ya se habían hecho muchos progresos utilizando fósiles y magnetismo remanente para identificar las capas. Ahora, el Be-10 y los aceleradores podrían ayudar.

A Walter no le gustaba quedarse en el interior, y hablamos mientras caminábamos por los preciosos jardines. Se deleitaba en señalar dónde habían estado los cuartos de los sirvientes, donde habían sido guardados los caballos, qué edificios habían sido utilizados por el amo de la finca para entretenerse. Era característico de él, como pude apreciar en mayor medida cuando le visité en Italia muchos años después, que le encantaba aprender la historia de cualquier lugar donde trabajaba. Hablamos de geología y física, y seguí impresionado con su rápida comprensión de las ideas de la física. Él era mejor en esto que la mayoría de los físicos que yo conocía y, sin embargo, era muy modesto y consciente de las limitaciones de su conocimiento.

Cuando le conté el trabajo que había hecho con su padre, él se volvió particularmente atento. Quería saber todo lo que podía decirle sobre su padre. Le conté cómo había aprendido con Luie cuando era estudiante de postgrado y cómo me había comprometido una vez a aprender todo lo que estaba dispuesto a enseñarme. El aprendizaje continuaba; después de una década aún tenía mucho que aprender.

Pero me volví consciente cuando me di cuenta de que parecía conocer a Luie Álvarez mucho mejor que a Walter. El matrimonio de sus padres se había roto justo cuando estaba terminando la escuela secundaria, pero si alguna vez había tenido resentimiento por su divorcio, claramente lo había dejado atrás. Tenía recuerdos de la infancia de su padre, pero no sabía casi nada sobre la vida profesional de él. Y en el intervalo, se había convertido en un científico. Así, se consumía de curiosidad por la obra de su padre. Quería conocer todos los detalles de los métodos de su padre, cómo trabajaba, con qué le gustaba trabajar, cómo pensaba. Me sorprendí al conocer las respuestas a todas sus preguntas. En cierto sentido, porque sentía que me había convertido en un hijo sustituto de Luie, me pareció incómodo hablar con Walter, el verdadero hijo. Pero mi vergüenza se desvaneció al darme cuenta de que Walter no tenía celos, sólo una gran curiosidad. Pronto me encontré hablando con él libremente. Me encantó contarle sobre la emoción de estar expuesto a la constante barrera de nuevas ideas de Luie.

Cuando volé de vuelta a Berkeley, pensé en Walter como un nuevo amigo, potencialmente como un hermano perdido hace mucho tiempo, y esperaba que nuestra colaboración creciera. Pero la medida que él quería no sería fácil. El nuevo método, si todo funcionaba perfectamente, apenas llegaría a 65 millones de años. Tal vez serían necesarios años de desarrollo adicional para dar la sensibilidad requerida.

Antes de visitar a Walter, había dado una charla en el Research Progress Meeting (o RPM), en Berkeley, sobre el método del ciclotrón. Mi trabajo en este campo había comenzado cuando Luie había tenido la ingeniosa idea de convertir un ciclotrón grande en un espectrómetro de masas y luego usarlo para buscar quarks. Con la ayuda de William Holley y Edward Stephenson, habíamos logrado hacer la búsqueda, pero, después de dos años de esfuerzo, no habíamos encontrado ninguno. Se había convertido en un experimento "nulo", un experimento que afirma con gran precisión que algo no está allí. Experimentos nulos son el tipo menos excitante hecho por los científicos. El proyecto de Luie para radiografiar las pirámides también había demostrado ser un experimento nulo.

En la Research Progress Meeting había informado sobre nuestra búsqueda nula de quarks y sobre mi idea de aplicar el método a la detección de isótopos como C-14 (radiocarbono) y Be-10. Grant Raisbeck, un joven físico con experiencia en ciencias nucleares, había sido uno de los asistentes. Como me contó más tarde, él pasó la mayor parte del tiempo mientras yo hablaba "pateándose a sí mismo" por no haber inventado el método del ciclotrón. Había estado interesado en Be-10 durante muchos años, dijo, y se había dado cuenta de su potencial para Geología, pero sabía que los métodos estándar para su detección eran muy difíciles e insensibles. Decidió que había encontrado la llave para desbloquear el problema. El método del acelerador abriría un nuevo campo de investigación. Poco después de mi intervención, Raisbeck se dedicó plenamente a la explotación del nuevo método. En pocos años se convirtió en el experto mundial en el uso de la técnica para Be-10, e hizo cientos de mediciones, utilizando varios aceleradores en Francia, donde continuó su investigación.

En julio de 1976, cuando volví de mi visita con Walter Álvarez, encontré a Raisbeck esperando en mi oficina. Me alegró verlo de nuevo, sobre todo porque tuve el experimento Be-10 más excitante del mundo para contarle. Walter y yo íbamos a tratar de resolver el misterio de la extinción de los dinosaurios. Raisbeck encontró esta aplicación interesante, pero se quejó de que estaba usando el valor equivocado para la vida media de Be-10. Le mostré el número en la tabla de los isótopos: 2,5 millones de años.

"Lo siento -dijo-. Ese número es incorrecto. ¿No te acuerdas? Te lo dije después de dar la RPM. Yo mismo medí la vida media. Es 1,5 millones de años, no 2,5".

Recordaba vagamente que Grant se acercó a mí después de mi RPM, pero en ese momento no me había interesado mucho en el Be-10. Sentí que no podía estar en lo cierto sobre la vida media. El valor de 2,5 fue obtenido por el premio Nóbel Edwin McMillan, recientemente retirado como director del Lawrence Radiation Laboratory. Estaba seguro de que McMillan era un científico demasiado bueno para publicar un número tan incorrecto. Pero Raisbeck estaba igualmente seguro de que McMillan estaba equivocado.

Si Raisbeck tenía razón y McMillan se equivocaba, acabaría con el estudio de dinosaurios propuesto con Walter. Sesenta y cinco millones de años es sólo 26 vidas medias si el valor es de 2,5 millones de años. Pero si el valor es de 1,5 millones de años, sería más de 43 vidas medias. Las 17 vidas medias adicionales reducirían nuestra señal por un factor de  $(1/2)$  multiplicado por sí mismo 17 veces, es decir,  $1/131.000$ . La señal del Be-10 sería 131.000 veces más débil de lo que habíamos planeado. Un experimento difícil se convertiría en algo imposible.

No sabía qué hacer, y le conté a Luie la discrepancia. Inmediatamente llamó a McMillan, quien no tardó mucho en descubrir lo que había sucedido. Localizó sus cuadernos originales y comparó sus resultados con los de su artículo publicado. Él encontró que el valor en sus notas era más cercano al "nuevo" valor de Raisbeck de 1.5 millones de años que a su propio valor publicado. Encontró la discrepancia en una frase de su artículo en la que calculaba el valor promedio de vida, un número 1,4 veces mayor que la vida media. Para su asombro, había dejado de lado el factor de 1,4 (1 dividido por el logaritmo natural de 2) y publicó accidentalmente el valor promedio en lugar de la vida media. ¡Era sólo un error de transcripción!

McMillan me reprendió por haber usado el valor dado en la tabla de los isótopos sin volver a mirar su artículo original. "Física descuidada -dijo-. Los físicos de hoy son perezosos. Ya nadie lee la literatura. Si hubieras leído mi artículo original cuidadosamente habrías detectado el error".

Tenía razón, en parte. Había hecho mucho trabajo, planeado mucha investigación, sin comprobar un número crítico. Si hubiera leído el artículo de McMillan podría haber notado la discrepancia. Pero tal vez no. Es muy difícil captar errores como ese. Nadie lee nunca la literatura, pensé maliciosamente, incluido el autor. El proyecto de los dinosaurios estaba muerto, tan muerto como un proyecto puede estar. Muerto por un error de imprenta.

Llamé a Walter y le conté la trágica noticia. Demasiado mala. Pero así son los proyectos. Muy pocas ideas realmente llevan a un descubrimiento importante. Usted no debe enfurruñarse cada vez que una de sus ideas falla. Sólo siga teniendo ideas. Una vez por semana. Continúe. No deje de pensar.

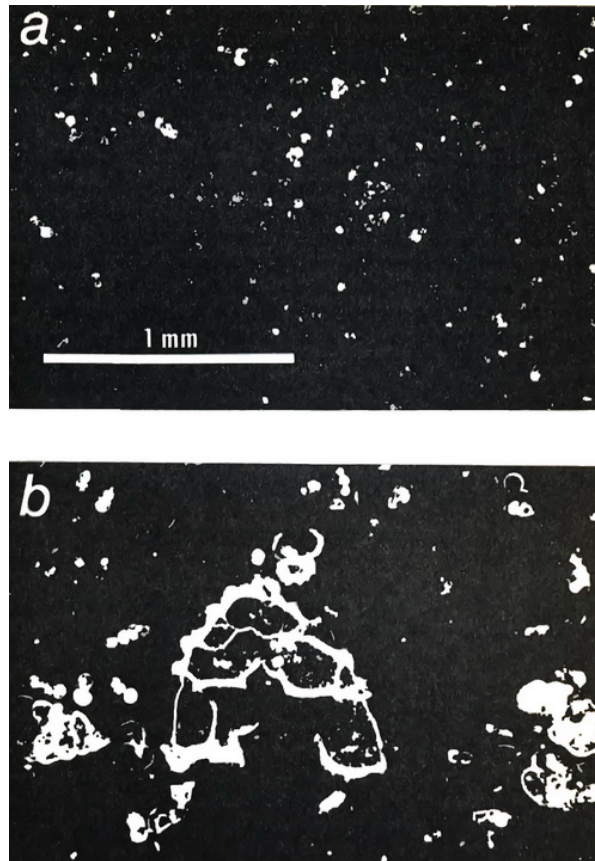
## 5. Iridio

Mi fantasía de resolver el enigma de los dinosaurios estaba muerta, y me sentí aliviado. Mi vida científica ya estaba bastante llena, y el fracaso de este proyecto hizo lugar a otras cosas. Yo racionalicé que nunca habríamos encontrado nada importante de todos modos. Era mejor no perder todo ese tiempo. En abril de 1977 se publicó en *"Science"* un artículo sobre la espectrometría de masas por acelerador, con las primeras mediciones de datación por radioisótopos realizadas con el ciclotrón de Berkeley. Atrajo el interés de una diversa y fascinante colección de científicos. Otro proyecto que había iniciado, uno para detectar la velocidad de la Tierra con respecto al resto del Universo, estaba empezando a mostrar resultados emocionantes. Encontramos que la Tierra se movía a poco más de 1,6 millones de km por hora con respecto a las galaxias distantes. Pronto resultó ser un número importante en la cosmología, ayudando a comprender la gran dinámica del Universo. Con estos dos logros en la mano, yo estaba sentado en la cima del mundo, y era fácil olvidarse de los dinosaurios.

Mientras tanto, Walter Álvarez estaba tratando de decidir si quería venir a Berkeley como profesor asistente de geología y geofísica. El cambio significaría un rango más bajo para él, y tendría que romper una de las reglas cardinales del ambicioso: nunca acepte un sueldo más bajo. Sin embargo, nunca había sido codicioso por dinero. Vio oportunidades de investigación en Berkeley que no existían en Lamont. Le encantaba la atmósfera académica de un campus universitario y la diversidad de interesantes investigaciones que se estaban haciendo. Y creo que también fue atraído por su padre, su fascinante padre, a quien conocía muy poco.

Luis Álvarez admitió libremente que no había nada que él haría más a gusto que escribir un artículo con su hijo. Siempre había estado algo desconcertado por el interés de Walt por la geología y sus pequeños problemas: ¿cómo se formó esa montaña, o ese valle? ¿Dónde estaban los grandes problemas, los problemas de importancia universal? Lo más difícil para cualquier científico es aprender cómo elegir los mejores proyectos para trabajar. Tal vez Walt podría beneficiarse de un poco de orientación. Walt, como yo, parecía interesado en aprender lo más que podía de Luie. Tal vez incluso podría interesar a su padre por la geología. Me alejé de Luie en mi propio mundo mientras Walt se acercaba mucho más a él.

Walt decidió pasar un año en Berkeley en 1977-78 como una forma de probar el lugar. Cuando llegó, dio a su padre un regalo especial, una roca que había cortado cuidadosamente de una sección expuesta cerca de Gubbio, Italia. La roca tiene varias capas, características de su origen sedimentario. Había encajado la roca en plástico y pulido un lado de ella. Walt hizo que Luie mirara de cerca las tres capas en la roca con una lupa de bolsillo. La capa inferior era una piedra caliza blanquecina, carbonato de calcio dejado de un número innumerable de cocolitos microscópicos. En esta piedra caliza se encontraban los objetos circulares más grandes llamados "foraminíferos". Los fósiles de estos animales unicelulares eran muy abundantes en la capa y muy diversos. Justo encima de la piedra caliza blanquecina había una fina capa oscura de alrededor de 1.3 cm de grosor. Esta capa de arcilla no tenía fósiles en ella. Por encima de la arcilla había más piedra caliza, algo más oscura que la capa inferior. Walt le pidió a Luie que buscara foraminíferos. No pudo encontrar ninguno. Sólo una especie de foraminíferos había sobrevivido, y sus miembros eran demasiado pequeños para ser vistos con la lupa. Los numerosos foraminíferos marinos, vivos hoy en día, todos evolucionaron a partir de una pequeña especie que, de alguna manera, lo hizo a través de la catástrofe. "Los otros foraminíferos habían desaparecido - le dijo Walt a su padre - al mismo tiempo que los dinosaurios desaparecieron". La muestra de roca era de las mismas capas que Walt había querido que analizara con el ciclotrón.



Microfotografías de foraminíferos en la roca, por encima (a) y por debajo (b) de la capa de arcilla. Muchos de los grandes foraminíferos de la capa inferior (b) han desaparecido en la capa superior. Sólo permanecieron una especie de pequeños foraminíferos.

Más tarde, Luie describió esta experiencia de mirar la roca de Walt como uno de los momentos más emocionantes de su vida. Aunque había oído antes a Walt describir la naturaleza abrupta de la catástrofe, su reacción era diferente ahora que tenía esa roca en la mano, ahora que había visto los foraminíferos con la lupa de bolsillo. Ya no era un problema abstracto. Enormes dinosaurios y pequeños foraminíferos destruidos al mismo tiempo. ¿Cómo pudo haber ocurrido? Era difícil imaginar que alguna de las explicaciones estándar de la catástrofe realmente explicara esto. La roca de Walt no podía ser ignorada. Era una gran pregunta en geología. Algo dramático había sucedido, algo que había afectado nuestra propia existencia, tal vez la hizo posible.

La pista era esa fina capa de arcilla. Luie se había interesado, fascinado. El método del ciclotrón había demostrado ser inadecuado, pero tales fracasos no disuadieron a Luie. Debe haber alguna manera física de determinar la velocidad de sedimentación, de determinar si la arcilla había sido depositada en 100 años o en 100.000 años. Si el problema es lo suficientemente importante, entonces debe haber una manera. Era un proyecto extraño para que un físico nuclear lo eligiera. Luie no había tenido mucha suerte en la selección de proyectos de investigación en los últimos años y, sin embargo, su carrera anterior me hizo pensar en él como un experto en el arte del descubrimiento, de encontrar lo inesperado. Ahora había decidido mirar la capa de arcilla de su hijo y determinar cuánto tiempo había tardado en posarse.

Aunque me había entusiasmado con el proyecto cuando pensé que mi método de acelerador era aplicable, ahora dudaba del juicio de Luie. Como estudiante de Luie, había estudiado su enfoque para escoger temas de investigación. Había decidido que el valor de un proyecto era dado por una fórmula que parecía algo así:

$$\text{Valor} = (\text{Probabilidad de éxito}) \times (\text{Importancia}) / \text{Esfuerzo}$$

Aunque la importancia de entender la capa de arcilla era alta, la probabilidad de éxito era baja, y el esfuerzo requerido era grande. Había hecho tantos descubrimientos que ya no parecía interesado en hacer nuevos, a menos que tuvieran el potencial de ser verdaderamente revolucionarios. Estaba tomando grandes riesgos, pero estaba perdiendo constantemente. El proyecto de globo en mis días de estudiante de postgrado no había llevado a nada importante. El proyecto de la pirámide no había encontrado ninguna cámara. Decidí que el juicio de Luie estaba fallando.

Cuando traté de aplicar el ciclotrón al problema, había usado una técnica que ya tenía en mano. El esfuerzo requerido fue pequeño, incrementando el valor en la ecuación. Luie no tenía ninguna técnica relevante. Tendría que inventar algo nuevo. Estaría perdiendo el tiempo. Sería otro proyecto para añadir a su lista de experimentos fallidos. Tal vez sólo estaba interesado en trabajar con su hijo. Probablemente fue eso. Bien por él. Se había retirado recientemente. Era tonto esperar que continuara trabajando con la intensidad que tenía hasta ahora. No, no estaba celoso, pensé. Tenía suficiente con mis propios proyectos para trabajar.

Mientras racionalizaba, Luie estaba pensando en la física. No podía sacar la capa de arcilla de su mente. Jugaba con la muestra encerrada que le había dado Walt. Debe haber algún método para medir la tasa de sedimentación, y se sintió seguro de que podría encontrarlo. Se basó en su vasto conocimiento de la física nuclear. Si había un método esperando ser descubierto, sabía que probablemente sería en este reino. Había aprendido este tema cuando era un joven científico que trabajaba para Ernest Lawrence, cuando Luie se encargaba de actualizar las tablas de isótopos. En aquel entonces, los descubrimientos parecían venir cada semana, y él conocía cada isótopo de cada elemento como si fuera un buen amigo. También sabía innumerables hechos misceláneos sobre los isótopos. ¿Podría explotarse alguno de estos conocimientos?

¿Qué átomos de la capa de arcilla pueden usarse para determinar la velocidad de sedimentación? El berilio-10 de los rayos cósmicos había demostrado ser una señal demasiado débil. ¿Había algo más que provenía de los rayos cósmicos? ¿Qué pasa con los micrometeoritos que constantemente bombardean la Tierra? Luie sabía que el polvo se estaba asentando en la Tierra debido a la constante lluvia de meteoros que se vaporizan cuando golpean la atmósfera de la Tierra. Sólo los meteoros más grandes resplandecen lo suficientemente brillantes como para que podamos verlos por la noche. Mucho más numerosos que los meteoritos son los micrometeoritos, más pequeños que los granos de arena. Los aviones que volaban a gran altitud para probar el aire habían recogido con filtros de papel un polvo fino, que resultó ser el residuo de los micrometeoritos que habían perdido su tremenda velocidad (típicamente 32 km por segundo) en la atmósfera muy alta y se movían lentamente hacia abajo. Luie se dio cuenta de que los micrometeoritos podrían ser parte de la solución al problema de Walt. Si la lluvia de micrometeoritos es constante, entonces se podría determinar la velocidad de sedimentación viendo cuántos micrometeoritos se habían quedado atrapados en la nueva roca, tal como se formó bajo los océanos.

¿Cómo podríamos encontrar y contar los micrometeoritos? Podría resultar ser una tarea desesperadamente difícil si se hace manualmente. Gran parte del material era demasiado pequeño para ser visto incluso con un microscopio. La mente de Luie regresó a su especial conocimiento de la física nuclear. Se sabía que la composición de los meteoritos era ligeramente diferente de la composición de la corteza terrestre. ¿Era suficientemente diferente para que la diferencia pudiera ser química? Él desapareció en la biblioteca del recién renombrado Laboratorio Lawrence Berkeley para obtener los números exactos, verificó la composición química de los meteoritos y la corteza de la Tierra, no estaba satisfecho con las tablas de resumen, con su potencial de errores. Encontró y leyó las referencias originales y encontró algo potencialmente interesante.

El platino, el oro y todos los elementos del mismo grupo de la tabla periódica son 10.000 veces más abundantes en meteoritos que en la corteza terrestre. ¿Cómo puede ser esto, considerando que la Tierra y los meteoros tienen un origen común en el polvo del primer sistema solar? La respuesta es simple: los elementos del grupo del platino se ligan fácilmente con hierro. (De hecho, el platino y el oro se llaman elementos "siderófilos", lo que se traduce en "amantes del hierro"). La Tierra primitiva era muy caliente, su roca estaba derretida por el calor generado por la radioactividad natural en la roca y la energía aportada por



numerosos impactos de meteoros. Posteriormente, la Tierra se enfrió y desarrolló una sólida corteza, pero sólo porque la mayor parte de esta radiactividad había decaído. Aún así, la mayor parte de la radiactividad que absorbemos en nuestros cuerpos, que está sacudiendo nuestra vida, todavía proviene de la roca y del suelo, no de los rayos cósmicos o de los rayos X. La Tierra era lo suficientemente grande para que su propia gravedad fuera lo suficientemente fuerte como para empujar a la mayor parte del denso hierro líquido hasta su núcleo. Esta separación del hierro del material de la corteza se llama "diferenciación". En contraste, la mayoría de los meteoritos que flotan en el espacio, eran demasiado pequeños para que se produjera la diferenciación en ellos.

A medida que el hierro se hundió en el núcleo de la Tierra, se llevó con él los elementos siderófilos oro y platino. Irónicamente (sin juego de palabras)<sup>3</sup>, el oro y el platino fueron barridos mucho más completamente que el hierro. Aunque mucho hierro se quedó atrás, la mayoría de los elementos siderófilos desaparecieron profundamente en la Tierra. Así, los elementos siderófilos no son particularmente abundantes en los meteoritos, pero están prácticamente ausentes en la corteza de la Tierra.

En un manual de astrofísica, Luie descubrió que aproximadamente 400 toneladas de meteoritos golpean la Tierra todos los días. De esto, alrededor de 6 partes por millón es iridio, o sea, alrededor de 200 gramos por día, o alrededor de 70 kilogramos por año. El área de la Tierra es aproximadamente  $5 \times 10^{18} \text{ cm}^2$  (5 seguido de 18 ceros). La caliza se forma con una tasa de alrededor de 1 micrón, una millonésima de un metro, cada año. Reuniendo estos números, encontró que el componente meteórico en la piedra caliza estaría en el nivel de cerca de 5 partes por mil millones.

Eso era lo que esperaba. El polvo meteorítico inyectaría más oro y platino en la roca sedimentaria que cualquier otra fuente. Si pudiera detectar estos elementos en la roca, su concentración sería una medida directa de la velocidad de sedimentación. ¿Cómo podrían ser detectados? No necesitaba saber la composición química, sólo qué elementos estaban presentes. No hay necesidad de mirar moléculas, sólo átomos. Para identificar átomos es suficiente identificar sus núcleos. Los núcleos son a menudo más fáciles de identificar que los átomos, porque sus firmas no se ven afectadas por los detalles de las moléculas en las que se encuentran los átomos. El análisis de activación de neutrones fue uno de los métodos más sensibles para detectar núcleos de elementos raros.

En el análisis de activación de neutrones, el material (roca sedimentaria, en este caso) está expuesto a los neutrones de un reactor nuclear. Los neutrones hacen algo especial que la mayoría de las otras formas de radiación no pueden: hacen que el material expuesto a ellos sea radiactivo. Hay menos de noventa y dos elementos encontrados en la Naturaleza, y la radioactividad de muchos es bastante distintiva. Si está interesado en medir la cantidad de platino y no le importa cuál sea su forma cristalina o química, puede exponer su muestra a neutrones y buscar la radiación característica del platino radiactivo activado por neutrones.

Luie comprobó cuál de los elementos siderófilos sería mejor utilizar. Aquellos elementos que eran los menos reactivos químicamente, los "elementos nobles", eran los más probables que estuvieran en la capa de arcilla después de 65 millones de años. Éstos eran oro, platino, iridio, osmio, y renio. Era importante que el elemento tuviera una alta probabilidad de absorber un neutrón. Esta probabilidad varía de isótopo a isótopo y Luie comprobó cada uno en la tabla de los isótopos, el mismo libro que había usado para encontrar la vida de Be-10. También era necesario que el átomo radiactivo producido por la absorción de neutrones tuviera una vida media suficientemente larga para que pudiera detectarse después de que la muestra fuera retirada del reactor, pero no demasiado larga o unos pocos átomos podrían decaer durante el período de recuento. Uno puede detectar sólo aquellos átomos que se descomponen, emitiendo una partícula de luz de alta energía llamada "rayo gamma". El rayo gamma tenía que ser único y no tener la misma energía que los rayos gamma emitidos por otros tipos de átomos. Sólo habría una pequeña cantidad de material de micro meteorito en la roca, y sólo una pequeña parte de ella sería un elemento siderófilo. Para un inexperto el problema habría parecido desesperado, pero Luie creía que su bolsa de trucos era suficiente para resolver el problema; encontraría el isótopo con la combinación correcta de propiedades.

---

<sup>3</sup> N. del T.: "Iron" en inglés significa "hierro".

El elemento siderófilo iridio había sido nombrado por Iris, la diosa del arco iris, debido a los muchos colores que tenían los compuestos químicos que formaba. Es un elemento que la mayoría de la gente nunca ha oído hablar, aunque es bien conocido por los joyeros. La joyería del platino contiene aproximadamente un 10% de iridio agregado para hacer el platino más duro y más durable. Luie pensó que el iridio, no el oro, el platino o el osmio, haría el trabajo, pero nunca había hecho análisis de activación de neutrones. El siguiente paso fue encontrar un experto, alguien que pudiera alertarlo de las posibles trampas. Luie ya tenía un experto en mente.

Frank Asaro era bien conocido entre los expertos en análisis de activación de neutrones, pero había ganado fama pública con su análisis del "plato de Drake". Esta era una placa de latón basto que se había encontrado en California, cerca de la costa, y se había convertido en un tesoro de la Biblioteca Bancroft de la universidad. Inscritas en el plato estaban estas palabras:

CONOCIDO POR TODOS LOS HOMBRES PRESENTES

ivne 17 1579

POR LA GRACIA DE DIOS Y EN NOMBRE DE SU MAJESTAD LA REINA ELIZABETH DE INGLATERRA Y SUS SUCESORES POR SIEMPRE YO TOMO POSESIÓN DE ESTE REINO CUYO REY Y PUEBLO CEDEN LIBREMENTE SUS DERECHOS Y TÍTULOS EN TODO EL TERRITORIO A SUS MAJESTADES SIENDO AHORA NOMBRADO POR MÍ PARA SER CONOCIDO POR TODOS LOS HOMBRES COMO NUEVA ALBION.

En su libro "World Encompassed" de Sir Francis Drake, Drake mencionó que había dejado un plato en la costa. Y después de casi 400 años, se había encontrado. ¿O ya estaba antes? Había escépticos que afirmaban que la impresión no era auténtica, y que Drake nunca habría dejado un objeto tan poco elaborado.

Ese año, 1977, James Hart, director de la Biblioteca Bancroft, había decidido contribuir a las celebraciones cuadracentenarias del viaje de Drake, encargando una nueva serie de estudios sobre la autenticidad del plato. Preguntó a Glenn Seaborg, premio Nóbel de Química y director de la Comisión de Energía Atómica, si alguien del Laboratorio Lawrence Berkeley podía taladrar muestras pequeñas de la placa de Drake sin dañarlo, para enviarlas al Laboratorio de Investigación de Arqueología y la Historia del Arte en la Universidad de Oxford, en Inglaterra. Seaborg sugirió que Frank Asaro podría hacer el trabajo por su interés en la arqueología. Frank, a su vez, sugirió que la química nuclear, Helen Michel, encabezara la operación de muestreo. Frank y Helen se dieron cuenta de que podían probar la autenticidad de la placa usando el análisis de activación de neutrones, y recibieron permiso de Hart para mantener la mitad de las muestras para sus propios estudios. Después de casi dieciocho meses de estudio, concluyeron que la composición de los metales en el latón era diferente a la de cualquier latón usado en la época de Drake. Las cantidades muy bajas de níquel, hierro, plomo, plata, oro, arsénico y antimonio en la placa no podían haberse alcanzado en el siglo XVI, en el momento del viaje de Drake, porque los procedimientos necesarios para purificar los metales aún no se habían desarrollado. La tecnología para producir esa aleación particular de latón no había existido hasta finales del siglo XIX o principios del XX. Varios otros estudios sobre la placa llegaron a la misma conclusión.

El plato era falso. Nadie ha descubierto jamás quién cometió el engaño, pero tampoco nadie ha refutado las evidencias convincentes que Frank y Helen encontraron. Ellos, en cierto sentido, habían tomado la huella digital de la placa y la encontraron culpable. La Universidad de California perdió un tesoro. La placa todavía se exhibe en la Biblioteca de Bancroft, pero no más como artefacto histórico famoso, solamente como falsificación famosa. Las universidades nunca deben estar orgullosas de sus piezas de museo de todos modos. Mucho mejor que se sientan orgullosos de sus científicos y eruditos.

Luie a menudo decía que el Lawrence Berkeley Laboratory era único en el mundo. ¿Dónde más, después de que decidió que necesitaba una nueva técnica, podría encontrar al mejor experto del mundo literalmente al lado? Frank y Helen trabajaban en el Edificio 70, justo enfrente del Edificio 50, donde Luie trabajaba.

Así que Luie y Walter le contaron a Frank sobre la capa de arcilla y le mostraron los cálculos. Frank estaba fascinado. Inmediatamente aceptó que el iridio era el elemento de elección, pero le preocupaba un posible conflicto de intereses. Ya estaba colaborando con Andre Sarnov-Wojcicki, de la US Geological Survey, sobre

un proyecto para medir el iridio en los suelos como un indicador de las lluvias de meteoros. Luie se sorprendió al enterarse de que alguien más estaba planeando usar el iridio para medir micrometeoritos. Había inventado la idea de forma independiente, y luego fue al mismo experto (Frank) que Sarnov-Wojcicki. Después de discutir el proyecto con Frank y Walt, Sarnov-Wojcicki estuvo de acuerdo en que no había conflicto de interés, y Frank se unió al equipo de Álvarez.

Me quedé fuera en parte porque no tenía nada más que aportar, pero también porque no quería involucrarme. No podía permitirme perder el tiempo en otro experimento fallido. Además de la cosmología y el trabajo ciclotrón, había comenzado un proyecto diseñado para eliminar la distorsión atmosférica en la astronomía mediante la flexión de un espejo de telescopio en tiempo real para sincronizarlo con el parpadeo de la atmósfera de la Tierra. En retrospectiva, no parece tan emocionante como resolver el enigma de la desaparición de los dinosaurios. Pero era mi propio proyecto, y estaba convencido de que podía hacerlo funcionar.

La probabilidad de éxito en el proyecto de dinosaurios de Luie parecía pequeña. Incluso si pudiera determinar la velocidad de sedimentación, Entonces, ¿qué? Es interesante cómo uno puede cambiar rápidamente de actitud ante un problema cuando ya no está involucrado.

La vida misma era la mayor distracción. Rosemary y yo habíamos decidido entrar en lo realmente desconocido, planear una aventura mucho más audaz que cualquier cosa que hubiéramos intentado. Después de diez años de matrimonio, estábamos listos para expandir nuestra familia.

Mientras tanto, Luie y Walt y Frank comenzaron a buscar iridio.

## 6. Supernova

A principios de 1978, Luie todavía estaba esperando a que Frank Asaro hiciera algo acerca de su idea del iridio. Habían transcurrido siete meses sin resultados experimentales. Walt había dado a Frank las muestras de arcilla de Gubbio en 1977. Por desgracia, parte del equipo que utilizó Frank en el trabajo de activación de neutrones se había vuelto defectuoso y había tenido que ser reemplazado. Esto tomó varios meses, y entonces se tuvieron que medir un bloque de 300 muestras para otros proyectos, que estaban atrasadas, antes de que el nuevo trabajo pudiera comenzar. Eventualmente, las muestras de arcilla fueron irradiadas durante varias horas con neutrones del pequeño reactor de investigación, cerca del campus de Berkeley. Las muestras radiactivamente calientes tuvieron que permanecer en silencio durante unas semanas, mientras que la intensa radiactividad de corta duración de otros elementos se extinguió antes de que se pudiera medir la señal de rayos gamma clara (pero débil) del iridio activado.

Es difícil mantenerse entusiasmado con cualquier proyecto que demore tanto, y los pensamientos de Luie estaban, sobre todo, en otras cosas. Estaba pensando en comenzar una nueva empresa para desarrollar aún más sus ideas sobre la óptica estabilizada. Quería mantener el control completo de la empresa, diseñar, construir y vender binoculares de alta potencia con imagen estabilizada que fueran ligeros y económicos, prismáticos que podían utilizarse en los partidos de fútbol. Sería bueno hacer unos cuantos millones de dólares, pensó. Con su larga lista de importantes descubrimientos e invenciones, había tenido el lujo de pasar sus últimos años en proyectos a largo plazo. Pero el problema con las cosas a largo plazo es que generalmente fallan, y entonces no tienes nada que mostrar. Sus ideas eran brillantes, pero a la gente no le gusta hablar de ideas brillantes. Quieren resultados.

El 21 de junio de 1978, Frank finalmente tuvo medidas de iridio en las que podía confiar. Luie me habló de ellos ese mismo día. Había iridio en la capa de arcilla, como había predicho, a una parte por mil millones. En la caliza por encima y por debajo de la capa de arcilla, no había iridio detectable, lo que significa un nivel al menos 10 veces menor. Y había otras buenas noticias. Walt había decidido no volver a Lamont: aceptaría el cargo en Berkeley. Luie estaba eufórico. La decisión de Walt de quedarse, no el descubrimiento del iridio, parecía ser la gran noticia en la vida de Luie ese día.

Al día siguiente, volé a Dallas para recibir el Premio Fundador de la Fundación Texas Instruments, otorgado por el trabajo que había hecho en astrofísica, óptica y por la invención de la espectrometría de masas de aceleradores (la técnica que no había tenido suficiente sensibilidad para examinar la capa de barro de Walt). Luie voló más tarde ese día para la ceremonia de entrega del premio. En la fiesta me reuní con los oficiales y científicos de Texas Instruments, desarrolladores de los primeros transistores de silicio y chips, así como miembros de la Fundación. Pero me encontré rodeado en su mayoría por sus esposas cuando describí vívidamente mi participación en el parto natural de mi hija.

Cuando Luie y yo caminamos por las calles de Dallas la noche siguiente, él me dijo que pensaba que nuestros papeles se habían invertido; sentía que ahora estaba aprendiendo más de mí que de él. Luie se enorgullecía de su honestidad científica y disfrutaba mucho de mi éxito, pero me sentía un poco triste al ver el aparente declive de un hombre tan grande. Su carrera había sido tan rápida, y luego llegó a un punto muerto virtual.

Cuando Luie regresó a Berkeley, se enteró de que las medidas de la capa de iridio no habían resuelto el problema de la velocidad de sedimentación de Walt después de todo. De hecho, había una nueva paradoja. Frank había encontrado demasiado iridio, demasiado.

Walt había adivinado que la producción de piedra caliza simplemente se había detenido durante la catástrofe al final del período cretáceo. Incluso cuando no se forma piedra caliza, el sedimento de los ríos

continúa depositando arcilla en los océanos. Walt había esperado que la tasa de arcilla de esta fuente se mantendría constante incluso cuando la deposición de piedra caliza se detuvo. Puesto que el iridio también se establecía a una velocidad constante, había predicho que la proporción de iridio a arcilla permanecería sin cambios. Las mediciones mostraron que el nivel de iridio en el límite cretáceo aumentó en 300, pero la concentración de arcilla aumentó en un factor de sólo 10 (de 10% de arcilla atrapada en piedra caliza a 100% de arcilla). Había 30 veces demasiado iridio.

No había ninguna explicación obvia. ¿Vale la pena intentar averiguarlo? Podría ser demasiado duro un rompecabezas para resolver. Incluso Einstein una vez mordió más de lo que podía masticar. Había desperdiciado gran parte de su carrera tratando de crear una teoría de campo unificado, pero resultó ser demasiado difícil; no se sabía lo suficiente en ese momento. El exceso de iridio era trivial o demasiado difícil de explicar. "Debe haber muchas fuentes espúreas de iridio", pensé. Hay vetas de oro en la roca; ¿Por qué no vetas de iridio? ("Esto es roca sedimentaria, no metamórfica", podría haber explicado Walt si yo le hubiera hecho esta pregunta directamente). Tal vez un volcán entró en erupción y depositó iridio del núcleo de la Tierra. ("Las emisiones del volcán se originan justo debajo de la corteza terrestre, y numerosas mediciones han demostrado que su lava no se enriquece con iridio", habría dicho Walt). Un factor de 30 en un elemento oscuro como el iridio parecía poco probable que significara algo importante.

Luie se sintió diferente. Pensó que el exceso de iridio era una nueva pista, a diferencia de lo que se había descubierto antes. Sentía un gran descubrimiento. Como un tiburón que olía sangre, percibió algo digno de ataque, y lo siguió con todo su vigor. Era la pista que podía desentrañar el misterio de los dinosaurios. De alguna manera encontraría la explicación.

Mientras Luie trabajaba como teórico, buscando una explicación para el exceso de iridio, Frank Asaro continuó haciendo más mediciones, para buscar más pistas. Frank le pidió a su colega Helen Michel que se uniera al equipo.

Regresé de un viaje en agosto y encontré que Luie todavía estaba aplicando sus habilidades y energía al misterio del iridio. Sintió que estaba en el camino, pero aún no estaba satisfecho de haber encontrado una respuesta. Todavía me parecía que estaba perdiendo el tiempo, sólo para poder trabajar con su hijo. Cuando no estaba en su oficina, podía encontrarse en la biblioteca, a menudo leyendo un artículo de treinta años. A veces se detenía junto a mi oficina con alguna nueva explicación, y yo escuchaba con cortesía y trataba de encontrar fallas. Nunca pude. Luie siempre había anticipado mis objeciones y tenía respuestas listas. Parecía deleitarse con el hecho de que nadie podía acabar con sus últimas ideas, sino él mismo. No podía competir con Luie Álvarez, el joven Dirk.

Al final del verano, Luie había llegado a la conclusión de que sólo había una explicación aceptable para la anomalía del iridio. Todos los demás orígenes podrían ser descartados, ya sea porque eran inconsistentes con alguna medición verificada o porque eran internamente inconsistentes. El iridio había venido del espacio, decidió, y la única fuente posible era una supernova, una estrella en explosión.

Las supernovas son eventos raros en los cielos. En una galaxia típica de cien mil millones de estrellas, hay una supernova cada 25 a 100 años. La última supernova conocida en nuestra propia galaxia de la Vía Láctea fue hace 300 años, pero se cree que ha habido muchas más que han sido oscurecidas por bandas de polvo cerca del Sol. (A principios de 1987, una supernova particularmente brillante en la cercana Nube de Magallanes Grande sería titular en todo el mundo). Aunque son infrecuentes, valen la pena esperar. En sólo unas pocas semanas, la estrella explosiva se ilumina cien mil millones de veces más, hasta que es tan brillante como todas las otras estrellas de la galaxia. Es posiblemente la mayor liberación de energía en el Universo moderno. Las supernovas crean elementos pesados, como el hierro, el oro y el iridio, y los dispersan en el espacio. Aunque las supernovas son raras, la galaxia es vieja, y prácticamente no hay región que no haya sido golpeada por tal explosión. La mayoría de los astrónomos creen que el Sol fue creado a partir de los restos de varias supernovas. El hecho de que tengamos hierro en nuestra sangre significa que nosotros, los átomos de los que estamos hechos, estuvimos una vez dentro de una estrella que explotó. Tú y yo somos restos de supernova.

Una supernova cercana había matado a los dinosaurios. Era la vieja teoría de Mai Ruderman, la que Walt me había contado dos años antes. Luie no había previsto que el iridio sería una verificación de esta teoría, pero ahora parecía encajar. El iridio se produce y se dispersa en explosiones de supernova. La energía de tal explosión, si ocurriera en una estrella cercana, podría haber barrido la atmósfera de la Tierra, o simplemente haber creado una explosión de calor suficiente para matar la vida. Las supernovas cercanas no son eventos comunes. Por lo general, tendría que esperar varios miles de millones de años para uno que podría afectar a la Tierra. Pero suceden acontecimientos raros. Era razonable pensar que la destrucción de los dinosaurios, un tipo único de acontecimiento pudo haber sido provocada por la explosión de una rara supernova cercana, particularmente porque podía explicar la anomalía del iridio.

(Luie no tenía ni idea, en ese momento, que unos años más tarde creeríamos que catástrofes como la que mató a los dinosaurios no son raras, sino que de hecho suceden con periodicidad).

Otro científico habría publicado los nuevos datos del iridio, explicando cómo era consistente con la teoría de la supernova de Ruderman, y se sentiría contento de que él había solucionado el acertijo de los dinosaurios. Pero en la mente de Luie una teoría no era buena a menos que pudiera predecir algo nuevo. ¿Qué podría buscar para probar la hipótesis de la supernova? No tardó mucho en descubrirlo: el plutonio.

El plutonio se llama un elemento "artificial" porque está casi ausente en la corteza terrestre; la mayor parte del plutonio del mundo se fabrica a partir de uranio en reactores nucleares. El principal isótopo del plutonio, Pu-239, se descompone con una vida media de sólo 24.000 años, por lo que, cualquier cantidad de este isótopo que estuviera presente en la Tierra durante su creación, ha decaído hace mucho tiempo. Pero Luie encontró que había otro isótopo del plutonio, el Pu-244, que tiene una vida media mucho más larga, unos 80 millones de años. La explosión de la supernova debió haber creado el nuevo Pu-244, e inyectarlo, junto con el iridio, en la atmósfera de la Tierra. Sólo 65 millones de años han pasado desde entonces, y aún quedaría la mayor parte del Pu-244. Si pudiera encontrarlo en la capa de arcilla, probaría la teoría. No sólo verificarla, no sólo fortalecerla, sino probarla. No hay otra fuente concebible de Pu-244. Su presencia establecería la explicación de la supernova más allá de toda duda razonable.

¿Cómo podría encontrarse el Pu-244? Su vida media de 80 millones de años era tan larga que muy pocos átomos decaen por hora, por lo que no podría ser detectado por su propia radiactividad. Luie le preguntó a Frank y a Helen si podían encontrarlo usando análisis de activación de neutrones. Dijeron que sí, pero sería muy difícil. Cuando el Pu-244 absorbe un neutrón, se convierte en Pu-245. Este tiene una vida media corta, sólo 10,5 horas, por lo que la mitad de los átomos emiten radiación en ese período. Ellos podrían detectar la presencia de Pu-244 exponiendo la muestra a los neutrones en un reactor, y luego buscar la radiación característica a partir de Pu-245. Pero la vida media del Pu-245 era tan corta que la mayor parte de la radiación característica de este isótopo desaparecería rápidamente. Los neutrones del reactor podrían hacerlo virtualmente con cualquier otro elemento en la muestra radioactiva, pero no en una cantidad tan mínima de Pu-244. Ya que la vida media del Pu-245 es tan corta, ellos no podían esperar a que las otras radioactividades desaparecieran, como lo hicieron en sus mediciones de iridio. Tendrían que hacer la medición con la muestra radioactivamente caliente. Serían necesarios procedimientos químicos para concentrar el plutonio, tanto como fuera lo posible. Las habilidades de Helen como radioquímica, alguien que puede hacer química segura con sustancias muy radiactivas, sería particularmente crítica.

Frank y Helen no estaban exagerando cuando calificaron a esta medición como "muy difícil". Cuando Frank me describió los procedimientos más tarde, los encontré casi incomprensibles. Su primera tarea era concentrar el plutonio tanto como fuera posible. Pasaron dos semanas haciendo esto a 25 gramos de material que Walt había recogido cerca de Gubbio. Se trató la arcilla con ácido clorhídrico, para disolver cualquier piedra caliza que estuviera presente. Se añadió una pequeña cantidad de otro isótopo de plutonio, el Pu-238, ("un marcador") a la muestra. Puesto que la química de este isótopo es idéntica a la del isótopo deseado, Pu-244, podrían utilizarlo como un trazador para calibrar qué tan bien funcionaba su concentración química. La arcilla marcada se calentó con ácidos fluorhídrico y nítrico para destruir la estructura del silicato. El silicio salió como gas tetrafluoruro de silicio, mientras que muchos otros elementos (incluido el plutonio) se quedaron atrás como fluoruros insolubles. El residuo se lavó con ácido diluido y después se fusionó con

hidróxido de potasio sólido para romper los precipitados de fluoruro. A continuación, rompieron la mezcla fundida en trozos y los trataron con una solución de lejía para disolver la alúmina, un componente importante de la arcilla. Los hidróxidos insolubles que quedaron se disolvieron en ácido fosfórico con un poco de ácido nítrico y un agente reductor. Este proceso dejó el plutonio en un estado triplemente ionizado (+3), haciéndolo comportarse químicamente como una tierra rara.

La solución se calentó y se agitó, y se añadió lentamente nitrato de bismuto. El fosfato de bismuto precipitó en forma sólida, llevando consigo el plutonio y otras tierras raras (los lantánidos). Fue un procedimiento que Stanley Thompson había diseñado durante el Proyecto Manhattan para la purificación del plutonio y había sido de una inmensa utilidad en el descubrimiento y estudio de muchos elementos nuevos.

El precipitado de fosfato de bismuto se disolvió en ácido clorhídrico y se añadieron unas gotas de solución de cloruro de lantano. El fluoruro de lantano precipitó como un sólido, llevando consigo el plutonio (que se comportaba químicamente como un lantánido). El sólido se lavó para eliminar el fosfato de bismuto. El fluoruro de lantano se eliminó disolviéndolo en ácido bórico, y se precipitó hidróxido de lantano por adición de una base, que eliminó el ácido bórico. El precipitado se disolvió en ácido nítrico, que también cambió el estado de ionización del plutonio de +3 a +4. En este estado, el plutonio ya no se comportaba como un lantánido, y podría separarse haciendo correr el líquido a través de un tubo conocido como "columna de intercambio aniónico". El plutonio se fijó en la columna y, posteriormente, se eliminó haciendo circular a través de la columna una concentración moderada de ácido clorhídrico que contenía hidroxilamina como agente reductor. Esto redujo el plutonio de nuevo al estado de ionización +3, y permitió que fuera lavado. Al medir la cantidad restante del Pu-238 que habían sido añadido en la muestra, Frank y Helen fueron capaces de determinar que aproximadamente la mitad del plutonio original se había recuperado de los 25 gramos originales de roca.

El 6 de marzo de 1979, después de haberse completado este proceso de purificación inicial, la fracción de plutonio de la arcilla se irradió durante ocho horas con neutrones en el pequeño reactor de investigación, cerca del campus, para convertir tanto como sea posible el Pu-244 en Pu-245. A pesar de que la muestra era ahora muy pequeña, todavía contenía muchos contaminantes radioactivos, especialmente el lantano. Se necesitaba más purificación química, pero ahora el tiempo se volvió crítico; la mitad de la señal del Pu-245 estaba desapareciendo cada 10,5 horas. No se podía parar hasta que los contaminantes en la muestra muy radiactiva fueran eliminados. Frank y Helen disolvieron el material en ácido clorhídrico con un poco de ácido nítrico como agente oxidante y pasó la solución a través de una columna de intercambio iónico. Trabajaron toda la noche, mientras que Luie, Walt y la esposa de Walt, Milly, les trajeron café y bocadillos. Periódicamente, Frank y Helen pusieron el material en su sistema detector de rayos gamma y midieron el fondo residual. A las 5:00 de la mañana todavía había cantidades detectables de lantano y otros contaminantes. Así que se volvió a usar una nueva columna de intercambio iónico, al igual que la última. Finalmente, hubo un período de 10 minutos sin contar los antecedentes, indicando que su método de purificación había eliminado la mayoría de los elementos interferentes. Era hora de que los contadores de radiación y la electrónica funcionaran. Frank y Helen podían dormir.

Seis horas más tarde miraron la señal que se había acumulado en su analizador. Miraron los picos en el espectro de la altura del pulso e identificaron los elementos en la muestra. Hubo numerosos controles cruzados que hacer. Si había una verdadera señal de plutonio, entonces también debería haber una señal de americio, ya que el Pu-245 se descompone en americio. El plutonio sin americio es el "plutonio del tonto".

Vi a Luie y Walt al día siguiente en el pasillo del Edificio 50. Luie dijo que estaban escribiendo un documento sobre la posibilidad de la supernova, a pesar de que las mediciones de plutonio de Frank y Helen aún no habían sido completadas. Estaba horrorizado. Jugué a ser un científico con autoridad, tomando el papel que esperaba que Luie hiciera, y les dije que sería un gran error escribir un artículo ahora. "Espera hasta que se vea el plutonio, o se vea que no está allí", le dije. "Estás tan cerca. No abandones tus estándares ahora". Luie me dijo que pensaría seriamente en mis consejos.

Al día siguiente estaba hablando con algunos colegas en mi oficina cuando entró Luie, subrepticamente me deslizó una pequeña nota, y se fue. Se leía: "Encuétrame en el pasillo." Un minuto después estuve allí. "¡Encontramos el plutonio!", me susurró Luie. Walt y yo lo sabíamos ayer, cuando hablamos contigo. Te engañé cuando te hice pensar que no lo habíamos encontrado todavía. Por eso estamos escribiendo el artículo ahora. ¿Por qué no me lo había dicho ayer? Porque quería mostrar a Walt lo importante que es mantener esto en secreto", dijo. "Walt sabe que, si no te digo algo, significa que no se lo diré a nadie".

Luie comentó algunos detalles de los nuevos resultados. No había absolutamente ninguna duda sobre la presencia de plutonio-244. Se habían detectado varios rayos gamma distintivos, con las energías adecuadas y las relaciones de intensidad. Incluso habían encontrado el americio, las cenizas de plutonio deteriorado. Frank y Helen habían realizado magia, y sus resultados eran indiscutibles. Había Pu-244 en la roca. Una supernova había matado a los dinosaurios.

Pero ¿por qué mantenerlo en secreto? ¿Por qué no decirle al mundo? ¡Yo era una de las pocas personas que realmente sabía lo que mató a los dinosaurios! Fue el hecho más emocionante del que nunca había estado al tanto. ¿Por qué no difundir las noticias? Luie tuvo varias respuestas. Frank quería comprobarlo todo, estar doblemente seguro; todavía había la posibilidad de un error. Su descubrimiento atraería la atención de tantas personas en el mundo científico que un error sería terrible. Además, podría haber otras cosas que aprovechar, otras consecuencias. Era muy raro tener tal conocimiento exclusivo. Tal vez habría alguna consecuencia importante de la teoría de la supernova que todavía podíamos encontrar, ahora que sabíamos que teníamos razón. No había prisa por publicar, todavía no. Mucha gente ya conocía el iridio, pero nadie más que nosotros sabíamos del plutonio.

Estaba tremendamente emocionado. Conocía las reglas del juego, y sabía que estaría bien contarle a mi esposa, Rosemary, sobre el plutonio y cómo se probó la teoría de la supernova. Yo sabía que las esposas no se tienen en cuenta cuando Luie dice "nadie"; excepto para secretos clasificados de defensa, Luie nunca había guardado nada a su esposa. Desafortunadamente, Rosemary no estaría en casa hasta las 5:30. ¡Entonces tuve una inspiración! Era el 8 de marzo, el cumpleaños de mi hermana Virginia. ¿Qué mejor presente que fuera una de las primeras docenas de personas en el mundo en saber qué había matado a los dinosaurios? ¿Estarían incluidas las hermanas en la lista correcta? Estaba seguro de poder confiar en ella. No iba a publicar la teoría. Por supuesto, tendría que hacerle prometer que no se lo diría a nadie. Fui a visitarla y le dije lo que había matado a los dinosaurios. Parecía realmente excitada.

¿Qué hay de mamá y papá? Recientemente se habían mudado a Berkeley, para estar más cerca de nosotros y de Virginia, pero sobre todo estar más cerca de su primer nieto, Betsy. Habíamos encontrado un apartamento a dos cuerdas de nosotros. ¿Cómo no dejarles compartir esta noticia? Habían estado escuchando el nombre de Luie Álvarez de mí durante trece años. Estaba seguro de que no le dirían a nadie si les pedía que no lo hicieran. Me detuve en su apartamento para decirles. Parecían estar entusiasmados con la noticia.

Rosemary finalmente llegó a casa, y yo le dije. Era más escéptica que excitada. "Si están tan seguros, ¿por qué lo guardan en secreto?", preguntó. Intenté explicar, pero bajo su cuestionamiento perceptivo mis razones no eran convincentes, incluso para mí. Finalmente apelé a la autoridad: "Porque Luie quiere que, por ahora, se mantenga en secreto." Betsy tenía sólo nueve meses de edad. Las hijas infantiles también estaban bien para decirselo, asumí, y se le dije a continuación. Ella no parecía entenderlo.

La alegría de Luie difícilmente podía contenerse, a pesar de que a Frank y a Helen le costaría unas semanas comprobar el resultado, repetir toda la medición. Luie llamó a Frank Press, un viejo amigo y, en ese momento, asesor científico del presidente Jimmy Carter. Le dijo a Press del descubrimiento y sugirió que Press lo invitara a dar una charla para anunciar el descubrimiento en la reunión de la Academia Nacional de Ciencias que se haría en noviembre. Press inmediatamente acordó para organizar la charla. Luie sabía que el mundo querría oír más detalles; pensó que un buen segundo foro sería la reunión anual de la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia, prevista para enero en San Francisco. Estaba en el comité organizador local para esta reunión, junto con David Saxon, entonces presidente de la Universidad de California, y Sherwood Washburn,



un distinguido antropólogo. Compartió su secreto con ellos, y estaban encantados de aceptar su ofrecimiento de dar la charla que, obviamente, sería el punto culminante de la reunión. Walt estaba planeando un viaje a Dinamarca para asistir a una conferencia que discutiría las extinciones, y Luie decidió seguir adelante. Le gustaría ayudar a difundir las noticias en todo el mundo.

Frank Asaro es un científico extremadamente cauteloso. La evidencia era muy fuerte de que él y Helen Michel habían visto plutonio-244, pero no estaba satisfecho. Las líneas de rayos gamma del americio habrían convencido a todo escéptico de que el plutonio estaba allí; sin embargo, había otras pruebas que Frank podía hacer, y tenía la intención de hacerlas. Seis días después de sus mediciones originales, él y Helen volvieron a purificar la muestra en la que se había hecho el descubrimiento, y la expusieron de nuevo al reactor. Cuando midieron el espectro gamma, pudieron volver a ver las líneas características de Pu-245 y Am-245, exactamente lo que se esperaba del Pu-244 activado por neutrones, y confirmar que sus mediciones originales eran correctas. Una vez más, no había duda alguna. La muestra contenía plutonio.

El nivel de plutonio era extremadamente bajo. Trivial como parecía ese hecho, le molestaba a Frank. No quería detenerse hasta que comprendió todos los aspectos de las mediciones. ¿Podían estar seguros de que el plutonio había salido de la arcilla? ¿De dónde podría haber venido? Él sabía que el plutonio se había utilizado antes en el laboratorio de Lawrence Berkeley. ¿Se ha tomado siempre el cuidado suficiente para evitar toda posible contaminación? Las precauciones de seguridad del laboratorio eran estrictas y siempre habían demostrado su eficacia. La cantidad necesaria para producir la señal en la muestra de arcilla, sin embargo, estaba muy por debajo del nivel de peligro, incluso por los estándares de los más ardientes activistas antinucleares.

Un recuerdo particularmente incomodó a Frank. Durante las mediciones, su suministro de ácido fluorhídrico se había agotado, y había tomado prestado algo de un laboratorio de arriba. Comprobó la historia de esa botella de ácido y descubrió que se había utilizado en una mesa especial con su propia campana de extracción, utilizada para sustancias potencialmente peligrosas. ¿Se había usado alguna vez Pu-244 en esa mesa? Desafortunadamente, la respuesta resultó ser sí. ¿Podría el ácido fluorhídrico haber recogido en un minuto una cantidad casi no medible de Pu-244 de la campana, y luego transferir algo a la muestra de arcilla? Probablemente no.

Probablemente no. Eso no fue suficiente para un descubrimiento tan importante. Frank y Helen decidieron que tenían que repetir todo el experimento, esta vez utilizando ácido fluorhídrico fresco. Se dispusieron a repetir las mediciones en dos muestras independientes de la arcilla límite, cada una dos veces más grandes que la primera. Todos los tediosos procedimientos tendrían que repetirse. Además de nuevas muestras de arcilla, habría nuevos vasos, nuevos instrumentos. Luie reconoció el valor del cuidado de Frank, aunque él nunca lo hubiera tenido tanto.

Frank y Helen pasaron dos semanas concentrando y purificando las nuevas muestras antes de la irradiación. Después de haber sido expuestos en el reactor, se usaron los mismos procedimientos químicos que antes, terminando con dos columnas de intercambio de aniones. Sus rendimientos esta vez eran más de dos veces tan buenos como antes, así que esperaban una señal muy fuerte del plutonio. Pusieron una muestra en su sistema y dejaron los detectores para continuar funcionando por siete horas. Luego pusieron la segunda muestra durante casi veintiséis horas. Para su consternación, no había rayos gamma en las energías del Pu-244. Frank buscó las radiaciones gammas de decadencia del americio. También estaban ausentes. No había Pu-244.

Hicieron una prueba más. Si el Pu-244 se debía a pequeñas cantidades recogidas en el ácido fluorhídrico, habría otros isótopos de plutonio presentes. Maynard Michel, esposo de Helen y un químico nuclear del Lawrence Berkeley Laboratory, midió las cantidades relativas de los isótopos de plutonio con un espectrómetro de masas. Sus mediciones de los índices de isótopos mostraron claramente que el Pu-244 había venido del laboratorio del piso superior.

El resultado anterior estaba equivocado. No había plutonio. Una supernova no había matado a los dinosaurios.

Estos resultados fueron publicados posteriormente en un artículo titulado "Resultados Negativos de las Pruebas para la Hipótesis de la Supernova". En este artículo describieron cómo las mediciones mostraron que no existía plutonio-244 y cómo este resultado descartó la teoría de la supernova. Con el fin de demostrar lo que una verificación de la teoría de la supernova habría mostrado, pusieron una gráfica de los datos de la primera medición. La muestra había sido "marcada" con plutonio, dijeron. En ninguna parte del periódico admitieron que el pico había sido accidental. Y en ninguna parte mencionaron la emoción que habían experimentado sobre este resultado inicial pero incorrecto.

Lo peor que un físico experimental puede hacer es anunciar un resultado importante y luego demostrar que está equivocado. Luie me dijo: "Rich, hay varias personas en el mundo a las que agradezco haberme salvado la vida. En esa lista incluyo ahora a Frank y a Helen."

## 7. Asteroide

Ningún plutonio significaba ninguna supernova. Un hecho claro, sólidamente establecido, es suficiente para refutar una teoría. No había manera de rescatarla. La teoría de la supernova estaba muerta.

Sin embargo, se habían hecho progresos. A veces, cuando encuentras que has colocado una pieza de rompecabezas en el lugar equivocado, el descubrimiento te permite encajar nuevas secciones del rompecabezas. Muchos científicos habrían estado orgullosos de desmentir una teoría de un científico como Ruderman, uno de los teóricos más respetados del mundo, pero no Luie. Para él, el único objetivo que merecía la pena era la solución. El iridio seguía allí, desafiándolo a explicárselo. Esto no fue un fracaso, sino una oportunidad. En su libro "La estructura de las revoluciones científicas", el escritor Thomas Kuhn había utilizado la palabra "paradigma" en su análisis de las revoluciones científicas para describir el marco conceptual en el que tratamos de colocar nuevos descubrimientos científicos. Los que no encajan son a menudo los más emocionantes, ya que implican que debemos cambiar el paradigma en sí. Copérnico había cambiado nuestra comprensión del papel del hombre en el Universo cuando demostró que no giraba alrededor de la Tierra. Einstein había cambiado nuestros paradigmas del espacio, el tiempo y la energía con su teoría de la relatividad. Heisenberg había alterado nuestro concepto de realidad con su principio de incertidumbre. ¿Qué nuevo paradigma era necesario para explicar el iridio? ¿Qué estaba mal en nuestro pensamiento?

Incluso más que antes, el tiburón en Luie olía sangre. Él atacó el problema con un vigor casi increíble. Les dijo a todos los que estaban interesados que estaba tratando de resolver el problema más emocionante de su vida, pero no creo que mucha gente lo tomara en serio, ni siquiera Frank, Helen o Walt. Sé que no le creí, a pesar de la breve ráfaga de excitación por la explicación de la supernova. Cuando mete los dientes en un problema como éste, Luie no lo suelta hasta que lo ha destrozado totalmente.

Mientras tanto, empecé a tener todas esas maravillosas distracciones que vienen con un mínimo de reconocimiento nacional. Frank Press me pidió que formara parte de un comité especial para investigar un informe de que Sudáfrica había probado un arma nuclear. Robert Frosch, director de la NASA, me pidió que me uniera a un "panel de innovación" especial para investigar el futuro a largo plazo de su agencia y sugerir proyectos para 1990 y más allá. Mi técnica de radioisótopos progresaba rápidamente y más de una docena de laboratorios de todo el mundo la utilizaban. Hice un viaje en un Lear Jet propiedad de Mark Hunger-Ford, un empresario local, para ver el eclipse del Sol en Montana. Robert Budnitz, un viejo amigo de Berkeley, ahora a cargo de la investigación de la Comisión Reguladora Nuclear en Washington, me llamó para contarme la verdadera historia del accidente del reactor nuclear de Three Mile Island, pocos días después de que sucediera. Mi cargo permanente recientemente adquirido en el Departamento de Física de Berkeley significó que estaba financieramente seguro. Fue una buena vida.

En contraste, Luie tenía sesenta y ocho años y estaba retirado, pero estaba atacando el problema del iridio como si tuviera veinte años. Parecía disfrutar del estrés que estaba poniendo en su vida.

Todavía sentía que el iridio debía ser extraterrestre. Si no es una supernova, ¿qué otra cosa podría aportarlo? Una posibilidad era un asteroide, un pedazo de roca de varios kilómetros de diámetro. Christopher McKee, un astrónomo teórico de Berkeley, había sugerido a Luie que si un asteroide golpeaba en el océano, un enorme tsunami, una ola gigante, recorrería los continentes y mataría la vida allí. Luie se dio cuenta de que el tsunami se movería por los continentes y pasaría varias veces por el mundo. Era una buena teoría, pero cuando la miró más de cerca decidió que las olas no llegarían a la mitad de los continentes. Los dinosaurios en Montana y Siberia sobrevivirían. También era difícil ver cómo el tsunami podría ser tan devastador para la vida del océano. Concluyó que la teoría no funcionó. McKee estuvo de acuerdo. Luie buscó nuevas ideas.

Tal vez en lugar de pensar en el origen del iridio, conjeturó, sería productivo pensar en lo que podría haber matado a los dinosaurios. El iridio mismo no pudo haber tenido ningún efecto; era sólo un elemento menor, útil como trazador. El elemento más común en el Universo es el hidrógeno. Lo que trajo el iridio también podría haber traído una gran cantidad de hidrógeno. Si una gran nube de este gas hubiera golpeado la Tierra, podría haber combinado con el oxígeno en la atmósfera para producir vapor de agua. La luz solar, actuando como un catalizador, habría hecho que la reacción ocurriera rápidamente. Con el oxígeno agotado, los dinosaurios habrían sido asfixiados. ¿Cómo se podría probar esta teoría? ¿Había alguna evidencia de que el oxígeno de la Tierra había o no había desaparecido? Luie concluyó que no la había.

Tal vez el hidrógeno provenía de nuestro propio Sol. Luie sabía que a veces había grandes llamaradas solares, nudos de plasma de hidrógeno enredados en campos magnéticos, que brotaban de la superficie del Sol. Esas llamaradas habían representado una amenaza constante para nuestros astronautas y, durante su estancia en el espacio, un reloj solar especial había vigilado el Sol. Los astronautas fueron preparados para un aterrizaje de emergencia en caso de una llamarada gigante. ¿Qué tan grande puede ser una llamarada si espera 65 millones de años? ¿Podríamos conseguir una tan enorme que el hidrógeno destruiría el oxígeno de la Tierra?

Luie me contó esta idea, y decidí ayudarme examinándola por mi cuenta. En el capítulo "Llamaradas Solares" del libro introductorio de George Abell sobre astronomía, "Exploración del Universo", encontré una lista de novas, estrellas que sufren una explosión relativamente pequeña, similar a una llamarada gigante. Me di cuenta de que la lista contenía estrellas muy parecidas al Sol. Así que tal vez el Sol había sido una nova. La catástrofe podría no haber sido debido a una supernova de una estrella cercana, como Luie alguna vez pensó, pero debido a una nova ordinaria de nuestro propio Sol. La falta de plutonio no descartaba una nova común. Mostré la lista a Luie, que inmediatamente se interesó. ¿Cuáles fueron las consecuencias? ¿Existen datos que puedan descartar esta posibilidad?

Luie estudió la nueva posibilidad con mucho cuidado. Aprendió que todas las estrellas nova de la lista tenían estrellas compañeras, orbitando muy cerca de sus superficies. Las novas se producen porque la estrella compañera filtra lentamente material a la estrella primaria, y cuando se acumula suficiente material en exceso, sufre una detonación termonuclear repentina, dando como resultado la nova. El Sol no tiene tal compañera, así que no podría convertirse en una nova. Otra semana, otra teoría muerta.

Supongamos que la Tierra pasó por una nube molecular gigante. Estas grandes nubes, flotando entre las estrellas, habían sido descubiertas recientemente por radio astrónomos. Tal vez el polvo de una nube de este tipo impidiera que la luz del Sol llegara a la Tierra. El gran astrónomo Fred Hoyle ha escrito una historia de ciencia ficción en la que una nube de polvo bloqueó la luz del Sol y causó que la Tierra se enfriara bajo cero. Pero eso era ciencia ficción, y Luie pronto calculó que el polvo en las conocidas nubes moleculares gigantes no era lo suficientemente denso para servir. ¿Podría esa nube, en cambio, traer suficiente hidrógeno para consumir el oxígeno de la Tierra? No importaba, Luie se dio cuenta, porque encontró otra forma de descartar esta teoría. A la velocidad que la Tierra está moviéndose a través de la galaxia de la Vía Láctea, a sólo 32 km por segundo, tomaría demasiado tiempo pasar por las nubes para obtener la capa de iridio observada.

Luie estaba fuerte y se mantenía delante de todo el mundo. La breve teoría sobre la nova fue la única contribución que hice durante este período. No podía competir con su amplia experiencia, amplio conocimiento y concentración. Creía que estaba obligado a encontrar la respuesta, si sólo pudiera seguir presentando una buena nueva idea cada semana. Sólo tenía que mantenerlo. Tenía que ser más duro consigo mismo que con cualquier otro. Sigue pensando.

Júpiter tiene mucho hidrógeno. ¿Qué podría traer ese hidrógeno a la Tierra? Júpiter está cerca del cinturón de asteroides. ¿Podría un asteroide golpear el cinturón liberando hidrógeno? ¿Cómo podría el hidrógeno llegar a la Tierra? Luie no pudo hacer funcionar esta idea

No había pensado mucho en los asteroides, ya que él y McKee habían abandonado la idea del tsunami. Había pasado la mayor parte de su tiempo tratando de elaborar un modelo que llevaría el exceso de hidrógeno a la atmósfera. No había llegado a ninguna parte, excepto para eliminar muchas ideas inteligentes. Pero finalmente regresó a la posibilidad de un asteroide. Incluso un pequeño telescopio muestra que la Luna está cubierta de cráteres. Las misiones del Apolo habían demostrado que la mayoría de estos eran de impactos de asteroides o cometas. Supongamos que un asteroide se acercó a la Tierra y pasó horizontalmente a través de la atmósfera terrestre. Tal vez se rompería y crearía una nube de polvo que podría bloquear el Sol, al igual que en la historia de ciencia ficción de Hoyle. Si se quedó atrapado en una órbita que se encogía alrededor de la Tierra, la resistencia atmosférica podría hacerlo. Esta idea duró unos días, y Luie contó a varias personas sobre ello con su entusiasmo característico. Pero entonces calculó que la resistencia atmosférica no sería más que la fuerza gravitatoria de la Tierra. Sería demasiado débil para romper un asteroide.

¿Y si suponemos que el asteroide golpeó la Tierra? El tsunami no llegaría al interior, pero ¿qué más podría suceder? El impacto haría un cráter, como el Cráter Meteor en Arizona. El cráter Meteor es de aproximadamente 1,6 km de ancho y tiene 30.000 años de antigüedad. En la historia de 4.500 millones de años de la Tierra, un objeto mucho más grande podría haber golpeado, creando un cráter mucho más grande. ¿Qué tan grande podría haber sido? Los vertebrados habían estado en la Tierra durante sólo un par de cientos de millones de años. ¿Qué tan grande podría haber impactado un asteroide en la Tierra durante ese tiempo? Luie había leído un reciente artículo científico estadounidense de G. W. Wetherill que hablaba de "objetos Apolo", asteroides cuyos caminos cruzan el de la Tierra. Lo releyó y luego fue a la biblioteca a buscar un artículo más detallado en la "*Revista Anual de Astronomía y Astrofísica*". Una rápida extrapolación de los objetos de Apolo enumerados en este artículo indicó que el más grande que podría golpear la Tierra en un período de cien millones de años sería de unos 5 kilómetros de diámetro. Otra posibilidad sería un cometa, con un núcleo de tamaño comparable. Era algo más probable que la Tierra fuera alcanzada por un asteroide que por un cometa.

El asteroide chocaría con la Tierra a una velocidad dada por la suma vectorial de su velocidad con la de la Tierra. La Tierra se mueve alrededor del Sol a 32 kilómetros por segundo, más de 10 veces más rápido que las balas y proyectiles de artillería más rápidos. Un impacto a esa velocidad llevaría una gran cantidad de energía, pero no es mucho en comparación con la energía cinética de la Tierra. Un diámetro de asteroides de 5 kilómetros es 2.000 veces más pequeño que el de la Tierra; su impulso es proporcional a su masa, que es proporcional al cubo del diámetro. Así, el asteroide tendría una masa de 10 mil millones de veces más pequeña que la de la Tierra. El impacto no podría alterar la órbita de la Tierra en más de 150 millones de kilómetros (la distancia de la Tierra al Sol) dividida por 10.000 millones, es decir, menos de 15 metros.

La energía cinética es proporcional al cuadrado de su velocidad, por lo que cada gramo del asteroide llevaría 100 veces más energía (comparable a TNT) que la que impulsa a una bala. (El mismo principio se utiliza para el arma anti satélite estadounidense, que no lleva ningún explosivo. El impacto directo de la masa a estas altas velocidades libera más energía que la explosión de una masa comparable de TNT.) El asteroide tendría una masa de alrededor de un millón de megatoneladas; multiplicando esto por el factor de 100 (para la alta velocidad) demuestra que el impacto liberaría la energía de 100 millones de megatoneladas de TNT. Eso es 10.000 veces mayor que el conjunto de los arsenales nucleares estadounidenses y soviéticos.

¿Qué sucede cuando mucha energía se libera repentinamente en un lugar de la superficie de la Tierra? No hubo ningún acontecimiento registrado en la historia humana con un poder destructivo comparable. Luie buscó los datos de las mayores explosiones nucleares y trató de extrapolar. Comprobó sus números mirando las estimaciones que los astrofísicos habían hecho para los cráteres de impacto en la Tierra y la Luna. El material del asteroide sería calentado por el impacto a más de un millón de grados Celsius. Podría vaporizar la roca circundante, derretir aún más y expulsar una enorme cantidad de material a la atmósfera. El impacto haría un cráter de 160 km de diámetro. El material lanzado a la atmósfera, y por encima de ella, se enfriaría y se convertiría en polvo. Si tomara el tiempo suficiente para establecerse a través de la atmósfera, se extendería por toda la Tierra a través de vientos de gran altitud. Habría suficiente material para bloquear la luz del Sol. ¡Eso debe ser lo que pasó! La luz del Sol desapareció. El monte St. Helens había estallado

recientemente en Oregón, oscureciendo el cielo sobre las ciudades cercanas. ¿Cuánto tiempo duraría la oscuridad de un impacto?

Luie conocía el Krakatoa, el volcán en el Pacífico Sur que había explotado en 1883 y había lanzado polvo y roca a más de 48 kilómetros de altura en la atmósfera. El polvo se había extendido por todo el mundo, creando hermosos atardeceres enrojecidos en lugares distantes durante años. El polvo del impacto del asteroide perduraría, sin duda, un tiempo comparable: varios años. Eso sería suficiente para matar la mayor parte de la vida. De hecho, sería algo milagroso si algo consiguiera sobrevivir.

El cálculo de Luie de varios años para que el polvo se asentara, basado en los atardeceres rojos del Krakatoa, fue uno de sus pocos errores. No era realmente culpa suya, ya que tomó la estimación directamente del sumario secular de la Royal Society sobre todo lo que se había aprendido acerca de la explosión del Krakatoa. No fue un error tan serio como el que había hecho al usar la vida media equivocada del Be-10, pero más tarde regresó para acosarlo. El polvo del Krakatoa se había asentado en pocos meses, aunque una pequeña fracción se había mantenido en la atmósfera durante varios años, creando las puestas de Sol. Más tarde, los paleontólogos usaron los incorrectos "varios años" de Luie como una excusa para descartar su modelo como absurdo. "Nada provocaría un período de oscuridad de varios años", argumentaron. O al menos prácticamente nada; no el 20% al 50% de las especies que realmente sobrevivieron. El equipo de Luie tenía experiencia en química, física, astronomía y geología, pero no en biología.

¿Tendría un impacto de asteroide la cantidad correcta de iridio? Luie sabía que la fracción de iridio en un asteroide era probablemente muy similar a la de los meteoritos, aproximadamente la mitad de una parte por millón. Asumió que la densidad del asteroide era similar a la de los meteoritos rocosos, es decir, tres veces la densidad del agua, y calculó la masa de iridio presente. Salió bien. Distribuida en todo el mundo, daría justo el nivel que Frank y Helen habían medido. Si no estuviera de acuerdo, Luie habría añadido el modelo de asteroides al montón de basura de las teorías eliminadas. Entonces Luie se preguntó si podría explicar la capa de arcilla, no procedente de los ríos, como Walt había asumido, sino como escombros del asteroide y su cráter. ¿Podría la arcilla ser el polvo asentado? Calculó los números, y estuvieron de acuerdo con esta especulación.

Frank y Helen hicieron todo lo posible para probar que la teoría estaba equivocada (Walt estaba en Italia), pero sin éxito. Parecía mantenerse mejor que los modelos anteriores. Después de dos semanas sin cambio en el modelo, empecé a preguntarme si Luie había encontrado realmente la solución.

Luie sacó el borrador del documento del descubrimiento de iridio y comenzó a modificarlo para la nueva teoría. A medida que volvió a trabajar los números, decidió que tenía cuatro maneras independientes para encontrar el diámetro del asteroide impactante, y los cuatro acordaron. Primero, asumiendo que el iridio en la capa de arcilla era mundial, podía calcular que habían depositado 50.000 toneladas de iridio en la Tierra. Corrigiendo la cantidad que no fue eyectada a la atmósfera, estimó que el asteroide debió haber contenido 5 veces más de este iridio: 250.000 toneladas. La masa del asteroide debería ser alrededor de 2 millones de veces más grande, dándole una masa de 500 mil millones de toneladas. Esto haría un asteroide de 8 kilómetros de diámetro, aproximadamente 5 millas. En segundo lugar, él sabía que alrededor de 100 millones de años pasaron entre grandes extinciones en masa. Miró los datos astronómicos para el objeto más grande que se esperaba golpear la Tierra con esta frecuencia, y una vez más la respuesta salió para ser cerca de 8 km. (Su teoría se estaba volviendo más revolucionaria cuando se dio cuenta de que podría estar tomando en cuenta todas las extinciones en masa). En tercer lugar, sabía que la capa de arcilla provenía del cráter. Bastante roca para la capa significaba que el cráter debía de tener unos 100 kilómetros de diámetro. Buscando las mejores estimaciones para los cráteres de impacto, encontró que esto tomaría un objeto entre 8 y 16 kilómetros de diámetro. Finalmente, preguntó cuán grande tenía que ser un objeto cuyo impacto bloqueara la luz solar en todo el mundo, durante un período prolongado. Una vez más obtuvo la misma respuesta.

La teoría de Luie estaba llena de predicciones. Debe haber evidencia en algún lugar en la Tierra de un cráter de 100 kilómetros de ancho y 65 millones de años de antigüedad. Desafortunadamente, señaló Walt por teléfono desde Italia, la mayor parte de la superficie de la Tierra es el océano. Los geólogos nunca habían sido capaces de identificar los cráteres de impacto en el fondo del océano, en gran parte debido a su inaccesibilidad. (El primer cráter de impacto en el fondo oceánico fue identificado ocho años más tarde, en 1987). De hecho, más del 20% del fondo oceánico que existía en el momento de la catástrofe había sido posteriormente subducido, enterrado bajo otra masa de tierra por la deriva continental. Así que nunca podríamos encontrar el cráter, incluso cuando las mediciones del fondo del océano se hicieron posibles.

Pero había otras predicciones igualmente importantes de su nueva teoría. El incremento del iridio debe ser mundial. Debe ser posible encontrarlo en núcleos marinos y en otros sitios alrededor del mundo. La arcilla en la capa debe ser químicamente similar en todas partes, y diferente de la arcilla en la piedra caliza de arriba y abajo, ya que vino de un cráter distante (mezclado con el 1% al 10% de material del asteroide) y no de los ríos locales. Tal vez habría capas de iridio en las épocas de otras extinciones masivas, ya que los asteroides debieron haber golpeado la Tierra muchas veces. (Luie, Walt, Frank y Helen pasarían gran parte de su tiempo durante los próximos años revisando, lenta y cuidadosamente, estas predicciones).

Luie me dio un primer borrador del artículo sobre el descubrimiento, y me pidió que lo "ensangrentara". Quería muchas marcas de tintas roja, muchas críticas. Este iba a ser un artículo clásico y quería que fuera perfecto, sin errores. Necesitaba amigos que se lo pusieran difícil, y me complació ser uno, pero había poco para mejorar. Me daba cuenta de que mi escepticismo se estaba desvaneciendo y estaba siendo reemplazado por los celos. He estado cerca de Luie durante la mayor parte de la última década y había tenido muchas oportunidades de contribuir, pero no había aprovechado estas oportunidades. Ahora era demasiado tarde. Si hubiera hecho un poco más de esfuerzo, podría haber presentado algunas ideas o haber ayudado con las medidas. Estaba seguro de que Luie, a continuación, habría acogido con satisfacción mi coautoría de este documento. Aquí estaba uno de los más grandes trabajos científicos del siglo, y yo era sólo un espectador.

Pensé en todas las cosas "importantes" que me habían distraído. El verdadero problema era mi juicio. Simplemente no había imaginado que Luie estaba atacando un problema realmente importante. ¡Había resuelto el enigma de los dinosaurios! Tal vez podría ganar un reconocimiento leyendo el documento cuidadosamente. Sugerí algunos cambios menores y un título más corto. Luie aceptó mis sugerencias. Cuando Walt volvió de Italia reescribió extensamente el documento, agregándole mucha geología.

En la cafetería del laboratorio, conversé con Judith Goldhaber, una amiga que trabaja en el departamento de relaciones públicas del Lawrence Berkeley Laboratory, sobre el descubrimiento de Luie. Le dije que esta era su contribución más importante a la ciencia, más importante que el trabajo con partículas elementales que había llevado a su Premio Nóbel. Judy sabía que yo era una fan de Luie, pero se sorprendió al oír la intensidad de mi admiración por este último trabajo. Me pidió que le contara más sobre la teoría de Luie. "No es una teoría -respondí. -Es descubrimiento. Luie es el mejor. Su imagen va a aparecer en la portada de Time por esta razón". Seis años más tarde, Judy me recordó mi predicción, que casi se había hecho realidad. Pero la foto de Luie apareció dentro de la revista, no en la portada. En la portada había un hermoso dinosaurio verde y naranja mirando con rabia por encima del hombro una gran nube de polvo en forma de hongo que se elevaba en el aire, procedente de la explosión de un cráter de impacto recién formado.

Luie sabía que estaba viajando a una reunión en Washington, D.C., y que yo iba a ver a Mai Ruderman allí. Estaba ansioso por saber cómo reaccionaría el autor de la teoría de la supernova al nuevo trabajo, por lo que me pidió que entregara una copia del artículo acabado a Mai. El 1 de diciembre de 1979, le di a Mai la copia. Al día siguiente, Mai me dio una nota para entregar a Luie, y dijo que podía mirarla. Dice simplemente: "Querido Luie: Tienes razón y estoy equivocado. ¡Felicitaciones! Mai".

## 8. Escepticismo

"Pero ¡acabo de imprimir varios otros artículos 'explicando' lo que mató a los dinosaurios!" Esta fue la queja de Philip Abelson, el editor de la revista "*Science*", que no quería publicar otra teoría. Walt estaba cenando con Abelson en una reunión nacional y trataba de convencerlo de que la teoría de su padre y de él no era otra especulación cualquiera. Se basaba en un nuevo descubrimiento, el enriquecimiento de iridio en la capa de arcilla, y fue único en su capacidad para explicar este enriquecimiento. Abelson finalmente retrocedió, pero insistió en que la longitud del artículo se redujera por la mitad.

Luie y su equipo habían encontrado la respuesta tomando un camino muy indirecto. Lo que había comenzado como una medida relativamente directa de las tasas de sedimentación había evolucionado hasta convertirse en un rompecabezas que requería un impacto extraterrestre para su solución. Estaba seguro de que, algún día, la historia se contaría en los libros de texto, pero de la manera más simple y lógica que los autores de libros de texto pensaban que debería haber sucedido. La historia de la fantasía ilustraría el "método científico". Podría leer algo como esto:

*Los astrónomos habían medido las órbitas de muchos asteroides, y se habían dado cuenta de que era probable que chocaran con la Tierra cada cien millones de años, más o menos. Tales colisiones en el pasado debieron traumatizar toda la vida en la tierra, puesto que los desechos lanzados a la atmósfera desde el cráter habrían bloqueado la luz del Sol por períodos de muchos meses. Durante mucho tiempo se sospechó que tales eventos fueron responsables de las grandes catástrofes en la evolución de la vida, pero no hubo evidencia directa hasta que Luis Álvarez y sus colaboradores en Berkeley encontraron un enriquecimiento del elemento iridio, característico de tales impactos, en el límite Cretácico/Terciario.*

Podría haber ocurrido de esa manera. Tal vez debería haber sucedido de esa manera. Pero no sucedió así.

Es cierto, sin embargo, que los científicos podrían haber hecho la deducción, de la manera en que lo describe mi relato de libro de texto ficticio, si hubieran sido lo suficientemente inteligentes. Las colisiones con asteroides y cometas están destinadas a suceder. Deben haber ocurrido en la historia de la evolución. Y cuando ocurrieron, debieron haber causado el tipo de trauma que Luie dedujo. La lógica era innegable. Nos dio a todos mucha más confianza en el escenario de impacto de lo que de otro modo hubiéramos tenido. Tales acontecimientos debieron haber ocurrido, la única pregunta real era: ¿cuándo, exactamente, habían ocurrido? Era una pregunta que me gustaba plantear a los escépticos. Puesto que las catástrofes por impacto deben haber ocurrido, ¿dónde están en el registro paleontológico las extinciones que deberían haber causado? Si ellos no quisieron identificar las extinciones del Cretácico con el impacto, ¿qué extinciones escogerían?

El 6 de junio de 1980, el artículo del descubrimiento, titulado "Causa Extraterrestre para la Extinción Cretáceo-Terciaria", finalmente apareció en "*Science*", con Luie, Walt, Frank y Helen como autores. El artículo fue recibido con escepticismo e incluso burla. Algunos científicos, además de mí, lo saludaron como una gran obra. Sin embargo, muchos expertos lo descartaron de plano. De no haber sido por el Premio Nobel de Luie, podrían haber sido capaces de ignorarlo completamente.

Luie y su equipo habían entrado en un área de la ciencia que no era considerado respetable por la mayoría de los otros científicos. Era un campo que había atraído a aficionados, pseudocientíficos, científicos bien intencionados de otros campos y "chalados". A veces les parecía a los paleontólogos que casi todo el mundo había tratado de explicar la extinción de los dinosaurios, generalmente sin hacer sus deberes. Los paleontólogos habían aprendido de la dura experiencia que la única respuesta posible era simplemente ignorar la plétora de teorías que los bombardeaban.



El trabajo de Álvarez tenía todas las características de una loca teoría. Tenía muy poca jerga paleontológica, por lo que era fácilmente reconocible como escrito por un extraño. Hablaba de física y geología, con solo mención pasajera de fósiles. El grupo no tenía un paleontólogo, sólo un físico, un geólogo y dos químicos. ¿Por qué esos tipos no pueden quedarse a sus propios campos? ¡Dale a un tipo un Premio Nobel, y él piensa que es un experto mundial en todo!

Muchos otros campos tienen un área que atrae a los chiflados. En el Departamento de Física de Berkeley recibimos periódicamente cartas en las que se afirma que el principio de incertidumbre de Heisenberg o la teoría de la relatividad de Einstein están equivocados. El Departamento de Matemáticas frecuentemente recibe "pruebas" del famoso "último teorema de Fermat" (pero no probado). Los miembros de la facultad normalmente responden a estas cartas por turno. A veces se las asignan a sus estudiantes de postgrado como ejercicios: "Encontrar lo que está mal con esta teoría, y escribir una respuesta educada."

Sin más información que lo que veían en los periódicos, muchos paleontólogos podían decir inmediatamente que la teoría estaba equivocada. El defecto fatal era obvio. Un impacto habría destruido a los dinosaurios durante un período de unos pocos años o menos. Pero los paleontólogos "sabían" que los dinosaurios habían desaparecido lentamente, durante un período de varios millones de años. Muchas especies habían muerto mucho antes del impacto putativo. "Tal vez los dinosaurios eran lo suficientemente inteligentes como para saber que un asteroide venía, y murieron de miedo", dijo un paleontólogo. La teoría del impacto fue "obviamente" incorrecta, para los expertos.

Luie, por su parte, sabía que los paleontólogos estaban equivocados. El iridio sólo podía explicarse postulando una fuente extraterrestre. Él había trabajado muy duro para encontrar un mecanismo extraterrestre, y había encontrado sólo uno que era consistente con todos los hechos. (Como es común en el mundo de la ciencia, poco después de su trabajo, se publicaron teorías alternativas, pero, lo más cerca que yo podía decir, eran todas teorías o variantes de teorías que había rechazado y él sabía qué errores habían cometido probablemente los autores). Hubo un impacto de un asteroide o un cometa; de esto Luie estaba seguro. Y eso significaba que la afirmación de los paleontólogos de extinciones prolongadas debía estar equivocada. Con ambos lados tan seguros de sí mismos, se estableció el escenario para un largo período de controversia.

Walt era más simpático a los paleontólogos que Luie. La geología tenía mucho en común con la paleontología. No sólo ambas ciencias utilizaban ampliamente los fósiles, sino que ambos tenían que manejar datos complejos y fenómenos complejos. A diferencia de la física, estos campos rara vez tenían explicaciones simples para explicar sus observaciones. Existían ciertas teorías que tanto los geólogos como los paleontólogos creían ser verdaderas, pero que tendrían dificultad para justificar a un escéptico, porque estaban fundadas en un gran número de detalles que tenían sentido sólo en el contexto de la explicación completa. Walt escuchó a los paleontólogos con un oído comprensivo. Sin embargo, también comprendió los detalles de la teoría del impacto mejor que Luie. Había reconciliado los cálculos de Luie con su vasto conocimiento de la geología. Debe haber alguna manera de entender las objeciones de los paleontólogos, y reconciliarlos con la teoría del impacto.

Luie se enorgullecía de ser un iconoclasta, pero se sentía especialmente afectado por la forma en que se le calificó de "loco". En una entrevista en un periódico, William Clemens, un profesor de paleontología en Berkeley, se refirió a la teoría del impacto como "una tontería". Richard Casanova, editor de *"Fossils Quarterly"*, escribió una carta al *"New York Times"* en la que llamó a la obra de Berkeley una "loca teoría de pseudo científicos posando como paleontólogos". Luie admitió fácilmente que no era un experto en paleontología, pero no importaba. Para descartar su teoría se debe tener una alternativa que pueda explicar el iridio. El iridio era una sorprendente y dramática evidencia que no podía ser ignorada. Luie se sorprendió cuando asistió a una reunión en la que los paleontólogos discutieron las extinciones masivas y descubrieron que nadie había mencionado la palabra "iridio". Llegó a la conclusión de que debían temerlo. Varias revoluciones en la física habían ocurrido debido a los descubrimientos nuevos que persistieron y eran difíciles

de explicar. Este fue el comienzo de una revolución en nuestra comprensión de la catástrofe del Cretácico, quizás de la evolución. *El iridio no podía ser ignorado.*

Un amigo mío me contó las bromas que los estudiantes de postgrado estaban diciendo en el Departamento de Paleontología de Berkeley. "Álvarez está tan contaminado con iridio" – dijeron- que resplandece en la oscuridad." En este caso sentí que Luie reiría el último, ya que los estudiantes aparentemente ni siquiera sabían que el iridio no es radiactivo.

Estos paleontólogos todavía suscribían la teoría de que las extinciones masivas eran debidas al cambio climático gradual. Los dinosaurios desaparecieron de la misma manera en que retrocedió el poco profundo mar interior que cubría gran parte del medio oeste de los Estados Unidos, probablemente debido a una caída en el nivel del mar global. Tales cambios masivos en la distribución del agua sobre la Tierra deben haber afectado las corrientes del viento y del océano y, por lo tanto, el clima mundial. Las mediciones isotópicas indican que la temperatura global bajó significativamente en este momento. Con tantos cambios complejos que ocurren en la Tierra, parecía casi imposible tratar de explicar las extinciones con una sola causa. El paleontólogo Steven Stanley dice en su texto "*Principios de Paleontología*": "Una conclusión de que siempre estaremos seguros al explicarlo es que las causas de la extinción masiva no son simples".

Los científicos están entrenados para ser escépticos, dudar, probarlo todo. Pero cuando la gente habla del "método científico", nunca menciona que demasiado escepticismo puede ser tan malo como demasiado poco. Cuando se presenta un resultado nuevo, sorprendente y extraño, es fácil encontrar defectos y llegar a razones para descartar el hallazgo. Incluso si el escéptico no puede encontrar un error absoluto, puede decir: "No estoy convencido." De hecho, la mayoría de los científicos (incluido yo) han encontrado que, si se descartan de plano todas las afirmaciones de grandes nuevos descubrimientos, será correcto el 95% de las veces. El escepticismo es recompensado. Pero, de vez en cuando, habrá esa rara ocasión en que te equivocas y, tal vez, hayas perdido un descubrimiento importante por ello.

Del mismo modo, usted no puede permitirse perder su escepticismo o perderá su tiempo en callejones sin esperanza. ¿Cómo desarrollar el sentido correcto del escepticismo, cuándo dejarlo y cuándo tomarlo en serio? El sentido de escepticismo de Luie estaba claramente perfeccionado. Aquellos que descartaron sus descubrimientos prematuramente estarían condenados a continuar su actual línea de investigación. Cuando finalmente aceptaran el trabajo de Luie, se habrían hecho todos los descubrimientos importantes. ¿Cómo discutir con alguien que tiene un nivel diferente de escepticismo? ¿Cómo respondes a la declaración "No estoy convencido"? La mejor manera, la única manera posible, es continuar con el trabajo. Estar agradecido de que la competencia ni siquiera ha entrado en la carrera, y ha dejado toda la diversión para usted.

"Luie debería estar feliz", pensé. Había resuelto uno de los grandes misterios de la ciencia. Yo sabía que él tenía razón. Ninguna otra teoría explicaba adecuadamente el iridio. Y, sin embargo, en los quince años que lo conocí, nunca lo había visto tan infeliz. Sólo podía esperar a que la historia hiciera el juicio y demostrara que tenía razón; sin embargo, le tomó mucho tiempo y problemas para responder a todos los artículos que criticaban su teoría. A veces estaba tan furioso con algunos de los artículos y cartas que atacaban a su modelo que su tez enrojeció visiblemente. "Las viejas teorías nunca mueren - pensé - sólo los viejos teóricos". Eventualmente, la generación actual de paleontólogos se iría y sería reemplazada por un nuevo grupo, jóvenes estudiantes que no estarían atados a las viejas formas. Esa fue la historia de la mayoría de las nuevas teorías. Le aconsejé a Luie que fuera paciente.

Entonces me di cuenta de que la mayoría de los paleontólogos que disputaban el descubrimiento de Luie le sobrevivirían. Luie tenía más de setenta años. Yo podía permitirme ser paciente, pero Luie no podía, no si él iba a ver su teoría convertirse en parte del dogma estándar. Su padre había vivido hasta los noventa, y siempre había esperado que Luie viviera para siempre. Pero tal vez su impaciencia era comprensible.

Mientras tanto, Walt seguía recolectando rocas, y Frank y Helen continuaban analizándolas. El grupo comenzó a atraer a colaboradores, geólogos que estaban contentos de enviar muestras al laboratorio de Lawrence Berkeley para su análisis. La teoría del impacto tenía muchas implicaciones que debían ser

probadas. El aumento del iridio debe encontrarse en todo el mundo. En 1986, se había encontrado en más de ochenta lugares en todo el mundo. La teoría había predicho que la arcilla debería tener una composición similar en todas partes. Lo hizo, en la medida en que se puede probar después de 65 millones de años. La composición química de la arcilla procedente de Dinamarca y del centro-norte del Pacífico coincidió con dos arcillas de sitios alejados 1 kilómetro entre sí en Dinamarca, y eran químicamente diferentes de la arcilla arrastrada en la piedra caliza, por encima y por debajo, del límite. Esto era justo lo que la teoría del impacto había predicho, ya que la capa de arcilla límite en todo el mundo provenía del mismo cráter de impacto, mientras que la arcilla arrastrada en la piedra caliza provenía de los ríos locales.

Walt sugirió que el grupo buscara otro nivel de iridio, en el límite Eoceno-Oligoceno (E-O). Este límite marcó el tiempo de una extinción masiva que ocurrió en los continentes entre 35 y 39 millones de años, al final del Eoceno. Debido a que este límite no estaba tan bien definido como el Cretáceo-Terciario (no tenía una capa de arcilla obvia), Walt sugirió que buscaron cerca de una región donde se habían encontrado microtectitas.

Se pensaba que las microtectitas eran gotitas de vidrio formadas en las salpicaduras de un gran impacto. Su ocurrencia cerca de la frontera E-O había sido cuidadosamente mapeada por el científico, adecuadamente llamado, Billy Glass <sup>4</sup>. Pronto, Frank y Helen encontraron la capa de iridio, la segunda descubierta, coincidiendo exactamente con la capa de microtectitas. El iridio en el límite E-O fue descubierto de forma independiente por R. Ganapathy, un científico que había logrado continuar su investigación sobre meteorología mientras trabajaba para una empresa industrial.

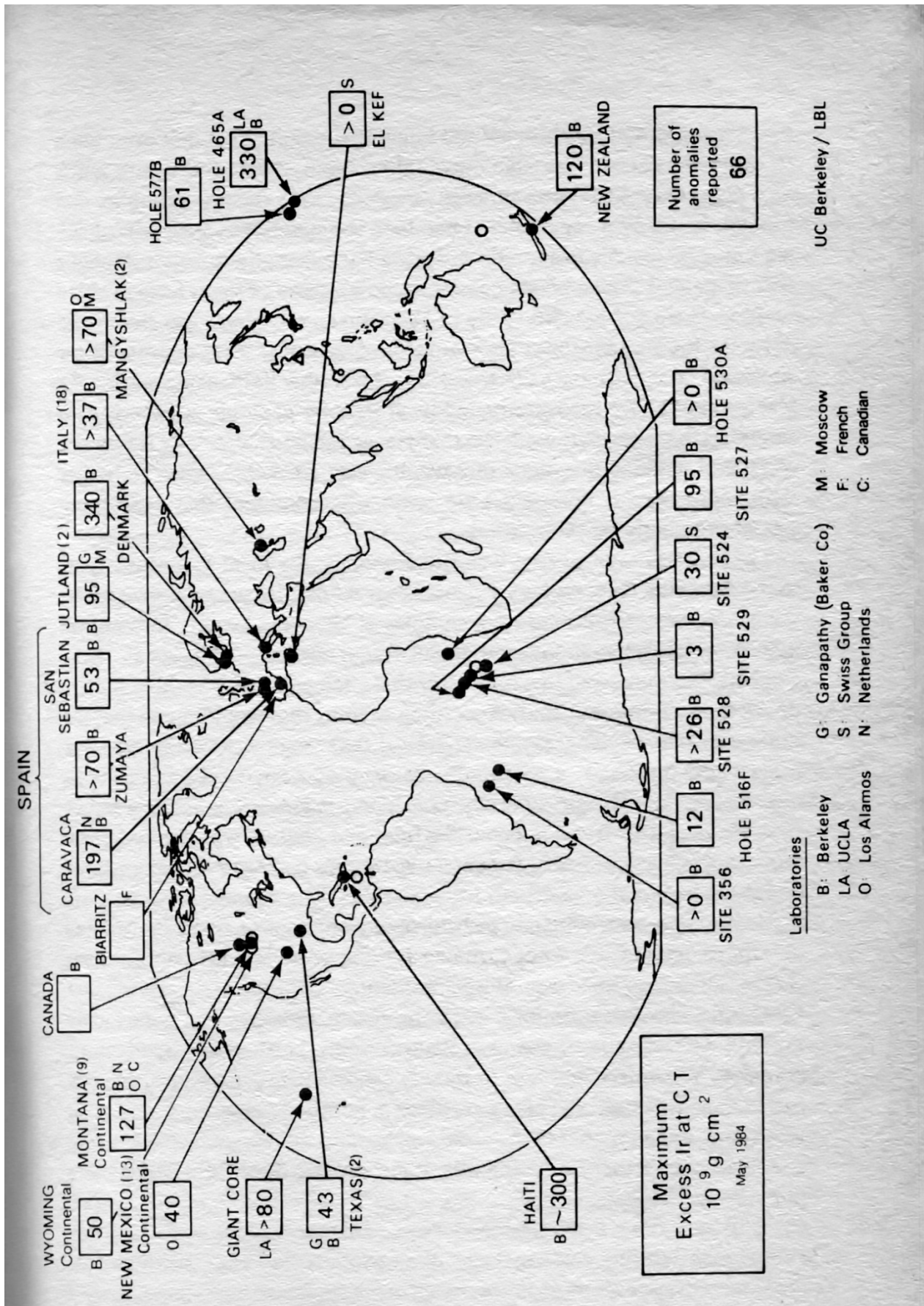
¿Por qué la falta de luz solar durante el Cretácico no mató a las plantas?", preguntaron algunos de los escépticos. Era un punto difícil de responder, ya que la fotosíntesis se detendría en la oscuridad. Leo Hickey, un paleo-botánico que había sido un estudiante graduado en Princeton con Walt, objetó, en varios artículos profesionales y charlas, que las plantas ni siquiera parecían notar la catástrofe. Por supuesto, la vida vegetal es muy robusta, mucha de ella acostumbrada a vivir a través de períodos severos tales como sequías y heladas. En mi propia experiencia, había visto los árboles de eucalipto de California muertos por una escasa helada, sólo para resurgir de las raíces sobrevivientes unos años más tarde. Dado que las plantas no pueden emigrar, muchas de ellas han desarrollado maneras de dejar atrás las semillas de su supervivencia, que son capaces de permanecer inactivas durante largos períodos. Son, en muchos sentidos, organismos ideales para sobrevivir a un período oscuro de tres meses. Después de que la luz volviera, las plantas se habrían recuperado rápidamente, por lo menos por los estándares geológicos. Pero ¿no debería haber alguna evidencia de que las plantas habían sido afectadas? Era una de las muchas preguntas que no se iban a acabar. Parecía molestar a Walt más de lo que molestó a Luie, que confiaba en que todo sería entendido.

El crítico más molesto fue Bill Clemens, el experto local de dinosaurios en el Departamento de Paleontología de Berkeley. Al principio parecía abierto a la teoría, e incluso recolectó muestras de roca en sitios en Montana para el análisis de activación de neutrones. Frank y Helen encontraron la capa de iridio en estas muestras, pero estaban en una capa de roca que Clemens dijo que estaba tres metros por encima del último hallazgo de dinosaurio. Según él, eso significaría que los dinosaurios se habían extinguido unos 30.000 años antes de que el supuesto impacto hubiera ocurrido, un golpe potencialmente devastador para la teoría. Su conclusión se fortaleció cuando encontró los mamíferos paleocenos debajo (es decir, antes) de la capa de iridio. Afirmó que se sabía por muchos otros fósiles que los mamíferos paleocénicos no habían evolucionado hasta que los dinosaurios habían desaparecido totalmente. Luie sintió que Clemens debía estar equivocado. Miró la evidencia de Clemens de que los mamíferos del Paleoceno eran posteriores a los dinosaurios y "no estaba convencido". El problema con el escepticismo es que funciona para ambos lados de una discusión.

Walt aconsejaba la precaución por una razón diferente. La geología es un campo notoriamente difícil y complejo. Walt se deleita en mostrar a otros lo complejo que es. Cuando lo visité en Italia, él me mostró una capa oscura de roca llamada "Bonarelli". Luego caminamos unos 90 metros hasta un lugar que estaba a unos 9 metros más alto en la estratigrafía, y, para mi asombro, allí estaba ¡de nuevo! Más arriba en la colina, apareció por tercera vez. ¿Había tres Bonarellis?

---

<sup>4</sup> N. del T: "Glass" en inglés es "vidrio, cristal".



Sitios en todo el mundo (66) donde se ha encontrado la capa de arcilla, (mayo 1984).<sup>5</sup>

<sup>5</sup> N. del T: En el 2016, ya eran 103 los lugares con anomalías de iridio en la capa límite K-T.

"Esto fue una vez una pendiente submarina, y los sedimentos probablemente se deslizaron hacia abajo durante los terremotos", me explicó Walt, "así aquí el Bonarelli aparece tres veces, dos veces en la orientación correcta, repetida por deslizamiento submarino". Uno tenía que tener mucho cuidado en decir qué capas se habían colocado primero.

Luie afirmó públicamente que la brecha de 30.000 años entre el último hueso de dinosaurio articulado (uno que claramente no se había movido desde que fue derribado) y el nivel de iridio era insignificante, particularmente si se compara con un período de 65 millones de años. "Eso es menos que una parte en mil. Muy buen acuerdo", dijo. Estaba seguro de que la brecha desaparecería a medida que se hicieran mediciones más precisas. Los paleontólogos creían que el desmentido de Luie de sus datos era un tanto arrogante. A algunos les molestaba el hecho de que sólo consideraba dignos de estudio los huesos articulados. Luie argumentó que su elección se basó en su vasta experiencia con el análisis de datos. "Tienes que aprender a reconocer los datos malos", dijo. El paleontólogo, dada esta elección, habría querido descartar los datos del iridio. Eso estaba en una categoría diferente y no podía ser descartada, según Luie. La posición de Luie me parecía injusta. Si se le permite desechar cualquier dato que no esté de acuerdo, entonces puede llegar a cualquier conclusión que desee. Luie escuchó estas quejas con paciencia, pero insistió en que tenía razón. Para aquellos que estaban en desacuerdo (y para algunos que estaban de acuerdo), parecía que Luie estaba arrogantemente "emanando autoridad".

No todos los paleontólogos rechazaron la teoría del impacto. Dale Russell, paleontólogo canadiense de fama internacional, quedó encantado con el trabajo en Berkeley y decidió pasar un año sabático con el grupo. Recientemente había hecho descubrimientos interesantes sobre la inteligencia de los dinosaurios. Había encontrado un dinosaurio, el *stenonychosaur*, que parecía tener una mayor relación peso de cerebro/peso del cuerpo que la de cualquier otra criatura que había existido hasta ese momento, incluidos los mamíferos. La evolución había comenzado a descubrir las ventajas de la inteligencia, y estaba evolucionando rápidamente para los dinosaurios. Si la catástrofe no hubiese tenido lugar, los dinosaurios podrían haber evolucionado para ser ahora tan inteligentes como nosotros o más inteligentes. Russell ayudó a producir un modelo que muestra lo que los dinosaurios podrían haberse convertido si no hubieran sido destruidos. Con grandes cabezas humanas, pero con fuertes características reptilianas, las imágenes son inolvidables, y hacen la demostración más eficaz que cualquier explicación técnica. Dale me dijo una vez que creía que la evolución de la inteligencia podría haber retrocedido millones de años cuando los dinosaurios fueron destruidos. Los dinosaurios no eran ciertamente un callejón sin salida evolutivo.

Hay una analogía entre el desarrollo de la inteligencia y el desarrollo de las computadoras. Hasta que la inteligencia se desarrolló, la programación de los animales (es decir, sus reglas de conducta) fue todo "cableado", como una computadora especial o de propósito único, que podría hacer la tarea para la que fue diseñado y nada más. Si la Naturaleza quería probar una idea nueva, tuvo que desarrollar una nueva computadora de propósito especial. Eso fue lo que hizo la Naturaleza durante la mayor parte de la evolución. Fue un proceso lento, sobre todo porque el método era de prueba y error. Con la llegada de la inteligencia, la Naturaleza tenía una computadora de uso general. Los cambios podrían introducirse en el software (memoria, lenguaje, cultura), más que en el hardware (instinto, sistema nervioso central). Anteriormente, la voz había sido útil para enviar señales, como advertencias, comparable en esta analogía a las interrupciones de la computadora. Pero con una alta inteligencia, se desarrolló un lenguaje lo suficientemente complejo como para transferir programas (instrucciones, consejos, historias).

Russell comprendió los cálculos de la teoría del impacto de Luie y examinó las consecuencias para los datos fósiles. Para sorpresa de muchos de sus colegas, llegó a la conclusión de que la extinción de los dinosaurios de hecho podría haber sido abrupta. Los fósiles de dinosaurios son raros, y uno no puede tomar la última aparición de una especie en particular como el momento en que se extinguió. Dado que la probabilidad de encontrar un esqueleto de una especie rara es tan baja, no deberías esperar encontrar una en el límite. Russell mostró que el espaciado vertical promedio entre los fósiles de dinosaurios en Montana era de aproximadamente 1 metro. A partir de esto se podría utilizar la estadística de Poisson para calcular la probabilidad de obtener una brecha de 3 metros, y la respuesta fue  $e^{-3} = 0,05 = 5\%$ , o 1 de 20.



Estas no eran malas probabilidades. Russell concluyó que los ejemplos de extinciones prematuras de dinosaurios podrían ser explicados como artefactos estadísticos y sistemáticos.

Para obtener una mejor medida de la brusquedad de la extinción en masa, Luie dijo, debemos utilizar fósiles abundantes, como los foraminíferos, que tenían un espaciado vertical promedio de menos de un milímetro. Su desaparición ofreció una medida mucho más exacta de cuándo ocurrió la catástrofe, y habían desaparecido precisamente en la capa de iridio. Luie dijo que este ejemplo verificaba la brusquedad del evento.

Pero la matemática de Russell no podía explicar los mamíferos del Paleoceno que se encuentran debajo de la capa de iridio. El rechazo de Luie a este hecho parecía arbitrario y egoísta. Entonces, para mi sorpresa, el conflicto se resolvió. Un geólogo llamado Jan Smit fue con Bill Clemens a estudiar la estratigrafía de la ubicación de Clemens en Montana. Clemens había asumido una estratigrafía de "tarta de capa", con todas las capas de roca cuidadosamente preservando el orden en que habían sido establecidas. Había tomado las muestras de roca para el análisis de iridio desde una ubicación diferente a la en la que encontró los mamíferos del Paleoceno, y asumió que la estructura vertical de la capa de roca era la misma en ambos lugares. La geología resultó ser más compleja que eso. Smit encontró que Clemens había tomado algunas de sus muestras en una zona donde la "canalización" había erosionado parte de las capas rocosas, y lavado rocas y fósiles de los tiempos más recientes para reemplazarlos. Por lo tanto, los mamíferos paleocénicos estaban por debajo de la capa de iridio sólo porque se habían lavado allí después de que la capa se había formado. Después de una inspección cercana, resultó que los mamíferos del Paleoceno estaban después de la capa de iridio. El instinto de Luie había resultado ser correcto.

Sin embargo, incluso cuando su contra-evidencia más dramática resultó ser incorrecta, Clemens se atrincheró en su posición. Se negó a aceptar la idea de que un impacto había matado a los dinosaurios. Luie estaba convencido de que Clemens era un hombre razonable, que eventualmente podría ser cambiar de opinión; lo que tomaría sería tiempo y paciencia. Se organizó un seminario semanal para discutir las pruebas físicas y paleontológicas. Todos los martes por la mañana durante tres meses, Luie se reunió con Clemens, Russell, Walt, Frank, y Helen, y cualquier otra persona que quisiera asistir. Nunca lo hice, pero Luie me contó sus últimas ideas para convencer a Clemens. Nunca coincidieron, y Luie nunca comprendió realmente por qué. Sospeché que Clemens pudo haber sentido una frustración similar con Luie. Clemens se negó a aceptar la afirmación de Luie de que las extinciones eran abruptas, y Luie se negó a aceptar la evidencia de Clemens de que no lo eran. En retrospectiva, creo que ambos tenían razón. La resolución de esta paradoja todavía estaba a varios años de ausencia, aguardando la teoría de Némesis.

Otros paleontólogos, además de Dale Russell, apoyaron el mecanismo de Álvarez. Hans Thierstein, un paleontólogo suizo que trabajaba en la Institución Scripps de Oceanografía, en San Diego, había estudiado el microplancton, las criaturas microscópicas que estaban en el fondo de la cadena alimentaria en los océanos. Estos fueron los animales que estarían más directamente afectados por la ausencia de luz solar, ya que la ecología se vuelve más y más compleja y entrelazada a mayor altura de la cadena alimenticia. Thierstein concluyó de sus estudios detallados de las extinciones del plancton en el final del período cretáceo que la "oscuridad es un mecanismo muy bueno que podría explicar el plancton fósil que vemos".

Clemens encontró una nueva razón para disputar la hipótesis del impacto. Las muestras de roca recogidas en Montana tuvieron el magnetismo remanente medido por Robert Butler, un geofísico de la Universidad de Arizona, y una de ellas mostró que el campo magnético de la Tierra se había invertido (en comparación con su dirección actual) cuando se formó la capa. Pero en una sección la roca mostraba un campo normal, no invertido. Esto demostró que la capa de arcilla no podría haber sido formada al mismo tiempo en todos los lugares. No explicó lo que había formado la capa, pero ciertamente descartó la posibilidad de que la capa fuera el resultado de un solo gran impacto.

Walt visitó el sitio Hell Creek en Montana con Clemens, Shoemaker, Hickey y Butler. Mientras recogían muestras alrededor del área, Walt y Gene se volvieron sospechosos. Era imposible medir el magnetismo remanente en el campo, pero había otros indicios de que la capa de arcilla había sido depositada a la vez.

Hickey encontró e identificó fósiles clave que indicaban sincronidad. Mientras que el grupo discutió la geología local junta, Butler también comenzó a tener dudas sobre su conclusión anterior. Esa noche revisó cuidadosamente todas sus viejas notas.

A la mañana siguiente, Butler le dijo a Clemens que quería dirigirse a todo el grupo. Todos se reunieron cuando Butler subió al guardabarros del jeep para hacer un anuncio. Cuando revisó sus notas, dijo Butler, había encontrado un error. Las muestras de roca anteriores habían sido recogidas por Clemens y J. David Archibald, un paleontólogo en el estado de San Diego. Butler había medido el paleomagnetismo en su laboratorio en Arizona. Pero había habido un error de transcripción. Los datos magnéticos y las muestras de roca se habían desplazado uno con respecto al otro cuando se transcribieron los datos. Cuando se corrigió el error, los datos mostraron que todas las muestras tenían la misma polaridad magnética. Los resultados publicados estaban equivocados. La capa de arcilla había sido depositada al mismo tiempo en todas partes.

Luie dice que la voluntad de un científico de retractarse, honesta y abiertamente, de sus errores es más importante para establecer su estatura científica que una larga lista de descubrimientos. No se suele insistir en hacer la retracción de inmediato y de una manera tan dramática, sin embargo. Walt también estaba impresionado con el anuncio sincero de error de Butler. "Un científico menor", dijo, "habría tratado de encubrir el error, o tal vez argumentar que había subestimado las incertidumbres de error anteriormente, pero Butler acaba de salir y anunció a todo el mundo que estaba equivocado". Era un momento de orgullo para la ciencia.

Otra pieza incorrecta había sido quitada del rompecabezas. Es raro que una teoría sea tan buena que pueda ser usada para predecir que ciertas medidas deben haber sido hechas incorrectamente. La teoría del impacto tenía esta virtud, y reforzó mucho la confianza del equipo de Luie. Todo el flujo parecía estar en una dirección, hacia probar la teoría del impacto correcta. Las evidencias contradictorias nunca parecían durar más de unos pocos meses, como muestra a favor de la sólida teoría del impacto.

Se analizaron los núcleos de roca sedimentaria que había visto en el sótano de Lamont, y se encontró la capa portadora de iridio. A medida que el número de lugares en todo el mundo donde la capa se encontró creció a más de ochenta, nueve grupos diferentes en siete países se hizo responsable de las mediciones. El iridio había sido establecido en todo el mundo. Las cantidades en diferentes lugares no siempre estuvieron de acuerdo, pero siempre hubo un exceso significativo. Sin embargo, las primeras esperanzas de que el patrón podría utilizarse para ayudar a localizar el sitio de impacto resultaron infructuosas.

Se publicaron otras teorías que, según sus autores, podrían explicar el iridio. El iridio está presente en el océano en todo momento, señaló un investigador. Un cambio en la química de los océanos podría hacer que el iridio precipitara fuera de la solución, formando sales que luego se establecieron en el fondo del océano. Walt no consideraba esta teoría creíble, porque parecía improbable que todos los océanos del mundo pudieran cambiar al mismo tiempo. Pero una cosa era convencerte a ti mismo y otra cosa para convencer a un escéptico. Walt no pudo probar que tal precipitación no había ocurrido.

Para refutar el modelo que decía que el océano era la fuente del iridio, bastaría con encontrar el iridio en el sedimento depositado en medio de un continente. Walt solicitó fondos a la Fundación Nacional de Ciencias (NSF) para localizar y tomar muestras de un sitio adecuado en un lago. Los revisores, científicos anónimos que trabajan en campos relacionados, dijeron que el dinero sería desperdiciado, ya que la fuente del iridio era obviamente la precipitación en los océanos. No puedes encontrar iridio si no está allí. La petición de Walt fue rechazada. Él y Luie estaban indignados. Podrían haber apelado la negativa de la NSF, pero eso no valía la pena teniendo en cuenta los malos informes de los árbitros. Incluso si ganaran la apelación, tomaría tiempo, tal vez un año. El sistema de revisión por pares es un sistema muy conservador, y es eficaz para filtrar las propuestas "alocadas", incluso las pocas que resultan ser correctas.

Un día, Luie entró en mi oficina muy emocionado por un borrador que acababa de recibir de Carl Orth, Charles Pillmore, Robert Tschudy y su grupo en el Servicio Geológico de los Estados Unidos en Denver. "Este documento es un clásico. – exclamó - Este diagrama se reproducirá algún día en todos los libros de geología

o paleontología. ¡Mira esto!" El diagrama dibujó la densidad del iridio como una función de la profundidad, con un fuerte aumento (por un factor de 300) justo en el nivel identificado como el límite del Cretácico. Y justo al lado de él había una gráfica que mostraba la relación de polen con esporas de helechos. Esta relación cayó abruptamente exactamente al nivel del iridio. Luie dijo: "Esto prueba que las plantas se vieron afectadas exactamente al mismo tiempo que los animales. Pero, lo que es más importante, ¡sus muestras fueron tomadas de un depósito continental!" Esto descartó completamente la precipitación química en los océanos como una fuente del iridio. Luie y Walt no se sorprendieron, ya que ya habían llegado a la conclusión de que el iridio debía de ser extraterrestre, pero estaban contentos de ver que un resultado tan nuevo y claro probaba que estaban en lo cierto.

Algunos científicos habían afirmado que una erupción volcánica podría ser la fuente del iridio. La lava de los volcanes viene de lo profundo de la Tierra, así que ¿no podría estar enriquecida? El equipo de Álvarez había considerado esta posibilidad y respondido a su propia satisfacción. En primer lugar, numerosas mediciones han demostrado que la lava de las erupciones no se enriquece en iridio. De hecho, Frank podría identificar consistentemente capas volcánicas por la ausencia de iridio. Puesto que las capas se habían establecido rápidamente, no contenían mucho iridio atrapado procedente del polvo de micro meteoritos. En segundo lugar, las proporciones de abundancia de otros elementos, particularmente oro y platino, eran considerablemente diferentes de las proporciones en la corteza terrestre y en las lavas del manto. Sin embargo, algunos críticos no aceptaron estos argumentos. Una erupción volcánica de Kilauea había mostrado un exceso de iridio en los vapores que emitió (aunque no en su lava), pero Walt señaló que Kilauea estaba justo en el límite de una plataforma continental, y sin duda tenía raíces profundas en el manto. Tales volcanes tienen erupciones relativamente suaves, más como fugas que explosiones, y por lo tanto no podrían haber creado la capa de arcilla mundial.

Mientras tanto, la evidencia que favorecía la teoría del impacto se estaba acumulando. Miriam Kastner, geoquímica de la Institución Scripps de Oceanografía, estudió la capa de arcilla en Dinamarca y en el Pacífico centro-norte y demostró que estaba compuesta en gran parte de esmectita, un producto de alteración del vidrio que era mucho más probable que proviniera de un Impacto que de un volcán. Jan Smit descubrió esférulas minerales de tamaño milimétrico en la arcilla, que resultaron ser, según demostró Alessandro Montanari, un estudiante de Walt, los restos fosilizados de microtectitas vídrias formadas en el chapoteo de roca fundida en el impacto.

Karl Turekian fue el más eminente de los escépticos que creían que la erupción volcánica era una posible alternativa a la teoría del impacto. Turekian, un geoquímico de Yale, se encargó de decidir entre las dos posibilidades. Sabía que el material extraterrestre y la roca volcánica podían distinguirse por otras vías distintas del iridio, y decidió que lo más sensible sería utilizar las proporciones de isótopos del elemento osmio. Turekian y su grupo hicieron ellos mismos las mediciones y concluyeron que el material encontrado en la capa no provenía de la corteza terrestre, pero tenía una fracción significativa de origen extraterrestre. Walt sintió que el apoyo de Turekian representaba un punto de inflexión en la aceptación de la teoría. Turekian fue el primer geofísico importante en cambiar públicamente de opinión y decir que la afirmación del impacto debe tomarse en serio.

Unas semanas más tarde, el grupo de Berkeley se sorprendió al recibir un borrador de un nuevo artículo de Bruce Bohor y sus colaboradores en el US Geological Survey. Habían analizado minuciosos cristales de cuarzo que se habían encontrado en la capa de arcilla y descubrieron que el cuarzo tenía una estructura en capas que indicaba que había sido sometido a un choque severo. Se observaron capas similares en los cristales de cuarzo adyacentes al cráter Meteor y en los cráteres formados por los ensayos de la bomba nuclear, sitios de ondas de choque de alta presión. Las presiones capaces de causar tales choques nunca podrían acumularse en una erupción volcánica, porque la Tierra cedería y las liberaría. El cuarzo impactado descartó completamente la teoría volcánica.

Pero los volcanes siguieron recibiendo atención, en gran parte debido a un conjunto de documentos de Charles Officer y Charles Drake de Dartmouth College. En su primer trabajo, describieron todas las pruebas a favor del origen volcánico. El grupo de Berkeley se molestó por este artículo, no por sus argumentos, sino



porque consideró que ignoró los posibles contra-argumentos y no prestó suficiente atención a la calidad de los datos que citaban. Por ejemplo, Officer y Drake argumentaron que la capa de arcilla no fue establecida simultáneamente en todo el mundo. En apoyo de esto, citaron el trabajo que Butler había repudiado en su jeep; por esto podían ser perdonados. Indudablemente no habían oído hablar del error. Pero también citaron pruebas de mediciones hechas de núcleos marinos. Cuando Walt comprobó las referencias, encontró que, en los artículos originales, los autores llamaban a sus propios datos los "peores" que habían visto y dijeron que no debían ser "ciertos". Officer y Drake dieron la impresión en su artículo que el iridio de los volcanes es común, cuando en realidad está prácticamente ausente.

El grupo de Berkeley escribió una respuesta detallada al artículo del Officer y de Drake, refutándola punto por punto. También resumieron la evidencia que descartó el origen volcánico, que ahora incluía el cuarzo impactado, las esférulas, las relaciones de isótopos de osmio, la esmectita, la falta de iridio en erupciones volcánicas y la observación de que las proporciones de los diversos elementos siderófilos encontrados en la capa de arcilla coinciden con los de los meteoritos, en lugar de las proporciones encontradas en las rocas de cristal.

Luie esperaba que Officer y Drake cedieran, por lo que se sorprendió cuando la revista "*Science*" publicó un nuevo artículo, que refería a su refutación, pero no contestaba a ninguna de sus objeciones en cualquier detalle. En su lugar, Officer y Drake simplemente declararon: "A pesar de las diversas críticas, Officer y Drake sostienen sus argumentos originales". Se publicaron otras refutaciones a Officer y Drake, señalando malas interpretaciones y errores, por Smit, geofísico Frank Kyte y Bevan French, un geólogo en el Goddard Space Flight Center.

Los editores del "*New York Times*" aceptaron sin crítica las conclusiones del artículo de Drake y, en una acción inusual, declararon en su página editorial que la teoría del impacto estaba muerta. Este pronunciamiento causó cierta preocupación inmediata entre las agencias de financiamiento en Washington, y se les debía enviar cartas inmediatamente diciendo que el caso no estaba tan cerrado como el editorial lo indicaba. Me sorprendió que el "*New York Times*" publicara un editorial sin verificar las fuentes de exactitud, sobre todo porque los escritores científicos del periódico eran generalmente buenos. Llamé a uno de ellos para averiguar cómo habrían podido dejar que tal cosa se imprimiera y supe que el departamento de ciencia no había recibido ninguna advertencia previa. Estaban tan sorprendidos como nosotros. Un editor del periódico me reconoció que ellos no revisan los hechos, ya que los editoriales son opiniones, no hechos.

En diciembre de 1985, Officer presentó un documento en la reunión anual de la Unión Geofísica Americana en San Francisco. Mientras escuchaba en la audiencia, le oí repetir muchas de las afirmaciones que el grupo Álvarez ya había refutado en la prensa, pero tenía al menos un punto que aún no había sido contestado públicamente. Reiteró una afirmación que había sido hecha en su segundo artículo con Drake. Dijo que las "esférulas", las llamadas microtectitas fosilizadas, que el grupo Álvarez había usado como evidencia de impacto, no eran únicas en el límite Cretáceo. Mostró varias diapositivas de bolitas encontradas por un grupo italiano, que él dijo eran idénticas a las esférulas de Álvarez. Estas bolas se habían encontrado en toda la roca por encima y por debajo del límite de la arcilla. Concluyó que era incorrecto interpretar las esferas como evidencia para un impacto. Probablemente provenían de erupciones volcánicas. Debe haber parecido al público que el grupo Álvarez había sido muy descuidado en su colección de las muestras originales.

En el período de preguntas que siguió a la charla de Officer, Walt fue el primero en ser reconocido por el moderador. Walt había decidido no diluir su respuesta respondiendo a todos los puntos antiguos, los que su grupo había respondido en letra impresa, sino que, en cambio, dedicó los dos minutos asignados a la nueva afirmación de que las esferas estaban en todas partes.

Explicó que al principio había estado muy preocupado por el descubrimiento publicado de "pequeñas bolas" esféricas en la roca por encima y por debajo del límite Cretáceo, ya que este hallazgo era obviamente contrario a su propio trabajo. El alumno de Walt, Alessandro Montanari, las había buscado en su sitio en Italia. Sandro no tuvo dificultad en encontrar las bolitas en prácticamente toda la roca por encima y por

debajo de la arcilla límite, pero estas pelotas no le parecían las verdaderas esférulas que habían encontrado antes. Por eso fueron ignorados por el equipo Álvarez. Mirándolas bajo un microscopio, Sandro había descubierto que eran huecas, a diferencia de las esférulas, pero al igual que las pelotas encontradas por Officer y Drake. ¿Que eran? Las probó aplicando ácido fluorhídrico. Las esférulas verdaderas están hechas de sanidina y se disolverían, pero las bolitas no. Las pinchó con una aguja; se flexionaron. Supuso que estaban hechas de material orgánico, no mineral. Sandro luego calentó unas pocas bolitas ¡y se quemaron! Finalmente, Walt explicó en la conferencia que, Sandro se las llevó a un biólogo, que fácilmente identificó las bolitas como huevos de insectos modernos.

En este punto de la narración de Walt, la audiencia de más de mil científicos rugió de risa. Walt continuó: Sandro había descubierto que estos huevos de insectos abundan en toda la roca superficial, arriba, abajo y en el límite Cretáceo-Terciario. Eran lo que el Officer y Drake estaban mirando. Pero, si uno tiene cuidado y cava en la roca para evitar la contaminación de la superficie, los huevos no aparecen. Profundizando en la roca, usted no encuentra ningún huevo del insecto, solamente esférulas verdaderas, y estas usted las encuentra solamente en la arcilla del límite.

Parte 2

# NÉMESIS

## 9. Callejones sin salida

Yo había observado la revolución desde el banquillo, con una sensación reprimida de celos. Luie y Walt habían abierto un nuevo campo de la ciencia y me lo había perdido, al igual que Luie había perdido los descubrimientos de la fisión y la reacción en cadena. No podía unirme a su equipo a menos que tuviera algo que ofrecer, y no tenía nada que ofrecer. Con Luie pasando tiempo completo pensando y analizando, era bastante difícil mantenerse al día.

Luego, a finales de 1983, Luie recibió el "artículo loco" de los paleontólogos Dave Raup y Jack Sepkoski en el que afirmaban que la catástrofe del Cretácico, y otras extinciones en masa, se llevaban a cabo de forma periódica: cada 26 millones de años. Aunque Luie a menudo abrazaba ideas locas, rechazó esta. Fue un resbalón del maestro del escepticismo equilibrado. Tal vez estaba demasiado atrapado en su propia teoría. Tal vez la fama de sus recientes descubrimientos le había traído tantas cartas absurdas que no tuvo tiempo de mirarla con cuidado. Él me pidió, como dije antes, que desempeñara el papel de defensor del diablo estando de parte de Raup y Sepkoski, y lo hice. En el proceso, sugerí que sus datos podrían ser entendidos si había una estrella en órbita alrededor del Sol. El rechazo de Luie del nuevo artículo me había colocado de repente en una posición clave y, antes de darme cuenta, ya estaba en medio de la controversia.

Originalmente sugerí la idea de la estrella compañera como un punto a debatir, para mostrar a Luie que su lógica era defectuosa cuando descartó algunos de los datos de Raup y Sepkoski. No lo consideré una contribución científica seria, así que estaba confundido y distante cuando inmediatamente dijo que quería llamar a Raup en la Universidad de Chicago y decirle que había encontrado una explicación para sus datos. Raup estaba ausente, pero alguien tomó un mensaje. Álvarez dijo que me lo haría saber tan pronto como Raup le contactara, para que pudiéramos contarle a Raup la idea juntos. "No te molestes - respondí modestamente - Estoy seguro de que puedes explicárselo sin mi ayuda".

Un poco más tarde, Luie vino a mi oficina. "Raup me acaba de llamar -dijo-. Le dije que mi joven colega Rich Muller había encontrado un modelo que podía explicar su periodicidad. Le hablé de tu idea. Raup dijo que alguien más había propuesto la idea de la estrella compañera del Sol la semana pasada. Raup se le comentó a Gene Shoemaker respondió que la órbita de la estrella sería inestable. Tu idea no funciona."

Luie creía que Gene Shoemaker sabía más sobre la dinámica del Sistema Solar que cualquier otra persona en el mundo, y tuve que tomar sus críticas en serio. ¿Qué significaba que una órbita fuera inestable? Supuse que se estaba refiriendo a los efectos gravitacionales de las estrellas cercanas, que podían distorsionar gradualmente la órbita de la estrella compañera hasta que quedara libre, dejando el Sol y navegando hacia el espacio.

Poco tiempo después, Frank Crawford, profesor de física, vino a mi oficina y le conté los interesantes acontecimientos que habían sucedido. Le encantaba que el Sol pudiera ser una estrella binaria. Si Shoemaker tenía razón, no tendría el placer de pensar en las consecuencias, así que asumió que Shoemaker había cometido un error y empezó a jugar con la idea.

"Diga, ¿cómo sabemos que Alpha Centauri no gira en órbita alrededor del Sol?" -preguntó de repente Frank-. Alpha Centauri es el sistema estelar más cercano al Sol. El nombre proviene del hecho de que es la estrella más brillante (de ahí el alfa, la primera letra del alfabeto griego) en la constelación Centaurus, el "centauro".

"Alpha Centauri está demasiado lejos", respondí de inmediato. "La compañera tiene que estar a menos de tres años luz de distancia, y Alpha Centauri está a más de cuatro".

Frank pidió ver mi cálculo del tamaño de la órbita de la compañera. Inmediatamente descubrió un error. "Usted descuidó la masa de la estrella compañera -dijo Frank- Si la estrella es masiva, podría estar más lejos. ¿Cuál es la masa de Alpha Centauri?"

Después de algunos minutos de búsqueda a través de mi oficina desordenada, encontré mi copia de "*Cantidades Astrofísicas*" de C. W. Allen, un delgado libro verde lleno de estadísticas astronómicas que cada astrónomo trata de mantener cerca. La masa de Alpha Centauri fue catalogada como 1.1 masas solares. Eso no era lo suficientemente grande. Para algo tan lejano como Alpha Centauri para orbitar el Sol con un período de 26 millones de años, tendría que pesar 2 masas solares. La idea de Frank sobre Alpha Centauri no funcionó.

Unos minutos más tarde, Frank volvió a mi oficina y preguntó: "¿Cómo supones que conocen la masa de Alpha Centauri? Se puede medir la masa de estrellas con precisión sólo si son parte de sistemas de múltiples estrellas. Alpha Centauri debe tener un compañero". No era la masa de Alpha Centauri la que era importante; era la masa del sistema Alpha Centauri.

"¡Por supuesto! ¡Tienes razón!", dije. "Proxima Centauri orbita a Alpha Centauri". Era un hecho que había aprendido cuando era adolescente, cuando construí un telescopio de 15 cm. para tratar de ver las estrellas a través de la neblina del cielo del Bronx. La estrella Proxima, que significa "cerca", fue nombrada así porque en realidad está un poco más cerca de nosotros de lo que está Alpha. Volvimos al libro de Allen, que mostraba que había tres estrellas en el sistema de estrellas Alpha Centauri. "No incluye el Sol", bromeó Frank. Las masas sumaban casi exactamente 2 masas solares. Eso era precisamente lo que se necesitaba para dar al sistema la órbita requerida de 26 millones de años alrededor del Sol. No podíamos creer lo que veíamos. Hemos hecho el mayor descubrimiento del siglo, pensé, o estamos haciendo algo increíblemente estúpido. Dado que Alpha Centauri es una de las estrellas más brillantes del cielo y es famosa por su cercanía, ¿cómo podrían los astrónomos no haberse dado cuenta de que estaba orbitando el Sol?

Resultó que estábamos haciendo algo estúpido. Un poco más tarde vi en la lista de "movimiento propio" en la tabla de estrellas cercanas, que había un valor de 3,68 segundos de arco por año para Alpha Centauri. Esto significaba que se movía más allá de nosotros a una velocidad alta, más de 20 kilómetros por segundo, más rápido que la velocidad de escape para esa distancia. No estaba en órbita alrededor del Sol, sino que sólo pasaba por allí. El hecho de que la masa hubiera resultado ser 2 masas solares había sido sólo una coincidencia. Bueno, usted tiene que tener un montón de ideas que no funcionan con el fin de encontrar una que sí lo hace. Había disfrutado de esa media hora pensando que habíamos hecho un gran descubrimiento.

Al día siguiente me divertía con Luie contándole sobre nuestro fiasco con Alpha Centauri. Me preguntó si había descubierto todavía por qué la órbita era inestable. Le dije que no lo había hecho. En realidad, ni siquiera había pensado en ello. Obviamente, Crawford no fue el único que pensó que no debía simplemente aceptar la explicación de Shoemaker. Aunque Luie era tan escéptico con el trabajo de Raup y Sepkoski, él sabía que no lo era y esperaba que yo siguiera con mi idea de un compañero solar. Sabía lo fácil que era ser perezoso y no seguir una nueva idea. Quería asegurarse de que yo no cometiera ese error.

Después de este empujón que me dio Luie, bajé a la Biblioteca de Física y saqué varios libros sobre la dinámica orbital. Estaban llenos de cálculos de perturbaciones de órbitas. Encontré la jerga casi impenetrable. Parecía que las personas que escribían estos libros se dirigían sólo a otros expertos. Supuse que casi nadie más que los especialistas orbitales alguna vez cogían los libros sobre la dinámica orbital. No había esperanza, a menos que me tomara unos meses para sumergirme en ese material denso. Realmente no quería hacer eso.

Fue difícil para mí tomar en serio mi propia idea, en parte porque sus consecuencias serían demasiado fantásticas. Si hubiera una estrella en órbita alrededor del Sol, tendríamos que cambiar toda nuestra teoría del origen del Sistema Solar. La estrella habría sido un factor decisivo en la evolución de la vida, debido a su lluvia periódica de asteroides contra la Tierra. El asteroide que mató a los dinosaurios había sido la bala, pero la estrella compañera del Sol era el asesino. La naturaleza muy revolucionaria de la idea me hizo pensar que era improbable que fuera cierto.

Una tarde me llevé a casa los libros con cálculos orbitales para intentar, una vez más, encontrar algo útil en ellos. Tal vez, en algún lugar, enterrado profundamente en uno de ellos, el autor diría algo así como: "Las grandes órbitas excéntricas son inestables debido a los efectos de las estrellas que pasan, como se puede entender fácilmente a partir de los siguientes argumentos simples...". Pero, por desgracia, no pude encontrar ese pasaje. Me fui a la cama, pero no podía dejar de pensar en el problema. Visualicé una larga órbita excéntrica, con un extremo muy cerca del Sol. La gravedad de una estrella cercana estaba tirando del sistema Tierra-compañera solar. Podía imaginarla cerca de la compañera, tirando un poco más fuerte de ella que del Sol, retorciendo el sistema. ¡Girándolo! Eso era, de repente me di cuenta. El giro impartiría momento angular al sistema, y la distancia de aproximación más cercana es proporcional al cuadrado del momento angular. Podría ir cerca del Sol una vez, a lo sumo, antes de que captara demasiado impulso angular. En su segunda órbita perdería el Sol por una gran distancia, demasiado lejos para causar una segunda extinción. Los detalles podían esperar hasta mañana. Pero no podía dormir. Mi mente seguía corriendo. Me levanté e hice un cálculo rápido con la ayuda de lápiz y papel. En la segunda órbita, la estrella compañera perdería el Sol por decenas de miles de millones de km, más de cien unidades astronómicas. Shoemaker tenía razón.

Al día siguiente, Luie me preguntó una vez más si entendía la inestabilidad. Esta vez había estado esperando la pregunta. "¡Sí!", le dije, y le di el sencillo argumento de la noche anterior. Parecía impresionado. El razonamiento era tan simple, tan claro, que era obviamente correcto. La órbita era inestable, y mi teoría de la estrella compañera no funcionó.

Aunque Luie todavía no estaba convencido de que los datos de Raup y Sepkoski fueran correctos, sabía que yo me tomaba la periodicidad en serio y esperaba que siguiera intentando inventar nuevos modelos hasta que encontrara uno que funcionara. Eso es lo que él habría hecho. Así que todos los días me preguntaba si tenía algún nuevo modelo para explicar la periodicidad.

Para hacer la órbita estable no podía permitir que se acercara al Sol. ¿Había alguna manera de que pudiera perderse a una gran distancia y sin embargo hacer un asteroide golpear la Tierra? La mayoría de los asteroides que orbitan al Sol están en un "cinturón" entre las órbitas de Marte y Júpiter. Tal vez había alguna manera de que un paso relativamente distante de una estrella compañera pudiera perturbar el cinturón, obligando a una parte de los asteroides a nuevas órbitas, órbitas que los llevaría al camino de la Tierra. Una vez perturbados en tales órbitas, podrían permanecer allí por mucho tiempo. La Tierra, durante unos pocos millones de años, estaría en medio de una tormenta de asteroides. Siempre que la Tierra pasara por la órbita de un asteroide, habría una leve posibilidad de ser golpeado. La probabilidad era aproximadamente la proporción del diámetro de la Tierra (~13.000 km) a la longitud de la órbita de la Tierra (965 millones de km), o 1 en 75.000. Eso significaba que una colisión sería muy probable en el momento en que hubieran pasado 75.000 años para cada asteroide cuya órbita cruzara la de la Tierra. Eso es sólo un instante en el tiempo geológico. Para completar el modelo, sólo tenía que encontrar una manera de obtener un pase lejano de una estrella compañera para perturbar los asteroides. Fue un buen comienzo para una nueva teoría.

Por desgracia, parecía imposible resolver la segunda mitad de este problema. Los asteroides hicieron muchos viajes alrededor del Sol mientras la estrella compañera pasaba, y el efecto en sus órbitas parecía ser el opuesto de lo que yo quería. Las órbitas del asteroide tendieron a ser circulares y a permanecer lejos de la Tierra. Los asteroides podrían ser arrojados a la órbita de la Tierra sólo si la estrella compañera se acercaba muy cerca del Sol, pero entonces la órbita de la compañera estelar sería inestable.

Decidí que no estaba haciendo mucho progreso, y debería hablar con alguien que realmente supiera algo sobre astronomía. Yo nunca había tomado un curso de astronomía (o un curso de geología, según el caso), y había mucho que yo no sabía. Inmediatamente pensé en Marc Davis. Marc había recibido su doctorado en Princeton, donde trabajó con el cosmólogo P. J. E. Peebles; tenía una formación muy sólida en astrofísica teórica. De hecho, tuve dificultad en entender muchos de sus trabajos porque estaban en un nivel más alto de sofisticación matemática de lo que yo estaba acostumbrado. Davis había pasado algunos años en Harvard, y yo lo había conocido por primera vez allí. En Harvard había trabajado en un proyecto para medir los movimientos de miles de galaxias en un intento de entender la estructura a gran escala del Universo. Había sido un proyecto ambicioso y había dado resultado cuando el grupo descubrió que los movimientos

aleatorios de las galaxias eran mucho más grandes de lo que se suponía anteriormente. Yo había sido una de las primeras personas en sugerirle a Marc que viniera a Berkeley, y me había encantado cuando aceptó un puesto de profesorado en la Universidad de California. Sentí que tenía mucho que enseñarme. Ahora había encontrado finalmente una excusa para tratar de iniciar una colaboración.

Al día siguiente bajé de la colina en la que estaba el Lawrence Berkeley Laboratory, a la oficina de Marc en el campus. Le mostré los datos de Raup y Sepkoski, con el período de extinción de 26 millones de años, y repasé algunos de los hallazgos recientes de Luie y su grupo sobre los impactos de asteroides. Entonces le conté mis intentos fallidos de encontrar una explicación. Cuidadosamente no le conté el error que Frank y yo habíamos cometido con Alpha Centauri, un incidente que había descrito sin escrúpulos a Luie. No conocía a Marc lo suficientemente bien como para ser sincero acerca de lo estúpidos que habíamos sido.

Después de terminar mi historia, Marc se sentó en su silla y pensó en voz alta. No cuestionó la periodicidad de extinción de Raup y Sepkoski; estaba dispuesto a aceptar mi palabra sobre eso. Se lanzó derecho sobre los aspectos astronómicos. "Bien, veamos. Necesitamos un período de 26 millones de años. En astronomía tenemos tantos fenómenos que podemos suministrar un período para cualquier necesidad. Creo que lo que más se acerca a tener un período de 26 millones de años es la oscilación del Sol arriba y abajo en la Vía Láctea."

Sabía que había encontrado a la persona adecuada. Era un enfoque totalmente diferente al mío, y uno que había llevado a Marc en una dirección que no había considerado. La Vía Láctea, que consta de todas las estrellas que vemos a simple vista por la noche, tiene la forma más o menos como un plato plano, con el Sol a unos dos tercios de la salida hacia el borde. Desde nuestro punto de vista dentro de la placa, la franja brillante en el cielo que llamamos la "Vía Láctea" es lo que vemos mientras miramos a través del plano del plato, donde están la mayoría de las estrellas, y la región oscura del cielo nocturno es lo que vemos cuando miramos hacia la perpendicular del plato.

Sin embargo, el Sol no está en reposo en este sistema. Se mueve en un círculo desigual, orbitando el centro del plato. Mientras lo hace, también se mueve hacia arriba y hacia abajo ligeramente, como un caballo en un carrusel. Cada vez que su velocidad lo lleva por encima o por debajo del plano galáctico, la atracción gravitatoria de las estrellas que quedan en el plano lo empuja hacia atrás. Era este movimiento el que Marc pensaba que era relevante. Sacó un libro sobre la dinámica galáctica que guardaba cerca de su escritorio y buscó el número. Encontró que el Sol pasa a través de la parte más gruesa del plato cada 33 millones de años.

Treinta y tres millones de años no es exactamente lo mismo que 26 millones de años, pero estaba lo suficientemente cerca. Además, tal vez los astrónomos estuvieran equivocados acerca de la cifra 33. Difería de la respuesta deseada por sólo 7 millones de años, un 20%, y los errores de este tamaño son comunes en la astronomía (y en muchas otras ciencias también). Y si los astrónomos no estaban equivocados, tal vez los paleontólogos lo estuvieran. Raup y Sepkoski habían encontrado una segunda periodicidad significativa en sus datos en aproximadamente 30 millones de años. De todas formas, decidimos no preocuparnos por la diferencia entre 33 y 26, no por ahora.

Marc había sugerido un fenómeno básico, el moverse hacia arriba y hacia abajo en la galaxia, y ahora tuvimos que imaginar una forma en que el balanceo causaría un impacto en la Tierra. Sabíamos que hay mucha materia en la galaxia que es oscura, invisible. La materia oscura había sido descubierta indirectamente por sus efectos gravitatorios sobre las estrellas. Pero los astrónomos sabían muy poco acerca de esta "materia desaparecida". Así que Marc y yo nos sentimos libres de postular que se trataba de este asunto invisible que corríamos cada 26 (¿ó 33?) millones de años. Estuvimos de acuerdo en que la idea valía la pena seguir con ella, y que ambos seguiríamos pensando.

En casa hice algunos cálculos sencillos sobre el movimiento del Sol en la galaxia. Cuanto más lejos se movía el Sol sobre el plano galáctico, más fuerte sería la fuerza que lo tiraba hacia atrás. Su movimiento sería similar al de un péndulo de un reloj gigante, haciendo tic tac hacia adelante y hacia atrás cada 26 millones de años. Sabía cuánta masa debía haber en la materia oscura de la galaxia, alrededor del 50%, tanto como en las

estrellas visibles. Supongamos que toda la masa estaba en forma de pequeños asteroides de 8 km. de diámetro, aproximadamente del tamaño de la que mató a los dinosaurios. ¿Cuál era la probabilidad de que la Tierra se encontrara con uno o más en cada paso a través del plano galáctico? Esto era algo que podía calcular. Una vez más saqué las "*Cantidades Astrofísicas*" de Allen. El espaciamento medio entre las estrellas cerca del Sol es de unos 6,5 años luz. El plano galáctico tiene alrededor de 0,02 gramos de materia por cada centímetro cuadrado de área, al mirar hacia abajo desde arriba. Un asteroide de 8 km. pesaría  $5 \times 10^{17}$  gramos (es decir, 5 con 17 ceros después de él), o alrededor de 50 mil millones de toneladas. Para obtener el número correcto de gramos por centímetro cuadrado se requeriría un espaciamento entre asteroides de alrededor de 5 mil millones de centímetros, o alrededor de 48.000 km. La Tierra tiene 12.800 km. de diámetro. Así que la probabilidad de golpear a uno sería  $12.800 / 48.000 = 0.27$ , cerca de 1 de cada 4 veces. Eso no era lo suficientemente alto, pero estaba cerca.

¿Cómo podría aumentar la probabilidad? Supongamos que la mayoría de estos asteroides "galácticos" eran más pequeños. Podemos hipotetizar cualquier cosa que queramos acerca de su tamaño, porque nunca se han observado. Tales pequeños objetos no reflejarían suficiente luz para ser vistos incluso por los telescopios más grandes. Si los asteroides tenían un promedio de 1,6 km. (1 milla) de diámetro, una quinta parte del tamaño que había adivinado previamente, entonces tendría que ser  $5^3 = 125$  veces el número de ellos para compensar la masa que faltaba. El asteroide de las extinciones cretáceas era conocido por ser más grande que eso, pero eso podría ser una excepción. Después de todo, es razonable suponer que encontraríamos primero el más grande. El espaciamento medio entre los asteroides (suponiendo que todos estuvieran en el mismo plano) sería entonces la raíz cuadrada de 125 veces menor que el valor de los 48.000 km que había calculado anteriormente, o alrededor de 4.828 kms. La Tierra estaría segura de encontrarse con al menos uno de ellos cada vez que pasara a través del plano galáctico, ya que el espaciamento era menor que el tamaño de la Tierra. La teoría parecía buena.

Pero empecé a preocuparme por la estabilidad de la capa de asteroides. A medida que el Sol pasaba por este plano, su gravedad daría un empujón incluso a los asteroides lejanos, y empezarían a dispersarse. Otras estrellas harían lo mismo. Muy pronto los asteroides se extenderían tanto como las estrellas. Habría muchas colisiones, pero ocurrirían en épocas aleatorias, no sólo a intervalos de 26 millones de años. Llamé a Marc, y antes de que pudiera explicar mi preocupación, me dijo que estaba preocupado por la estabilidad de la capa de asteroides. Le dije que tenía la misma preocupación.

Al día siguiente estuve hojeando en el libro de Allen cuando encontré una entrada llamada "La distancia del Sol desde el plano galáctico". La distancia fue de 8 parsecs, unos 26 años luz. Eso es muy, muy pequeño en la escala de tamaños galácticos. ¡El Sol está prácticamente en el plano galáctico! Si nuestra teoría fuera correcta, deberíamos estar corriendo hacia un asteroide justo ahora. Pero no había habido un impacto durante más de 10 millones de años, según Raup y Sepkoski. Algo andaba mal. Tal vez los astrónomos se equivocaron al estimar nuestra posición. Deben estarlo si nuestra nueva teoría fuera correcta. Yo tenía que leer los documentos básicos y encontrar su error.

Ese fin de semana me encontré con una historia en el "*New York Times*" que describía el trabajo de Raup y Sepkoski y su propuesta por la periodicidad de 26 millones de años en las extinciones masivas. La semana siguiente la historia fue reproducida en los medios y la vi en el "*San Francisco Chronicle*". Mi ventaja sobre los otros científicos en el mundo había desaparecido repentinamente. En lugar de ser uno de un pequeño grupo de personas que conocían su trabajo, yo era ahora sólo uno de un gran número de científicos que lo sabían. El artículo del periódico no mostraba sus datos, por lo que no había razón para que los otros científicos se mostraran escépticos acerca de la periodicidad. Miles de físicos ahora estarían trabajando en el problema. Había "soplado mi plomo". Y, de hecho, en Luisiana, esa misma mañana, dos astrónomos, Daniel Whitmire y Albert Jackson, habían leído la historia, como debía averiguar varios meses después.

Visité a Marc en su oficina y le dije que había encontrado otra dificultad con nuestra ya problemática teoría: el hecho de que estábamos en el plano de la Vía Láctea ahora mismo. Había concluido que los astrónomos debían haber medido erróneamente la posición del Sol.



Marc inmediatamente no estuvo de acuerdo. Sabía que el Sol se encontraba más o menos en el plano galáctico, pero no se había dado cuenta de que esta posición era incompatible con los datos de extinción. Marc dijo que los astrónomos no podrían haber cometido un error. Él pacientemente me explicó los varios métodos diferentes que se habían usado para determinar la posición del Sol. Se había medido contando cuántas estrellas están por encima y por debajo de nosotros en el plano galáctico. Los números resultaron ser iguales, lo que implica que el Sol estaba justo en el medio. Esto se había hecho independientemente para muchos tipos diferentes de estrellas y todas las respuestas estaban de acuerdo. No había lugar para el error. Era nuestra teoría, no la medida de la posición del Sol en la galaxia, lo que estaba equivocado.

Nos habíamos acercado, pero sin éxito. ¿Cómo podríamos salvar la teoría? Si la capa de asteroides no estuviera en el plano, sino fuera de él, entonces golpearíamos la capa en el momento adecuado. Pero ¿qué podría mantener la capa allí? Nada podía. Entonces me di cuenta de que, si los asteroides estuvieran realmente cerca, moviéndose arriba y abajo con nosotros, los cruzaríamos justo cuando se dieran la vuelta en su movimiento. Aún habría problemas de estabilidad. Pero luego me detuve. Esta teoría era simplemente demasiado fantástica incluso para mí. Tendría que plantear una masa de asteroides en una órbita a través de la galaxia que casi coincidía, y estaba justo por delante de la órbita del Sol. La teoría se había vuelto tan absurda como la del terrorista cósmico que cuidadosamente dirigió un solo asteroide en la Tierra cada 26 millones de años. Era el momento de mirar en una nueva dirección.

Algo me había pasado sin que me diera cuenta. Había comenzado a hacer que el problema de las extinciones periódicas fuera mi propio problema. Ya no era una curiosidad ociosa para mí, sino el centro de mi atención. Pocos meses antes había supuesto que el rompecabezas gigante de las extinciones de dinosaurios había sido resuelto completamente por Luie y su equipo, sin ningún papel que jugar. Ahora, en efecto, poco a poco había llegado a creer que un borde del rompecabezas no era realmente un borde, pero tenía algunas piezas que sobresalen. Había más rompecabezas que resolver. Era un rompecabezas más grande de lo que nadie se había dado cuenta. ¿Cuánto más grande? Era imposible decirlo, pero era más grande.

Hasta ahora no había hecho ningún progreso obvio, pero no estaba demasiado desanimado. Alguien había dicho una vez: "La investigación es el proceso de subir callejones para ver si no tienen salida". Cada callejón sin salida que había encontrado hasta ahora me había enseñado algo. Había aprendido nueva física y astronomía, sobre la estabilidad orbital y la dinámica galáctica. Fue frustrante, pero divertido.

Vi a mi hija de dos años, Melinda, aprendiendo a subir y bajar escaleras. Lograr una nueva tarea, antes imposible para ella, le dio tanta alegría que empezó a reírse de excitación. Los seres humanos tienen un instinto que les hace disfrutar del aprendizaje. Qué lástima que tantos de nosotros ralentizamos nuestra tasa de aprendizaje cuando llegamos a la edad adulta. Había aprendido más en el mes anterior, motivado por el problema de la periodicidad, de lo que había aprendido en el año anterior. Fue emocionante.

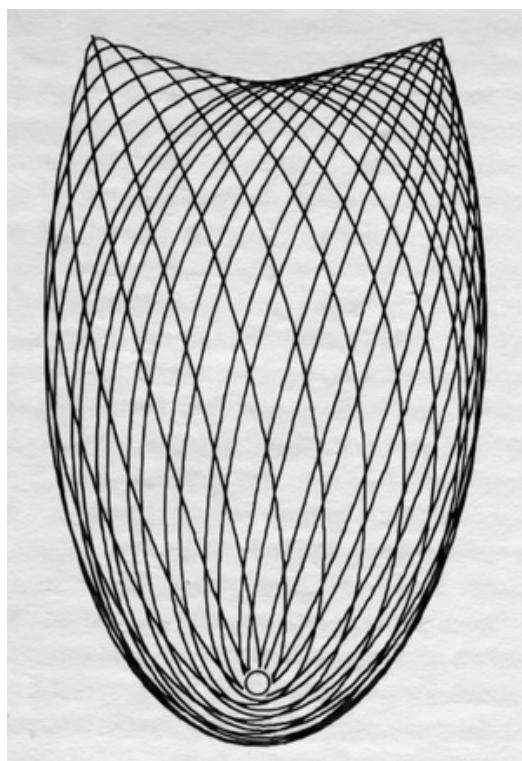
Una noche, mientras me acostaba en la cama tratando de quedarme dormido, seguía imaginando el Sol balanceándose arriba y abajo en el plano galáctico. Una vez más mis pensamientos se volvieron hacia la idea de la estrella compañera. ¿Cuál sería el efecto de esta sacudida en una estrella compañera? Las mareas galácticas podrían eliminar gradualmente el momento angular de la órbita. Y también harían que la órbita tuviera precesión, es decir, que cambie la dirección de su eje. Visualicé una órbita elíptica, cada vez más estrecha, con el compañero cada vez más cercano al Sol en cada órbita. Finalmente, el compañero llegaría tan cerca que llegaría directamente al interior del Sistema Solar, tan cerca que podría ser capaz de desencadenar un desastre. Desastre. Esa palabra parece correcta. La palabra viene de raíces latinas que significa algo como "mala estrella". Pero entonces la estrella se alejaría. En su siguiente órbita no se acercaría, ya que la estrecha órbita es "inestable". La órbita se volvería más y más grande. La estrella se alejaría cada vez más. Y el eje de su órbita se movería, oscilaría, justo después del polo galáctico.

De repente me di cuenta de que, si el eje de la órbita se balanceaba lo suficiente, la fuerza de las mareas galácticas se invertiría. La órbita comenzaría a estrecharse de nuevo. ¡La estrella volvería! Aunque cualquier órbita particular sería inestable, el movimiento entero sobre muchas órbitas sería cíclico. ¿Quizás con un

período de 26 millones de años? Podría usar una órbita relativamente pequeña (y por lo tanto estable) con un período corto, tal vez un millón de años. Pero la estrella se acercaría al Sol sólo cuando la órbita se estrechara lo suficiente, tal vez cada 26 órbitas. Eso podría dar el período de 26 millones de años de desastre. Realmente podría funcionar. Salí de la cama, en parte para escribir la idea (para no olvidarla por la mañana) y en parte para ver si podía resolver alguna de las ecuaciones. Yo no podía. Las únicas fórmulas que pude encontrar para la precesión de las órbitas tenían que ver con órbitas casi circulares, no con las excéntricas que estaba imaginando. Volví a la cama y traté de dormirme de nuevo. Sin suerte. No pude sacar la órbita oscilante de mi mente.

Al día siguiente, después de más frustraciones con mis cálculos, le dije a dos de mis estudiantes graduados, Jordin Kare y Saul Perlmutter, acerca de la nueva órbita que había imaginado. Ambos se ofrecieron a tratar de simular el problema en la computadora. Mientras tanto, seguí tratando de calcular. Miré más libros, pero, como antes, eran de poca ayuda. Parecía que todo problema concebible ya había sido elaborado en estos libros, excepto el mío. Pasaron varios días. Finalmente me di cuenta de una manera de hacer algunas aproximaciones groseras. La tasa de precesión debe ser proporcional al gradiente galáctico, al igual que la velocidad de cambio del momento angular, el par. Pude deducir una fórmula aproximada, pero tenía una constante que no podía calcular. Sabía que pronto vería a Freeman Dyson, un renombrado físico teórico, en una reunión en Washington, D.C. Estaba seguro de que podría resolver la respuesta en cinco minutos, en la parte de atrás de un sobre. No, probablemente podría resolverlo en su cabeza.

Jordin fue el primero en obtener una simulación por computadora corriendo, y trazó la órbita en el monitor. ¡Fue hermoso! Lo más sorprendente era que había funcionado como yo había predicho que lo haría. Me sorprendió que me estuviera convirtiendo en un buen teórico. La órbita ovalada, oscilando hacia atrás y hacia delante, primero se estrechaba y luego se ensanchaba, sólo para estrecharse de nuevo, trazaba un camino que parecía un tulipán. La bauticé como la "órbita del tulipán".



La órbita "Tulipán"

Orgullosamente le mostré el cuadro de tulipán a todo el mundo que lo miraba. "¿Qué es eso?", preguntaban, y mi respuesta fue siempre, crípticamente, "Eso es lo que, tal vez, mató a los dinosaurios." La reacción de Dyson cuando le mostré la foto fue: "Eso es muy bonito." Le pregunté si podía calcular la órbita para mí, y él dijo que pensaría en ello. No era un problema trivial, dijo. Estaba decepcionado. Siempre me gustaba pensar que mis amigos teóricos podían calcular cualquier cosa. Por supuesto, ellos siempre parecían

asumir que yo sabía todo lo que había que saber sobre la física experimental, así que era inevitable que nos decepcionáramos unos a otros. Tres días después, Dyson todavía no había resuelto el problema para mí. Puede estar distraído y sospecho que lo había olvidado. Por supuesto, también era posible que incluso un gran físico teórico no pudiera resolver cualquier problema en tres días.

Una vez más, tuve problemas para dormir. Seguí levantándome para jugar con lápiz y papel. No soy particularmente bueno con las integrales elípticas, pero estaba muy motivado. ¿Cómo podría conseguir que sea constante? De repente me di cuenta de que podía obtenerlo de la simulación por ordenador de Jordin. Él no podía obtener una fórmula y yo no podía conseguir la constante, pero juntos tendríamos ambas. Tenía sus gráficos en casa, conmigo, pero no sabía qué escala había utilizado, así que tuve que esperar hasta mañana.

Al día siguiente llegué temprano al laboratorio y esperé ansiosamente a Jordin. Cuando finalmente llegó, le dije lo que necesitaba. Resultó que había escogido constantes muy simples para todas las escalas, para facilitar la programación. Puse los números en mi fórmula y calculé el valor necesario; mi constante resultó estar muy cerca del número 1. Si yo fuera realmente inteligente, debería haber sido capaz de deducir eso, pensé; De hecho, unos años más tarde lo hice. Ahora todo lo que tenía que hacer era encontrar un período orbital, excentricidad y orientación que diera la periodicidad requerida de 26 millones de años. Con tres valores a elegir, esto no debería ser demasiado difícil. ¡Entonces tendría una teoría!

La fórmula ahora mostró que el período de la catástrofe era igual al período de balanceo en el plano galáctico, multiplicado por sí mismo, y dividido por el período orbital de la estrella compañera. El período de bamboleo fue de 33 millones de años. El período de la órbita tenía que ser mucho menos que eso para que el modelo trabajara, puesto que la estrella tuvo que hacer muchas órbitas durante una sola oscilación. Las implicaciones de mi álgebra lentamente se hicieron evidentes. Si tomara  $33 \times 33 = 1.089$  y lo dividía por un número mucho menor que 33, la respuesta siempre sería mucho mayor que 33. Sería imposible encontrar una órbita con un período de retorno de 26 millones de años.

Repasé mi álgebra otra vez. Comprobé la constante que tenía del programa de Jordin. La teoría era hermosa. Era elegante. Las órbitas de los tulipanes eran reales, posibles órbitas, tal como yo había predicho. Las propias órbitas eran bonitas, tal como Dyson había dicho. La constante era 1. Pero los números no funcionaron. Eso significaba que la teoría estaba equivocada. Muerta. Las órbitas de tulipán podrían ser interesantes para algún otro problema, como la comprensión de las órbitas de los cometas, pero no podían dar un ciclo de extinción en masa de 26 millones de años.

Lo que realmente dolía era que la teoría había sido tan hermosa. Nunca había pensado que tuviera la capacidad de inventar una teoría tan hermosa. Mis matemáticas eran demasiado débiles, yo siempre lo había asumido. Yo era un experimentalista, no un teórico. Pero lo había hecho, crear una teoría hermosa y elegante, sólo para encontrar que era irrelevante. Un siglo antes, Tolstoi escribió: "Es increíble lo completo que es el engaño de que la belleza es bondad".

En ese momento realmente dejé de pensar en las extinciones periódicas. Había pasado poco más de un mes trabajando duro en este problema, y había descubierto que mi mejor esfuerzo no era lo suficientemente bueno. Yo no era lo suficientemente brillante. Mi esfuerzo extraordinario había quedado corto, así que ¿por qué molestarse en seguir intentándolo? No había manera de que pudiera repetir, y mucho menos sobrepasar, el esfuerzo que me llevó a inventar la órbita del tulipán. Estaría perdiendo mi tiempo. Es mejor volver a trabajar en mis otros proyectos. Tal vez podría ayudar en la búsqueda de supernovas. La Navidad se acercaba. Era hora de entrar en el espíritu. Rosemary y Betsy habían notado que últimamente me había vuelto aún más distraído de lo habitual. No me había satisfecho lo suficiente con las alegrías instintivas de jugar con mis hijos. Debería pasar más tiempo bailando con Melinda con la música clásica. Trataría de enseñarle el concepto de la gracia, tal como le había enseñado a Betsy varios años antes. Ahora podía relajarme y disfrutar de la vida. El padre de Rosemary estaba de visita y nos contaba las últimas aventuras que había tenido en el monte canadiense. Es hora de volver al mundo real. Llevé a la familia a ver el ballet "Cascanueces".

Marc no sabía que había renunciado, y el 21 de diciembre de 1983 telefoneó con algunas noticias. "Piet Hut está de visita", dijo. "Piet es un verdadero experto en dinámica orbital. Deberíamos hablar con él sobre el problema de la extinción. Podría ser de gran ayuda". Consideré momentáneamente decirle a Marc que no se molestara. Y luego parte de mí, la pequeña parte inteligente de mí que se esconde de vez en cuando para sorprenderme con su excelente juicio, tomó el control y dijo: "¡Claro!". Decidimos reunirnos a la mañana siguiente en la oficina de Marc.

## 10. ¡Eureka!

Eran las vacaciones de invierno, y el campus estaba casi vacío a la mañana siguiente mientras manejaba mi motocicleta hacia Campbell Hall, donde está la oficina de Marc. El invierno en Berkeley es a menudo bastante cálido ("primavera perpetua", le digo a los visitantes), pero este día era frío y la calefacción en el edificio se apagó.

En su oficina, Marc me presentó a Piet. Comencé mostrándole los datos de extinción periódica y describiendo todas las teorías fallidas que habíamos inventado en los últimos dos meses. Parecía sorprendentemente interesado. Recordé mi observación de que para ser un buen teórico debes encontrar incluso teorías fallidas interesantes, porque algún día tendrás que aplicarlas en una nueva situación, donde podrían resultar útiles.

Piet era un excelente oyente, y no le tomó mucho tiempo pasar por todo nuestro trabajo. Comencé con la teoría original: el Sol tiene una estrella compañera con una órbita muy excéntrica, y la estrella se acerca cada 26 millones de años. Le mostré mi método simple de probar la órbita inestable. Me sorprendí diciéndole sobre el bobo Crawford y que yo había pensado que la compañera podría ser el sistema Alpha Centauri. Le conté sobre el mecanismo de dos pasos: la estrella compañera en órbita moderadamente excéntrica perturba el cinturón de asteroides. Pero la perturbación no era lo suficientemente fuerte. Describí la teoría de las oscilaciones galácticas, y cómo llegamos a la conclusión de que el Sol está en el lugar equivocado. Y describí la órbita del tulipán. Ese fue mi gran final. Eso era lo que más le gustaría a Piet, estaba seguro.

Encontró la órbita del tulipán interesante, pero la teoría que realmente le gustaba era la idea de una estrella compañera del Sol que se acercaba lo suficiente como para perturbar sólo el cinturón de asteroides. Él pensó que era inteligente porque implicaba dos ideas disgregadas, dos piezas de un rompecabezas que no podría haberlas encajado por sí mismo. En primer lugar, la estrella se acerca y no hace nada drástico. Simplemente desordena las órbitas de los asteroides un poco. Pero algunas de estas órbitas desordenadas cruzan la Tierra, y algunos de los asteroides la golpean. Tiene una duración de sólo unos pocos millones de años, al final de los cuales los asteroides perturbados son destruidos por colisiones o han retrocedido a órbitas circulares más normales. Una muy buena idea de dos pasos. Por supuesto, no funciona porque la órbita de la estrella compañera es demasiado excéntrica para ser estable o demasiado amplia para afectar a los asteroides. Pero los buenos teóricos están tan interesados en ideas que no funcionan, si involucran algo nuevo, algo inteligente.

"Y, por supuesto, la estrella tendría el mismo efecto en la nube de cometas", agregó Piet, como si fuera el pensamiento siguiente que se le ocurriría a cualquiera. Nunca se me había ocurrido, ni a Marc. Era un pequeño cambio en la teoría, pero era algo que nos habíamos perdido. Comencé a emocionarme, Marc también lo hizo. Piet continuó: "La estrella dispersaría algunos de los cometas hacia la Tierra, al igual que dispersó a los asteroides. ¿Podría el impacto que mató a los dinosaurios haber sido un cometa en lugar de un asteroide?" Me preguntó.

"¡Sí, por supuesto!" Respondí de inmediato. La posibilidad de que un cometa impactara, en lugar de un asteroide, fue algo que había discutido con Luie varias veces. De hecho, sabíamos más acerca de la composición de los cometas que de los asteroides, ya que se sabía que varias lluvias de meteoros provenían de la desintegración de los cometas, y tuvimos pedazos de los meteoritos procedentes de ellos. El hecho de que el material extraterrestre estuviera enriquecido en iridio procedía del estudio de estos fragmentos de cometas. ¿Cuál había sido, un cometa o un asteroide? Luie sintió que la pregunta no era importante. Pero ¿cuál era? Si tuviera que elegir, él se referiría a los expertos. Shoemaker, el experto, dijo que más asteroides cruzaron el camino de la Tierra que cometas, por lo que probablemente fue un asteroide. En todos los

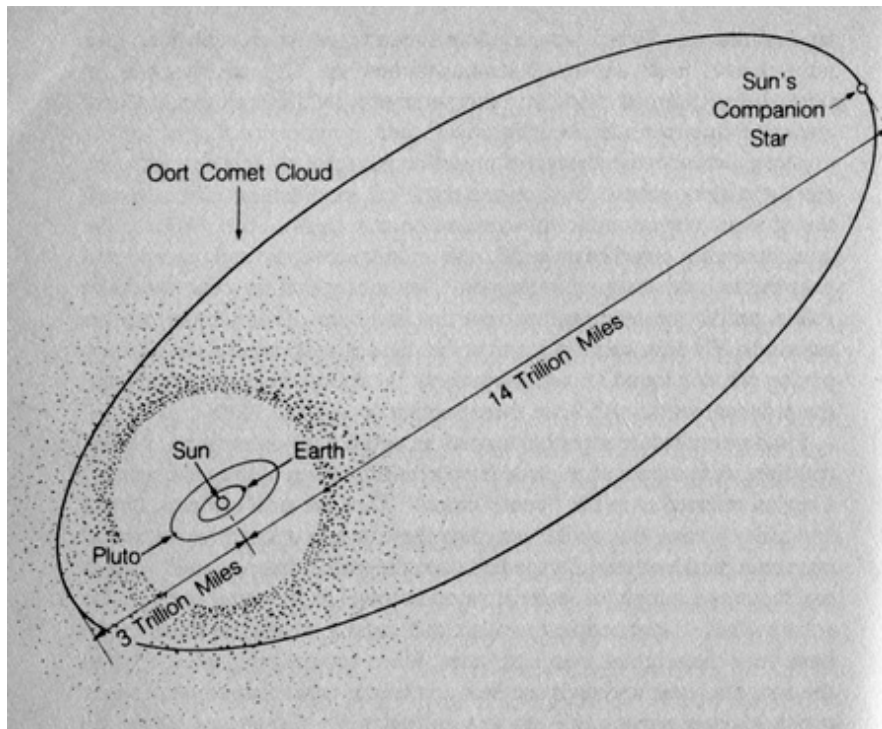
documentos que Luie había ayudado a escribir, se llamaba un asteroide. Los cometas apenas se mencionaban, pero todos sabíamos que podía haber sido un cometa.

"¡Eureka!" Lo dije en silencio a mí mismo. Era la palabra que Arquímedes había gritado cuando, al meterse en su bañera, vio que el nivel del agua estaba subiendo. De pronto encontró una explicación de por qué los objetos flotan: porque empujan el agua hacia arriba. La leyenda dice que saltó inmediatamente del baño y corrió desnudo por las calles de la antigua Siracusa emocionado por su repentina comprensión de un viejo misterio. No estaba seguro de mí mismo para correr a través de Berkeley gritando en voz alta (y mucho menos desnudo), pero sentí que la modificación de Piet eliminaba todas las obvias objeciones a la teoría de la estrella compañera. La órbita de la estrella compañera podría ser bastante amplia, sólo ligeramente excéntrica, y todavía pasaría a través de la gran región de cometas. Eso significaba que la órbita sería estable, a diferencia de la órbita muy estrecha que se había necesitado para perturbar a los asteroides. Mis días pasados tratando de entender la estabilidad orbital fueron finalmente dando sus frutos, ya que encontré que podía pensar en estas nuevas ideas rápidamente. ¿Funcionarían los números? ¿Había suficientes cometas por ahí?

Nunca había considerado a los cometas como particularmente interesantes. Sabía que se suponía que provenían de una región lejana del Sistema Solar, una región denominada "nube de cometas". Son objetos pequeños, de pocos kilómetros de diámetro, pero, a diferencia de los asteroides, contienen mucha agua congelada, amoníaco y metano. Dyson había sugerido una vez que podríamos querer usarlos como suministro de agua si alguna vez viajamos a las partes externas del Sistema Solar. Algunas personas especulan que los cometas que golpean la Tierra podrían haber sido la fuente original de agua. Cuando los cometas se acercan lo suficiente al Sol, el agua y el metano se calientan y la creciente nube de gases aumenta hasta formar una bola enorme, de más de 1 millón de km de diámetro, llamada "cabeza" del cometa. Parte de esta cabeza de gas es empujada lejos de la dirección del Sol por el viento solar, y crea una larga cola de decenas de millones de kilómetros de largo. La espectacular cabeza, y la cola aún más espectacular, crean la hermosa y dramática imagen del cometa en el cielo, y le dan al cometa (que significa "cola") su nombre. La mayor parte de lo que vemos es gas sutil. La pequeña parte sólida del cometa, el núcleo, es tan pequeño que aún no se ha visto. Sabemos su tamaño sólo a partir de cálculos, porque tiene que suministrar el gas. (Dos años más tarde, el núcleo del cometa de Halley sería finalmente observado por los satélites soviéticos Vega y Giotto europeo). Los cometas eventualmente se queman, especialmente si se acercan al Sol. Su suministro de agua y metano se va agotando.

Un cometa no es completamente agua, amoníaco y metano. Mezclados con estos gases congelados están el polvo y la roca. Fred Whipple, el gran erudito de los cometas, ha convencido a la mayoría de los científicos de que aproximadamente un tercio del material del cometa está compuesto de roca y minerales, que no se vaporizan fácilmente. Él lo llama una "bola de nieve sucia". Esta es una imagen particularmente vívida para alguien como yo que había crecido en el Bronx, donde cada bola de nieve estaba sucia y donde algunos de los niños más violentos ponían piedras en sus bolas de nieve, sólo para darles un poco más de dureza.

Por supuesto, los cometas no siempre han sido entendidos. Venían tan rara vez que, en tiempos antiguos, su aparición había sido vista con miedo y expectación. Siempre me pareció posible que la Estrella de Belén, que los Tres Reyes Magos eligieron seguir, había sido un cometa.



La nueva imagen del Sistema Solar, incluyendo la estrella compañera. La parte interna de la nube de cometas de Oort es el "ojo" vacío de la tormenta. El tamaño del Sol y las órbitas de los planetas se ha aumentado en gran manera.

Deberían haber sabido que era un cometa y no una estrella, pero probablemente fue el primero que cualquiera de ellos había visto, y le atribuyeron gran importancia. El tapiz de Bayeux, que representa la conquista de Gran Bretaña por William, muestra un cometa (probablemente el Halley) que aparece antes de la invasión. Edmund Halley había sido el primero en darse cuenta de que algunos cometas regresan regularmente en el tiempo, y su cometa se ha convertido en el más famoso de todos ellos. Había pasado cerca del Sol en 1910, el año en que nació mi padre. Había aprendido, como un niño, que volvería en 1985, y lo hizo.

Había mucho que no sabía acerca de los cometas, y Piet me explicó algo de eso. La gran nube de cometas en el sistema solar exterior había recibido el nombre de su descubridor, Jan Oort, un holandés, como Piet. Oort demostró que los cometas no venían del infinito, sino desde una región del espacio entre 1/2 y 1 año luz de distancia. Tenía que haber por lo menos 100 mil millones de cometas por ahí, una tormenta virtual de cometas. Sus órbitas, a diferencia de las órbitas de los asteroides, no son circulares, sino casi al azar. Algunos se quedan lejos y nunca se ven, su típico diámetro de 1,6 a 16 km refleja muy poca la luz solar como para hacerlos visibles desde la Tierra. Una pequeña fracción de ellos tiene órbitas que los acercan al Sol, pero éstos no sobreviven mucho tiempo. Algunos se queman y otros se acercan lo suficiente a la órbita de Júpiter o Saturno, los planetas más pesados del Sistema Solar, para recibir un golpe gravitatorio que los envía lejos para siempre. Así que, nuestra parte cercana del Sistema Solar, el Sistema Solar interior, no tiene su correspondiente parte de cometas. El Sol, Júpiter y Saturno siguen barriendo esta región. Estamos en el "ojo" de la tormenta de cometas, y, al igual que el ojo de un huracán, es un sitio tranquilo.

¿Por qué vemos algunos cometas de vez en cuando? ¿Y qué pasa con el cometa Halley, que vuelve cada 75 años? El cometa Halley es una rareza, un cometa extremadamente inusual. Por accidente, se había desviado hacia una órbita relativamente inmune al calor del Sol y a las perturbaciones causadas por los grandes planetas. Tales órbitas son raras, y eso es lo que hace especial el cometa Halley. Nunca llega demasiado lejos, sólo cerca de Plutón, y por lo tanto puede volver dos veces dentro de una vida humana. (Un amigo mío, Fred Crawford, vio el cometa de Halley por segunda vez a principios de 1986.) Halley nunca se acerca lo suficiente al Sol para quemarse completamente o ser desgarrado por las fuerzas de marea del campo gravitacional del Sol.

Oort se dio cuenta de que la mayoría de los cometas descubiertos por los astrónomos son empujados hacia el Sistema Solar interior por estrellas pasajeras. De los 100 mil millones de cometas que tienen sus órbitas perturbadas, sólo unos pocos estarán dirigidos hacia la órbita de la Tierra. La mayoría de los cometas son demasiado oscuros para ser vistos, excepto a través de los telescopios. Cada diez años o así, un cometa lo suficientemente grande para ser visto a simple vista pasa por la Tierra, y estos se convierten en los cometas de los videntes y las páginas científicas de los periódicos. Algunos de ellos son capturados en órbitas pequeñas y vuelven varias veces. Y una vez cada pocos miles de años, algún cometa queda atrapado en una órbita inusualmente estable y vuelve varias docenas de veces, como el Halley.

Si el Sol tiene una estrella compañera que entra en la nube de cometas de Oort cada 26 millones de años, entonces podría lanzar cometas adicionales hacia el Sol. ¿Podría perturbar lo suficiente para que uno probablemente impactara en la Tierra? Esta era la pregunta que ahora excitaba a Piet, Marc y a mí. Piet comenzó diciendo que el número de cometas en la nube de cometas de Oort era altamente incierto. Oort calculó el número en 100 mil millones, pero éstos eran sólo los cometas lo suficientemente lejanos como para ser afectados por las estrellas pasajeras. Si incluimos los cometas con órbitas medianas, de 10.000 a 20.000 unidades astronómicas de radio, entonces podría haber 10 billones. Todos estos cometas serían perturbados por una estrella acompañante en órbita. Piet nos recordó que estos grandes números estaban basados en la docena de cometas que los astrónomos descubren cada año, y cualquier extrapolación de una docena a 10 billones era incierta. Pero decidimos tomar el número de 10 billones (10 seguido por 12 ceros adicionales) como la mejor suposición inicial. Sabíamos que podríamos asumir un valor diferente, si fuera necesario para hacer que la teoría funcione, ya que nadie sabía realmente el número correcto.

Fue el turno de Piet en la pizarra. Dijo: "Tomemos una órbita típica para la estrella compañera, excentricidad 0.7, nada inusual. La mitad de todas las órbitas al azar debe tener una excentricidad tan grande. Además, la alta excentricidad realmente no ayuda a nuestra teoría, de todos modos, ya que la nube de Oort es tan grande". Rápidamente calculó que, con una excentricidad de 0,7, haciendo que la órbita tenga aproximadamente la misma forma que un huevo, la estrella vendría aproximadamente a medio año-luz del Sol, casi 30.000 veces más lejos como la Tierra está del Sol. Incluso en su acercamiento más cercano, no vería a los terrícolas como un segundo Sol, solamente como otra estrella. Estimó que esto era lo suficientemente cerca para perturbar las órbitas de prácticamente todos los cometas en una pequeña cantidad. ¿Cuántos entrarían en el Sistema Solar interior? La órbita de la Tierra es diminuta a esta escala, y sólo una pequeña fracción de los cometas vendrá a nuestro camino. Piet calculó, con una pequeña ayuda de Marc y mía, que sólo 1 de cada 10.000 llegaría. Pero había 10 billones de cometas, así que 1 de cada 10.000 aún significaba mil millones de cometas. Mil millones de cometas entrarían en la órbita de la Tierra durante un período de quizás un millón de años. Eso significaría 1.000 por año, un nuevo cometa lo suficientemente brillante como para ser visto cada tres días. No son literalmente tan numerosos como las gotitas de agua en una tormenta, pero muy numerosos para ser cometas. El cielo nocturno sería espectacular. Es dudoso que algún ser humano haya visto jamás tal espectáculo. Tal vez los dinosaurios lo hicieron.

¿Son suficientes mil millones de cometas? Calculamos rápidamente el área de la órbita de la Tierra y el área de la Tierra. La proporción era de 500.000. Así que con un total de mil millones de cometas entrando en la órbita, podríamos esperar que 2 de ellos golpearan la Tierra. A veces serían 3 impactos, a veces 2, a veces 1, a veces 0. En promedio, 2 impactarían, causando una tremenda devastación y trauma. Esto fue. Los números funcionaron. Ni siquiera tuvimos que dejar sin concretar el número de cometas. ¡La teoría simplemente funcionó!

Todavía era posible que hubiéramos cometido algún error, a pesar de que estábamos tres de nosotros verificando todo. Era mucho más probable que hubiéramos pasado por alto algo. Quizás en algún lugar del vasto universo de datos astronómicos había algún hecho, alguna medida, que mostraba que nuestra teoría estaba equivocada. Hicimos la hipótesis de que hay otra estrella en órbita alrededor del Sol. ¿Podemos estar seguros de que los astrónomos pudieron haber perdido un objeto tan importante?

Todos nosotros estábamos suficientemente familiarizados con las medidas astronómicas como para sentirnos absolutamente seguros de que incluso una cosa tan "obvia" como una estrella que orbitaba el Sol



podría haberse perdido. Marc señaló que el tipo más común de estrella en la Vía Láctea es el tipo llamado "enana roja". Siete de las diez estrellas más cercanas son enanas rojas. Próxima Centauri es una enana roja. Aunque es la estrella más cercana conocida al Sol, es, por un factor de 100, demasiado oscura para ser vista por el ojo sin ayuda. Está orbitando la estrella brillante Alpha Centauri, tal como supusimos que nuestra estrella está orbitando el Sol. Próxima y Alpha están 100.000 veces más alejadas que la Tierra del Sol.

¿Por qué no suponer que la estrella compañera es una enana roja? En este momento, la estrella estaría tan lejos como siempre, ya que es casi la mitad de un período desde la última extinción en masa de la gráfica de Raup y Sepkoski, hace 11 millones de años. Hay cerca de medio millón de estrellas más distantes que parecen más brillantes que el compañero, estrellas que están más lejos pero intrínsecamente más calientes y brillantes. Muy pocas de estas estrellas se han medido su distancia al Sol. Una estrella compañera cercana podría haberse perdido fácilmente en la confusión.

Sugerí que escribiéramos un artículo enseguida. La teoría que habíamos encontrado era tan simple y obvia, una vez que la encontramos, que estaba seguro de que alguien más presentaría la misma idea. Esto era especialmente cierto ahora que las obras de extinción periódica de Raup y Sepkoski habían sido publicadas en los periódicos dominicales. En vez de los varios meses que generalmente se emplean en escribir un artículo, deberíamos hacerlo en una semana. Piet dijo que se marchaba a la mañana siguiente, aunque podía seguir trabajando en el artículo en Princeton. Marc dijo que se iba en una semana durante medio año sabático en Santa Bárbara. Así que, el plazo de una semana no le venía muy bien, suponiendo que no tuviera nada más que hacer antes de irse.

Puesto que Piet dejaba la ciudad, le sugerí que escribiera el primer borrador esa tarde. De esa manera, tendríamos todos sus pensamientos en papel. Sabía lo solitario que es estar fuera de casa, así que lo invité a cenar en mi casa esa noche.

Le prometí a Marc que le entregaría una copia del proyecto de Piet, tan pronto como hubiera hecho mis adiciones y cambios. Marc tomó el trabajo de buscar en la literatura para tratar de encontrar evidencias que pudieran probar que nuestra teoría estaba equivocada. Jugaría al abogado del diablo y trataría de ver si algún astrónomo, en alguna parte, alguna vez había hecho un experimento que descartaba la posibilidad de que el Sol tuviera una estrella compañera. Yo tomé el trabajo de tratar de encontrar predicciones de nuestra teoría que podrían utilizarse para probarla. Terminamos nuestra pequeña reunión.

Cuando me fui, tuve la extraña sensación de no saber si acababa de participar en algo histórico o simplemente había perdido más tiempo en otra teoría que sería refutada en unos pocos días. El hecho de que los astrónomos experimentados como Piet y Marc fueran participantes me hizo pensar que esta vez estábamos realmente en algo seguro. No podría ser demasiado obviamente incorrecto.

Sin embargo, me preocupaba mi plan de enviar nuestro artículo dentro de una semana. Eso significaba que no pasaríamos tanto tiempo como de costumbre repasando los detalles, discutiéndolos con nuestros colegas y con otros científicos, buscando el pequeño error que podría hacer que todo el documento parezca tonto. Sólo tendríamos que trabajar más duro esa semana; una semana de Navidad no es una buena semana para trabajar duro. Si pudiéramos asegurarnos de que no hubiera errores realmente estúpidos en el artículo, eso sería suficientemente bueno. Un documento teórico equivocado, si es suficientemente ingenioso, no perjudica la posición de uno entre sus colegas. Así que, si teníamos el cuidado suficiente, tendríamos poco que perder.

La comprensión de que estaba bien el estar equivocado me sentó bien. Sin embargo, la idea de que Marc, Piet y yo fuéramos las únicas tres personas en el mundo que supieran de la estrella compañera de la Tierra, y el papel que había desempeñado en la evolución, fue abrumadora.

Estaba ansioso por probar la nueva teoría con otra persona. Subí la colina hacia el laboratorio, donde finalmente encontré a Luie almorzando en la cafetería. Esperé unos minutos para ver si me preguntaba de nuevo si había hecho algún progreso. Cuando no lo hizo, voluntariamente le conté que me había reunido con

Marc Davis y Piet Hut esa mañana, y que pensábamos que teníamos una solución al problema de la extinción periódica. Le expliqué que realmente era muy simple. Una estrella compañera perturba las órbitas de la nube de cometas, llenando la región normalmente vacía del espacio cerca de la Tierra cada vez que la estrella acompañante pasa cerca del Sol. Bastantes cometas llegarían a las cercanías de la Tierra, de modo que, uno o más podrían golpearla.

Luie no pareció reaccionar en absoluto. Me pidió que explicara lo que quería decir con la región "normalmente vacía de cometas" del espacio. Tuve que entrar en una larga explicación sobre la distribución de los cometas y de cómo Júpiter y Saturno mantienen limpio el Sistema Solar interior. Luego me preguntó sobre la estabilidad de la órbita. Le expliqué que esta órbita debería ser estable. Varios estudiantes de postgrado en la mesa parecían estar perdidos. Al entrar en detalles cada vez más profundos, comencé a darme cuenta de que nuestra teoría no era tan fácil de entender como había pensado. Había estado trabajando tan duro que muchos de los puntos difíciles habían empezado a parecer simples para mí.

Nadie en el almuerzo parecía muy impresionado, incluyendo Luie. Tuve la sensación de que me estaba tratando cortésmente, como si no quisiera interferir en mi entusiasmo. Tuve que admitir a mí mismo que, al explicarlo a todo el mundo, no lo habían tomado como una simple teoría.

Pensaban que parecía algo artificial, difícil, quizás oscuro. Me di cuenta de que no habían conocido previamente la teoría de los cometas de Oort y, probablemente, asumieron que la nube de cometas era una especulación adicional de nuestra teoría. Pensaron que estábamos componiendo la parte sobre los cometas de Júpiter y Saturno lejos de la Tierra, y sobre las estrellas pasajeras que son responsables de los nuevos cometas que vemos cada año. Era un bocado demasiado grande para intentar tragarlo de una vez. Cuando escribimos el artículo, decidí que debíamos dejar claro lo mínimas que eran nuestras suposiciones, cómo se estableció la mayor parte de lo que estábamos diciendo, conocido por los expertos de los cometas como un hecho. Sin embargo, estaba un poco decepcionado por lo que parecía ser una reacción casi nula de Luie.

Esa noche, durante la cena, Piet nos comentó a Rosemary y a mí sobre un artículo que había escrito con el astrofísico Martin Rees. Habían analizado la posibilidad de que uno de los grandes nuevos aceleradores de partículas que se están construyendo para estudiar partículas subnucleares podría desencadenar accidentalmente una "transición de fase" del vacío del espacio. De acuerdo con la moderna teoría de partículas, el vacío no es necesariamente estable, sino que puede ser activado para cambiar su estado, al igual que el agua cuando pasa de líquido a hielo. Esta congelación repentina barrería todo el espacio con la velocidad de la luz, destruyendo en un instante no sólo la civilización y la vida, sino también la propia materia. Nada dentro de las leyes de la física descartaba esta posibilidad. Afortunadamente, Hut y Rees habían calculado que tal evento era extremadamente improbable.

Piet nos dijo que había considerado cuidadosamente las consecuencias de publicar un artículo como ese. Se había preocupado de que los políticos lo pudieran utilizar como una excusa para retrasar la construcción de aceleradores, y que los colegas lo podrían usar como prueba de que la investigación de Piet era frívola. Él había decidido que podría permitirse un artículo de este tipo en su carrera. Pero ahora, ¿un segundo artículo especulando sobre una estrella compañera al Sol? Eso serían dos artículos "locos", uno detrás de otro. Él no estaba seguro de que su carrera pudiera soportarlo. Yo no estaba seguro de que estuviera bromeando.

Piet me mostró un artículo de J. G. Hills, un astrónomo de Los Álamos, que había encontrado en la biblioteca. Lo leí con fascinación. Hills había investigado, con cierto detalle, lo que sucede cuando una estrella pasa cerca del Sol. Mostró que la nube de cometas de Oort se vería perturbada, llevando a lo que él llamó una "ducha de cometas". Había precedido nuestro trabajo por varios años, y Hills había calculado los números con gran detalle.

Este trabajo permitió simplificar el nuestro refiriéndose a Hills para todos los detalles sobre los efectos de la estrella en los cometas. Hills no había considerado la posibilidad de una estrella compañera, sólo de estrellas que pasaban al azar, por lo que la matemática tuvo que ser modificada un poco. Pero para mi sorpresa, al leer al final de su artículo, descubrí que mencionó el trabajo de Álvarez en el límite Cretáceo-

Terciario, e incluso especuló que una estrella que pasaba podría haber provocado una lluvia de cometas que llevó a la muerte de los dinosaurios. Lo que Hills se había perdido, porque la pieza del rompecabezas de Raup y Sepkoski todavía no se había puesto en su lugar, era que esas lluvias podrían ser "periódicas", y la estrella que pasaba ser una estrella "compañera" del Sol.

Después de Navidad me reuní con Marc, y él me dijo lo que había encontrado sobre las búsquedas anteriores de estrellas cercanas. Como habíamos sospechado, no había un estudio completo de las distancias a las estrellas tan oscuras como podría ser el compañero solar. Eso significaba que una estrella podría estar orbitando el Sol y los astrónomos nunca lo habrían notado. Más tarde encontramos que los verdaderos expertos en las estrellas cercanas habían sido muy conscientes de esta posibilidad. Peter van de Kamp, que había hecho mediciones indicando que la estrella cercana conocida como la "estrella de Barnard" tenía un planeta, fue uno de esos expertos. Encontré un artículo de revisión por él en el que declaró explícitamente que era posible que una pequeña estrella roja pudiera estar orbitando el Sol sin que nosotros lo supiéramos.

Marc también había hablado con sus amigos y colegas en el Departamento de Astronomía, su propia colección de abogados del diablo. Varios de ellos eran escépticos sobre la estabilidad de la gran órbita, casi 3 años luz de larga, pero no podían demostrar que estábamos equivocados. Más de un escéptico me dijo: "Es sorprendentemente difícil demostrar que estás equivocado. Rich". Con eso querían decir que no habían encontrado un defecto, pero todavía no estaban "convencidos".

Marc y yo nos turnábamos trabajando en el artículo. Me las arreglé para encontrar varias predicciones que podrían agregarse. La duración de la tormenta cometa sería de 1 ó 2 millones de años, el tiempo que tardó la estrella en pasar por el Sol. En este tiempo la Tierra sería golpeada por varios cometas, pero el número podría fluctuar muy bruscamente. Durante algunas tormentas puede ser golpeada por sólo 2, 1, o incluso ninguno. Durante otras, puede ser impactada por 5 o más. Si observáramos detenidamente el registro de extinción en la roca, no siempre encontraríamos un solo nivel de iridio, pero a veces encontraríamos varios, uno por cada impacto. Esta fue la predicción más importante.

También pensé en los cráteres, en particular los de la Luna, que había pasado tanto tiempo estudiando a través de mi telescopio de 15 cm. cuando era niño. Ciertamente, las tormentas de cometas deben dejar cicatrices en la superficie de la Luna. Pensé erróneamente que los efectos de la erosión hacían imposible encontrar cráteres de impacto en la Tierra, excepto el muy joven Cráter Meteor en Arizona. Si pudiéramos fechar los cráteres de la Luna, deberíamos ver un ciclo similar al que se ve en los datos de extinción: de 26 a 30 millones de años. Pensé en añadir esta predicción al artículo y decidí no hacerlo. Probablemente no tendríamos una expedición a la Luna por varias décadas más, por lo que estaríamos haciendo una predicción que no podría ser fácilmente verificada o desmentida. Pensé que sería desprestigiar el artículo poniendo predicciones que no podrían ser probadas en un futuro próximo.

Yo estaba emocionado, muy emocionado, pero era más de una sensación de drenaje que de placer. La emoción era como la sensación que se obtiene al beber demasiado café, o como la subida de azúcar que se produce después de comer una caja entera de galletas de chocolate. La emoción es divertida cuando dura sólo unos minutos. La duración de un paseo en montaña rusa es justo eso, sobre todo porque "sabes" que estás a salvo. La excitación extendida, especialmente cuando está acompañada por la duda, es incómoda.

Mientras trabajaba en el artículo, tuve una inspiración que proporcionaba algún alivio temporal a la ansiedad y al insomnio que la nueva teoría me había traído. La nueva estrella era más importante para nosotros que cualquier otra en el cielo. Había sido una fuerza impulsora en nuestra propia evolución. Había eliminado a los dinosaurios, los animales que habían suprimido a los mamíferos durante más de 100 millones de años. Estaría volviendo para tratar de eliminarnos. ¿Acaso los científicos que propusieron semejante estrella no tienen la prerrogativa de sugerir un nombre para la estrella? Siempre había admirado el nombre que le puso Murray Gell-Mann a esta partícula subnuclear, el quark, basado en una línea de "*Finnegans Wake*" de James Joyce: "Tres quarks para Muster Mark". No sabía lo que significaba esa frase, aunque el "tres" era claramente apropiado, ya que se suponía que había tres partículas subnucleares en el protón. Obviamente Gell-Mann era un erudito. Ahora era mi oportunidad. Le dije a Rosemary sobre esta oportunidad

única, y dije que debemos encontrar un nombre académico. Ella sólo sonrió. Ningún nombre se me ocurrió de inmediato. Pensé en mi educación en los clásicos en Columbia, pero no podía recordar nada apropiado. Habían pasado casi veinte años desde que había leído una traducción inglesa de la *Ilíada*. Nada saltaba a mi mente.

Saqué algunos libros viejos de mis días de pregrado y comencé a leerlos. Había subrayado muchos pasajes, pero no encontré nada relevante. Cogí un libro sobre la religión y busqué en el índice bajo la muerte y la destrucción, el Día del Juicio, la Creación, y todo lo demás en lo que podía pensar. Comencé a encontrar referencias cruzadas. Leí todo el glosario de la Mitología de Bulfinch, pensando que nunca debería admitir que mi educación clásica era tan débil que tuve que recurrir a este método. Yo rechazaba el nombre de Shiva, aunque era obviamente apropiado. Era el nombre del dios hindú de la vida y la muerte y el nombre de un período de duelo en el judaísmo. Pero no podía usarlo porque ya estaba en uso en el mundo de la física como el nombre de un láser de alta energía multihaz (como Shiva) en el Lawrence Livermore National Laboratory. Entonces el nombre apareció ante mí, Némesis, la diosa griega cuyo trabajo era asegurarse de que ninguna criatura terrestre (por ejemplo, los dinosaurios) desafiara alguna vez el dominio de los dioses. Para mí el nombre reflejaba el hecho de que los dinosaurios eran criaturas exitosas que fueron destruidas por un acontecimiento de los cielos. A Rosemary le gustó, así que añadí una nota al pie de página en nuestro artículo para sugerir el nombre. Pero estaba intrigado, y seguía buscando. Encontré otros dos nombres apropiados, Kali e Indra. Los agregué, aunque esperaba que mis coautores borrarán la nota de pie de página tan pronto como la leyeran.

Al día siguiente le mostré a Marc la nota de pie de página. Le gustó y, para mi sorpresa y deleite, no sugirió suprimirlo. A Piet también le gustó. Se leía esto:

*Cuando se encuentre a la (estrella) compañera, sugerimos que sea nombrada "Némesis", en honor a la diosa griega que persigue implacablemente a los excesivamente ricos, orgullosos y poderosos. Los nombres alternativos son: Kali, lo "negro", en honor a la diosa hindú de la muerte y la destrucción que, sin embargo, es infinitamente generosa y amable con los que la aman; Indra, en honor del dios védico de las tormentas y de la guerra, que usa un rayo (¿un cometa?) para matar a una serpiente (¿un dinosaurio?), liberando así aguas vivificantes de las montañas; y, finalmente, Jorge, en honor del santo que mató al dragón. Nos preocupa que, si la compañera no se encuentra, este artículo será nuestro Némesis.*

Había añadido el nombre de Jorge y la frase final para que el lector no pensara que nos lo estábamos tomando demasiado en serio. Esperaba que el humor irónico de la nota de pie de página prejuzgara la crítica de que estábamos nombrando a un objeto desconocido. En realidad, hay una historia en el nombramiento de objetos que se buscan en física antes de ser encontrados, como el griego "átomo" y, más recientemente, el quark de Gell-Mann. "Némesis" era claramente nuestro favorito entre las varias posibilidades y, poco después, nos encontramos refiriéndose a la hipótesis de la estrella compañera del Sol por este nombre más corto.

Mi autoimpuesto plazo de una semana se acercaba rápidamente. Había hablado con Luie varias veces en los últimos días y, finalmente, se dio cuenta de que tenía un modelo serio para explicar la periodicidad. Pero él nunca había revisado mis números o ideas con ningún cuidado. Cuando creí que el artículo estaba en bastante buena forma, quise dárselo para una crítica detallada. Esperaba que él fuera más duro que nadie, así que lo había guardado para el final. Una noche lo llamé a casa y le dije que el artículo estaba listo para que lo ensangrentara con tinta roja. Sugirió que lo trajera al momento.

Media hora más tarde llamé al timbre de la casa grande de Luie, en las colinas del lado norte del campus. Para mi sorpresa, encontré a Walt esperando en la sala de estar. Luie dijo que pensaba que a Walt le interesaría, por lo que lo había invitado. Me pregunté qué habría dicho Luie a Walt para que viniera tan rápido y sin previo aviso. Me senté en el sofá de Luie, observando, mientras Luie y Walt leían el artículo.

Luie tenía algunas sugerencias sobre gramática y estilo, y señaló dos secciones que no eran particularmente claras. Aparte de eso, todo lo que dijo fue que el trabajo era "interesante". Suspiré aliviado. Luie era generalmente el crítico más duro que podía encontrar, y él no había encontrado ningún error fatal.

Walt no dijo nada acerca de la corrección de la teoría, ni de su importancia, sino que, de inmediato, empezó a considerar las consecuencias para la geología. "Rich, ¿sabes sobre los múltiples niveles de microtectita en el límite Eoceno-Oligoceno?", preguntó. No lo sabía. De hecho, en ese momento ni siquiera podía pronunciar Eoceno-Oligoceno, aunque sabía que era el momento de una de las extinciones masivas, hace unos 35 a 39 millones de años.

Como se mencionó anteriormente, las tectitas son fragmentos de vidrio que se encuentran esparcidos en el suelo o incorporados en la roca. La mayoría de los geólogos ahora creen que se crearon cuando un gran meteorito u otro objeto extraterrestre golpeó la Tierra.

El impacto derritió arena y roca y las arrojó al cielo. Cuando el material fundido cayó de nuevo a la Tierra, se enfrió y se transformó en vidrio. Las microtectitas eran simplemente versiones microscópicas de tectitas del mismo tamaño, pero eran mucho más abundantes, y podrían ser encontradas en la roca sedimentaria. Se habían encontrado varias capas separadas de microtectitas en el límite Eoceno-Oligoceno por el paleontólogo Gerta Keller, me dijo Walt. La existencia de capas múltiples había sido un rompecabezas, ya que las capas estaban separadas en el tiempo por cientos de miles de años, y no podían venir de un solo impacto. No se suponía que los impactos múltiples se produjeran tan cerca uno del otro en el tiempo, por lo que las capas de microtectita no habían sido interpretadas como favorecedoras de una teoría del impacto. Walt se había dado cuenta correctamente de que nuestra teoría ofrecía una explicación sencilla y elegante.

Era casi como si una predicción de nuestra teoría se hubiera hecho realidad. Desafortunadamente, no era exactamente lo mismo, porque no había predicho múltiples capas de microtectita. Decidí enviar nuestro artículo al día siguiente, para su publicación en la revista "*Nature*". Podría buscar después los artículos sobre las microtectitas, y tal vez agregar algo al artículo cuando los correctores lo devolvieran. Lo más urgente ahora era llegar, tan pronto como fuera posible, a una fecha de presentación. El 30 de diciembre de 1983, un día más tarde, de acuerdo con mi plazo original de siete días, me dirigí a la oficina central de correos de Berkeley y envié el artículo por Express Mail, con garantía de entrega de un día, a las oficinas de "*Nature*", en Washington, DC. Llegó cinco días después.

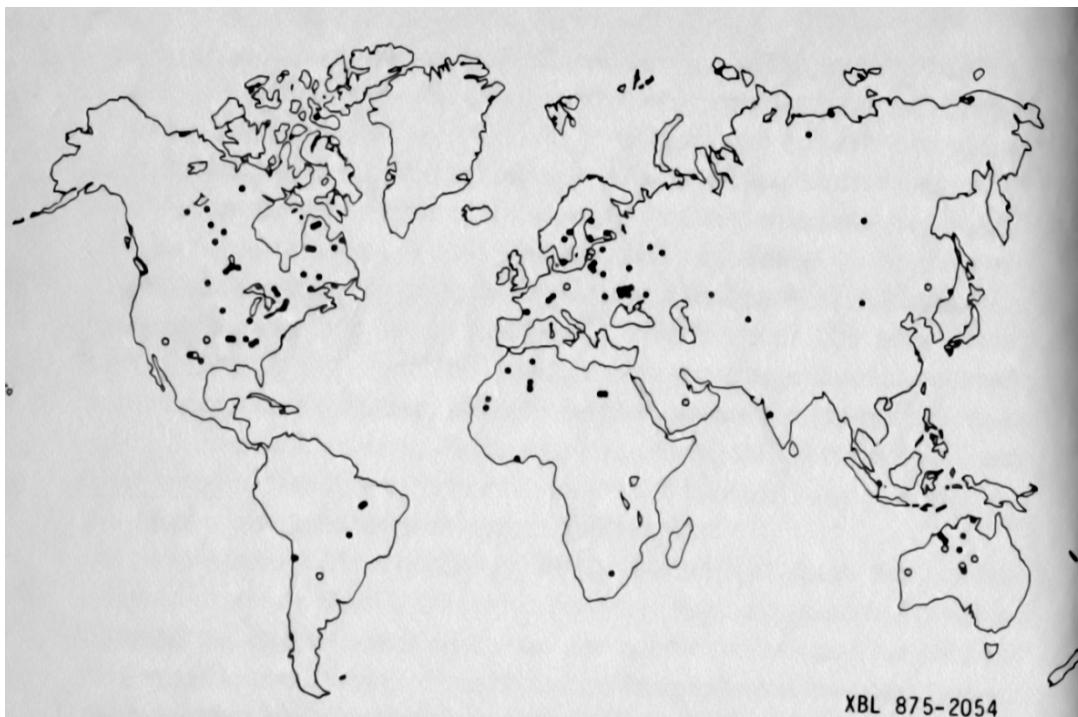
Más tarde ese día, Walt telefoneó y me preguntó si podía pasar por su oficina. Tenía algo que mostrarme, algo potencialmente emocionante. Le dije que trataría de hacerlo, pero para cuando me liberé de mis tareas rutinarias, era hora de recoger a Betsy y a Melinda de su preescolar. El día siguiente era sábado, día de la familia. El domingo era Nochevieja. Me olvidé de la llamada de Walt. Acababa de enviar por correo el documento más importante de mi vida.

# 11. Cráteres

El lunes, Walt telefoneó y, de repente, me acordé de que debía pasar por su oficina el viernes anterior. Walt había tenido entre manos algo emocionante todo el fin de semana. Me dijo que tal vez tuve suerte de no haber hecho la visita, ya que podría haber arruinado la tranquilidad de mi fin de semana de Año Nuevo, al igual que él había arruinado la suya. Estaba en lo cierto.

Walt se había dado cuenta de que, si nuestra teoría Némesis era correcta, deberíamos ser capaces de encontrar evidencia en el registro de cráteres de impacto en la Tierra. Había mirado las fechas de los cráteres conocidos, y creyó ver algunas sugerencias intrigantes. Luie era escéptico y Walt quería discutir las "pistas" conmigo.

Yo sabía que había cráteres de impacto en la Luna, pero pensé que sólo había uno en la Tierra, el Cráter Meteor en Arizona. Walt explicó que estaba muy equivocado. Había ochenta y ocho grandes cráteres en la Tierra que definitivamente habían sido identificados como causados por impactos de grandes objetos extraterrestres. Si hubiera leído todas las actas de la Conferencia de Snowbird de 1982, habría visto un artículo de Richard Grieve en el que se había compilado el tamaño, la ubicación y las edades de estos cráteres. Walt me dijo que el Cráter Meteor era sólo un pequeño hoyuelo comparado con los agujeros más grandes encontrados en todo el mundo. Los cráteres variaban en tamaño desde unos pocos km hasta más de 200 km de diámetro. Nunca había sabido de ellos porque ninguno de los grandes tenía 65 millones de años de antigüedad, por lo que ninguno de ellos podría ser el impacto de la catástrofe del Cretácico. Hasta hace poco, el evento cretáceo había sido el único interés del grupo Álvarez.



Distribución geográfica de las estructuras de impacto conocidas. Los símbolos abiertos representan los cráteres con fragmentos de meteoritos asociados. Los símbolos cerrados representan estructuras con efectos metamórficos de impacto y, en algunos casos, anomalías siderófilas.

Walt no se había tomado las catástrofes periódicas más seriamente que Luie, hasta que escribimos nuestro artículo sobre Némesis. Es difícil aceptar observaciones que no tienen sentido. Como casi todos los demás, pensó que el "efecto" de Raup y Sepkoski era probablemente un resultado espúreo de una

fluctuación estadística. Al menos, era así como se sentía hasta que leyó cómo nuestra teoría podía dar sentido a todo esto.

Había otra buena razón por la que Walt estaba ahora listo para unirse a aquellos de nosotros que aceptaron las extinciones periódicas en masa. Varios años antes, los geólogos Alfred Fischer y Michael Arthur habían escrito un artículo afirmando que había algo extraño sucediendo en la Tierra cada 30 millones de años. Raup y Sepkoski habían hecho referencia apropiadamente al trabajo de Fischer y Arthur en su propio trabajo, e incluso lo había buscado e intentado leerlo. No tuve mucha suerte en entenderlo porque estaba escrito para geólogos, no para físicos, y yo no conocía la mitad de las palabras técnicas.

Así que había ignorado este artículo. Pero Fischer había sido uno de los profesores de geología de Walt en Princeton y, más recientemente, había formado parte de la colaboración entre paleomagnetismo y paleontología de Walt en Gubbio, Italia. Walt entendió el trabajo de Fischer-Arthur al detalle. Pero nunca lo había tomado en serio, en parte porque el efecto era muy débil, desde un punto de vista estadístico. Y, además, no tenía sentido.

Walt se había apresurado a recuperarse de su anterior, y quizás demasiado casual rechazo de este artículo. Casi inmediatamente después de leer nuestro artículo sobre Némesis, se dio cuenta de cómo nuestra nueva teoría encajaba con el trabajo anterior. Ahora tenía sentido. Pronto extendió su comprensión para hacer nuevas predicciones, que podrían ser probadas.

Nadie había encontrado el cráter asociado con el impacto del Cretácico. La teoría Némesis indicó que la mayoría de las otras catástrofes también tendrían cráteres. Además, no habría un solo cráter de cada crisis, sino varios, ya que los cometas llegaron en lluvias o tormentas. Para cualquier crisis dada, deberíamos ser capaces de encontrar al menos uno de los varios cráteres. Walt había examinado la lista de cráteres en la compilación de Grieve y comparado las fechas de los impactos con las fechas de las extinciones. Hubo algunos problemas, pero también algunas pistas que le hicieron pensar que un análisis más detallado valía la pena. Quería saber si estaba interesado en mirarlos con él. ¡Ciertamente lo estaba!

Al entrar al edificio de las Ciencias de la Tierra al día siguiente, noté la exhibición de fósiles en la planta baja. Lo más sorprendente fue un esqueleto completo, aún incrustado en la roca, de un *Parasaurolophus*, un dinosaurio grande herbívoro, colgado en la pared. En un estuche de vidrio estaba el cráneo de un *Tyrannosaurus*. Eran los primeros fósiles de dinosaurios que había visto desde que me había involucrado seriamente en la cuestión de su extinción. Ahora bien, estos huesos fosilizados tenían un significado personal para mí. La muerte de los dinosaurios se había convertido, por primera vez desde mi infancia, en algo importante en mi vida. Sentí una nueva relación con esos huesos en el caso y en la pared.

Walt me estaba esperando en su oficina y, de inmediato, me ofreció una taza de expreso. Su oficina tenía dos partes, una habitación de atrás con su escritorio, y una sala delantera llena de archivos y armarios y cuadros y cajas. Había varios libros de física mezclados con su colección de textos de geología. Las habitaciones tenían el desorden típico de un profesor, pero además de las pilas de papeles y reimpresiones había docenas de rocas de varios tamaños, en estantes, en cajas, en mesas y en el suelo. Le pregunté a Walt sobre ellos, y señaló varios montones en secuencia y describió el proyecto asociado con cada uno. Se había recolectado una pila de rocas para intentar comprender la tectónica de las microplacas en el Mediterráneo; estaba a la espera de ser analizado. Otro montón de rocas, cada uno en su propia bolsa Ziploc de plástico, había sido recogido durante el verano anterior cerca de la capa límite del Cretácico. Walt estaba tratando de entender las condiciones antes y después de la catástrofe. Mirando el montón de rocas que había traído de vuelta de Europa, decidí que nunca volvería a quejarme del peso de los documentos científicos que llevé a casa de mis viajes europeos.

Walt dijo: "Está bien, déjame mostrarte lo que tengo". Él sacó las grandes actas de la Conferencia de Snowbird encuadradas en rojo. Ahí estaba un mapa de los ochenta y ocho cráteres conocidos de impacto en la Tierra. "Notarás que la mayoría de ellos están en Europa y América del Norte. ¿Puedes adivinar por qué?". Pensé en rotaciones de la Tierra, pero no tuve suerte en averiguar por qué los impactos serían más

probables en el hemisferio norte. Walt no me dejó perder el tiempo por mucho rato. Dijo: "Porque es donde viven la mayoría de los geólogos". Los cráteres de impacto no pasan desapercibidos si están en el patio trasero de un geólogo, a menos que sean demasiado grandes para darse cuenta. Walt me mostró una foto del cráter de Manicouagan, en Quebec, tomado desde un satélite. Todo lo que podía verse era un anillo lleno de agua de 80 kilómetros de diámetro. Este enorme cráter tenía 210 millones de años. La estructura del anillo se notó por primera vez en 1975 en fotos de satélite, pero sólo después de que una presa lo llenara de agua. Esto me recordó a una parodia MAD de King Kong, en la que la tripulación de un buque está de pie en medio de una gran huella de Kong, pero es incapaz de verla porque es muy grande.

Walt tiró de varias grandes hojas de papel cuadriculado de una esquina de una gran mesa en el centro de su oficina. "La escala horizontal es el tiempo, en millones de años", explicó, "con el presente aquí en la orilla derecha, y hace 250 millones de años en la orilla izquierda". Representan cada cráter. Si hubo una fuerte periodicidad de 26 a 30 millones de años en la gráfica, ciertamente no fue inmediatamente evidente. Yo estaba ligeramente decepcionado.

"Lo que me di cuenta, Rich, fue que muchos de estos cráteres están muy mal fechados. Mira esto". Había marcado una página en las Actas que estaba ocupando una gran mesa, y pronto vi que era una lista de "cráteres de impacto" en la Tierra. Me mostró que la incertidumbre en la mayoría de las edades del cráter era de 50 millones de años o más. Eso había sido lo suficientemente bueno para determinar la velocidad a la que los objetos grandes habían estado golpeando la Tierra durante los últimos mil millones de años. Pero si algunas edades de cráteres se desviaban en 50 millones de años, entonces podían eliminar totalmente una periodicidad de 26 millones de años.

La solución simple de Walt al problema era ignorar todos los cráteres que no tenían fechas exactas. En la medida en que estos cráteres no fueron elegidos sobre la base de si se ajustaban o no a una cierta periodicidad, no podría haber ningún problema en este procedimiento, sin sesgo sistemático introducido. Walt había seleccionado los cráteres con fecha exacta, de los cuales había unas dos docenas, y había marcado sus edades en su gráfica. Señaló un grupo de cráteres que habían sido creados hace unos 37 millones de años. "Eso es uno de los eventos de extinción en masa de Raup y Sepkoski -dijo Walt-, el Eoceno-Oligoceno. Además, Popagai, el cráter más grande de mi lista cae justo allí". Popagai lleva el nombre de la región de Siberia donde se encuentra.

Comenzamos a prestar más atención a los cráteres más grandes de la lista. Los dos más grandes, Puchezh-Katunki, en Rusia, y Manicouagan, tenían edades de 183 millones de años y 210 millones de años, respectivamente, con incertidumbres de unos 5 millones de años. No coincidían con las fechas esperadas del ciclo de extinción de Raup y de Sepkoski, con todo, la diferencia entre sus edades era 27 millones de años, intrigantemente cerca de 26. Los dos cráteres más grandes, en Steen River en Alberta y Boltysk en Ucrania, ocurrieron aproximadamente hace 95 millones de años, unos 30 millones de años antes de la catástrofe del Cretácico. Los dos siguientes, los más grandes, en Rochechouart en Francia y Gosses Bluff en Australia, no parecían caer en los momentos adecuados, pero estaban espaciados entre sí por 30 millones de años. ¿Cuántas coincidencias como estas eran razonables esperar si los datos del cráter no tuvieran nada que ver con las extinciones?

Tanto Walt como yo sabíamos que era fácil engañarnos con un estudio cualitativo como el que estábamos haciendo. Era tentador anotar todo lo que estaba de acuerdo con la periodicidad e ignorar todo lo que no. Pero no pudimos evitar emocionarnos. Podríamos hacer un análisis matemático detallado más adelante, aunque sabíamos que era poco probable que ayudara mucho cuando sólo teníamos dos docenas de cráteres.

Sugerí que replanteáramos los datos como un histograma, una especie de gráfico de barras, dando más énfasis a los cráteres más grandes. Walt sacó una hoja limpia de papel cuadriculado, y me puse a hacerlo. Alrededor de cinco minutos más tarde tuvimos una gráfica nueva y limpia. Parecía haber períodos de cráteres intensos con un espaciamiento entre ellos de 26 millones a 30 millones de años. No sabía si creer en mis ojos. La fuerza principal de un científico es el escepticismo, particularmente el auto escepticismo. Tenía que ser mi



propio crítico más duro. Pero no pude contenerme de decir: "Me parece bien." Walt respondió: "A mí también".

Escribimos las edades en que se produjeron los grupos de cráteres, y calculamos el tiempo medio entre ellos. Resultó ser de 28 millones de años, justo en el medio de la gama de 26-30 que Raup y Sepkoski había encontrado para el período de extinciones en masa. Todavía era un poco molesto para mí que algunas de las edades perdieran las fechas de los eventos de extinción. Walt me tranquilizó. "La escala de tiempo de las extinciones es muy poco conocida", dijo. "Podría estar desviado unos 10 millones de años como mucho. Pero el tiempo transcurrido entre las extinciones puede estar mucho mejor determinado que el tiempo absoluto".

Walt tenía razón en una cosa. Si hubiéramos tenido esta reunión el viernes anterior, como hubiera deseado, habría arruinado todo mi fin de año de Año Nuevo. Hubiera pasado ese tiempo analizando los cráteres y pensando en extinciones masivas en lugar de disfrutar de mi familia. No podría haberme concentrado en el juego de Rose Bowl.

Sugerí que el siguiente paso para mí sería un análisis estadístico más detallado y cuidadoso en la computadora grande en el laboratorio de Lawrence Berkeley. Había adquirido una considerable experiencia en las técnicas requeridas mientras trabajaba en proyectos en física de partículas y astrofísica. Walt decidió que lo mejor para él era mirar con más atención los datos de los cráteres. Estaba seguro de que algunos de los cráteres tenían sus edades calculadas con más precisión desde que Grieve hizo su recopilación. Ambos sabíamos que habría un peligro en volver a la literatura para mejores edades de los cráteres. Si nos permitíamos tener el poder de aceptar o rechazar edades, sería casi imposible hacerlo de una manera imparcial. Sabríamos qué edades de cráteres encajan bien con las extinciones y cuáles no. ¿Cómo podríamos evitar la tendencia a rechazar aquellas edades que no se ajustaban a nuestra hipótesis?

También existía el peligro de que, al ser científicos "honestos", nos inclinásemos hacia atrás para aceptar las edades que contradecían nuestro resultado, aunque supiéramos que estaban mal determinadas. Eso podría tener el efecto de eliminar un efecto real, de hacerlo desaparecer. Nuestro caso realmente tendría que descansar en la lista compilada por Grieve, ya que había hecho el trabajo antes de que existiera cualquier hipótesis de periodicidad. La beca de Walt en la biblioteca sería necesaria, sin embargo, aunque sólo fuera para evitar las críticas de que estábamos siendo perezosos. Pero la lista imparcial de Grieve tendría que ser la base de nuestro análisis.

Me sentí un poco estúpido por no haber sabido lo suficiente para mirar cráteres en la Tierra, pero me consolé con la idea de que la persona que había compilado la lista, Grieve, no había notado la periodicidad. No había forma de notarlo hasta que se quitaran los cráteres con fechas inexactas, y no había razón para hacerlo, a menos que estuvieras buscando algo así como una periodicidad a corto plazo. A veces uno tiene que saber lo que está buscando para verlo.

Mi afirmación a Walt de que podía hacer un análisis estadístico en la gran computadora de laboratorio se basaba en el supuesto de que podría encontrar a alguien que me ayudara a ejecutar mis programas. Aunque yo era un buen programador, ya no sabía cómo entrar en un programa en la computadora grande. Había pasado cientos de horas trabajando con computadoras grandes como estudiante graduado, y había crecido hasta odiar la experiencia de pelear con las grandes máquinas. Tan pronto como tuve la oportunidad, había dejado de usar la computadora para cualquier cosa por mi cuenta. Había contratado a un programador de tiempo completo, y tenía varios estudiantes de postgrado y colegas que podían hacer cualquier trabajo de computadora que mi investigación requiriera.

Me dirigí hacia el pequeño conjunto de oficinas interconectadas que ocupaban los miembros de mi grupo de investigación. Para mi decepción, ninguno de los verdaderos expertos en informática estaba allí. Esperé. De repente, Saúl Perlmutter entró en la habitación. Me lancé.

"Saúl -dije- tengo algo muy emocionante y necesito tu ayuda". Rápidamente le conté todo lo que Walt y yo habíamos hecho aquella mañana, y Saúl se entusiasmó, como yo esperaba. La primera tarea sería meter los datos en la máquina. Yo me ofrecí para sentarme y escribir en el terminal de computadora si él seleccionaba los programas para recibir los datos. Me senté y escribí durante los siguientes cuarenta y cinco minutos, mientras Saúl se dirigía al centro de computación y exploraba la extensa biblioteca de programas disponibles para nosotros. Regresó justo antes de terminar. Había encontrado los programas de la biblioteca para las transformadas de Fourier y estaba listo para probarlos. Lo observé durante media hora, mientras poco a poco se solucionaba las incompatibilidades entre los formatos de los distintos programas. ¿Qué tan cerca estaba de hacerlo funcionar? Saúl respondió que no debería tomar más de un día o dos. Me sentí abatido y entré en mi despacho imaginando que podía pasar parte del tiempo leyendo documentos que nunca había leído, como los de Grieve sobre las edades de los cráteres.

Esa noche tuve problemas para dormirme, una vez más. Este insomnio ha sucedido sólo durante los períodos más emocionantes de mi vida. Algunas personas no pueden dormir porque no pueden averiguar cómo pagar las facturas o cómo resolver otros problemas personales. No podía dormir porque no podía apagar mi cerebro, o tal vez porque no quería. Seguí pensando en los cráteres y en las formas de analizarlos. ¿Cómo podría tomar en cuenta la incertidumbre en las edades del cráter? ¿Walt y yo nos habíamos engañado? ¿O los datos del cráter me demostraron realmente que estábamos en el camino correcto? En caso afirmativo, ¿cuáles fueron las consecuencias adicionales? ¿Qué implicaba todo esto para la teoría de la evolución? ¿Para el Sistema Solar? La emoción era agotadora, casi agotadora, pero todavía me mantenía despierto. Decidí que debía dejar de pensar en ello, y pensar en algo físico, no intelectual, como escalar montañas o esquiar. Me imaginé haciendo perfectas vueltas paralelas por una empinada ladera . . . ¿Por qué no intentar un ideograma gaussiano de los datos de los cráteres, y un análisis Fourier de eso? Bien, eso es lo mejor que se puede hacer. Ayudaré a Saúl a prepararlo a primera hora de la mañana. ¿Debo enfatizar los cráteres más grandes? Mejor intentarlo en ambos sentidos. No me estaba quedando dormido.

Al día siguiente, Saúl tenía el programa en ejecución y estaba produciendo hermosas gráficas en el sistema de dibujo de la computadora. Se utilizó el análisis de Fourier, una técnica matemática que busca la periodicidad de los datos. La primera gráfica mostró un fuerte pico a la derecha en el período de 28,4 millones de años, muy por encima de los niveles de fondo en otros períodos. Eso era, lo que habíamos visto. Ahora teníamos que determinar si era estadísticamente significativo o si podría haber surgido por casualidad. Le expliqué a Saúl cómo podíamos hacer esto. La técnica se llamó el "método Monte Carlo", por la famosa ciudad del juego en Mónaco. Programaríamos la computadora para generar edades al azar, fechas que no tenían nada que ver con los tiempos de las extinciones o las edades reales de los cráteres. Después, dejaríamos que la computadora asignara estas edades a los cráteres reales en lugar de sus edades verdaderas. A continuación, haríamos que la computadora repitiera el análisis completo de Fourier, haciéndolo buscar una periodicidad en las edades. No debería haber ninguno, ya que las fechas fueron elegidas al azar. Después de eso, haríamos que la computadora seleccionara otro conjunto de fechas aleatorias y nuevamente rehacer el análisis. Y otra vez, y otra vez. Tendríamos que rehacer todo el equipo una y otra vez hasta que, por pura suerte, produjera un pico en la trama de transformación de Fourier tan grande como la que vimos en los datos reales. Sería una fluctuación estadística, pero si seguíamos intentándolo, estaba destinado a suceder. Podría tomar mucho tiempo obtener una secuencia aleatoria que parecía periódica, pero la computadora no se aburrirá. Quería saber con qué frecuencia una fluctuación estadística simularía una periodicidad tan buena como la que Walt y yo habíamos encontrado.

Tomó la computadora menos de media hora para producir un cálculo con edades aleatorias que mostraban una periodicidad tan buena como la que habíamos encontrado, y media hora más tarde generó aleatoriamente un conjunto de fechas aún más periódicas que las nuestras. Eso demostró que era posible que nuestro efecto fuera espúreo, algo que siempre supimos. Pero se tardó de 100 a 500 intentos de obtener uno tan bueno como los datos reales. Dicho de otra manera, eso significaba que las probabilidades de que nuestra aparente periodicidad viniera de una secuencia aleatoria estuvieran entre 100 a 1 y 500 a 1. Bastante buenas probabilidades, pensé. El efecto era real. El análisis superficial que Walt y yo habíamos hecho la primera mañana fue reivindicado.

Unos minutos más tarde, Luie entró en la oficina, preguntándose si estábamos llegando a alguna parte. Pensé que era un momento excelente, justo después de que tuvimos completada la primera etapa del análisis por computadora. Le mostré las gráficas de los cráteres, el análisis de Monte Carlo y las transformadas de Fourier.

Luie no estaba impresionado. Las probabilidades de 100 a 1 no eran muy buenas, no para un descubrimiento importante. ¿Cuántas maneras había de analizar los datos?, preguntó. Si pudieras ver los mismos datos de cien maneras diferentes, entonces las probabilidades eran que al menos uno de ellos mostraría un efecto que tuviera probabilidades de 100 a 1. Yo protesté que ya lo sabía y había tenido en cuenta ese peligro en el análisis. Habíamos aceptado picos aleatorios en una amplia gama de períodos, no sólo aquellos cerca de los 26 millones de años que habíamos esperado encontrar. Pero Luie no retrocedió; "Las probabilidades de 100 a 1, dijo, son las mismas que "dos y media desviaciones estándar", en la jerga de los estadísticos. Un buen físico ni siquiera presta atención a nada menos de 3,5 desviaciones estándar. Sabía de muchos efectos de 2.5 desviaciones estándar que resultaron ser totalmente falsos cuando se comprobó mediante la repetición del experimento.

Yo tampoco retrocedí, incluso bajo el fuerte ataque de Luie. Argumenté que las probabilidades de 100 a 1 ni siquiera tenían en cuenta el hecho de que los impactos que producían los cráteres se produjeron al mismo tiempo que las extinciones masivas de Raup y Sepkoski, al menos para los cráteres medidos con precisión en el pasado reciente. Ciertamente eso era una "coincidencia" que no podía ignorar.

"Al contrario", respondió Luie. El período predominante en el análisis de Raup y Sepkoski fue de 26 millones de años. Las transformadas de Fourier habían mostrado que el nuestro era de 28,4 millones de años. Discrepan por 2.4 millones de años. No mucho, pero el desacuerdo se acumularía conforme fuéramos más atrás en el tiempo. Después de dos ciclos, el tiempo de las extinciones se desviaría del tiempo de la craterización en 4,8 millones de años, y después de tres ciclos por 7,2 millones de años, y así sucesivamente. Después de sólo 140 millones de años, los dos ciclos estarían fuera de fase en 13 millones de años, un ciclo completo. Los impactos deben llegar exactamente a medio camino entre las extinciones masivas. Luie se puso un poco más agudo y más personal. Dirigió su ataque contra mí. "Si publicas esto, Rich, solo se reirán de ti. Es una tontería". Ese comentario efectivamente terminó la conversación en ese momento.

Quería que el razonamiento de Luie estuviera equivocado, pero me molestó que no tuviera respuestas precisas a sus críticas. Tal vez no estaba siendo tan duro conmigo mismo como pensaba que era. El punto más inquietante que había hecho era que los dos ciclos, las extinciones en masa y los cráteres, se desfasaran entre sí. La incertidumbre en los periodos era lo suficientemente grande como para que yo supiera que debía haber alguna buena respuesta al análisis de Luie, pero no la tenía a la mano.

Walt se acercó al laboratorio para almorzar. Ya había encontrado artículos de revistas con edades mejoradas para dos de los cráteres. Le conté sobre la crítica de Luie de que el período del cráter y el período de extinción en masa saldrían sincronizados entre sí. Walt dijo que Luie le había planteado la misma objeción un día antes. "Déjeme que te muestre la respuesta que he formulado" -dijo Walt. Sacó otro trozo de papel cuadriculado. En él había trazado tanto los ciclos de cráteres como los ciclos de extinción. Efectivamente, salieron de fase hace unos 140 millones de años. Pero Walt señaló que este era el período cuando los datos de extinción eran extremadamente débiles y las incertidumbres en la escala de tiempo muy grande. Era probable que Raup y Sepkoski simplemente hubieran identificado erróneamente dos de los picos de esta región. En el momento en que los datos volvieron a ser precisos, los dos ciclos estaban en fase

Había estado cometiendo un simple error en la forma en que había estado pensando en las extinciones periódicas. El análisis de Fourier busca la periodicidad exacta, con amplitud constante. Si los datos reales tienen un período que cambia lentamente, o tienen una amplitud variable, entonces el análisis de Fourier no ajustará los datos con un solo período. En su análisis, Raup y Sepkoski habían demostrado que dos períodos ajustan sus datos casi igualmente bien, ya sea 26 millones de años o 30 millones de años. Por lo tanto, nunca deberíamos haber esperado un solo período fijo. En nuestro artículo de Némesis hemos afirmado que el período de Némesis debe variar en aproximadamente 10% durante los últimos 250 millones de años debido

a las perturbaciones de las estrellas pasajeras; esto era consistente con una superposición de los dos períodos distintos vistos. Lo que Walt demostró en su argumento fue que los tiempos de los episodios de cráteres coincidían con los tiempos de las extinciones masivas, aunque los períodos de mejor ajuste para los dos conjuntos de datos no eran exactamente los mismos.

Luie regresó un poco más tarde y, antes de que Walt pudiera mostrarle la gráfica, nos entregó copias de dos artículos escritos veinte años antes, uno anunciando el descubrimiento del "mesón kappa" y el segundo demostrando su confirmación. "El kappa no existe", dijo Luie. "Esta fue la única partícula descubierta por mi grupo que resultó ser completamente errónea". Me di cuenta de que Luie no era uno de los autores. Supuse que también había sido escéptico en el momento de la publicación. Sabía un poco de la historia de las afirmaciones del mesón kappa, pero no me había dado cuenta de que era el grupo de Luie quien había "confirmado" su existencia de manera incorrecta. El kappa tenía una vida demasiado corta para ser observable directamente, pero su existencia fugaz había sido deducida por los picos que se observan en las distribuciones estadísticas de la desintegración de las partículas. Picos similares se habían visto en dos reacciones diferentes, y dieron el mismo valor para la masa del kappa. En un documento, el pico había sido lo suficientemente alto como para que las probabilidades de que viniera de una fluctuación estadística fueran sólo 1 en 400. En el otro documento las probabilidades eran 1 en 100.000. Así que todo el mundo había creído en él, pero nunca se volvió a ver. Tal vez había sucedido realmente una de esas raras fluctuaciones estadísticas.

"Mira el pico de esta gráfica" -dijo Luie señalando uno de los papeles. Miré. Era bastante grande, especialmente para una fluctuación estadística conocida. "Eso es más impresionante que mirar que tu pico, ¿no estás de acuerdo?" Sonreí a Luie. Estaba haciendo una objeción bastante fuerte, pero yo no estaba de acuerdo. La mayoría de los descubrimientos verdaderos se hacen con las probabilidades menos de 1 en 100; si él hubiera insistido en que las probabilidades siempre fueran mejor que 1 en 100.000, su grupo nunca habría hecho todos los descubrimientos que condujeron a su Premio Nóbel. Estaba siendo demasiado escéptico, pensé.

En lugar de responderle directamente, le dije: "Walt tiene una buena respuesta a tu pregunta sobre los periodos que salen de fase". Walt mostró su gráfica a Luie y explicó cómo los datos débiles y las grandes incertidumbres en el rango intermedio podrían reconciliar todo. Luie estaba impresionado y admitió que Walt lo había satisfecho, al menos en ese aspecto. "Creo que deberías publicar estos documentos en algún lugar", dijo Luie, recogiendo sus papeles sobre el mesón kappa y mirando alrededor. Finalmente se situó en la puerta que conectaba las dos oficinas principales de nuestro pequeño complejo, y los clavó a la altura de los ojos. Los dejamos allí durante varios meses. Fue un recordatorio útil de que incluso las personas inteligentes pueden engañarse.

Luie había sido útil, aunque algo molesto. Era difícil aceptar una crítica tan severa, pero aprecié la velocidad de Luie en rectificar cuando encontramos un argumento realmente convincente. Con el entusiasmo ilimitado que Walt y yo mostramos, la presencia de Luie y su fuerza eran esenciales.

Aunque Walt había respondido a su mayor objeción, Luie todavía no creía que nuestra evidencia de periodicidad en los cráteres fuera estadísticamente significativa. Obviamente los datos no hablaban por sí mismos.

¿O lo habían hecho? Tal vez podría dejar que los datos convencieran a Luie si pudiera superar su prejuicio de que todo era una tontería. Sentí que conocía a Luie bastante bien. Durante diecinueve años había estado estudiando conscientemente su manera de pensar. ¿Qué haría falta para convencerlo? De repente me di cuenta de que tenía la respuesta. Rápidamente ideé un plan que pensé que funcionaría. Si esto no convencía a Luie de que los cráteres eran periódicos, entonces sólo podía ser porque no eran periódicos. Encontré a Saúl y le describí lo que tendríamos que hacer. Saúl estaba encantado. Sonaba divertido. Engañaríamos a Luie, sólo temporalmente, pero en el proceso Luie se convencería de que nuestro análisis era correcto. Utilizaríamos un truco que Luie mismo había inventado más de veinte años antes y que había sido

desarrollado por su colega Gerald Lynch. Pero introduciríamos una ligera variación. El procedimiento hizo uso de la técnica "doble ciego" y se llamó, simplemente, "Juego".

## 12. Doble ciego

El viernes 6 de enero de 1984 cumplí cuarenta años, principio oficial de la mediana edad. Ya no era un "joven científico", aunque sabía que parecía más joven de lo que era. Un físico tiene una ventaja cuando se ve joven, ya que la gente confunde su experiencia con la inteligencia nativa. Concluyen que él es más inteligente de lo que realmente es. Pero la verdadera importancia de ese día no tenía nada que ver con mi edad. Fue entonces, sólo dos días después de que Walt me mostró los datos de los cráteres, que Saúl y yo teníamos a "Juego" listo para probar a Luie.

El primer programa del juego se había escrito para un propósito específico. Un físico del grupo de Luie había estado analizando las enormes cantidades de datos recopilados por el equipo de cámara de burbujas. Había trazado la cantidad de energía necesaria para crear una partícula elemental de corta vida conocida como el mesón rho. Había esperado que la gráfica tuviera una forma de campana y la energía de los puntos cercanos al centro de la campana estuviera relacionada con la masa del mesón rho por la famosa ecuación  $E = mc^2$ . Pero la gráfica no parecía tener la forma correcta. En la parte superior de la curva había una depresión en forma de hoyuelo. Concluyó que la campana estaba dividida en dos. Lo mostró a muchas personas, incluyendo a Luie y a Gerry Lynch, pero nadie se convenció. Todo el mundo pensó que era sólo una fluctuación estadística. El físico se negó a retroceder. Quería publicarlo. Fue entonces cuando a Luie se le ocurrió la idea de "Juego", y Gerry desarrolló la idea y la convirtió en un programa informático.

Con el fin de mostrar que las fluctuaciones estadísticas realmente darían esa forma, se utilizó la computadora para generar setenta y dos conjuntos de datos aleatorios. (Se le pidió a la computadora que generara cien, pero el tiempo se agotó antes de que se crearan muchos.) Cada conjunto fue diseñado para simular qué datos reales se verían en ausencia de la depresión en la curva. Se le pidió al físico que examinara los setenta y dos diagramas y escogiera los que parecían tener las mayores divisiones. Esto le mostraría cómo las grandes divisiones podrían surgir de las fluctuaciones estadísticas.

Veinte físicos alrededor del laboratorio acordaron intentar el ejercicio. Cada uno escogió las dos gráficas que él veía que tenían las depresiones más grandes. El físico que había hecho el análisis original pensó que esto no probaba nada, porque creía que ninguna de las "fluctuaciones estadísticas" en las falsas tramas era tan grande como la división real que había encontrado en el verdadero conjunto de datos rho. Pero no sabía que Gerry le había puesto una trampa. Junto con los datos simulados, Gerry había insertado secretamente el conjunto de *datos reales*, con su hoyuelo en la parte superior. Cuando examinó los setenta y dos gráficos, el físico no reconoció que el conjunto de datos real estaba allí, y no pudo incluirlo entre los conjuntos que eligió como teniendo la mayor división. Trece de los otros físicos también escogieron datos falsos como teniendo una división más profunda que los datos reales. La única conclusión razonable que extraer era que la división no era estadísticamente significativa. El físico no tenía otra opción que retroceder. El juego había hecho su trabajo. No hay nadie tan valioso para un científico como un buen abogado del diablo.

Había oído a Luie contar esta historia de "Juego" muchas veces en los años que había pasado con él. He obtenido algunos de los detalles de Gerry, que me mostró el artículo en la revista "*Physical Review*" en el que se describió el uso del programa de "Juego". El experimento se había hecho "ciego", en el sentido de que el físico no había sabido qué resultado se suponía que debía encontrar cuando examinaba los datos. Los experimentos ciegos se utilizan ampliamente en la medicina, cuando el paciente no se le dice si se le está dando medicina real o un placebo. De hecho, los investigadores médicos han encontrado que los experimentos ciegos por lo general no son lo suficientemente buenos. Cuando se administra un placebo, el médico puede transmitir inconscientemente sus expectativas al paciente, que puede reaccionar en consecuencia. Las píldoras de azúcar no curan enfermedades psicosomáticas, siempre y cuando el médico sepa que son píldoras de azúcar, por lo que los experimentos médicos suelen hacerse "doble ciego", ni el

médico ni el paciente saben qué medicina es real y cuál es el placebo hasta que se obtienen los efectos de la dosificación.

Yo había visto a Luie recientemente usar un procedimiento ciego para probar el descubrimiento de los quarks de William Fairbank, partículas con una carga fraccional igual a un tercio o dos tercios de la carga de electrones. Luie preparó un número aleatorio, que se agregó a los datos de Fairbank de tal manera que Fairbank no podría decir si la carga que él estaba midiendo era fraccional o no. Sólo cuando Fairbank había completado su análisis de los efectos sistemáticos y las incertidumbres Luie bajó a Stanford para suministrar el número al azar. Luie y Fairbank estaban listos para celebrarlo, porque este experimento probaría al mundo que el descubrimiento de Fairbank era válido. Pero cuando introdujo el número aleatorio en el análisis, los resultados ya no mostraban cargas de un tercio o dos tercios de la carga de electrones. Los experimentos ciegos fueron ciertamente útiles en el mundo de descubrimiento de Luie.

Estaba decidido a que mi experimento con Luie se hiciera a doble ciego. Le daría gráficas para que las mirara. Le diría que todas las gráficas eran aleatorias, pero de hecho una de ellas contendría los datos reales. Ni siquiera yo sabría cuál era cuál. Sabía que Luie disfrutaría de la idea de que este procedimiento fuera juzgado por él, y él adivinaría que yo había insertado los datos reales. Y yo sabía que él trataría de darle la vuelta, y usarlo para mostrarme que yo estaba equivocado.

Saúl preparó las gráficas según mis instrucciones, y yo le di el conjunto a Luie. Las tomó y las estudió cuidadosamente. Walt observó cómo su padre miraba cada histograma y cada transformada de Fourier generados por computadora. Luie habló en voz alta, diciéndonos por qué pensaba que cada gráfica parecía interesante o no. Estimó el tamaño de las fluctuaciones estadísticas, tanto en los histogramas como en las transformaciones, examinando la gama de tamaños de pico en las distintas gráficas. Le tardó sólo unos diez minutos recorrer las veinte gráficas, y dijo que ya tenía una opinión hecha. Había escogido tres gráficas que parecían más probables de tener periodicidad.

"Esta es la mejor", anunció, "y estas dos están empatados en segundo lugar." Pero no iba a dejarnos creer que pudiéramos engañarle, así que añadió rápidamente: "Y el segundo aquí, lo identifico como los datos reales. Sabía que te meterías en eso, Rich."

Yo realmente no sabía cuál era cuál, así que le pedí a Saúl que buscara los números en la tabla secreta que había hecho. Mi corazón palpitaba mientras esperaba la respuesta. Luie pensó que el experimento había terminado y que yo había fracasado. Después de todo, él había escogido una trama aleatoria como más periódica que los datos reales, y una segunda trama aleatoria igual de periódica. ¿No probó eso que los datos reales no tenían una periodicidad significativa?

No, no, no todavía, no hasta que comprobáramos la tabla secreta. Sólo Saul y yo sabíamos del giro adicional que habíamos añadido a "Juego".

Saúl leyó los resultados. La gráfica que Luie había identificado como el diagrama real de los datos del cráter era, de hecho, el diagrama real de los datos de los cráteres. Felicitaciones a Luie. Pero la gráfica que había escogido como la más importante no era una trama de datos aleatorios, ni tampoco la que había elegido como vinculada con los datos reales en importancia. Suspiré aliviado. El truco había funcionado. Luie estaba confundido. Si no eran datos aleatorios, ¿qué eran?

Le expliqué que de las veinte gráficas que habíamos preparado, una contenía los datos reales, tal como había discernido. Pero sólo dieciséis de los diecinueve restantes contenían datos aleatorios. Para los otros tres habíamos hecho que la computadora simulara qué datos se verían si hubiera periodicidad real. Para éstos, Saúl había dado a la computadora once cráteres con un espaciamiento exacto de 26 millones de años, en lugar de un espaciamiento aleatorio. Para simular el efecto de la incertidumbre en las edades del cráter, la posición de cada cráter se cambió un poco en la gráfica de acuerdo con la exactitud con la que se podían medir las edades del cráter. Esto había resultado en una representación que parecía algo periódica, pero no

perfecta. Mostró que la verdadera periodicidad debería verse en función de la incertidumbre de las técnicas de datación.

Las tres gráficas que Luie había escogido incluían la de los datos reales y dos con periodicidad real. Luie no había escogido ningún dato al azar. Al hacer sus elecciones, Luie había demostrado que nuestros datos eran tan buenos como lo que se podría esperar de una señal verdaderamente periódica. De hecho, había perdido la otra gráfica del conjunto que también era verdaderamente periódica, mostrando que su nivel de escepticismo era tan alto que en realidad podía perder una verdadera señal. Luie simplemente asintió, y luego sonrió. "Llevaste a "Juego" más lejos de lo que se ha hecho antes. Eso fue muy inteligente." Él siguió asintiendo. Parecía gustarle la idea de que lo habían engañado.

"¿Qué piensas ahora?", pregunté.

"Me has enseñado que tengo que echarle un nuevo vistazo" -contestó. Me decepcionó su evasiva respuesta, pero en días posteriores me di cuenta de que "Juego" había sido el punto de inflexión. A partir de ese momento, el escepticismo de Luie empezó a disminuir.

Tuve que viajar a Washington para asistir a una reunión relacionada con mi trabajo de datación con los aceleradores. Como aún no habíamos escrito un artículo describiendo la periodicidad de los cráteres, no le conté a nadie en la reunión sobre nuestro descubrimiento. Sería demasiado fácil para alguien duplicarlo, quizás mejorarlo. El artículo sobre Némesis había sido enviado y me sentí libre de hablar de eso, aunque me di cuenta de que debía haber otras personas, tan inteligentes y conoedoras como Walt, que leerían este documento y decidirían mirar las edades de los cráteres. Alguna gente en la reunión había oído hablar ya de nuestro artículo sobre Némesis. Los rumores sobre una excitante (o loca) nueva teoría se extienden rápidamente en la relativamente pequeña comunidad de físicos.

De vuelta en Berkeley, descubrí que Luie estaba planteando una nueva objeción. "El pico en tu transformada de Fourier viene de sólo dos cráteres", me dijo. Se refería a los cráteres Manicouagan y Puchezh-Katunki, cada uno de más de 40 millas de diámetro. "Están separados por 27 millones de años, y tan grandes que dominan todo lo demás." Le dije que lo examinaría. Traté de quitar primero un cráter y luego el otro de los datos. Efectivamente, el significado de la periodicidad bajó. Pero es de esperar que la significación disminuya cuando eliminas datos válidos. Otros físicos plantearon de manera independiente la misma objeción a la influencia indebida de estos grandes cráteres.

Teníamos varias justificaciones posibles para enfatizar los cráteres más grandes. Quizás sólo los impactos más grandes causaron extinciones masivas. Quizás sólo los grandes cráteres eran periódicos, porque provenían de cometas en la nube interna de cometas, mientras que los cráteres más pequeños procedían de cometas en la parte exterior de la nube. Sin embargo, me di cuenta de que sería más convincente si no usamos tales argumentos ad hoc. La gente pensaría que había sesgado los datos tratando de hacer la periodicidad más fuerte, al representar los cráteres más grandes con cajas más grandes. Realizamos todo el análisis con todos los cráteres trazados con cajas de igual tamaño. La nueva transformada de Fourier todavía mostró un fuerte pico, aunque su significación estadística se redujo algo. También miré para ver qué pasaría si incluíamos solamente cráteres más grandes que cierto diámetro, y confirmé que la mayor parte del efecto, de hecho, vino de los cráteres más grandes. Pero una cosa nueva y perturbadora apareció en la representación: un segundo pico a 21 millones de años. Fue casi tan alto como el pico de 28 millones de años. Al principio no estaba seguro de qué hacer con él.

Entender ese segundo pico me llevó la mayor parte de mi tiempo durante las próximas dos semanas. Sabía que tenía que tener cuidado de no desecharlo demasiado fácilmente como un artefacto estadístico, ya que podría ser real. Tal vez había algo nuevo en marcha, algo adicional a lo que acabábamos de descubrir. Si el período de 21 millones de años fue una fluctuación estadística, ¿significa que el otro pico, a 28 millones de años, también era una fluctuación estadística, que nuestro análisis anterior estaba equivocado? Luchar contra estos problemas no fue fácil. Hicimos muchas nuevas simulaciones de Monte Carlo antes de que finalmente entendiéramos el efecto en detalle, y pude convencerme (y casi todos los escépticos, incluyendo



a Luie) qué era el segundo pico. Resultó ser un armónico (un resultado espúreo que a veces aparece en el análisis de Fourier) del pico de 28 millones de años, con un período exactamente tres cuartas partes del pico principal. Cuando generamos un período real de 28 millones de años, a menudo conseguimos un segundo pico espúreo. Hemos demostrado que era muy improbable que el pico de 28 millones de años fuera un subarmónico del pico de 21 millones de años haciendo simulaciones adicionales. Esto implicaba que el pico de 28 millones de años era real, aunque el pico de 21 millones de años no lo era. Dos semanas de intenso esfuerzo en este problema resultaron en una breve oración explicativa en el documento que Walt y yo finalmente escribimos.

Walt había trabajado duro en la búsqueda de literatura. Había obtenido una llave de la Biblioteca de Geología y se había quedado hasta las 4:00 de la mañana tratando de abrirse paso a través de los difíciles documentos. Su lista mejorada de edades de cráteres estaba lista, y ejecutamos nuestros programas de análisis de Fourier sobre ellos. Los resultados eran prácticamente indistinguibles de los que habíamos obtenido antes. Aliviado, finalmente estábamos listos para enviar nuestro artículo para su publicación. Me ofrecí para escribir el primer borrador.

Entregué una copia del proyecto a Walt en su oficina. Lo miró y dijo: "Rich, creo que debemos discutir el orden de los nombres." Había puesto los nombres en orden alfabético, como lo había hecho en el trabajo de Némesis. Pensé que era gracioso de él planteara el tema. Le respondí: "Walt, considero este descubrimiento como un regalo tuyo para mí. Tú fuiste el que se dio cuenta de que valía la pena mirar las edades de los cráteres en la Tierra. Pensaste que habías encontrado algo interesante antes de que me enterara de la idea. Podrías haber tenido a alguien a quien quisieras ayudar con el análisis matemático. Podrías haber hecho todo esto tú mismo." Walt dijo: "Por el contrario, considero esto como un regalo que me diste. Sin tu teoría de Némesis, nunca habría mirado los datos de los cráteres". "Bien - le contesté - Mantengamos nuestra sociedad de admiración mutua, y mantenemos los nombres en el artículo en orden alfabético."

El 26 de enero colocamos el artículo en el correo a las 4:00 p.m. Habían pasado menos de cinco semanas desde que Marc, Piet y yo habíamos ideado la teoría de Némesis, y apenas tres semanas desde que Walt y yo habíamos mirado los datos de los cráteres. Walt quería llamar a Dave Raup y Jack Sepkoski, para contarles sobre estos dos trabajos. Estuvimos de acuerdo en hacerlo al día siguiente y conseguir que Luie y Saul se unieran a los teléfonos de extensión. Walt llamó a Raup con antelación para decirle que queríamos hablar con él como un grupo, pero no le dijo a Raup cuál era el tema.

Esa noche, con el artículo en el correo, tuve mi primera buena noche de sueño en tres semanas. Finalmente pude dejar de pensar en dinosaurios, cráteres, cometas y estrellas compañeras.

Los cuatro nos reunimos en mi oficina a la mañana siguiente y nos pusimos en los teléfonos de extensión. Raup y Sepkoski estaban esperando nuestra llamada. Walt tomó el liderazgo, y les describió nuestro trabajo de Némesis y el nuevo sobre la periodicidad de los cráteres. Ni Raup ni Sepkoski parecían sorprendidos. "Hemos visto otro artículo proponiendo una estrella compañera, sobre el que *"Nature"* quiere que hagamos de árbitro", dijo Raup.

Mi corazón dio un vuelco. "¿Cuál era el mecanismo? -pregunté - ¿Qué hizo que los cometas o asteroides golpearan la Tierra?"

"Algo sobre lluvia de cometas" -respondió Raup. "Realmente no lo entiendo." Alguien más había creado de manera independiente nuestra teoría. Pedí los nombres de los autores. Raup dijo que eran Daniel Whitmire y Albert Jackson.

"¿Su artículo tiene una fecha en él, indicando cuándo fue recibido por *"Nature"*?" Todos en los teléfonos sabían lo que estaba en mi mente. Me sentía un poco culpable, preocupado por la prioridad en medio de tanta ciencia interesante. Raup me pidió que esperara mientras él miraba.

Volvió al teléfono. "El 4 de enero" -dijo. Era el mismo día que nuestro artículo sobre Némesis había llegado a la revista "*Nature*".

"¿Puede enviarnos una copia?", pregunté.

"Realmente no puedo hacer eso", respondió Raup. "Me enviaron este trabajo para arbitrarlo. Lo recibí en confianza. Pero permítanme darles las direcciones de los autores. Puedes pedirles una copia directamente."

Regresamos a la ciencia. Walt les dijo a Raup y Sepkoski con más detalle sobre la periodicidad de los cráteres. Habían hecho un buen análisis de la periodicidad de las extinciones masivas, por lo que conocían todas las preguntas estadísticas pertinentes que debían formularse, pero no habían utilizado métodos de transformación de Fourier y eran muy curiosos acerca de la técnica. Me sorprendió, ya que pensé que el método de transformada de Fourier era mucho más simple y más obvio que el complejo análisis de series de tiempo que habían utilizado. Tuvimos casi una hora de discusión. Les dijimos que les enviaríamos borradores de nuestros trabajos y seguiríamos en contacto.

Inmediatamente, traté de llamar a Whitmire y Jackson, y logré contactar con el primero. Le dije que había oído hablar de su trabajo por Raup, y que habíamos presentado uno similar a "*Nature*". Cambiamos los detalles y descubrimos que nuestras teorías eran casi idénticas. Ellos habían asumido una masa más pequeña para la estrella compañera que nosotros, y esto había requerido que hicieran que la órbita tuviera una excentricidad más alta que nuestro valor de 0.7. Era difícil obtener todos los datos directamente por teléfono, pero Whitmire dijo que estaría encantado de enviarnos su trabajo. Nos comprometimos a enviarle el nuestro. También me preguntó si le enviaría una copia del artículo de Raup y Sepkoski que mostraba las extinciones periódicas en masa.

"¿No lo has visto todavía?", pregunté incrédulo.

"No" -respondió Whitmire. "Leí sobre su trabajo en el periódico."

Al Jackson y él habían trabajado juntos antes, y sabían sobre el trabajo de Hill sobre las lluvias de cometas, así que todo parecía encajar para ellos. Recordé mi comentario a Marc Davis, a principios de diciembre, sobre cómo la cobertura de los periódicos nos daría competencia. Pero en lugar de sentir celos, como podría haber sentido hacia un competidor, me di cuenta de que sentía una inesperada afinidad con estos dos científicos que nunca había conocido. Habían sido los únicos científicos que conocía, aparte de mí, que se habían tomado en serio la periodicidad de la extinción en masa, y habían creado la misma teoría.

## 13. La Estrella de Rich

Con ambos trabajos en el correo, tuve tiempo de pensar en lo que acabábamos de descubrir. El trabajo de Raup y Sepkoski nos había conducido en una dirección muy productiva. Realmente ocurrieron extinciones masivas periódicas. Las catástrofes no fueron ocurrencias raras, pero se repitieron de forma regular. Los dinosaurios deben haber sido aún más robustos de lo que habíamos pensado anteriormente. Habían sobrevivido a varios impactos antes de que el gran impacto en el final del período Cretácico finalmente acabara con ellos. Para poder matarlos tuvo que ser el que fuera probablemente el impacto más violento en la Tierra desde la evolución de los vertebrados.

Por supuesto, los dinosaurios no fueron tan exitosos como las cucarachas. Estas pequeñas criaturas lograron sobrevivir a cada catástrofe en los últimos 250 millones de años, incluyendo las extinciones del Pérmico-Triásico y Cretáceo-Terciario. Están muy bien adaptadas para luchar contra el exterminio, como saben muchos habitantes de la ciudad.

Es posible que la evolución se hubiera estancado sin la limpieza periódica de la pizarra. Darwin había postulado la "supervivencia del más apto". Pero también hay "supervivencia del primero". La antigüedad es, tal vez, un aspecto de la evolución que ha sido subestimado, ya que hasta ahora no hemos sabido sobre los frecuentes impactos procedentes del espacio. Las nuevas especies no pueden florecer, y ni siquiera pueden sobrevivir, si todos los nichos ecológicos ya están llenos. Excepto por las catástrofes, ¿nuestro mundo todavía estaría dominado por los dinosaurios, o trilobites, o incluso por protozoos? Como no tengo credenciales en la teoría de la evolución, soy libre de especular. No tengo reputación que perder en ese campo.

Cuando se obtuvieron las imágenes del planeta Tierra desde el espacio, muchas personas comentaron lo aislada y solitaria que estaba la Tierra. La gente lo llamó "Isla Tierra", algo que compartimos y debemos cuidar. Pero no estamos tan aislados como pensábamos. Periódicamente un proyectil desde el espacio ataca nuestra isla. Podemos haber sido engañados por Darwin al pensar que nuestra supervivencia depende de la competencia con otras criaturas que comparten esta isla. Como Roger Mollander iba a sugerir en un ensayo del "*New York Times*" unos meses después de nuestro trabajo, la existencia de Némesis, la "estrella de la muerte", puede ser precisamente lo que nuestra especie necesita para hacernos apreciar que la verdadera amenaza a nuestra existencia puede no ser otros seres humanos.

Alrededor de una semana después de que le llamáramos por primera vez, Dave Raup nos llamó. Se le había pedido que fuera a arbitrar otro artículo para "*Nature*", este era de Michael Rampino y Richard Stothers, del Goddard Space Flight Center, en la ciudad de Nueva York. Tenían una teoría alternativa, que no requería una estrella compañera. En su teoría, las lluvias de cometa fueron provocadas por oscilaciones del Sol, arriba y abajo en el plano galáctico, que ya sabíamos tenía aproximadamente el período correcto. También habían encontrado la periodicidad en los cráteres, igual que Walt y yo. Dave volvió a sentir que no podía enviarme su copia de su artículo, pero estaba seguro de que querría llamarlo.

Le dije a Dave que Marc Davis y yo habíamos considerado las oscilaciones galácticas como un posible desencadenante de las extinciones, pero las había rechazado porque la fase de las oscilaciones no coincidía con la fase de sus extinciones. Dave dijo que este artículo mostraba una muy buena coincidencia entre los dos.

¿Qué había hecho mal? Busqué mis notas sobre las oscilaciones galácticas y finalmente las encontré enterradas bajo un enorme montón de papeles en mi escritorio. Luego revisé mis cálculos de la frecuencia de las oscilaciones galácticas y de los datos que decían que estábamos pasando por el plano galáctico ahora

mismo. Luché para encontrar mi error. No encontré nada malo. Si hubo un error, debe ser muy profundo, fundamental, no el tipo que usted puede encontrar simplemente verificando los números.

Le conté a Luie el artículo de Rampino y Stothers, y me sorprendió su fuerte reacción. Rampino, me dijo, había afirmado en la Conferencia de Snowbird que la capa de iridio se debía a la precipitación química en los océanos. Más tarde afirmó que la capa de iridio había sido establecida por una erupción volcánica, sin retractarse explícitamente de su posición anterior. Luie pensó que era casi divertido que tan pronto después de no estar de acuerdo con la teoría del impacto de las extinciones cretáceas, Rampino escribiera un artículo que, no sólo explicara esa catástrofe en términos de impacto, sino que también explicara a otros ocho de la misma manera. "Apuesto a que no menciona, y mucho menos se retrae, sus dos teorías anteriores", dijo Luie.

He decidido no llamar a Rampino y Stothers todavía. Tenía que tratar de averiguar cómo habían resuelto los problemas con las oscilaciones galácticas, problemas que yo no había podido resolver. Tenía que hacer suficiente tarea en casa para poder apreciar cualquier argumento sutil que pudieran darme por teléfono. Decidí darle unos días de trabajo.

Walt me invitó a ir con él y Luie por la península de San Francisco a Stanford para escuchar a Thomas Ahrens dar una conferencia sobre la física de los impactos que habían causado las extinciones masivas, pero lo rechacé. Tenía demasiadas cosas que hacer en Berkeley. En el viaje de ida y vuelta, Luie y Walt hablaban de Némesis, y quién podría encontrarla. Hablaron sobre búsquedas usando luz visible, y la posibilidad de usar los datos recientemente tomados por el IRAS (Infrared Astronomical Satellite). Walt decidió que Némesis era un ciruelo demasiado grande como para dejárselo a otro. Debe ser encontrado por el grupo de Berkeley. Luie estuvo de acuerdo. Era el siguiente paso obvio.

Igual como yo había decidido que necesitaba un verdadero astrónomo y había llamado a Marc Davis, Luie decidió que ahora necesitaba un astrónomo real, y su selección fue David Cudaback. Fue miembro de la facultad del Departamento de Astronomía y actuó simultáneamente como director asociado del Laboratorio de Radioastronomía. Dave estaba en Hawaii, pero después de una discusión telefónica con Luie, voló de regreso a Berkeley temprano. Al día siguiente se encontró con Luie y Walt, y le dieron copias de los dos artículos. Al día siguiente, Walt y Dave comenzaron a buscar a través de los muchos volúmenes encuadernados de catálogos de estrellas en la Biblioteca de Astronomía, con la esperanza de encontrar una buena estrella candidata para Némesis. Era posible que Némesis hubiera sido catalogada.

El artículo de Némesis aún no había sido publicado en "*Nature*", pero muchas personas de Berkeley estaban empezando a oír hablar de la teoría de Némesis y del artículo sobre cráteres a través de la "radio macuto" científica. Se me pidió que diera una conferencia, una *Reunión del Progreso de la Investigación*, en el Lawrence Berkeley Laboratory. Se trata generalmente de conversaciones que describen investigaciones todavía en curso y que aún no se han publicado. Judy Goldhaber en el departamento de relaciones públicas preguntó si podía preparar un comunicado de prensa, pero yo dije que no. Es tradicional en la ciencia que el trabajo no debe ser descrito en los periódicos hasta que se publique el trabajo profesional, en este caso en "*Nature*". Esta importante tradición permite a otros científicos que oyen hablar de algún trabajo nuevo leer inmediatamente el detallado relato del científico sobre la obra. Judy entonces sugirió que ella prepararía un comunicado de prensa, pero no lo publicaría. De esa manera, si los periódicos de alguna manera se enteraban de la historia, podríamos por lo menos darles una versión cuidadosamente pensada para trabajar. Eso sonó como una buena idea, y le di permiso para hacerlo.

Unos días más tarde, fui llamado por un reportero de ciencias, David Perlman, del "*San Francisco Chronicle*". Preguntó: "¿Conoces a este tipo John Hewitt que está tratando de vender una noticia sobre una estrella acompañante al Sol?" Nunca había oído hablar de Hewitt. "Tiene copias de dos artículos que escribió - dijo Perlman - y ha escrito una historia sobre eso que quiere vender al Chronicle". Perlman había leído ambos documentos y pensó que sería una verdadera "primicia" para el Chronicle publicar la historia. "Sentí que tenía que aceptar su oferta", dijo Perlman. "Si no lo compramos, alguien más lo hará. Pero entonces vi en el Boletín de la Universidad que usted está dando una *Reunión del Progreso de Investigación* mañana. Puesto que usted está hablando públicamente sobre este tema, ya no siento ninguna obligación de usar la

versión de Hewitt, que no está muy bien escrita de todos modos. Voy a venir a su charla. ¿También puedo tener una entrevista?"

Me encontré un poco confundido por el estándar paradójico de la ética de los periódicos que estaba escuchando. Al parecer, Perlman no podía escribir sobre mi trabajo sin Hewitt, ya que Hewitt había llamado la atención sobre él, hasta que Perlman descubrió que estaba dando una charla "pública" sobre el tema. Decidí que la autoría en los periódicos es al menos una cuestión ética tan compleja como la autoría en los documentos de física.

Estaba en un apuro. Si le pedía a Perlman que retrasara la publicación hasta que se publicara el artículo en "*Nature*", este tipo de Hewitt iría a vender su historia a otro periódico. Una entrevista con Perlman al menos aseguraría que él tenía todos sus hechos correctos. Sabía que sería criticado por otros científicos por "publicar en los periódicos". La mayoría de las personas se sienten honradas cuando reciben sus nombres en el periódico, pero ya había tenido suficiente de este "honor" en el pasado para que ya no trajera emoción.

La mejor cosa, decidí, era permitir que Perlman viniera a mi charla, sobre todo porque no estaba claro que yo pudiera detenerlo, y luego darle la entrevista solicitada. Podría intentar expiar el pecado a los ojos de mis colegas asegurándome de que Perlman se refirió al trabajo de Whitmire y Jackson, los dos científicos que habían presentado independientemente la teoría de la estrella compañera. Le conté a Perlman su trabajo y también le di sus números de teléfono. También le sugerí que llamara Rampino y Stothers. Para escuchar lo que tenían que decir sobre las oscilaciones galácticas, aunque yo no había entendido cómo habían hecho que ese modelo funcionara. Accedió a hablar con ellos e incluirlos en su artículo. Mi presentación estaba programada para el día siguiente, jueves. Le pregunté si podía retrasar un poco su publicación, para poder llamar primero a todo el mundo y advertirles de lo que iba a suceder. Dijo que mantendría su artículo hasta el lunes, siempre que me comprometiera a alertarle si me llamaran otros periodistas. Le dije que Goldhaber había preparado un comunicado de prensa, pero no lo distribuiríamos hasta el lunes, el mismo día que aparecería su artículo.

Luego llamé a todos los que estaban involucrados. Piet Hut estaba fuera de la ciudad, pero contacté con Marc Davis. No estaba demasiado sorprendido de que la historia se hubiera filtrado. Cuando se lo dije a Walt, sin embargo, se puso tan furioso que localizó a John Hewitt y lo llamó. Supo que Hewitt había trabajado una vez en el Departamento de Astronomía, y después de irse había seguido visitando la biblioteca allí. En la biblioteca había encontrado copias de nuestros artículos, que más tarde supimos que Cudaback había dejado atrás para que los científicos interesados pudieran leerlos. Hewitt había decidido que esta era su oportunidad para entrar en la literatura científica popular. No había hecho nada malo. Era inevitable que, si distribuyéramos copias de nuestro documento antes de su publicación, los periódicos se apoderarían de ellos.

Llamé a Whitmire y Jackson, les expliqué lo que había sucedido y les dije que esperaran una llamada de Perlman. Parecían no estar especialmente molestos. Entonces llamé a Rampino y a Stothers; Stothers no estaba, y sólo hablé con Rampino. Le conté sobre nuestro trabajo y cómo había oído hablar de él por Dave Raup. Entonces le conté la historia que estaba siendo escrita por el Chronicle. Estaba indignado, incluso más que Walt, pero a diferencia de Walt, parecía estar culpándome. Me disculpé y traté de explicar que no era realmente mi culpa y que quería asegurarle de que recibió el crédito adecuado en los artículos que fueron escritos. Dijo que llamaría a "*Nature*". Le dije que le enviaría copias de los dos artículos de Berkeley, y le pregunté si me enviaría una copia de su artículo. Él se negó. Dijo que pensaba que era inapropiado distribuir copias de documentos que aún no habían sido aceptados para su publicación.

Di mi charla programada al día siguiente y Perlman se sentó en la parte de atrás tomando notas. Después él y yo hablamos durante media hora. Me complació encontrar que él había entendido la mayor parte de los detalles técnicos de la charla y esperaba que su artículo fuera exacto.

Al día siguiente recibí una llamada de un editor de "*Nature*". Rampino había hablado con él, y quería asegurarse de que conocía su política: cualquier artículo que se publicite antes de su publicación no se

imprimirá. Estuve de acuerdo con la necesidad de tal política, pero enfatice que esta publicidad no fue hecha a propósito y esperaba que no nos penalizaran. En secreto, me sentía seguro de que no, pero no lo dije por teléfono. Yo era muy deferente. El editor admitió que la fuga no era mi culpa, y pensó que probablemente publicarían nuestros artículos de todos modos. Dijo que pondrían nuestros dos trabajos en el mismo número, junto con los de Whitmire y Jackson y Rampino y Stothers. Le pregunté si había otros artículos que se habían presentado para explicar las extinciones periódicas; el editor dijo que no.

Ese fin de semana un artículo en el "*New York Times*" me llamó la atención. Se tituló "*La Tierra cree enfrentarse a bombardeos de cometas*". ¿Había Hewitt vendido su historia al "*New York Times*?" ¿O alguien más había planteado de forma independiente la teoría de Némesis? No. La historia era sobre el trabajo de Rampino y Stothers en Goddard. Leí rápidamente el artículo, con la esperanza de que me ayudara a comprender cómo habían resuelto el problema que no había podido resolver: hacer que las extinciones se sincronicen con algún aspecto de las oscilaciones galácticas. El artículo parecía decir que las extinciones fueron causadas por lluvias de cometas, provocadas cuando el Sol cruzó el plano galáctico. Pero la fase estaba mal, me dije. El reportero, Walter Sullivan, había preguntado con agudeza a Rampino la pregunta crítica: "¿Cuándo el Sol cruzaría entonces el plano galáctico?" Rampino continuó diciendo que las nubes moleculares que desencadenan lluvias de cometas se dispersan aleatoriamente por encima y por debajo del plano, por lo que los encuentros cercanos se extienden a lo largo de un largo período. Todo lo que decía era cierto, pero no respondía a mi objeción. Todavía estaba desconcertado por su teoría.

Había un artículo en la misma página con el encabezado "*Los líderes laboristas sopesan el impacto en la campaña*". Me tomó un momento antes de darme cuenta de que no era el impacto de un cometa de lo que estaban hablando.

Resultó que la razón por la que había sido incapaz de llegar a Piet Hut en Princeton era que estaba en Berkeley para dar una conferencia para el Departamento de Astronomía. El lunes por la mañana estaba tomando una taza de café cuando un amigo trajo por la mañana el "*San Francisco Chronicle*". Se sorprendió al leer una historia con el título "*La Estrella de la Muerte mata la vida en la Tierra*", por David Perlman.

La historia describía nuestro trabajo en detalle, y también citaba el trabajo de Rampino y Stothers y de Whitmire y Jackson, aunque las menciones eran más breves de lo que deberían haber sido. El artículo fue recogido por los servicios de cable, por lo que Perlman tuvo su primicia a pesar del artículo anterior en el Times. Walter Sullivan me llamó esa tarde para averiguar más sobre nuestra teoría. Después de hablar con él durante un tiempo, le pregunté dónde había conseguido la historia de Rampino y Stothers. "Ellos me llamaron por teléfono el viernes pasado. Me reuní con ellos, y me dieron una copia de su trabajo", respondió. Le pregunté a Sullivan lo que le habían contado sobre el trabajo realizado por mí y mis colegas, o por Whitmire y Jackson. "Nada", respondió. Sullivan escribió un segundo artículo, describiendo las teorías de la estrella compañera, en la sección "*Revisión de la Semana*" el domingo siguiente.

La búsqueda de Cudaback en los catálogos de estrellas existentes empezaba a parecer infructuosa, y Luie había empezado a pensar en otras formas de encontrar a Némesis. ¿Qué tipo de experimento, qué tipo de programa de observación se debe establecer? No sé cuántas ideas tenía antes de encontrar una que pensara que funcionaría. Se detuvo en mi despacho para decirme algo.

"Casi todas las estrellas en el cielo se están moviendo hacia o lejos del Sol a una velocidad de algunas millas por segundo o más. Némesis está ahora tan lejos como puede llegar y se está dando la vuelta, empezando su caída hacia el Sol y la Tierra. Eso significa que es una de las muy pocas estrellas en el cielo que no se está moviendo hacia o lejos de nosotros". Luie continuó, "Podemos encontrar a Némesis buscando una estrella con casi ningún desplazamiento hacia el rojo".

Se estaba refiriendo al hecho de que los objetos que se mueven hacia o lejos de nosotros muestran un cambio en su color por una cantidad pequeña pero mensurable. Si medimos el color de ciertas características en la estrella (como las líneas de emisión de hidrógeno) con alta precisión, podemos determinar la velocidad radial de la estrella. El cambio de color se conoce a menudo como cambio de color rojo, porque la mayoría

de las galaxias en el Universo se están alejando de nosotros, y eso hace que sus colores sean más rojos, aunque ciertas galaxias y estrellas muestran un cambio azul. Némesis no tendría virtualmente ningún cambio, rojo o azul.

Desafortunadamente, el cambio de color rojo no es particularmente fácil de medir, especialmente si tienes que hacerlo con medio millón de estrellas. Sin embargo, Luie había inventado una manera de hacer posible la búsqueda. Me describió un nuevo tipo de filtro óptico, que tenía una aceptación de color muy estrecha, ajustada a una longitud de onda de emisión de hidrógeno. Si uno de estos fue insertado delante de la placa fotográfica, la única luz que llegaba sería de estrellas con cambio rojo cero. Era un filtro Némesis, cortando la luz de casi todas las otras estrellas.

Era una idea inteligente, pero inmediatamente vi problemas. La luz de Némesis ya se esperaba que fuera bastante tenue. Había calculado que se trataba de un factor de 100, demasiado tenue para ser visto a simple vista. El filtro de Luie reduciría aún más el brillo de la estrella. "Eso no es problema", insistió Luie. El filtro haría a Némesis más tenue, pero haría que casi todas las otras estrellas fueran negras. "Excepto por el continuo", argumentó, señalando que muchas estrellas tienen un amplio espectro de luz, y emiten algo de luz en las frecuencias esperadas para las líneas del espectro de Némesis. Luie pensó que esto no sería demasiado problema, y pasamos un tiempo hablando de ello sin llegar a una conclusión definitiva.

Otro problema, decidí más tarde, fue que no conocíamos la posición de Némesis con la misma exactitud que Luie pensaba que lo habíamos hecho. Puede que no esté al final de su órbita, simplemente volteándose; podría ser sólo a medio camino. Si elegimos la frecuencia incorrecta para el filtro de Luie, también anularía a Némesis.

El efecto real de la invención de Luie fue despertarme. Yo ya había empezado a ser perezoso de nuevo. Estaba tan orgulloso de la teoría de Némesis, y el trabajo de los cráteres con Walt, que casi había dejado de pensar en nuevos pasos a seguir. Luie y Walt tenían razón en una cosa: el siguiente paso era encontrar a la estrella. ¿Por qué no había intentado inventar un método? ¿Por qué había dejado el problema a Walt y Luie y Cudaback?

La clave para encontrar a Némesis, decidí, estaba en su cercanía a la Tierra. Las estrellas más cercanas al Sol habían tenido todas sus distancias medidas usando el hecho de que su posición aparente en el cielo cambia ligeramente durante el año. A medida que la Tierra se mueve alrededor del Sol, miramos las estrellas cercanas desde un ángulo ligeramente diferente. Las fotografías tomadas con tres meses de diferencia mostrarían que Némesis se había movido ligeramente con respecto a las estrellas más distantes de las fotos. El ligero cambio en la posición aparente de la estrella se llama su paralaje. Las estrellas con un paralaje de un segundo de arco están a unos 3 años luz de distancia. Esta distancia también se conoce como un parsec, la distancia a la que el paralaje es un segundo. Siempre pensé que el parsec era una mala unidad para usar en astronomía y me molestaba que fuera tan popular. Me pareció muy artificial medir las distancias en relación con el diámetro de la órbita de la Tierra. Era irónico que la distancia que predijimos para Némesis resultara tan cercana a un parsec.

Debido a que Némesis debe estar más cerca que cualquier otra estrella, debería mostrar un paralaje mayor que cualquier otra estrella. Conjuntos de fotografías tomadas con tres meses de separación mostrarían que Némesis cambió casi un segundo y medio de arco. Después de otros tres meses, el cambio aumentaría a casi tres segundos de arco, antes de que comenzara a disminuir de nuevo cuando la Tierra giraba en su órbita. Tres segundos de arco sigue siendo un pequeño cambio, no algo que podría ser fácilmente detectado mirando las placas fotográficas. Pensé en intentar un método que se había utilizado para buscar nuevos planetas y asteroides, en el que las dos fotografías tomadas en diferentes momentos se muestran alternativamente en una pantalla. Si un objeto se ha movido, parecerá saltar un poco hacia adelante y hacia atrás, mientras que todo lo demás permanece fijo. El ojo es muy bueno al notar un movimiento tan pequeño, por razones que probablemente tienen que ver con el hombre primitivo, el cazador, que, al mirar una escena, trataba de detectar a la presa camuflada moviéndose ligeramente contra el fondo del bosque. O tal vez las razones tienen que ver con el hombre primitivo como presa, mirando hacia

el bosque con la esperanza de detectar al tigre camuflado antes de que el carnívoro lo vea. Cualquiera que sea la razón, nuestros ojos parecen tener ordenadores integrados excelentes para detectar el movimiento.

El único uso práctico que había hecho anteriormente de ese conocimiento había sido atraer la atención de amigos en una habitación llena de gente. Es mucho más eficaz agitar su mano levemente que levantarla hacia arriba en el aire. Las únicas criaturas conocidas en la Tierra que parecen haber perdido la capacidad de detectar una mano que agita pertenecen a una subespecie conocida como "camareros". Algunos científicos creen que su incapacidad para detectar ese movimiento es más bien aprendida que heredada.

El problema no sería encontrar a la estrella, sino tomar todas las fotografías. Cada foto (o placa, como se les llama en astronomía, porque están montadas sobre una placa de vidrio, por la rigidez) debe hacerse con gran aumento y con mucho cuidado para asegurarse de que no se distorsionará a medida que se desarrolla, y conduzca así a una falsa alarma. Se necesitarían miles de placas para cubrir todo el cielo, y se necesitarían instrumentos especiales para comparar cada sección de la placa con su pareja tomada meses después. Sonaba caro y tedioso. Me preguntaba si había una mejor manera.

Walt me llamó para decirme que Gene Shoemaker estaba de visita en Berkeley para hablar con él y dar una conferencia sobre impactos en la Tierra. Él era el científico que había dicho correctamente a Raup que mi órbita estrecha original era "inestable". Shoemaker era uno de los héroes científicos de Walt, y estaba ansioso que me encontrara con él. Walt lo llamó un "geólogo geólogo". Dijo que Shoemaker no sólo era un excelente geólogo de campo, sino que también había desempeñado un papel importante en ampliar el estudio de la geología para abarcar a los otros planetas. Él fue el primer científico en reunir pruebas convincentes de que el Cráter Meteor fue originado por un impacto. "Robó los planetas a los astrónomos y los entregó a los geólogos", recordó Walt. Probablemente habría sido el primer astronauta científico en explorar la Luna, pero había sido eliminado debido a un problema médico menor. Él contribuyó al programa de la Luna entrenando a todos los astronautas en geología.

Gene había estado mirando nuestra teoría de Némesis y el análisis de cráteres, y le había dicho a Walt que estábamos equivocados. Walt dijo que Gene sin duda repetiría sus comentarios en su conferencia, asumiendo que él consideraba nuestra teoría lo suficientemente digna como para tomarse el tiempo para criticar. Estaba muy preocupado y curioso, pero lamentablemente no pude asistir a su conferencia; se estaba impartiendo al mismo tiempo que un curso de mecánica cuántica que estaba enseñando. Walt sugirió que nos reuniéramos por la noche en la casa de Luie para ver si podíamos defendernos. Marc Davis estaba ausente en su año sabático, pero Piet Hut estaba en la ciudad, y yo lo invité.

Esa noche conocí a Gene Shoemaker por primera vez, y me sorprendió gratamente. A pesar de todas las cosas buenas que Walt me había contado acerca de él, creo que debí haber esperado un cascarrabias aburrido que pontificaría sobre su experiencia en el Sistema Solar. Tengo un temor natural y miedo a los verdaderos expertos, así que siempre los imagino como ogros. En cambio, descubrí que Gene era uno de los hombres más encantadores y amistosos que he conocido. Él saludó a Piet y a mí como amigos perdidos hace mucho tiempo, y nos contó algunas bromas. Empecé a lamentar haberme perdido su seminario.

Después de discutir todo, desde el clima hasta los placeres de la geología, comenzamos a trabajar. La primera objeción de Gene a nuestra teoría fue que ya había suficientes asteroides y cometas en el espacio para explicar todos los cráteres conocidos en la Tierra y la Luna. Nuestras lluvias de cometas adicionales harían que hubiera demasiados. Walt discutió con él sobre esto. El número de cometas y asteroides actualmente en el espacio era incierto, afirmó. Podría haber sólo la mitad de lo que pensamos, ya que la mayoría de los asteroides de los que hablaba Gene no habían sido observados directamente. Eran demasiado pequeños. Su presencia había sido estimada por los cráteres que habían hecho; tal vez esos cráteres se habían formado por lluvias de cometas en lugar de asteroides invisibles. Gene respondió que, si acaso, probablemente hayamos subestimado el número de asteroides por ahí.

Me senté hacia atrás, sin tomar abiertamente partido, mientras estos dos geólogos discutían esta difícil pregunta. Sentí que Walt tenía razón. Había visto las estimaciones para el número de asteroides cambiar por



un factor de dos en sólo los últimos años. Para estimar el número de asteroides de un tamaño dado, se debe adivinar cuál es su reflectividad superficial, ya que la luz total reflejada es la única estimación que tenemos de su tamaño. Son demasiado pequeños para aparecer como discos en telescopios terrestres; más bien, parecen "estrellas", como puntos de luz. Todo lo que depende de las conjeturas, y que cambia de año en año, no puede ser bien conocido.

Gene no hizo ningún progreso en convencernos de que el valor actual del número de asteroides se conocía con exactitud, por lo que planteó su otra objeción a la teoría de Némesis. Nos explicó que en la órbita que habíamos hipotetizado, Némesis sería estable durante sólo unos pocos millones de años, y entonces sería arrancada del Sol por una estrella pasajera. Era el tipo de argumento que más temía. Me había convertido en un experto en la estabilidad de la forma de la órbita, pero no en la vida de la órbita. Yo había dependido en gran medida de la experiencia teórica de Piet, quizá demasiado. Gracias a Dios que Piet estaba allí, y podríamos ser capaces de averiguar quién tenía razón.

Piet inmediatamente discrepó con Gene, y comenzó a dar un modelo muy simple para demostrar por qué creía que la vida de la estrella estaría más cerca de un billón de años, en lugar de la propuesta de Gene de un millón. Las estrellas que pasaban darían un empujón a Némesis. El mayor efecto vendría, dijo Piet, a partir de encuentros cercanos con grandes estrellas. Podemos estimar el impulso por el tiempo que tarda la estrella en pasar. Puesto que las estrellas suelen moverse alrededor de 30 kilómetros por segundo, y ya que influyen en Némesis significativamente sólo cuando están dentro de la mitad de un parsec, Piet había calculado que el tiempo de paso era de unos 30.000 años. Aproximadamente un millón de años pasarían antes de que otra estrella pasara, y durante este tiempo la única influencia en Némesis sería el Sol. Así, el efecto del Sol dura unas treinta veces más que el efecto de la estrella que pasa. Por otra parte, el efecto del Sol está siempre aproximadamente en la misma dirección, mientras que los efectos de pasar las estrellas tienden a ser al azar y tienden para cancelarse. Así pues, para que el efecto de numerosas estrellas pasajeras sea igual al del Sol, para que gradualmente pudieran arrancar Némesis, necesitarían más de treinta pasajes. Usando las matemáticas apropiadas para esos "paseos aleatorios", Piet había estimado que tomaría  $30 \times 30 = 900$  pasajes. A 1 millón de años cada uno, eso significaría que la órbita sería estable durante casi mil millones de años, justo lo que habíamos afirmado en nuestro artículo. Estaba aliviado. El argumento de Piet había sido bastante simple para que yo lo siguiera.

Por supuesto, Piet prosiguió, mil millones de años no es suficiente para que Némesis haya durado en esa órbita desde el comienzo del sistema Solar, que creemos que fue hace unos 4.500 millones de años. Némesis debe haber estado una vez más cerca, como dijimos en nuestro artículo, y ahora había hecho su camino hacia la órbita actual, donde tiene unos mil millones de años para vivir. Puede demostrarse, continuó Piet, que la energía gravitacional de su órbita disminuye linealmente a cero a medida que pasa el tiempo. Eso significa que hace 4.000 millones de años debió de estar cuatro veces más cerca del Sol de lo que está ahora, suponiendo que estaba siguiendo el comportamiento promedio. Puesto que Némesis es un objeto único, sin embargo, su historia podría haber sido diferente.

Estaba ansioso por escuchar la respuesta de Gene. Para mi decepción, él simplemente dijo que pensaba que Piet estaba equivocado y que ejecutaría simulaciones por computadora para demostrarlo. Yo estaba insatisfecho con esta respuesta, así que empecé a presionar el caso. Le pedí a Gene que señalara qué paso en la lógica de Piet estaba equivocado. Gene simplemente se negó a hacerlo, y una vez más dijo que la computadora mostraría quién tenía razón. Sospeché que tal vez no había seguido todo el argumento de Piet; a diferencia de mí, no lo había oído antes. O tal vez lo había seguido y sólo se molestó por el hecho de que dio una respuesta diferente de lo que había esperado. Luie y Walt guardaron silencio. Entonces Piet estuvo de acuerdo con Gene en que una simulación por ordenador sería la respuesta definitiva. No estaba seguro de si él estaba dejando a Gene en el anzuelo o si realmente sentía que la simulación tenía alguna posibilidad de dar una respuesta diferente. Me resultaba difícil creer que Piet pudiera estar equivocado por más de un factor de dos. Ciertamente, la afirmación de Gene de una vida de un millón de años, mil veces más corta de lo que Piet había calculado, no podía ser cierta. Gene dijo que tenía un programa que ya funcionaba en el Servicio Geológico de los Estados Unidos, en Flagstaff, que haría el trabajo, y que él llamaría por teléfono a su laboratorio por la mañana y pediría a sus colegas que lo ejecutaran. Podríamos saber la respuesta muy

rápidamente. Piet decidió que podía modificar fácilmente sus programas de computadora existentes en Princeton y encontrar la respuesta él mismo. Me ofrecí a pagar su pasaje aéreo de ida y vuelta a Princeton con mi beca de investigación, y se fue para una semana de trabajo de computadora de día y de noche.

La noche siguiente, Walt llevó a Gene a cenar a uno de los excelentes restaurantes chinos de Berkeley. Varios de los estudiantes de postgrado de Walt y sus colegas también fueron. Después Walt me dijo que había habido una animada discusión sobre si la "estrella de Rich" podría realmente estar allí o no. No se hizo ningún progreso hasta el final de la cena, cuando se sirvieron las galletas de la fortuna. Para asombro de todos los presentes, la galleta de la fortuna de Walt decía: "La estrella de las riquezas está brillando sobre ti".

# 14. Conferencia

A los periódicos les encantaba la historia de Némesis. Les dio la oportunidad de revivir las historias de la destrucción de los dinosaurios, del descubrimiento de impacto de Álvarez y del invierno nuclear, así como las fascinantes afirmaciones de Raup y Sepkoski de que tales catástrofes ocurren de forma periódica. Pero las nuevas características habían aparecido: cometas, cráteres, y la estrella de la muerte, apodada "Némesis". La historia salió en los programas de noticias nacionales de la tarde de la CBS y de NBC. Se extendió por todo el mundo por la Associated Press y United Press International. Se escribieron artículos destacados en "Los Angeles Times", el "Washington Post", la revista "Discover", "Science", "Science 84", "Science Digest", "Sky" y "Telescope", "New Scientist" y otros. Me inundaron con llamadas telefónicas. En un momento no pude responder a una llamada de larga distancia de Australia porque estaba en vivo en el aire, en un programa de entrevistas de Salt Lake City. El "Scientific American" escribió una breve columna titulada "Una Estrella Llamada George", uno de los nombres alternativos que habíamos sugerido en el borrador de nuestro artículo. A Stephen Jay Gould le gustaba la teoría. Parecía encajar muy bien con la idea de "evolución puntualizada" que había creado con Niles Eldredge. Pero sugirió en la "Natural History" que la estrella debería ser llamada "Siva" en lugar de Némesis, sin saber, por supuesto, que ya habíamos rechazado una variante de este nombre. El grupo de rock Shriekback incluyó una canción llamada "Némesis" para comenzar el segundo lado de su álbum "Petróleo y Oro".

Walter Álvarez odiaba la publicidad. Sentía que interfería en su investigación y no le hacía ningún bien. No me importaba especialmente la atención, aunque me molestaba la inexactitud de la mayoría de las historias. El público ama la ciencia y, sin embargo, los científicos no suelen hacer un trabajo muy bueno de hacerles saber lo que está pasando. Cualquier cosa realmente emocionante en la ciencia debe ser comunicada al público, pensé, y, además, era divertido hacerlo. Disfruté tratando de mostrar cómo las complejas teorías realmente no eran tan difíciles de entender. Incluso el Congreso quería oír hablar de Némesis. Alvin Trivelpiece, el director de investigación del Departamento de Energía, me llamó por teléfono una noche. Estaba a punto de testificar ante el Congreso sobre la investigación apoyada por su departamento y él quería asegurarse de que tenía todos los datos correctos.

Sólo meses después comencé a darme cuenta del daño que causó la publicidad. Cada reportero científico que escribió sobre Némesis tenía científicos locales de quienes dependía para recibir orientación, comentarios y quizás algo de color y controversia. Así, se pidieron a muchos científicos que comentaran la nueva teoría, pero casi ninguno de ellos había visto nuestros documentos. Como resultado, a menudo decían cosas que eran irrelevantes o incorrectas. "Pensaría que una órbita como esa sería inestable", dijo un prominente científico de Harvard. Él nunca lo habría dicho en un artículo publicado sin pensarlo mucho. En una conversación por teléfono la gente es más informal.

Aún peor fueron los científicos que saltaron a sabiendas a la refriega y escribieron artículos opuestos a nuestro modelo, antes de que tuvieran la oportunidad de leer los nuestros. En los siguientes meses, vi varios artículos publicados que tenían hechos básicos de nuestro trabajo totalmente equivocados o detalles del artículo de Némesis confundidos con detalles del artículo de Whitmire y Jackson. (Tenían una estrella compañera mucho más pequeña, visible sólo en el infrarrojo y con una órbita más excéntrica). Cuando los colegas me preguntaron si teníamos alguna respuesta a la "última crítica", a menudo respondía diciendo: "Sí, y tú la puedes leer en nuestro documento original. "

La idea de una conferencia comenzó en una conversación entre Dave Raup y Luis Álvarez, que ahora estaba entusiasmado con la teoría de Némesis. Walt, Frank, Helen y yo estuvimos de acuerdo en que sería emocionante celebrar una pequeña conferencia en Berkeley, con todos los principales contribuyentes presentes. Frank y Helen se ofrecieron para organizarla. Dan Whitmire y Al Jackson aceptaron fácilmente la invitación, al igual que Gene Shoemaker. Dave Raup y Jack Sepkoski volaron desde Chicago; Piet Hut regresó

de su semana de simulaciones de estabilidad de órbita en la computadora de Princeton. Distinguidos paleontólogos y geólogos aceptaron las invitaciones, entre ellos Erie Kauffman, Gerta Keller y Al Fischer, que finalmente había sido reivindicado en las ideas que había presentado sobre la periodicidad en la geología algunos años antes. Rampino y Stothers rechazaron nuestra invitación, a pesar de nuestra oferta de pagar sus gastos de viaje. Luie sintió que esta conferencia sería verdaderamente histórica, tal vez considerada algún día como un punto de inflexión en nuestra comprensión del Sistema Solar, la Tierra e incluso la evolución. Me resultó difícil tomar en serio su visión grandiosa, pero también era consciente de que Luie tenía una visión mucho más histórica que yo, habiendo vivido mucha más historia.

La conferencia se realizó el fin de semana del 3 y 4 de marzo de 1984, en el Lawrence Berkeley Laboratory. Finalmente conocí a la gente que estaba detrás de todos los periódicos. La mayoría de ellos resultó ser más joven de lo que esperaba; tal vez yo resulté ser más joven de lo que ellos esperaban. Raup era claramente el miembro más antiguo de la pareja Raup y Sepkoski. Sepkoski era alto, atlético y lleno de energía. Exudó un entusiasmo juvenil y entusiasmó. Whitmire y Jackson parecían contentos de que el premio Nóbel Luis Álvarez les prestara tanta atención y elogiara su trabajo. Shoemaker, como el geólogo más antiguo de todos, el que sabía más sobre cráteres y asteroides que cualquier otra persona presente que hubiera mostrado algún interés, era a menudo requerido por su experiencia y pericia. Utilizó con habilidad su encanto para evitar que los desacuerdos se convirtieran en discusiones.

Habíamos salpicado el horario de la conferencia con breves descansos, ya que sabíamos que mucho de lo que realmente se logra en las reuniones se hace de manera informal durante estos tiempos. Pasé una cantidad considerable de tiempo con Whitmire y Jackson. Whitmire quería probar una nueva idea conmigo: la posibilidad de que un décimo planeta pudiera causar las extinciones periódicas. Llamó a este planeta hipotético "Planeta X". La X tenía un doble significado inteligente. Se empleaba como "desconocido", y también para el número romano 10. Si la órbita estaba en el lugar correcto, y procesado sólo así ... Me resultó difícil entender las especulaciones de Whitmire, y decidí que estaba mal encaminado. Meses después descubrí lo equivocado que estaba y lo inteligente que era esta nueva idea de Whitmire. Es asombroso cómo rápidamente uno puede llegar a ser un cabezón.

Whitmire dijo que aún no habían redactado una versión final de su artículo sobre la estrella compañera; estaban esperando a ver lo que podrían aprender en esta conferencia. Le dije que un retraso de su parte podría demorar la publicación de su artículo y, tal vez, darnos una prioridad que no merecíamos. Ofrecí los servicios de mi secretaria y un procesador de textos. Esa noche Whitmire y Jackson trabajaron hasta tarde, preparando los cambios finales en su artículo para enviar a "*Nature*".

Aprendí tanto escuchando a mis colegas de Berkeley como lo hice al escuchar conversaciones formales de paleontólogos y geólogos. Se necesita escuchar una charla organizada para entender el enfoque completo de alguien sobre un tema. Todos en la conferencia parecían tener una perspectiva diferente sobre el farrago de los problemas que estábamos abordando.

La charla que me pareció más interesante fue la que dio el paleontólogo Erie Kauffman, quien se presentó explicando que había sido "un gradualista tradicional". Evidentemente, él no había renunciado completamente a la antigua religión, porque pasó gran parte de su conversación mostrando datos que indicaban que las extinciones masivas se extendían durante largos períodos de tiempo, en contradicción con la predicción de la teoría del impacto. Luie siempre me había dicho que los paleontólogos debían simplemente estar equivocados en esta afirmación, tal vez porque no entendían realmente las estadísticas, pero al escuchar a Kauffman, me resultaba difícil estar de acuerdo con Luie. Kauffman mostró que había habido una gran catástrofe en los arrecifes de coral medio millón de años antes de que los dinosaurios desaparecieran. Medio millón de años no es un tiempo corto, ni siquiera para los geólogos. Diez metros, más de 30 pies, de roca sedimentaria se puede establecer durante ese período. Mostró diapositivas que indicaban que las extinciones de diferentes familias habían ocurrido en diferentes momentos. No pude encontrar ninguna razón válida para descartar sus extensos datos.

Entonces recordé que la creencia de Luie en la rapidez de las extinciones era anterior a la teoría de Némesis. Ya no esperábamos un solo impacto, sino una lluvia de impactos repartidos por más de un millón de años o más. Algunas especies pueden desaparecer con el primer impacto, otras con el segundo y las más robustas (como los dinosaurios) con el tercero. Un paleontólogo podría interpretar esto como un prolongado período de crisis, como una prolongada extinción.

Todo parecía tan claro. Los paleontólogos nunca habían estado dispuestos a retroceder de su teoría de extinciones graduales, no porque fueran obstinados, sino porque tenían razón. Pero Álvarez también tenía razón: las catástrofes habían sido causadas por impactos. Ambos tenían razón. Nadie había imaginado que hubiera una posibilidad de conciliar estas dos posiciones, aparentemente contradictorias. El concepto de la lluvia de cometas había proporcionado la solución. Esto era más difícil que un rompecabezas. Por lo menos, con un rompecabezas usted sabe qué piezas está buscando. En este caso, no parecía haber piezas perdidas hasta que las encontráramos.

La ciencia no funciona de la manera lógica que debería. Las pistas son demasiado borrosas, demasiado fáciles de desechar. Es difícil encontrar la teoría correcta cuando los hechos todavía están en disputa. Cuatro años antes, deberíamos haber dicho: "Los paleontólogos han demostrado que las extinciones se extienden en el tiempo". La colaboración de Álvarez ha demostrado que las extinciones fueron causadas por impactos. Estos son dos hechos establecidos. ¿Cómo podemos reconciliarlos? Podríamos haber llegado a la conclusión de que los impactos se produjeron en racimos y, por lo tanto, se llegó a la idea de las tormentas de cometas, incluso antes de que se hubieran encontrado con las extinciones periódicas. Pero en lugar de buscar una idea nueva que pudiera resolver la paradoja, reconciliar la evidencia, se habían pasado años tratando de ver cuál de los dos fragmentos de la evidencia estaba equivocado.

Después de la charla de Kauffman, me levanté y le expliqué que con el nuevo modelo de lluvias de cometas ya no había una inconsistencia entre la visión de extinciones extendidas y la idea de impactos. Casi no hubo reacción a mis comentarios. Me di cuenta después de que muchos de los paleontólogos creían que los impactos eran sólo parte de la causa de las extinciones masivas, por lo que no vieron la necesidad de una reconciliación. Tampoco Luie. No estaban listos para ver que todo encajaba ahora. Los paradigmas de la ciencia no se pueden cambiar fácilmente.

Piet Hut dio una hermosa charla sobre la órbita de Némesis, explicando por qué era lo suficientemente estable como para provocar lluvias regulares de cometas durante los últimos 250 millones de años. Había hecho extensas simulaciones por computadora y todas habían verificado su razonamiento físico, simple pero preciso. Al escuchar su clara presentación, me sentí orgulloso de tener a esa persona como coautora.

Shoemaker fue el siguiente. Casi me tiró de mi asiento con sus palabras de apertura. "Me gustaría disculparme con el grupo de Berkeley", dijo. "Me equivoqué cuando dije que su órbita se rompería por el paso de estrellas después de unos pocos millones de años". Sus simulaciones por computadora mostraron que la teoría de Piet para la estabilidad había sido correcta; la vida correcta para la actual órbita de Némesis era más cercana a mil millones de años. Había dado varias charlas para descartar nuestros resultados, pero ahora admitió que se había equivocado, no nosotros.

Luie me había enseñado que las retracciones públicas eran un paso necesario cuando se da cuenta de que uno se ha equivocado, ¡pero nunca había imaginado que una disculpa era necesaria! Me preguntaba si habría tenido el valor de hacer lo mismo.

En su disculpa, Gene tuvo cuidado de señalar que todavía tenía serios problemas con la teoría Némesis. Por un lado, había muy pocos cráteres en la Tierra para acomodar todas las lluvias de cometas. Era la misma objeción que nos había hecho en la casa de Luie la noche que lo conocí. En segundo lugar, las extinciones no eran realmente periódicas, como pretenden Raup y Sepkoski, sino sólo al azar en el tiempo con una apariencia de periodicidad. Y, por último, la probabilidad a priori de encontrar una estrella compañera era tan pequeña que era difícil tomar en serio la teoría de Némesis. Señaló que no había estrellas binarias

conocidas con separación comparable a la del sistema Némesis-Sol. En realidad, nunca usó el nombre Némesis. Se refirió a ella como la "estrella de muerte putativa", haciendo hincapié en su incredulidad.

Luie se opuso con su propuesta de probabilidad. La probabilidad de que la estrella esté allí debe tener en cuenta el hecho de que estamos aquí, argumentó Luie. Quizás las extinciones periódicas son necesarias para dar formas de vida complejas, como los seres humanos, una oportunidad para deshacer las especies dominantes y primitivas que ocupan todos los nichos ecológicos. No estaba completamente de acuerdo con el razonamiento de Luie, ya que me parecía que el mismo razonamiento podría utilizarse para reforzar cualquier teoría altamente improbable, pero ciertamente era un punto intrigante.

Walt argumentó sobre los comentarios de Shoemaker acerca de la compatibilidad del modelo con el número de cráteres. Había hecho algunos deberes desde nuestra última reunión con Shoemaker. Él dio un desglose detallado de las incertidumbres en las estimaciones del número de asteroides que realmente hay allí fuera, en el espacio, usando los propios artículos publicados por Shoemaker. Mostró que la incertidumbre era grande y acomodó fácilmente el factor de dos o tres que necesitábamos. Sólo entre mitad y dos tercios de los cráteres en la Tierra se forman durante las lluvias de cometas en nuestro modelo; la otra mitad a un tercio podría provenir de los asteroides que Shoemaker había medido.

Después del ataque de Gene a la periodicidad, Raup y Sepkoski defendieron su trabajo, pero sentí que lo hicieron demasiado débilmente. Así que me levanté y mostré la gráfica que había preparado con mi análisis de Fourier de sus datos. Ninguno de los argumentos de Gene se aplicaba a mi método de análisis, dije, y sin embargo los períodos de 26 y 30 millones de años se presentaron con fuerza en mi gráfica. Gene no respondió, pero tuve la sensación de que no lo había convencido completamente. (Me sorprendí al saber, mucho más tarde, que su verdadera respuesta fue volver a su casa en Arizona y rehacer mi método de análisis, para ver sus defectos potenciales, si es que los había. No iba a criticarme sólo porque yo no estaba de acuerdo con él, quería tomarse el tiempo necesario para comprender mis métodos en detalle, era un enfoque de la ciencia que yo rara vez había tenido la paciencia de tomar, pero tal vez tenía más que aprender).

Frank Asaro dio una charla sobre las mediciones del iridio. Había acumulado lentamente y cuidadosamente las mediciones, y tenía una impresionante colección de datos. La gráfica que me pareció más interesante fue la que mostró la posibilidad de múltiples picos de iridio cerca del final del Eoceno, justo lo que nuestra teoría predeciría. Sin embargo, Frank fue muy cauteloso. Los picos múltiples podrían ser espurios, causados por la mezcla del sedimento. La última palabra aún no había llegado.

Frank también mostró sus medidas de la extinción en masa del límite Cenomaniano-Turónico, la que precedió al Cretácico en 30 millones de años. Un grupo italiano dirigido por Forese Wezel, geólogo de la Universidad de Urbino, había informado de abundante iridio en este límite, pero Frank no había encontrado ninguno. Mostró que probablemente las muestras italianas estaban contaminadas. Demasiado malo. Siempre me duele un poco ver que los datos que apoyan tu teoría desaparecen. (Más tarde, Frank también estaría en desacuerdo con las mediciones realizadas por un grupo chino que mostraba un nivel de iridio en el límite Permiano-Triásico. Finalmente encontramos iridio cerca del límite Cenomaniano-Turónico, pero no donde Wezel lo había informado). Frank fue una de las pocas personas en el mundo en cuyo juicio se puede confiar sin recurrir a técnicas doble ciego. (No me incluyo en esa lista). No le importaba que algún resultado apoyara su propio trabajo; tenía que ser cuidadosamente revisado, y si estaba equivocado, estaba mal.

Luie hizo una presentación en la que mostró un nuevo tipo de detector de iridio que había inventado. Eliminaría los largos y tediosos pasos de preparación química que habían limitado severamente el número de muestras que se podían medir cada año. El detector haría uso del hecho de que el iridio activado por neutrones, Ir-192, a menudo emite dos rayos gamma en su decadencia. Aproximadamente la mitad de los decaimientos tendrían un gamma de 468 keV seguido (en menos de un décimo noveno de segundo) por un gamma de 316 keV. (KeV, kiloelectrón voltio, es una unidad de energía, una radiografía médica típica tiene una energía de entre 50 y 100 keV). El nuevo detector costaría unos cientos de miles de dólares construirlo, pero podría ser usado para medir 20.000 muestras al año. La roca sedimentaria que data del presente a 250

millones de años atrás podría ser muestreada cada centímetro y medida con este nuevo dispositivo. Sería la máquina definitiva para ver cuántas capas de iridio había en realidad en el registro geológico.

Frank había argumentado que se pierde sensibilidad si se requiere la detección de ambas emisiones, pero Luie había contrarrestado que la sensibilidad perdida sería más que compensada por la disminución de las emisiones de fondo. Habían apostado un dólar en esta cuestión: Luis Álvarez, el gran inventor, desafiado por Frank Asaro, el gran experto en activación de neutrones. No podía adivinar quién ganaría.

(Un año más tarde, Luie ganó la apuesta, cuando Frank completó el detector, lo mejoró y lo hizo funcionar como Luie había predicho. Frank estaba encantado de pagar. En cierto sentido, había sido el más inteligente de los dos. Sabía que no podía perder, sino que obtendría un detector mejor o un dólar.)

Todos en la conferencia estaban decepcionados porque Rampino y Stothers no habían venido. Durante un café, mencioné a Richard Kerr, un científico que trabajaba para la revista "*Science*", que se habían negado a enviarme su trabajo. "Eso es curioso -dijo Kerr-. Me enviaron una copia. La tengo aquí". Me dio el artículo y lo leí rápidamente.

Busqué a través de él la idea que me había perdido, la idea que hizo que la imagen de la oscilación galáctica funcionara. No la encontré. Busqué otra vez. No dijeron nada que yo no supiera. Pero habían hecho un cálculo detallado de los tiempos de cruce galácticos. Tal vez esa era la clave. Miré su tabla de cruces galácticos y la comparé con su lista de tiempos de extinción en masa. Dijeron que el acuerdo era "excelente", tan bueno que la probabilidad de que ocurriera por casualidad era menos de 1 entre 1.000. Ellos habían encontrado, como yo, que el Sol está cruzando el plano galáctico ahora mismo, sin embargo, la última extinción fue hace 11 millones de años. Bueno, un desacuerdo no mata a una teoría. El Sol cruzó el plano hace 65 millones de años, justo durante la catástrofe del Cretácico. Pero un acuerdo tampoco hace una teoría. Miré las otras fechas. Hubo muy poco acuerdo. Hubo muchas fallas, en hasta 13 millones de años. Uno no puede conseguir una falta más grande que eso, pensé, porque se asignaría simplemente la extinción al paso siguiente. No parecía haber ninguna correlación entre las dos listas de fechas. ¿Habían cometido algún error horrendo?

Preparé una pequeña gráfica, mostrando que no había absolutamente ninguna correlación entre los cruces galácticos y las extinciones en masa, y pedí cinco minutos para mostrarla en la conferencia. Su teoría era simplemente incorrecta, dije, muy aliviado. Habían cometido un error. No sabía cómo habían calculado las probabilidades de que 1 de cada 1.000 de su correlación fuera accidental, pero estaban claramente equivocadas. Quisiera que estuvieran allí para defenderse de esta crítica. Me hubiera encantado verlos intentar hacerlo.

Unas semanas más tarde, recibí una copia de una carta de un estadístico de Chicago, S. M. Stigler, que había descubierto exactamente qué error habían cometido. La carta de Stigler finalmente fue publicada en "*Nature*". Al comparar los dos conjuntos de números, Rampino y Stothers había calculado un "coeficiente de correlación". A continuación, habían comparado este coeficiente de correlación con un valor teórico esperado para los números aleatorios. Pero al hacer la comparación, habían olvidado el hecho de que sus números (las fechas) habían sido arreglados en orden, desde los más antiguos hasta los más recientes. Su teoría suponía que los números no estaban ordenados. Cualquiera de las dos listas ordenadas mostrará una "correlación" usando esta técnica. La correlación será aún más fuerte si los eventos en ambas listas son más o menos iguales. El coeficiente de correlación ignora la fase relativa de los dos conjuntos de datos, es decir, si los eventos en las dos listas se producen realmente en los mismos tiempos.

Había sido un error simple, pero devastador. Rampino y Stothers finalmente escribieron una carta a "*Nature*" tratando de refutar las críticas de Stigler, pero decidí que Stigler tenía razón. Varios meses después, finalmente conocí a Rampino, en una conferencia en Arizona, y le mostré mi análisis que mostraba que la correlación era insignificante. No rectificó, aunque admitió que no tenía respuesta a mis críticas. Dijo que era Stothers quien había hecho el análisis estadístico y él lo había aceptado, pero creía en Stothers, que era un experto. Le di una copia de mi gráfica para mostrársela a Stothers. Nunca más supe de él ni de Stothers sobre este tema.

La siguiente presentación en la conferencia Némesis fue dada por Dave Cudaback, quien describió su búsqueda de Némesis en los catálogos de estrellas existentes. Mientras estaba sentado allí escuchando, empecé a pensar, una vez más, en encontrar la estrella. El truco, todavía pensaba, era aprovechar el gran paralaje. Tendríamos que tomar miles de fotos. Luego pensé en otro proyecto mío, la búsqueda automatizada de supernovas. El físico Carlton Pennypacker y el estudiante graduado Jordin Rare se habían hecho cargo de la mayor parte de la responsabilidad de ese trabajo, ya que estaba distraído por este tema de los dinosaurios.

Durante los últimos años habían ayudado a desarrollar un sistema para mirar miles de galaxias cada noche. Todavía no estaba funcionando, pero se estaban acercando. En lugar de película, usamos una cámara de televisión (hecha por nosotros), que alimentaba la información de la imagen directamente en una computadora. La computadora también apuntó el telescopio, permitiéndonos mirar una nueva imagen varias veces cada minuto. ¿Cuánto tiempo tomaría para examinar todo el cielo para Némesis?

Rápidamente calculé que el cielo tiene un total de unos 40.000 grados cuadrados. Supongamos que tomamos una imagen de cada uno. Tendríamos que medir el paralaje a un tercio de arco por segundo. Eso significaría 1 parte en 10.000 en nuestro plano de imagen. Sería difícil, pero pensé que podríamos hacerlo. Si pudiéramos hacer 1.000 imágenes por noche, el cielo se cubriría en poco más de un mes. Luego, de tres a seis meses más tarde, podríamos tomar otras 1.000 imágenes. La computadora buscaría un gran paralaje y localizaría Némesis. Podríamos examinar solo el hemisferio norte, pero eso nos dio una probabilidad del 50% de éxito. Podríamos hacer el hemisferio sur más tarde.

La idea parecía buena, muy buena. ¿Por qué no lo había pensado antes? Teníamos un telescopio, prácticamente un robot. ¿Estaba bien la idea? Comprobé los números y se veían bien. Comencé a emocionarme. Luie, sentado a mi lado, presidía la sesión. Cuando Cudaback estaba terminando, le susurré a Luie: "Tengo una nueva idea sobre la que me gustaría contarle al grupo. ¿Puedo tener cinco minutos?" Luie me dio tiempo. Estaba tomando una oportunidad. Una idea que sólo tiene cinco minutos probablemente vivirá sólo cinco minutos, recordé. Pero ¿cómo podría esta idea simple estar equivocada?

Fui al podio y mostré mis cálculos al grupo reunido. Nadie planteó objeciones, ni señaló ningún error. Shoemaker encontró el esquema muy interesante y dijo que tenía otras aplicaciones para nuestro sistema automatizado de astronomía. Después Luie me dijo que mi esquema de búsqueda era la idea más emocionante que había oído hablar. Estaba satisfecho con el cumplido, pero acostumbrado a las exageraciones de Luie. Cuando se entusiasma, realmente se emociona. Más tarde ese día, le dije, "Luie, Némesis es una buena idea, pero nunca estará a la altura del descubrimiento que tú y Walt hicisteis. Ustedes han abierto un campo nuevo, este campo. Todo lo demás se basa en el fundamento que persiste."

Luie no estaba de acuerdo. "No, Rich. Nuestro descubrimiento fue importante. Pero no es nada como el tuyo. Si encuentras esa estrella, será el descubrimiento más importante en astronomía, en ciencia, en muchos, muchos años. Conoces la emoción que causó el descubrimiento de Plutón. Némesis es mucho más importante para la ciencia que Plutón".

Se me ocurrió de repente que tal vez, sólo tal vez, Luie tenía razón. Pero yo estaba demasiado profundamente inmerso en todo el asunto para ser capaz de tener cualquier perspectiva, y demasiado ocupado para pasar tiempo tratando de desarrollar algo. Lo único que quedaba por hacer era encontrar Némesis, o eso pensaba yo.



# 15. Geomagnetismo

Un día en 1984, Dave Raup me envió un borrador que me dejó horrorizado.

Había examinado algunos datos antiguos sobre el campo magnético de la Tierra y los había analizado de la misma manera que él y Sepkoski habían analizado las extinciones en masa. Encontró que la tasa de reversiones magnéticas era periódica, con un período de 30 millones de años. “Dave Raup es un excéntrico”, pensé.

No había manera de vincular las inversiones geomagnéticas con los impactos. El campo magnético de la Tierra proviene de las profundidades del núcleo, mientras que los impactos sólo pueden afectar a la superficie exterior, la corteza y la atmósfera. Vincular a los dos era patentemente absurdo. Lo que realmente me dejó asustado fue la idea de que yo había infravalorado a Raup. Raup y Sepkoski habían estudiado grandes cantidades de datos de extinción. Tuvieron que aplicar un juicio refinado a estos datos para decidir cuáles eran buenos y cuáles eran inexactos. La mayoría de los datos habían sido descartados. Los datos restantes habían mostrado la periodicidad, la periodicidad que me había excitado dos años antes y que había conducido a la hipótesis de Némesis. ¿Cómo podría estar seguro de que no habían seleccionado los datos de tal manera que la periodicidad fue generada artificialmente? No habían hecho la selección de una manera doble ciega, así que no había manera de estar seguro. Tenía que confiar en ellos. Raup había sido elegido para la Academia Nacional de Ciencias, uno de los más altos honores que un científico puede recibir. Luie y Walt habían hablado muy bien de él. Sus artículos parecían cuidadosos. No esperaba ver periodicidad cuando hizo la selección. Al menos eso fue lo que dijo.

¡Pero ahora este artículo ridículo sobre reversiones del campo magnético! Parecía tener la capacidad de encontrar periodicidades incluso donde no existían. Todo mi programa de investigación estaba ahora basado en su descubrimiento de extinciones periódicas, un "descubrimiento" en el que ya no podía confiar. Fue desconcertante, por decir lo menos.

“Ahora, ten cuidado, Rich”, pensé. Mi rechazo de su nuevo trabajo me recordó el rechazo original de Luie del artículo de extinción periódica de Raup y Sepkoski. Mi principal contribución en aquel entonces había sido tomar su trabajo en serio. Ahora que estaba metido profundamente en el tema de la extinción, ¿estaba cayendo en la trampa en la que una vez Luie había caído? ¿Mi nivel de escepticismo era demasiado alto? Puesto que las cosas habían llegado a tener tanto sentido para mí, ¿estaba siendo demasiado rápido en ignorar un nuevo descubrimiento? ¿Estaba ahora anclado en mi propio paradigma?

Leí cuidadosamente el trabajo de Raup, buscando el defecto fatal. Su análisis fue muy similar al de su trabajo anterior, aunque las estadísticas no fueron tan buenas. Su confianza matemática en la realidad del efecto fue sólo 97.5%, no 99.9%, como lo había sido para las extinciones masivas. Decidí que el 97,5% no era lo suficientemente bueno. Eso bastaba para ignorar su nuevo artículo. Me sentí un poco aliviado e intenté olvidar el nuevo resultado loco de Raup.

Mi conciencia no me dejaba olvidarlo. Cómo me odiaría a mí mismo si me perdía algo importante porque en mi vejez (tenía cuarenta años) me estaba volviendo demasiado conservador. Recordé las lecciones que había articulado de mi experiencia con Némesis. Es fácil ser escéptico, encontrar excusas para descartar nuevos descubrimientos. Si usted es escéptico, por lo general resultará ser correcto. La mayoría de los nuevos descubrimientos están equivocados. Pero... si eres demasiado escéptico, te quedarás atrás. Te pierdes implicaciones importantes. No descubres nuevas verdades.

¿Por qué nuevos elementos de evidencia tienen que ser tan borrosos, tan marginales, tan fácilmente descartados? ¿Por qué las cosas no podían ser claras y simples? ¿Por qué la evidencia de Raup no pudo ser

del 99,9% en lugar de sólo el 97,5%? ("Porque entonces alguien más lo habría encontrado antes", me contesté.) ¿De qué sirven las pistas si la mayoría de ellas se equivocan? ¿Había alguna pieza faltante en el rompecabezas o no? No había manera de saberlo con seguridad. Los datos estaban allí, de significación estadística marginal. La geología no es una ciencia experimental. No pudimos salir y generar reversiones adicionales. Todo lo que podíamos hacer era mirar lo que teníamos. No había manera de mejorar las estadísticas.

Aprender a elegir los proyectos adecuados es un poco como aprender a elegir los padres adecuados. Ayuda a estar en el lugar correcto en el momento adecuado. Pero pensé en mi carrera, me di cuenta de que mis contribuciones más importantes habían venido de reconocer buenos problemas para trabajar. Luis Álvarez también había hecho su carrera escogiendo los proyectos adecuados.

Las reversiones geomagnéticas periódicas de Dave Raup tenían un olor intrigante. Finalmente decidí que valdría la pena un poco de mi tiempo intentar pensar en el nuevo trabajo de Raup, para tratar de ver si había alguna manera de explicarlo. Lo que debo hacer es pensar duro sobre el problema, tal vez durante diez minutos, cada pocas semanas. De esa manera mi subconsciente seguiría trabajando. Era una manera eficiente de usar mi mente.

Hablé con Luie del nuevo trabajo de Raup. Lo había rechazado sumariamente. "Es ridículo" -dijo-. "Pero rechazaste su anterior artículo de la misma manera", añadí. "Me has enseñado que no debería haberlo hecho, Rich. Pero este nuevo trabajo es diferente. Es una tontería".

Los meses pasaban. Incluso con la financiación, nuestro programa de búsqueda de Némesis estaba estancado. Nuestro dispositivo de imagen, el dispositivo de carga acoplada (o CCD) no era adecuado para el programa que habíamos planeado. Fue nuestra culpa, ya que el CCD que teníamos era realmente sólo un "préstamo" de RCA, algo que usar temporalmente mientras su programa de investigación y desarrollo producía CCD cada vez mejores. Estarían encantados de enviarnos un CCD de última generación en cualquier momento que quisiera, pero aún no habíamos pedido la entrega. Si esperamos un poco más, podríamos conseguir uno mejor. Así que la mayoría de nuestra búsqueda inicial de Némesis había utilizado el CCD prestado. Tomamos muchos datos con él antes de darnos cuenta de que su baja eficiencia limitaba severamente la precisión de nuestras mediciones. Finalmente pedimos a RCA que entregara un buen CCD, y comenzamos las modificaciones necesarias en nuestro equipo para instalarlo.

Tuve muchas otras distracciones. Recientemente me uní al Comité de Seguridad Internacional y Control de Armamentos de la Academia Nacional de Ciencias. Nos reunimos con miembros de la Academia Soviética de Ciencias dos veces al año, en Washington y luego en Moscú, para discutir aspectos técnicos del control de armamentos. Repentinamente fui catapultado de ser un observador casual en estas personas a ser alguien que estaba involucrado en discusiones serias con "el otro lado", yo tenía un montón para leer y estudiar para prepararlas a toda velocidad.

Mi estudiante de postgrado, James Welch, tuvo un éxito espectacular con un pequeño ciclotrón, el "ciclotrino", diseñado para reemplazar a los grandes atomizadores que eran necesarios para la datación por radioisótopos. Jim estaba a punto de graduarse y buscar un trabajo. Pensó que sería difícil, ya que necesitaba un lugar donde, tanto él como su nueva esposa, un físico especializado en física atómica, pudieran trabajar. Enviaron conjuntamente peticiones a seis instituciones importantes en todo el país, y recibieron seis buenas ofertas de trabajo cada uno. Con Jim ido, Kirk Bertsche estaría asumiendo la responsabilidad principal en el ciclotrino. Así que, me involucré más profundamente en este trabajo de lo que había estado en años.

Estas distracciones me dieron muchas excusas para olvidar el nuevo trabajo de Raup. Pero mi conciencia seguía molesta, y pasé un poco de tiempo pensando en ello, aunque no los diez minutos por semana que me había prometido a mí mismo. Afortunadamente, unos años antes había escuchado al geofísico Edward Bullard dar una fascinante presentación sobre el campo magnético de la Tierra, y yo había pensado en la física de la misma. Incluso había leído un artículo del "*Scientific American*". Saqué lo que pude de mi memoria a largo plazo.

La Tierra es un imán débil pero grande. El primer uso práctico de este hecho ha sido para la navegación. Pequeños imanes, suspendidos de manera que pudieran girar libremente, se alineaban con el campo magnético de la Tierra. Tales dispositivos se llamaban "brújulas magnéticas". El extremo del imán que apunta hacia el norte fue llamado, apropiadamente, el "polo norte" del imán. El extremo que señalaba al sur se llamaba el "polo sur". Los polos norte de dos imanes se repelen entre sí, al igual que los polos sur. Los polos norte atraerán a los polos sur y viceversa. Todo esto tiene mucho sentido, pero la semántica se confunde cuando se piensa en las implicaciones. Debido a que el polo norte de un imán apunta hacia el norte, eso significa que la parte norte de la Tierra es en realidad un polo sur, desde un punto de vista magnético. Así que el Polo Norte de la Tierra es un polo sur, y el Polo Sur de la Tierra es un polo norte. Me encanta confundir a mis amigos y estudiantes con esta declaración paradójica.

¿Cuál es el origen del campo de la Tierra? Los científicos habían asumido una vez que la Tierra es apenas un imán permanente grande. Pero ahora sabemos por estudios sísmicos que el núcleo de la Tierra es de hierro fundido, tal vez mezclado con pequeñas cantidades de otros metales, como el níquel. El hierro fundido no puede mantener un campo permanente, por lo que la gente ahora asume que la Tierra es un gran electroimán, un imán accionado por corriente eléctrica. ¿Cuál es el origen de la corriente eléctrica? La respuesta es simple: el campo magnético de la Tierra. Si eso suena circular, bueno, lo es.

Las dinamos comerciales habían sido inventadas en el siglo XIX y habían resuelto el problema de la generación eficiente de electricidad haciendo uso de un principio circular similar. Antes de la dinamo, los generadores eléctricos movían las bobinas de alambre pasando entre los imanes permanentes, haciendo que la corriente eléctrica fluyera en los alambres. La invención de la dinamo mejoró en esto de una manera inteligente. Parte de la corriente del generador fue devuelta a los imanes, y pasó a través de electroimanes para aumentar los campos magnéticos. Así que los imanes crean corriente, lo que aumenta la fuerza de los imanes, lo que aumenta la fuerza de la corriente, y así sucesivamente. Todo el proceso aumentó, creciendo exponencialmente, provocando enormes corrientes, limitado sólo por la energía suministrada a la dinamo. La invención de la dinamo hizo prácticas las invenciones posteriores del motor eléctrico y de la bombilla.

Creemos que el campo magnético de la Tierra surge de un efecto similar. Un pequeño campo preexistente, tal vez debido a la roca magnetizada cerca de la superficie, hace que las corrientes fluyan en el núcleo de hierro metálico de la Tierra que gira. Se cree que el hierro líquido en el núcleo está en movimiento turbulento, y este movimiento hace que las corrientes giren alrededor, de tal manera que generan más campo magnético. Los campos más grandes significan corrientes más grandes, lo que significa campos más grandes, y así sucesivamente. El campo magnético de la Tierra es elevado por sus propios iniciadores, ya que la energía del líquido en movimiento en el núcleo se convierte en campo magnético. Muchas personas habían trabajado en esta teoría, y aún quedaban muchos detalles por resolver, pero parecía haber un consenso de que el mecanismo de la dinamo era ciertamente responsable del magnetismo de la Tierra.

Las inversiones del campo magnético de la Tierra habían sido un misterio más grande que resolver. La dirección del campo a través de la historia geológica había sido registrada por la roca sedimentaria, que atrapó algo del campo mientras se formó. Cuando esto se descubrió, los científicos quedaron asombrados al ver que la dirección del campo de la Tierra se movía de vez en cuando. Nuestro Polo Norte, que es actualmente un polo magnético sur, había sido un polo norte magnético. En un corto tiempo, tal vez sólo 10.000 años, la dirección del campo de la Tierra simplemente se había invertido. La última inversión había ocurrido hace unos 700.000 años. Ha habido cerca de 120 de tales inversiones en los últimos 65 millones de años, desde que los dinosaurios desaparecieron.

Estas inversiones estaban bien establecidas. De hecho, Walter Álvarez y el geofísico William Lowrie eran especialistas en usarlas como una herramienta para la geología. La secuencia de inversiones, emparejada con el patrón similar en una roca lejana, les permitió determinar cuándo se formó la roca. Pero el origen de las inversiones era más difícil de entender. La teoría favorita argumentaba que el campo magnético era inherentemente inestable, y que los cambios eran espontáneos. Se utilizaron matemáticas complejas para justificar este modelo, matemáticas que resultaron ser muy similares a algo que, más tarde, se llamó la "teoría del caos".

Raup trastornó todo esto cuando afirmó que las inversiones estaban asociadas con las extinciones masivas. Habíamos sabido, a partir del trabajo que Walt había hecho con Lowrie, que no había inversión del campo magnético en el momento de la catástrofe del Cretácico. Así que la asociación no podía ser perfecta. De hecho, todo lo que Raup afirmaba era que la tasa de inversión del campo magnético mostraba una periodicidad de 30 millones de años, similar a la que él y Sepkoski habían encontrado para las extinciones. No hizo ninguna afirmación acerca de cambios individuales que se correlacionan con extinciones individuales.

Puesto que yo creía que las extinciones periódicas en masa eran causadas por lluvias periódicas de cometas, decidí tratar de ver cómo una lluvia de cometas podía hacer que el campo magnético se diera la vuelta; intenté algunas veces en los próximos meses llegar a algún modelo físico, pero no hice ningún progreso. Dos meses pasaron sin que yo diera al tema un pensamiento serio.

Raup visitó Berkeley y le conté sobre el progreso en nuestra búsqueda de Némesis y sobre los cálculos que había hecho sobre la duración de las lluvias de cometas. Todo parecía encajar, dije, salvo, por supuesto, por su efecto de inversión magnética. Aproveché la oportunidad para darme un nuevo borrador de su artículo, en el que había aclarado algunos de sus argumentos. También había representado la tasa de inversión magnética. Me quedé mirando esta nueva representación. Allí estaban, picos que se elevaban cada 30 millones de años. No hacía falta el análisis matemático para verlos. Estaban justo delante de mí, me desafiaban a ignorarlos, sabiendo que no podía.

¿Qué podría revertir el campo magnético de la Tierra? Al día siguiente decidí pasar unos minutos pensando muy intensamente. Si apareció otro imán extraterrestre, y su campo era lo suficientemente fuerte, podría forzar al campo de la Tierra a voltearse. El giro de la Tierra no tendría que retroceder, solo su campo y sus corrientes eléctricas. Pero ¿qué podría traer un campo externo fuerte cerca de la Tierra? ¿Podrían los cometas tener un campo tan fuerte? Consideré brevemente esta idea y luego la rechacé. Si los cometas tuvieran un campo fuerte, se habrían detectado en los espectros del gas procedente de los cometas.

La única cosa en el Sistema Solar que tiene campos fuertes es el Sol. ¿Había alguna forma en que el fuerte campo del Sol pudiera ser transportado a la Tierra? ¿Qué pasó con el Sol durante una lluvia de cometas? Si algunos cometas golpean la Tierra, ¿cuántos golpean al Sol? Rápidamente calculé la respuesta: unos pocos millones, uno por año durante la duración de un millón de años de la lluvia de cometas. El gran número me sorprendió. ¿Por qué no lo había calculado antes? ¿Qué efecto tuvo un millón de cometas en el Sol? Su masa es pequeña pero la masa de la atmósfera del Sol es también pequeña.

Las manchas solares tienen campos magnéticos excepcionalmente fuertes. Con un millón de cometas golpeando el Sol, miles golpearían manchas solares. Los cometas se vaporizarían al acercarse al Sol, y el plasma podría atrapar el fuerte campo. Quizá los cometas vaporizados volaran hacia la Tierra, llevando con ellos los fuertes campos magnéticos. Entonces tuve una idea importante. No era necesario que el campo externo invirtiera el campo de la Tierra. Sería suficiente si sólo interrumpió el campo. La dinamo volvería a encender el campo, pero tendría un 50% de probabilidad de volver a encenderlo en la dirección opuesta. Por lo tanto, tenía un 50% de probabilidad de causar una inversión, lo suficientemente buena para dar cuenta de la correlación de Raup. Y era tan importante darse cuenta de que tenía una probabilidad del 50% de no invertir el campo de la Tierra. Eso podría explicar por qué no se había visto ninguna reversión en la catástrofe del Cretácico. Si el campo hubiera sido apagado y hubiera vuelto en la misma dirección que antes, los geólogos no lo verían como una inversión.

Al intentar entender el comportamiento del plasma cerca del Sol, sentí que me estaba metiendo rápidamente en una teoría de la que sabía poco. Llamé al físico William Press, un amigo de Harvard que había hecho algunas contribuciones importantes a la teoría solar, y le describí mi idea. Prometió pensar en ello. Una hora más tarde, al discutir la idea con el astrónomo George Field, otro teórico de Harvard, habían encontrado el defecto fatal. No me llamó hasta el día siguiente, y para entonces ya lo había encontrado. El cometa no permanecería en las proximidades de la Tierra el tiempo suficiente para afectar su campo. Los campos magnéticos tardan miles de años en penetrar el núcleo de hierro de la Tierra, y no había un mecanismo concebible para mantener el plasma del cometa durante tanto tiempo.

La idea no había funcionado, pero pensé que era lo suficientemente inteligente como para poder salvarla algún día. Incluí un breve resumen de ello en un artículo de revisión que estaba escribiendo para una conferencia de astronomía. Pero cuando el árbitro leyó la idea, la descartó como "totalmente ridícula". Debería borrarla antes de la publicación, insistió. Decidí que tenía razón.

Pasó otro mes. Estaba volando a San Diego para asistir a una reunión en la que vería a Press, así que decidí que era hora de pensar sobre el problema de nuevo. ¿Qué pasa con el cráter del impacto? ¿Podría su forma, de algún modo, interrumpir la dinamo? Calculé que un impacto liberó suficiente energía en la Tierra para abrumar la energía en el campo de la Tierra. Pero ¿cómo haría esa energía lo correcto, apagar el campo? ¿El flujo de la onda de choque interrumpe la dinamo? Sabía un poco sobre las ondas de choque, pero no lo suficiente. Me tomó unos veinte minutos convencerme de que la onda de choque podría hacer el trabajo.

Una vez más intenté mi idea con Bill. Le tomó unos veinte minutos convencerme de que no funcionaría. Incluso con el flujo de fluido en el núcleo de la Tierra totalmente interrumpido, la inductancia del campo haría que las corrientes eléctricas y los campos magnéticos persistieran hasta que el flujo de fluido volviera a la normalidad.

Pero ahora Press había empezado a pensar. ¿Qué pasa con el efecto del nuevo cráter en el giro de la Tierra? Desplazaría el centro de masa y haría temblar la Tierra. Se tambalearía sólo 1 centímetro, no es lo suficiente para hacer algo. Press sugirió que tal vez el bamboleo crecería. Esta vez fui escéptico. ¿Cómo podría el giro de la Tierra ser tan inestable que los bamboleos crecerían sólo cuando los cráteres fueron creados de repente y no en otras ocasiones? No tuvo una buena respuesta, y al final nos rendimos.

Pasaron otros dos meses. Una vez más decidí pensar en el problema. No tenía nuevas ideas. Tal vez debería solicitar ayuda antes de ir más lejos. Tal vez alguien más podría contribuir con una idea menos loca que las que había estado teniendo. Tuve una reunión con David Shirley, el director del laboratorio, para hablar sobre el financiamiento a largo plazo para nuestro trabajo. Al final de nuestra reunión, le dije: "Tu hijo es un geólogo, ¿no? Déjame contarte sobre un artículo interesante". Le conté sobre el resultado de Raup. Al día siguiente le entregué una copia del artículo de Raup, a petición suya, para mostrarlo a su hijo.

El miércoles, en agosto de 1985, estábamos planeando que Saúl Perlmutter informara sobre el progreso de la búsqueda de Némesis en nuestra reunión semanal del grupo. Desafortunadamente, la computadora había estado apagada toda la semana, y Saul no tenía nada nuevo que contar. Así que, en el último minuto decidí que esta podría ser una buena oportunidad para informar a todo mi grupo de física de mi necesidad de ayuda. Apenas tuve tiempo de hacer una transparencia de la gráfica de inversión del campo magnético de Raup, la que tiene los picos "obvios" de 30 millones de años, para mostrar en la presentación.

Luie vino a mi charla, y su principal contribución fue el escepticismo. Dijo que no hubo un efecto estadísticamente significativo. No vio ningún pico con un espaciamiento de 30 millones de años. Esas cosas que yo llamaba "picos" eran simplemente fluctuaciones estadísticas, y él pensó que estaba perdiendo mi tiempo. Le respondí recordando a Luie que sabía que no podía convencer a nadie de que los datos valían la pena prestarles atención, pero que había logrado convencerme lo suficiente para que valiera la pena trabajar unas horas a la semana en el problema. Pasé a describir las teorías fallidas que había inventado. Me sentí como si estuviera recreando el tipo de presentaciones que había hecho a Marc Davis y a Piet Hut sobre extinciones periódicas en masa. Aquí están mis intentos. ¿Puedes agregar algo nuevo? ¿Puedes salvarlos?

Describí todo lo que pude pensar, incluyendo el pequeño efecto del desplazamiento del centro de masa de la Tierra por 1 centímetro (igual al espesor de la capa de arcilla límite), y la oscilación potencial que causaría el desplazamiento. Mencioné que el cambio en el momento de inercia de la Tierra aceleraría levemente la Tierra, pero el efecto sería insignificante: sólo un minuto por año. Más tarde descubrí que la verdadera aceleración sería aún más pequeña, porque había asumido erróneamente un volumen de cráter demasiado grande. Una respuesta más precisa es unos pocos segundos al año. En estos días, cuando tenemos "segundos de salto" en la víspera de Año Nuevo, podríamos notar el efecto. Pero era demasiado pequeño para afectar a la dinamo en la profundidad de la Tierra.

Después de dar mi charla, uno de los físicos de mi grupo, Donald Morris, se acercó a mí para hacer algunos comentarios. Sugirió que, aunque un minuto por año suena como una pequeña cantidad, después de unos cientos de miles de años el núcleo de la Tierra se habría quedado atrás en muchos grados. ¿No podría esto retorcer el campo magnético, y quizás forzarlo a apagar? Pensé que era una idea maravillosa, algo nuevo, algo que no había pensado. Pero después de unos minutos de análisis, decidimos que la idea tenía serios problemas. El tiempo que tomó el campo para retorcerse fue demasiado largo, y el campo magnético se difundiría a través del núcleo de la Tierra en este tiempo, deshaciendo el giro. No me importaba demasiado que la idea no funcionara. Don y yo habíamos pasado diez minutos lanzando ideas entre sí, cubriendo una tremenda cantidad de terreno muy rápidamente. Había encontrado una brecha en mi razonamiento. No debería despreciar la ligera aceleración del giro de la Tierra como insignificante. El progreso fue emocionante. No quería que se detuviera.

De repente recordé una idea que había tenido una vez, que no había sido útil para nada antes. Podría haber un efecto mucho mayor, le dije a Don, si el efecto del invierno nuclear redistribuyera una gran cantidad de agua del océano a las regiones polares en forma de hielo. "Eso cambiaría el momento de la inercia de la Tierra", dije. "Y la haría girar muy rápido."

"¡Oh, eso es genial! ¡Realmente brillante!" Don respondió, con lo que pensé que era un poco de exageración. Ahora estábamos emocionados. ¿Qué tan rápido sería "realmente rápido"? Si la corteza de la Tierra se acelerara a unas velocidades comparables a las encontradas en el núcleo líquido (sin incluir la rotación de la Tierra) esto podría ser lo suficientemente rápido. Parecía recordar que esas velocidades eran de aproximadamente 1 centímetro por segundo. (Una vez más, me equivocaba, la verdadera velocidad es probablemente más como de un medio milímetro por segundo, veinte veces más lento de lo que había imaginado.) ¿Cuánto tendría que bajar el nivel del océano para acelerar la rotación de la Tierra por esta cantidad? Rápidamente calculamos que sería una caída de 100 metros. Me pareció recordar que las bajadas de esta magnitud ya habían ocurrido. Esta vez mi memoria estaba bien.

Parecía como si hubiéramos encontrado un mecanismo que pudiera funcionar, y no implicaba nada absurdo. La física era muy simple. Era el viejo efecto del patinador en el hielo. Un patinador en el hielo, para girar más rápido, tira de sus brazos más cerca de su cuerpo. La Tierra, cuando tira de su agua más cerca de su eje (es decir, de su ecuador a sus polos), de manera similar acelera su giro. Inicialmente solo la parte externa de la Tierra, las partes sólidas conocidas como la corteza y el manto se acelerarían. El núcleo de fluido se quedaría atrás, como un eje bien engrasado. La diferencia de velocidad entre el núcleo interno y el exterior generaría una velocidad de corte en el hierro líquido (la grasa del eje). Las nuevas velocidades interrumpirían lo que estaba pasando antes, incluyendo la dinamo. Cuando la dinamo se volvió a encender, tuvo una probabilidad del 50% de mostrar una inversión.

Parecía ser el primer mecanismo "natural" para vincular los impactos con las reversiones de campo magnético, pero teníamos que revisar nuestros números. ¿Cuál era la densidad del manto? ¿Qué tan rápidas eran las corrientes de fluido en el núcleo? Esa tarde y noche busqué libros y enciclopedias para mejores números. Se había retirado un libro crítico; cuando le pedí al bibliotecario que lo rastreara, me avergonzó al saber que ¡se había registrado a mi nombre! Lo había perdido. Me sirvió bien. Fui a decirle a Don lo irónico que era que había perdido el libro que ahora necesitaba. Sonrió, cogió un libro de un estante y me lo dio. Era el libro que faltaba. Dijo que yo se lo había prestado a él hace un año y él nunca había llegado a devolverlo.

La densidad del manto era ligeramente más alta de lo que había imaginado y eso debilitaba el efecto. Pero a la mañana siguiente encontré algunos números para las velocidades de flujo fluido-núcleo, y eran un factor de 20 veces menos de lo que había imaginado. Eso hizo que el efecto fuera tan grande que el campo magnético de la Tierra debería apagarse incluso con cambios en el nivel del océano tan pequeños como de 10 metros. Y yo había encontrado un artículo en "*Science*" mostrando que los cambios de 10 metros del océano se han producido cada 2 millones de años o así; no tan frecuentes como las inversiones magnéticas, pero muy frecuentes. Y, lo que era más importante, la caída en los niveles del mar había sido extremadamente abrupta, por razones no totalmente comprendidas. Por supuesto, estaba seguro de que

sabía por qué habían sido tan bruscos. Habían sido provocados por el efecto del invierno nuclear, tras el impacto de un cometa.

Le conté a Luie la nueva teoría que Don y yo habíamos creado. Escuchó pensativo, y luego dijo: "Eso es genial, Rich, ¡una de las mejores cosas que has hecho!" Era otro de sus giros característicos. Amaba la teoría. Era hermosa, elegante, nada forzada. Más tarde, ese mismo día, dio las mismas felicitaciones a Don. El viernes por la mañana, dos días después de haber creado la teoría, comenzamos a escribir el artículo. Tuvimos que escribir las cosas para poder buscar fallas. Mostraríamos el artículo a expertos reales, físicos que habían trabajado en la teoría del dinamo de la Tierra. Pero estaba empezando a preguntarme si otro artículo teórico arruinaría mi reputación de experimentalista.

Más tarde refinamos la teoría. Nos dimos cuenta de que la cizalla a través del núcleo líquido transportaría fluido frío por encima del líquido más caliente. El líquido frío trataría de caer y el líquido caliente subiría, y se encontrarían uno con el otro. El patrón de flujo en el núcleo sería cambiado dramáticamente y ya no apoyaría la generación de dinamo del campo de la Tierra. Eventualmente, el patrón de flujo de fluido se estabilizaría y una nueva dinamo se acumularía, pero el campo magnético de la Tierra tendría entonces un 50% de probabilidad de estar en la dirección opuesta.

Teníamos muchos problemas a resolver. ¿Por qué no hubo reversiones magnéticas durante los últimos 700.000 años, un tiempo en que grandes glaciares avanzaban y retrocedían por los continentes del norte? Esa respuesta fue fácil de encontrar. Estas edades de hielo recientes habían sido demasiado lentas en su inicio. A menos que la caída del nivel del mar de por lo menos 10 metros ocurriera en menos de unos pocos cientos de años, la cizalla a través del núcleo líquido no sería suficiente para afectar la dinamo. ¿Cuán rápido fueron las caídas más rápidas del nivel del mar? Llamamos al geofísico Peter Vail, que había descubierto las caídas mientras estudiaba registros sísmicos en Exxon. Todo lo que podía decir era que eran más rápidos que 10 metros en 100.000 años. Sospechaba que habían sido mucho más rápidos, pero no tenía datos para probar o refutar eso.

Don y yo terminamos un borrador de nuestro trabajo y enviamos una copia a "*Science*" para su publicación. Simultáneamente enviamos copias a todos los expertos en geomagnetismo que pudiéramos pensar, solicitando sus críticas y consejos.

Tan pronto como le conté a Walt sobre la nueva teoría, me contó un misterio relacionado, anteriormente no resuelto: Había capas de microtectita en tres de las últimas cuatro inversiones, descubiertas por Billy Glass. Leímos los artículos de Glass y lo llamamos. Las capas de microtectitas se habían encontrado en decenas de núcleos marinos y, tal como Walt había dicho, estaban precisamente en las inversiones geomagnéticas. Glass había publicado la correlación entre los campos de microtectita y las reversiones geomagnéticas ya en 1967. Había dicho a muchas personas acerca de la correlación, y todo el mundo lo había encontrado emocionante, al principio. Pero entonces siempre le pedían que explicara cómo los impactos podrían haber causado reversiones. Glass no respondió y dijo que la mayoría de la gente inmediatamente perdió el interés cuando descubrió que no podía dar una explicación. Otra fluctuación estadística, probablemente concluyeron.

Ahora podríamos proporcionar la explicación. Las microtectitas fueron la salpicadura del impacto de un cometa, y sabíamos cómo los impactos podrían desencadenar inversiones geomagnéticas. Era casi como si se hubiera verificado una predicción de nuestra teoría.

Don preguntó a Glass sobre el campo de microtectita que no tenía una inversión. Nuestra teoría predijo que debería haber una excursión geomagnética en ese punto, es decir, el campo de la Tierra debería apagarse, como si estuviera invirtiendo, y luego abortar y volver a su valor anterior. Cada gran impacto debe tener una reversión o una excursión. Glass respondió que pensaba que había una excursión en el momento del cuarto campo de microtectita, y que había solicitado fondos para realizar mediciones adicionales. Pero su petición había sido rechazada. Su trabajo estaba demasiado lejos de la corriente principal de la

investigación científica. Había otras propuestas que debían financiarse, las que todos consideraban importantes.

Don vino a mí una tarde con una pregunta que lo estaba molestando ¿Cómo pudo un pequeño impacto desencadenar un invierno nuclear? La catástrofe del Cretácico fue desencadenada por un impacto que hizo un cráter de 160 km. de diámetro, y el material que había sido lanzado fue suficiente para formar una capa de arcilla de un centímetro de grosor en todo el mundo. El cráter asociado con uno de los campos de microtectita tenía sólo 10 km. de diámetro. La arcilla de un cráter con un tamaño  $1/20$  del cráter del Cretáceo haría una capa de sólo  $(1/20)^3$  de gruesa, sólo un micrómetro,  $1/25$  del grosor de un cabello humano. No había suficiente tierra lanzada para bloquear la luz del Sol. Respondí que tal vez la bola de fuego podría haber creado grandes tormentas de fuego y el hollín podría hacerlo. Don pensó que era una idea inteligente. No me di cuenta entonces de que él no estaba familiarizado con el descubrimiento de Anders de hollín en el límite Cretácico, que aún no había sido publicado.

Luie me había mostrado la preimpresión del geólogo de la Universidad de Chicago, Edward Anders y sus colegas Wendy Wolbach y Roy Lewis, que informaban del inesperado descubrimiento de hollín en la arcilla. Frank y Helen habían fallado porque su método de activación de neutrones era insensible al carbono; además, una técnica nuclear no podría haber distinguido el carbono en hollín del carbono en su forma más común de piedra caliza, que está hecha de carbonato de calcio. Anders encontró que la capa tenía entre 0,3% y 0,5% de hollín. Para hacer tanto hollín, se tenía que haber quemado una cantidad de carbono igual a la del 10% de toda la biomasa que cubre la Tierra hoy en día. Los fuegos se podrían haber provocado por el calor radiante de la bola de fuego, o de la roca caliente y de las cenizas lanzadas por todo el mundo por el impacto. Fue un descubrimiento emocionante y fantástico. Anders y sus colegas escribieron que su hallazgo "confirmó" la teoría del impacto de Álvarez, aunque agregó otro mecanismo de muerte a una catástrofe que ya tenía más de lo necesario. La verdadera importancia del descubrimiento de Anders radica en el hecho de que demostró que un experimento con la quema extensiva de la superficie de la Tierra ya había sido realizado por la Naturaleza, y que hizo más convincente la realidad del invierno nuclear. El 11 de octubre de 1985, su trabajo finalmente fue publicado en "*Science*".

Frank estaba encantado con el descubrimiento de Anders. "Anders realmente se merecía uno grande", dijo, lo que significa un descubrimiento grande e importante en este campo. Anders había sido árbitro en el artículo original de descubrimiento de iridio y había firmado su nombre en el informe de arbitraje en lugar de permanecer anónimo. Frank continuó: "Él sabía mucho más acerca de la meteorología que nosotros, por lo que él realmente podría habernos triturado. En cambio, nos dio tres páginas de correcciones y recomendó que se publicara el documento".

El trabajo de Anders y sus colegas había demostrado cómo un impacto relativamente pequeño podría tener un efecto importante en el clima, por lo que Don y yo pensamos que no había problemas serios con nuestro artículo. Entonces Raup envió a Walt una copia anticipada de una columna de "*Noticias y Vistas*" para ser publicada en "*Nature*", en la cual retiraba su propuesta de periodicidad en las inversiones magnéticas. ¿Cómo pudo hacer eso? Hablé con Raup por teléfono. "Fue un efecto estadísticamente débil", me dijo. Sí, ya lo sabía. Pero eso no significaba que no fuera real, argumenté. Le conté a Raup la nueva teoría que Don y yo habíamos encontrado. Podría explicar su efecto. Los impactos deben causar reversiones. Pensó que era interesante, pero decidió seguir adelante y publicar su retracción de todos modos. ¡Actuaba en la mejor tradición de la ciencia! Retirando abiertamente un resultado en el que ya no creía. Tal vez su nivel de escepticismo había subido ligeramente. Todavía se mantenía firme en la periodicidad de las extinciones. Tal vez estaba retirando su efecto más débil para que no fuera calificado de "loco" y, por lo tanto, su descubrimiento más importante recibiría la atención adecuada. Pero es difícil saber lo que es más importante cuando estás en medio de las cosas.



## 16. Buscando

Nuestros dos artículos fueron publicados en la edición de 19 de abril de 1984 de "Nature". El primero fue "Extinción de especies por lluvias periódicas de cometas" de Marc Davis, Piet Hut y Richard A. Muller. Los editores (sin nuestro permiso) tomaron la nota de pie de página que sugería nombres para la estrella compañera y lo promovieron a un párrafo en el artículo, borrando todos los nombres excepto Némesis. El segundo artículo, de Walter Álvarez y yo, fue "Evidencia de las edades de los cráteres para los impactos periódicos en la Tierra".

En una conferencia posterior en Boston, di una charla sobre nuestra búsqueda de Némesis. Predije que sólo tardarían tres meses más en observar todas las débiles estrellas rojas del hemisferio norte. Después de mi charla, Bill Press y el físico de Harvard Paul Horowitz me dijeron que tales predicciones en nebrilla eran innecesarias.

"Di un año", me aconsejaron. "No puedes hacer nada en tres meses". Repliqué, "Pero creo que tres meses es cuánto tiempo tomará".

La gente en la conferencia me preguntó si sabíamos en qué dirección en el cielo mirar. Respondí que habíamos mirado los efectos que Némesis podía tener en las órbitas de los cometas para ver si podían indicar la posición, pero el efecto de Némesis era insignificante comparado con el de estrellas pasajeras, tales como Alfa Centauri, así que no podríamos decir nada sobre su dirección. Le dije que la constelación más probable para que estuviera era en Hydra. ¿Por qué? Simplemente porque Hydra tenía más grados cuadrados que cualquier otra constelación, por lo que tenía la mayor oportunidad. Recibí una leve risa ante mi chistosa respuesta. Piet había observado la estabilidad de la órbita de Némesis y concluyó que era un poco más probable que Némesis estuviera cerca del plano de la galaxia de la Vía Láctea. Para un compañero de período fijo (26 a 30 millones de años), una órbita en el plano tenía el diámetro más pequeño, y por lo tanto era inmune a las perturbaciones de las estrellas pasajeras. (Yo había ganado un reconocimiento en ese artículo al señalar a Piet que la fuerza gravitacional de la galaxia tendía a acercar al Sol y a Némesis más que a separarlos). Pero el análisis de Piet no nos ayudó en la búsqueda, ya que la mayoría de las estrellas candidatas también estaban en o cerca del plano galáctico.

Los editores del "New York Times" decidieron que Némesis realmente no existía. Ellos lo dijeron varias veces en sus páginas editoriales, siguiendo la tradición que habían comenzado con el anti-Goddard, el editorial anti-cohetes de 1921. El más molesto de sus editoriales se titulaba "El Inadecuado Horóscopo de los Dinosaurios". Después de resumir el descubrimiento de impacto, las extinciones periódicas y la hipótesis de Némesis, el editorial comenzó su crítica estableciendo algunas viejas propuestas desacreditadas como si fueran nuevos descubrimientos:

*"En el escrutinio más cercano, el supuesto patrón repetitivo de extinciones masivas se ha desvanecido. Los dinosaurios, y otras especies desaparecidas, no todos volteaban los pies en un día; algunos estaban en declive antes del final del Cretácico. La delgada capa de iridio que se ha encontrado en muchos estratos geológicos que datan de hace 65 millones de años podría, de hecho, haber venido de un meteorito, como sugieren los Álvarez, pero las erupciones de volcanes son ahora conocidas como fuentes de iridio también.*

*Los eventos terrestres, como la actividad volcánica o los cambios en el clima o el nivel del mar, son las causas más inmediatas posibles de las extinciones masivas".*

Concluyeron con esta notable frase:

*"Los astrónomos deben dejar a los astrólogos la tarea de buscar la causa de los acontecimientos terrenales en las estrellas".*

"Como las mareas", me dije. En secreto, estaba encantado de que el "New York Times" hubiera tomado una postura anti-Némesis. Lo peor que puede pasarle a una nueva teoría es hacer que se ignore. Si el Times hubiese adoptado una postura pro-Némesis, mis colegas se habrían quejado de que yo publicara los resultados en la prensa popular. Al asumir una posición anti-Némesis, el Times estaba garantizando que la teoría obtendría atención y obtendría la simpatía de mis colegas.

Walt señaló que podíamos evaluar las opiniones de otros científicos por la forma en que se referían a la estrella. Los escépticos se refirieron a ella como "la estrella de la muerte", o incluso como "la estrella de la muerte putativa". Aquellos que estaban un tanto indecisos y neutrales se refirieron a ella como "la estrella compañera solar propuesta".

Volví a mi oficina una tarde y fue recibido con entusiasmo por Peter Friedman, uno de mis estudiantes graduados. Había recibido un mensaje de Dave Cudaback. La "radio pasillo" científica había estado funcionando. Dave había oído hablar a Chris McKee sobre un rumor difundido por Martin Cohen en el Laboratorio de Investigación Ames de la NASA. Cohen había oído que dos astrónomos habían encontrado a Némesis.

Los astrónomos fueron Frank Low, de la Universidad de Arizona, y Thomas Chester, quien trabajó para el Jet Propulsion Laboratory del California Institute of Technology. Juntos habían estado estudiando los datos obtenidos por IRAS, y habían encontrado un objeto brillante en los datos que coincidían con una estrella de quinta magnitud fotografiada en Mount Palomar usando el telescopio Hale de 200 pulgadas. No tenía movimiento propio detectable ni líneas espectrales visibles. Estas eran las características que Némesis tendría si se tratara de una estrella de masa ligera, una "enana marrón", demasiado ligera para que la fusión termonuclear se hubiera inflamado en su núcleo. El equipo se negaba a dar la posición de la estrella hasta que completaron las mediciones.

Inmediatamente llamé a Chester. No estaba. Dejé un mensaje pidiéndole que me llamara.

Saul Perlmutter pasó y le conté sobre el informe que había descubierto. Él había estado dirigiendo el esfuerzo de nuestro grupo para encontrar a Némesis. Saúl, Peter y yo tratamos de decidir si debemos estar felices o decepcionados. La identificación de Némesis sería un gran descubrimiento y un punto focal importante y simplificador para todo trabajo futuro sobre las catástrofes. Pero no la habíamos encontrado. Podríamos consolarnos con la idea de que, si la estrella realmente tenía las propiedades rumoreadas, una temperatura de 1200 grados Kelvin y una magnitud visible de 15, entonces era demasiado oscura para que nosotros la hubiéramos encontrado, incluso si nuestro sistema estaba en pleno funcionamiento. Podríamos encontrar enanas rojas, pero no marrones. Todos decidimos que, si el rumor resultara ser verdad y se hubiera encontrado a Némesis, estaríamos felices incluso lo celebraríamos.

Chester finalmente devolvió mi llamada. Comencé, "Hola, Tom. Acabo de oír un rumor de que alguien en CalTech ha encontrado un candidato para Némesis. ¿Sabes algo al respecto? Podía oír a Tom riéndose al otro lado de la línea. "Sí, somos los únicos. Pero no te emociones. Frank Low y yo acabamos de completar una semana de mediciones cuidadosas en la estrella. Justo ayer pudimos demostrar que no es Némesis. Resultó estar a más de 6.5 años luz de distancia. Encontramos líneas espectrales en el infrarrojo. Es una estrella de carbono". Una estrella de carbono es una gran estrella roja, que parece débil sólo en virtud de su distancia.

Me sentí aliviado, y luego me di cuenta de que no debería sentirme bien de que el descubrimiento resultara estar equivocado. Ya que iba a celebrar el descubrimiento, me habría sentido triste. Pero no lo hice.

Una noche, cuando estaba acostado en la cama, me di cuenta de que un cúmulo de estrellas abierto podría desencadenar lluvias de cometas periódicas si el cúmulo de estrellas estuviera situado en el lugar correcto en el cielo. Tendría que estar en uno de los "polos galácticos", es decir, directamente encima o

debajo de nosotros en el plano de la galaxia de la Vía Láctea. Oscilaría arriba y abajo en el plano galáctico, al igual que el Sol, y el Sistema Solar pasaría por él dos veces cada oscilación. Una de las estrellas en el racimo podría causar una lluvia de cometas. Salí de la cama y busqué un libro de mapas estelares. En el "*Atlas de Estrellas*" de Norton encontré el polo norte galáctico, y justo en la parte superior de él había uno de los cúmulos de estrellas abiertos más cercanos, Coma Berenices. ¡No había necesidad de Némesis ahora! La colisión con Coma Berenices fue una teoría más simple y más elegante que la hipótesis de Némesis, porque este grupo ya estaba allí. No tenía que ser encontrado. Me sentí muy estúpido. ¿Por qué no había pensado en esto antes? ¿Por qué nadie había pensado en esto antes? ¿Qué debería hacer después? Regresé a la cama.

En la cama descubrí que mi cerebro había perdido todo interés en dormir. Sólo seguía pensando. Siempre había dicho que abandonaría la hipótesis de Némesis tan pronto como alguien encontrara una teoría mejor, y yo acababa de encontrarla. Debe haber alguna manera de probar que esta nueva teoría era correcta. Recordé los emocionantes momentos en que Frank Crawford y yo habíamos llegado a la conclusión de que el sistema Alpha Centauri orbitaba en torno al Sol. El movimiento propio había descartado esa teoría. ¿Qué pasa con el movimiento propio del cúmulo? Me di cuenta de que probablemente se había medido. El movimiento propio de los cúmulos estelares se había utilizado como un indicador importante de las distancias galácticas. Salí de la cama y fui a mis libros de astronomía. En la página 279 del "*Cantidades Astrofísicas*" de Allen encontré entradas para la velocidad del racimo. Se mueve con una velocidad de 8 kilómetros por segundo en una dirección que lo alejará del camino del Sol cuando llegemos allí. El Sol y su nube de cometas nunca se acercarán a las estrellas del racimo. La nueva idea estaba equivocada. El movimiento propio lo descartaba. Había caído en la misma trampa dos veces. Una vez más, la hipótesis de Némesis fue la única teoría superviviente.

Mis dudas surgieron de nuevo cuando recibí un artículo de Dan Whitmire, el astrónomo que, junto con Al Jackson, había propuesto una estrella acompañante del Sol al mismo tiempo que Davis, Hut y yo. Esta vez tuvo un nuevo coautor, John Matese, y una nueva teoría, a la que llamó "Planeta X". Fue una consecuencia de la teoría tentativa de que me había hablado en la conferencia de Berkeley.

La hipótesis del Planeta X era incluso más inteligente que la teoría de Némesis. Un décimo planeta, aún no observado, había sido propuesto previamente por otros para explicar pequeñas desviaciones observadas en las órbitas de los planetas exteriores. Lo que Whitmire y Matese habían comprendido era que el mismo décimo planeta, el Planeta X, podía perturbar la parte *interna* de la nube de cometas de Oort y causar lluvias periódicas de cometas. Resultó que no era difícil establecer el tamaño y la forma de la órbita, de tal manera que la perturbación se produciría cada 26 a 30 millones de años.

Supusieron que el Planeta X tenía una órbita ligeramente excéntrica que no estaba en el plano del Sistema Solar y que la parte interna de la nube de cometas tenía forma aplastada en el plano del Sistema Solar. Esta suposición era ad hoc, pero era razonable. Los cometas exteriores habían sido perturbados por nubes pasajeras, pero no estos cometas internos.

La órbita del Planeta X lo mantuvo alejado de los cometas, hasta que las perturbaciones suaves de Júpiter y Saturno hicieron que raspase los bordes de la nube de cometas en el perihelio y el afelio. Los cometas serían dispersados por el Planeta X; algunos de ellos caerían en las órbitas de los planetas exteriores, y se dispersarían más. Eventualmente, algunos de ellos llegarían a la zona de la Tierra.

Era una teoría elegante, tal vez incluso mejor que Némesis. Decidí que debía examinar esta teoría cuidadosamente. Incluso podría ser cierta y deberíamos estar buscando el Planeta X en lugar de Némesis. Esperaba que no. Pensé que "Némesis" era un nombre mejor que "Planeta X".

Llevé el artículo a casa y lo leí cuidadosamente esa noche. Traté de reconstruir su modelo y hacer las derivaciones de Whitmire y Matese por mi cuenta. Me quedé atascado en un problema. Cuando los cometas se dispersaron, primero en el Sistema Solar exterior, después en el interior y, finalmente, en la órbita de la Tierra, la tormenta parecía extenderse por un largo período. Parecía tan larga que no habría un momento especial cuando la probabilidad de ser alcanzado por un cometa era apreciablemente mayor que en cualquier

otro momento. No pude encontrar ningún lugar en su trabajo donde abordaran este asunto. Finalmente, decidí que podría ser un error en su artículo. Llamé a Whitmire al día siguiente y le conté mis cálculos. Fue muy receptivo a las críticas y dijo que no tenía respuesta inmediata. Él prometió volver a llamarme. Me alegró que mis comentarios no fueran obviamente estúpidos.

Unos días más tarde me llamó y me dijo que mi crítica era válida, y que su vieja teoría estaba equivocada. Pero ahora tenían una variación en la teoría que no tenía la misma debilidad. Tenían una versión revisada del artículo, y me habían añadido un reconocimiento, así como al astrónomo Paul Weissman, que les había señalado independientemente el mismo error.

Me pregunté ¿por qué no había intentado salvar su vieja teoría, en lugar de simplemente derribarla? Me di cuenta una vez más de que me estaba poniendo perezoso. Yo tenía una teoría propia, y estaba tratando de refutar otras teorías. No estaba tratando de encontrar alternativas que funcionaran. Es cierto que había pensado en el modelo Coma Berenices, pero no había hecho ningún esfuerzo para intentar salvar el modelo Planeta X. Miré hacia adelante para recibir el artículo revisado de Whitmire y Matese.

Vi por primera vez su nuevo artículo en una conferencia en Arizona, a la que asistieron la mayoría de los principales participantes en el tema de la extinción periódica. Don Morris y yo estábamos sentados uno al lado del otro cuando Whitmire presentó la teoría del Planeta X revisada. Don vio un problema con la nueva versión. Whitmire y Matese tuvieron que asumir que la parte interna de la nube de cometas era plana, como un disco, y que el Planeta X se movía arriba y abajo del plano de este disco. El planeta X perturbó a los cometas solamente cuando su órbita se procesó de tal manera que en los extremos de su movimiento raspó el borde del disco de cometas. Pero Don se dio cuenta de que el Planeta X continuaría perturbando a los cometas, incluso cuando estaba lejos, y los haría esparcirse del plano. Si ese fuera el caso, entonces las tormentas de cometas no vendrían en tiempos bien definidos, pero se extenderían durante decenas de millones de años, en contradicción con los datos de extinción masiva.

Pasé unos diez minutos tratando de calcular el efecto. Finalmente tuve éxito en derivar una ecuación que demostró que la crítica de Don era correcta. Le susurré a Piet, que estaba sentado al otro lado de mí, que el Planeta X perturbaría a los cometas fuera del plano. Quería mostrarle mis cálculos, pero dijo que preferiría pensar en ello. Un minuto después se volvió hacia mí y me dijo: "Sí, tienes razón". Luego me dio la fórmula, de su cabeza, describiendo el tiempo para que los cometas fueran perturbados. Era el mismo que había tomado diez minutos para calcular con lápiz y papel.

Don y yo más tarde mostraron el resultado a Whitmire y Matese y no tuvieron ninguna respuesta inmediata a la nueva crítica. Luego se lo mostró al astrónomo Scott Tremaine, quien debía entregar un documento de síntesis al final de la sesión. Scott estuvo de acuerdo en que el problema parecía serio, pero en su charla resumida simplemente dijo que la teoría del Planeta X, la única alternativa viable a la teoría de Némesis, era demasiado nueva para asegurarnos de que no tenía defectos graves. También dijo que pensaba que era más probable que una fluctuación estadística eventualmente tuviera en cuenta las extinciones masivas "periódicas", en lugar de una supuesta estrella de la muerte.

Don telefoneó a Whitmire unas semanas más tarde, y Whitmire le confesó que las perturbaciones señaladas por Don hacían que las tormentas de cometas se extendieran durante mucho tiempo, pero aún no estaba convencido de que los datos de extinción realmente requerían tormentas cortas. Unas semanas después, volví a hablar con Piet. Tanto él como Tremaine habían llegado a la conclusión de que la crítica era lo suficientemente severa como para que la teoría del Planeta X "estuviera tan muerta como una teoría lo puede estar". Interpreté que eso significaba que Piet ya no trabajaría en la teoría de Whitmire y Matese para revivirla. En cierto sentido, fue una lástima. La teoría del Planeta X era elegante, quizás más elegante que la teoría de Némesis. Piet citó a Thomas Huxley: "La gran tragedia de la ciencia: el asesinato de una hermosa hipótesis por un hecho feo".

Había otro trabajo por hacer además de buscar Némesis y considerar teorías alternativas. Había todavía mucha información escondida en el registro de las rocas sedimentarias. El nuevo detector de iridio de Luie

estaba en construcción. Las pruebas iniciales de sus componentes hechas por Frank indicaron que funcionaría de acuerdo con las especificaciones. Frank y Helen esperaban poder medir 5.000 muestras al año. Este sistema respondería a las preguntas de si había picos de iridio en todas las extinciones y si algunos de los picos eran múltiples, lo que indicaría una tormenta de cometas.

Mientras tanto, Walt seguía estudiando la evidencia geofísica en las rocas. Su propuesta de financiación había sido rechazada un año antes, y este año, un tanto picado, se negó a reescribirla, simplemente volvió a presentarla sin cambios. No había nada malo en el año pasado, así que ¿por qué debería cambiarlo? Finalmente, recibió buenas noticias. Este año la National Science Foundation lo financiaría, pero a un nivel muy reducido.

¿Por qué los paleontólogos creían tanto que las extinciones eran graduales? Walt decidió examinar algunas de las pruebas. Unos días después me llamó y me dijo que tenía algo muy interesante que mostrarme. Llegó al laboratorio más tarde ese día. Con él trajo una copia de un artículo de Gerta Keller analizando las extinciones de los foraminíferos cerca del límite Eoceno, hace unos 35-39 millones de años. Keller era un excelente paleontólogo y había recogido un gran conjunto de datos sobre la desaparición de fósiles microscópicos. Walt me mostró una gráfica en la que había dibujado un conjunto de líneas, una para cada especie, en el orden en que habían desaparecido. El punto final de cada línea mostró cuándo la criatura fue vista por última vez. Alrededor de la mitad de las especies parecían salir gradualmente, pero la otra mitad parecía desaparecer en tres catástrofes separadas y abruptas. "Parece una clara evidencia de una tormenta de cometas" –dije.

"Sí -dijo Walt-, eso es lo que podrías pensar al principio. Pero déjame mostrarte una sutileza. ¿Ves esas líneas onduladas que Keller ha trazado justo en esos momentos que llamas 'catástrofes'? Cada uno indica la presencia de un hiato."

Hiato. Esa era una palabra que Walt me había enseñado antes. Significaba roca que faltaba. Mientras que el sedimento se comprime en el fondo marino para formar piedra caliza, hay muchos fenómenos posibles que pueden lavarlos, incluyendo una inclinación del soporte o una tormenta cuyos efectos llegan al fondo. Si faltaban unos metros de roca, todas las especies que habían desaparecido gradualmente en la roca desaparecida parecían haber desaparecido abruptamente. Así que no era una prueba real de las tormentas de cometas, después de todo. En todas las regiones donde la muestra de roca estaba completa, las especies parecían desaparecer gradualmente. Walt me dijo que este era el tipo de evidencia que los paleontólogos solían mostrar de que las extinciones eran graduales.

Parecía convincente, pero todavía me preguntaba por qué Walt quería verme de inmediato. ¿Se había convencido de que la hipótesis de la tormenta de cometas era desmentida por estos datos?

"Empecé a preguntarme cómo Gerta determinó que un hiato estaba presente en estos lugares", dijo Walt. "Normalmente no es fácil detectar rocas que faltan. A veces puede hacerlo encontrando estratigrafía en otros lugares que coincida. Me preguntaba cómo lo había hecho para el Eoceno y el Oligoceno. Afortunadamente, no tuve que preguntarme mucho tiempo. Gerta es realmente una buena científica, así que ella había descrito en su artículo cómo lo había hecho. ¿Quieres adivinarlo?"

Ahora estaba empezando a ver el punto de Walt. "¡Por la desaparición abrupta de muchas especies diferentes!" –exclamé. "¡Exactamente!" –dijo Walt.

Keller había tomado datos que podrían haber sido interpretados como evidencia de una extinción masiva y la usó como una indicación de que había roca perdida. No había evidencia independiente de que hubiera roca perdida. La suposición de extinciones graduales había sido su punto de partida. Era parte del paradigma del paleontólogo. Para ser justos con Keller, no concluyó en este artículo que las extinciones eran graduales. Era muy clara sobre el gradualismo como uno de sus supuestos. Otros paleontólogos se refirieron a sus datos como evidencia del gradualismo y fue el razonamiento circular. Un científico hace una suposición para facilitar el análisis de los datos. Otros científicos, inconscientes de la suposición, utilizan los datos como

evidencia del gradualismo. "Nadie lee más la literatura", dijo Ed McMillan. Primero había aprendido el razonamiento circular en séptimo grado. Había parecido una trampa trivial en la que ninguna persona inteligente caería jamás. Había resultado ser mucho más sutil cuando varios científicos diferentes estaban involucrados.

Walt tuvo cuidado de señalar que todavía no sabíamos si la roca estaba desaparecida o no. Con nuestro nuevo paradigma de extinciones catastróficas, ya no podíamos suponer que la desaparición abrupta de muchas especies indicaba un hiato en la roca. Pero tampoco podíamos estar seguros de que no hubiera un hiato. Habría que realizar mediciones adicionales. Había mucho trabajo por delante.

Varios meses después, justo después de regresar de una visita con Erie Kauffman, Walt llamó para decir que tenía noticias más emocionantes. Kauffman era un gradualista autoproclamado, el paleontólogo que me había convencido en nuestra conferencia de Berkeley de que los corales se habían extinguido decenas de miles de años antes de los dinosaurios. Había sido uno de los escépticos originales de las extinciones catastróficas, pero poco a poco había cambiado. Ahora parecía haberse convertido en un líder en un movimiento hacia la aceptación, no sólo de extinciones masivas abruptas, sino de extinciones escalonadas, del tipo que predijo nuestra teoría de la tormenta de cometas. Kauffman ahora creía que "estamos a sólo uno o dos años de distancia de una teoría general de extinciones en masa".

Kauffman le había comentado a Walt acerca del nuevo trabajo de Thor Hansen sobre las extinciones marinas cerca de la frontera del Eoceno, el mismo límite que Keller había analizado. Hansen había encontrado tres grandes extinciones repentinas cerca de este límite. Walt me dio los números impresionantes. Entre el Eoceno tardío y medio (hace unos 42 millones de años) existían 385 especies de moluscos. De repente (quiere decir en un período de menos de 50.000 años), el 89% de las especies de gasterópodos (caracol) y el 85% de las especies de bivalvos (almeja) desaparecieron para siempre. Aproximadamente 2 millones de años más tarde, en medio del Eoceno superior, los moluscos habían hecho un regreso fuerte. Había entonces 273 especies. Pero en una segunda catástrofe, el 72% de los gasterópodos y el 63% de los bivalvos murieron. Y, finalmente, en el límite Eoceno-Oligoceno, en el espacio de unos pocos metros, de 86 especies, el 97% de los gasterópodos y el 89% de los bivalvos murieron. Había habido tres extinciones masivas.

"Ese es un lapso total de 4 millones de años para la tormenta de cometas; un poco largo", le dije a Walt.

Él respondió: "Eso es sólo si aceptas la escala de tiempo estándar. Sandro ha hecho sus propias mediciones cuidadosas, y ha concluido que el período descrito era más como 2 millones de años en lugar de los 4 millones de años. Eso encaja perfectamente con el modelo Némesis."

Al día siguiente fui a mi archivo y recuperé una copia del artículo de Keller. Miré donde había marcado cada "hiato". Estaban de acuerdo cualitativamente con los tiempos de las extinciones en masa encontradas por Hansen. Walt me había advertido que fuera cauteloso. Los datos de Hansen aún no habían sido publicados. Pueden cambiar. Y no teníamos escalas de tiempo suficientemente precisas para correlacionar las extinciones de Hansen exactamente con los hiatos de Keller. Pero no podía dejar de sentirme optimista. Todo parecía encajar perfectamente.

Frank me llamó. "Rich, ¿recuerdas aquella roca que trajiste de Italia, al final del Bonarelli?" Había hecho un viaje, casi una peregrinación, el verano anterior para visitar el sitio donde Walt había encontrado primero el nivel de iridio. Walt me había mostrado otra capa negra, de 90 millones de años, la Bonarelli. Él había previamente muestreado varios lugares en esta capa, pero no había encontrado un aumento de iridio. Sugerí que probáramos en la parte inferior de la capa, y Walt y yo habíamos traído estas muestras para que Frank y Helen las midieran.

"Acabamos de comprobarlo. Allí hay un incremento de iridio."

## 17. Creo que la veo

"¿Cuál es Némesis, papá?" Mi hija de siete años estaba tumbada en su saco de dormir mirando las estrellas brillando en el cielo. Estábamos en medio de un viaje de mochila de cuatro días en la Sierra Nevada, a las afueras de Yosemite. "No lo sé, Betsy. Aún no la hemos encontrado. Pero estamos bastante seguros de que no es una de las estrellas más brillantes." Betsy no se dejó intimidar. De repente ella dijo: "¡Creo que la veo!"

Desearía que fuera así de fácil. Dieciocho meses antes, había sido demasiado optimista y había predicho que llevaría tres meses encontrar a la estrella. "Es un deber de un científico ser optimista", dijo Edwin Land. La búsqueda lleva años, no meses, pero nuestro entusiasmo y optimismo no han disminuido. Sin embargo, Betsy, ya hemos descartado todas las estrellas visibles a simple vista.

Némesis, si tenemos razón, está actualmente tan perdida como una aguja en un pajar entre un millón de estrellas más brillantes. Pero cuando encuentras una aguja, puedes decir que no es heno. Si supiéramos cuál era, lo podríamos ver a través de binoculares. Con un pequeño telescopio, su distancia al Sol ya su órbita se podía medir fácilmente, una vez que sabíamos cuál era. Algunos escépticos dicen que la teoría de Némesis es pura especulación. No prestarán atención hasta que hayamos encontrado la estrella. Admito que no puedo probar que Némesis está ahí, pero creo que las probabilidades hacen que sea una apuesta muy buena, lo suficientemente buena como para apostar varios años de mi carrera. Primero terminaremos nuestra búsqueda de estrellas de los hemisferios norte y sur. Si la masa de Némesis es mayor que aproximadamente  $1/20$  de la masa del Sol, la encontraremos. Pronto el satélite Hipparcos será lanzado al espacio con la capacidad de hacer un levantamiento de barrido de estrellas cercanas y buscando estrellas más pequeñas. Si Némesis no es encontrado por este satélite, será el momento de buscar otra teoría. Pero espero que no necesitemos la ayuda de Hipparcos.

¿Qué sabemos con seguridad? Sabemos que un objeto extraterrestre, ya sea un cometa o un asteroide, golpeó la Tierra hace 65 millones de años y puso fin al gran período Cretáceo de los dinosaurios. Creo que esta conclusión está tan firmemente establecida como cualquier teoría puede estarlo después de media década. Puedo decir esto libremente porque mi contribución a este trabajo temprano fue insignificante. He visto otros grandes descubrimientos pasar de la controversia a la aceptación, y otros grandes descubrimientos van de la controversia a la retracción. Éste no desaparecerá. En palabras de un tribunal de justicia, creo que el caso ha sido probado más allá de la duda razonable.

También creo que la Tierra está sometida a tormentas periódicas de cometas o asteroides. El importante descubrimiento de las extinciones masivas periódicas de Dave Raup y Jack Sepkoski radica en un análisis firme y cuidadoso de los datos. Sin embargo, no diría que esta conclusión esté tan sólidamente establecida como el descubrimiento de impacto de Álvarez. Es concebible que fuéramos muy desafortunados y la Naturaleza causó extinciones masivas de una manera que parecería periódica. Pero no lo creo. Las extinciones periódicas, y la periodicidad de los cráteres que va junto a ellas, están firmemente establecidas, a mi parecer. Para probar un caso en un tribunal civil es innecesario probarlo más allá de una duda razonable; sólo es necesario demostrar que la preponderancia de la evidencia apoya el caso. Creo que esto es cierto para las tormentas de cometas periódicas.

Némesis está en una categoría diferente. Es una solución hermosa y simple al misterio de las extinciones periódicas en masa. También creo que es la única teoría sugerida hasta ahora que es consistente con todo lo que sabemos acerca de la física, la astronomía, la geología y la paleontología. Pero la evidencia de Némesis es circunstancial, y aún no ha convencido a la mayor parte de la comunidad científica. Es una teoría elegante, una predicción maravillosa, que necesita verificación. Habíamos visto la roca bajo nuestros pies y predijimos una estrella. Necesitamos pruebas directas, un arma humeante, un cuerpo, la estrella. Cuando la encontremos, cientos de astrónomos de todo el mundo podrían verificar dentro de una semana que la

estrella que hemos encontrado es parte del Sistema Solar, orbitando el Sol. (Más correctamente, el Sol y Némesis estarían en órbita alrededor de su centro común de masas). De inmediato pondría fin a la mayor parte de la controversia que ha rodeado el trabajo de extinción en masa, porque a diferencia de muchos descubrimientos anteriores, es fácilmente comprobable. Un pedazo de heno resultará ser una aguja.

El descubrimiento de Némesis completaría la última pieza del rompecabezas. ¿Lo haría? Ya nos hemos sorprendido antes. Cada vez que parecía que el rompecabezas estaba completo, de repente nos condujeron en una nueva dirección maravillosa. Luis Álvarez había sugerido que el análisis de trazas del iridio podría usarse para medir la velocidad de sedimentación, pero para sorpresa de todos demostró que había tenido lugar un impacto extraterrestre. La capa de arcilla se encontró en todo el mundo, y el análisis mostró que era alrededor del 10% de material de asteroide o cometa, el resto procedente de la roca vaporizada arrojada por el impacto. Ahora se sabe que cinco extinciones masivas tienen señales de iridio. Está el original al final del Cretácico, hace 65 millones de años, y otro al final del Eoceno, hace 35 a 39 millones de años. Más recientemente, Digby McLaren, un geólogo de la Universidad de Ottawa, Carl Orth de los Estados Unidos Geological Survey y sus colaboradores en Los Álamos, encontraron una capa de iridio en la frontera Frasnian-Famennian, hace 367 millones de años, en el momento de una extinción global importante en el período devónico tardío, y un equipo polaco ha encontrado iridio en la frontera Callovian-Oxfordiana, 163 millones de años, en lugares de Polonia y España. Encontramos iridio de hace 90 millones de años en la Bonarelli; la capa fue encontrada independientemente por Orth. Por supuesto, ninguno de los nuevos descubrimientos ha sido sometido al escrutinio que se ha dado a la frontera del Cretácico, por lo que puede haber aún más sorpresas que nos esperan.

Los estudios de los efectos sobre el clima del polvo lanzado al aire por los impactos llevaron al descubrimiento del invierno nuclear. El lazo que conecta las extinciones masivas con el invierno nuclear se cerró cuando Edward Anders encontró hollín en la capa de arcilla de límite, sugiriendo que extensas tormentas de fuego habían sido originadas por el impacto. Como Walt expresó una vez: "Sólo gradualmente hemos llegado a apreciar la violencia espantosa del evento geológico que produjo esa delgada capa de arcilla". Los intentos de Raup y Sepkoski de demostrar que las extinciones masivas ocurren frecuentemente los llevaron a una sorprendente, y al principio totalmente inexplicable, conclusión de que las extinciones masivas tienen lugar en un calendario casi regular de 26 a 30 millones de años. Basado en este descubrimiento, Marc Davis, Piet Hut, y yo propusimos a Némesis, una estrella compañera del Sol que desencadena tormentas de cometas, una teoría propuesta simultáneamente por David Whitmire y Albert Jackson. Nuestra teoría inmediatamente llevó a Walt y a mí al descubrimiento de que los impactos en la Tierra siguen el mismo calendario que las extinciones masivas, una correlación encontrada independientemente por Michael Rampino y Richard Stothers. El concepto de tormentas de cometas resultó ser más general y comprobable que la propia teoría de Némesis y condujo al descubrimiento de que las extinciones masivas fueron puntuales durante los varios millones de años de su duración. Una creencia en tormentas de cometas llevó a Donald Morris y a mí a un método de explicar algunas de las inversiones geomagnéticas.

¿Qué más podría estar ahí fuera, habiendo dejado pistas sutiles, para desafiar nuestras habilidades de observación e inteligencia? Sabemos lo que estamos buscando, pero en el pasado tal conocimiento no ha sido una muy buena guía para lo que encontraríamos. Si hubiera una segunda estrella en nuestro Sistema Solar tendría importantes implicaciones, tal vez algunas de ellas fácilmente comprobables. ¿En qué deberíamos dedicar tiempo a pensar? ¿Podrían los anillos alrededor de planetas como Júpiter y Urano ser los escombros de las tormentas de cometas que golpean a los satélites? ¿Los impactos de los cometas tuvieron un papel en la creación de los objetos Apolo, esos asteroides peculiares que tienen órbitas que cruzan la Tierra? ¿Cuáles son las consecuencias de todo esto para la formación de la nube de cometas y del Sistema Solar? ¿Cómo era el primer Sistema Solar? ¿Fue el pesado bombardeo de cometas que tuvo lugar hace 3.500 millones de años debido a una órbita más cercana a Némesis, y la continua tormenta de cometas que habría acompañado a una órbita como esta? ¿Acaso tal tormenta impidió que la evolución ocurriera en la Tierra primitiva, o la desencadenó? ¿Qué secreto de la evolución será el próximo en ser descubierto?



No ha sido sólo un rompecabezas intelectual, encajando tranquilamente sus piezas en el salón. Ha habido poderosas fuerzas a lo largo de todo tratando de conseguir que abandonemos el rompecabezas. Esto incluye la duda de sí mismo, la financiación inadecuada, la sensación de que no estábamos progresando y la oposición de "expertos". Una imagen más precisa es la de un explorador, tratando de armar un mapa de un mundo desconocido, inseguro del valor de lo que va a encontrar y cómo va a pagar sus deudas, mientras que sufren de la escasez de suministros y los ataques de los nativos.

¿Está el rompecabezas casi completo ahora, con una pequeña pieza llamada "Némesis" que aún no se encuentra? ¿O simplemente hemos estado trabajando en una pequeña área de un rompecabezas mucho más grande, que nos llevará a una imagen mucho más grande de la que somos capaces de imaginar? Cuando Colón encontró las Indias Occidentales, no tenía ni idea de que los enormes continentes de América del Norte y del Sur se asomaban por el horizonte. En el pasado nuestra imaginación no ha sido tan salvaje como la capacidad de la Naturaleza. ¿Qué surgirá? No hay manera de saberlo.

# APÉNDICE

Este apéndice no forma parte del libro original. "*Némesis. La Estrella de la Muerte*" fue publicado por primera vez en 1988 en EE.UU. (sólo tuvo dos reimpressiones en Inglaterra en 1989-1990), así que, desde entonces hasta la fecha (2017), han pasado 27 años.

Hemos creído conveniente exponer resumidamente algunos de los numerosos artículos científicos que se han ido publicando en estos años, relacionados con los temas que trata ese libro, para que el lector pueda comprobar si esta hipótesis ha resistido el paso del tiempo

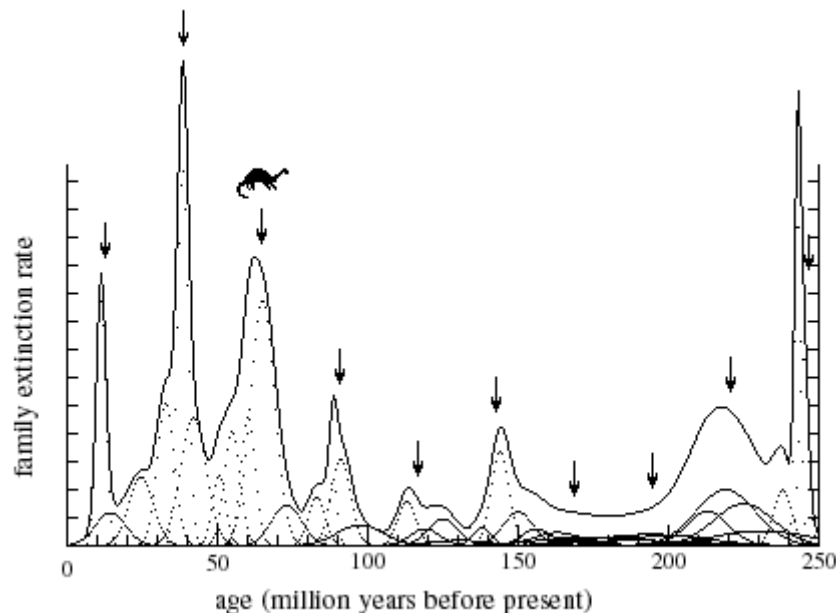
## NÉMESIS

### El origen de la Teoría

La "Teoría de Némesis" fue consecuencia del descubrimiento de Álvarez et al., de que el impacto de un gran cometa o asteroide, de más de 10 km de diámetro, fue el responsable de la gran extinción en masa que tuvo lugar hace 65 millones de años.

Estudios del registro fósil de Dave Raup y Jack Sepkoski muestran que este no fue un evento aislado, sino una de varias extinciones masivas que parecen ocurrir en un ciclo regular de 26 millones de años. Su artículo original analizó las familias fósiles marinas, y fue publicado en "Proceedings of the National Academy of Science USA", vol. 81, páginas 801-805 (1984).

Los datos originales de la extinción de Raup y de Sepkoski se han redibujado en la siguiente figura.

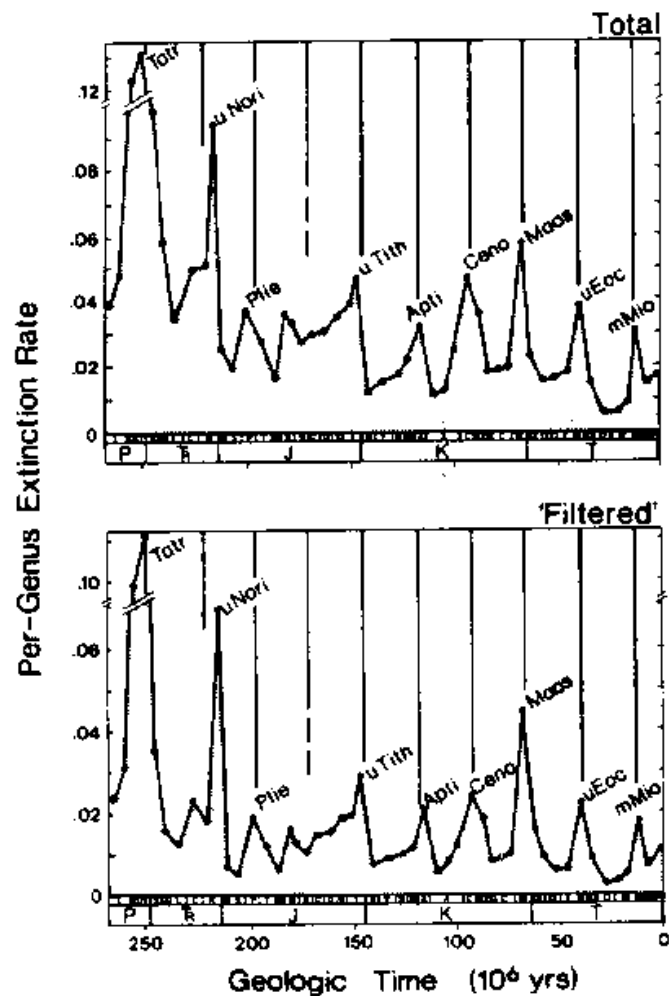


El eje vertical muestra la "tasa de extinción". Esto ha sido tomado de los valores dados por Raup y Sepkoski para el porcentaje de extinciones de la familia en cada límite geológico. Para tener en cuenta la incertidumbre en las edades límite, cada punto de datos se representó como un Gaussiano, con una anchura igual a la incertidumbre y un área igual a la tasa de extinción. Esta gráfica representa una estimación estadística de la tasa de extinción en función del tiempo. Los gaussianos individuales para cada límite de la etapa se muestran como líneas punteadas. La extinción hace 65 millones de años está indicada con el pequeño icono de dinosaurio.

El pico cercano a 11 millones de años es real, pero exagerado por el requisito de que la gráfica vaya desde cero al presente. Las flechas se representan cada 26 millones de años. Fíjese que la mayoría de ellas están cerca de los picos de la tasa de extinción. Esta es la aparente periodicidad de 26 millones de años descubierta por Raup y Sepkoski.

Ha habido muchos estudios estadísticos de estos datos. Aunque varios estudios indican que la periodicidad es significativa, no todos están de acuerdo. Le sugiero que decida por sí mismo. Si usted decide que las extinciones no son estadísticamente significativas, entonces no hay necesidad de la teoría Némesis.

Un trabajo adicional de Sepkoski muestra que la periodicidad también está presente para los géneros fósiles. Sus resultados fueron publicados en el "Journal of the Geological Society of London", vol. 146, pp. 7-19 (1989). La figura 2 de este documento se muestra a continuación. Tenga en cuenta que el eje de tiempo se ha invertido en comparación con el de la figura anterior.



Se representa la tasa de extinción por género (en unidades de extinción / género / millones años) durante 49 intervalos de muestreo. La serie de tiempo superior (etiquetada como Total) es para el conjunto de datos de Sepkoski de 17.500 géneros, mientras que la serie de tiempo "filtrada" inferior es para un subconjunto de 11.000 de los cuales se han excluido géneros confinados a intervalos estratigráficos únicos. Las líneas verticales se trazan a intervalos de 26 millones de años.

## La Estabilidad de la Órbita de Némesis

Hay mucha confusión entre los astrónomos acerca de la estabilidad de la órbita de Némesis. Incluso muchos teóricos, que deberían saberlo mejor, creen que la órbita es inestable, y que el artículo original de Némesis estaba equivocado. Sin embargo, cálculos detallados por Piet Hut en el Institute for Advanced Study en Princeton muestran que la estimación original sobre la órbita era correcta. Los resultados de Hut fueron publicados en *"Nature"*, vol. 311, pp. 636-640 (1984). En nuestro artículo original habíamos declarado que la órbita tiene actualmente una constante de tiempo de estabilidad de aproximadamente mil millones de años. Muchas personas ingenuamente asumieron que esto era incompatible con la edad de 4.500 millones de años del sistema solar. Pero a diferencia de la vida de un elemento radiactivo, la vida de la órbita de Némesis no se prevé que sea constante con el tiempo. De hecho, Hut ha demostrado que la vida disminuye linealmente, no exponencialmente, con la edad. La vida esperada de la órbita cuando se formó el Sistema Solar era (presumiblemente) cerca de 5.5 mil millones años. Cuando las estrellas cercanas pasan por el Sistema Solar, la órbita de Némesis recibe ligeros aumentos de energía. La órbita de Némesis se hace más grande y menos estable. En la actualidad, la órbita de Némesis tiene un eje semi-mayor de aproximadamente 1,5 años luz, y se espera que la órbita permanezca unida al Sol por otros mil millones de años.

Obsérvese que la teoría de Némesis predice que la periodicidad no debe ser precisa. Las perturbaciones de las estrellas pasajeras no son suficientes para interrumpir la órbita, pero son suficientes para provocar una fluctuación leve (unos pocos millones de años) en el intervalo entre extinciones.

¿Por qué tantas personas piensan que la órbita es inestable? La respuesta básica es que los científicos a menudo no tienen tiempo para leer la literatura, por lo que dependen de los resúmenes de otros.

### ¿El Némesis de Némesis?

La cuestión de la estabilidad teórica de la órbita Némesis se ha resuelto, pero la mayoría de los astrónomos no saben la respuesta. En realidad, piensan que saben la respuesta, pero están equivocados. Como dijo el humorista del siglo XIX, Josh Billings, *"El problema con la mayoría de la gente no es tanto su ignorancia, sino que sabe muchas cosas que no son como creen"*. Puedo guiarle al origen de la confusión.

Vea *"Nature"* Vol. 311, 18 de octubre de 1984. Encontrará una gran cantidad de artículos sobre la estabilidad de la órbita de Némesis. Además, encontrará un comentario editorial de Mark Bailey (en la página 602), titulado "El Némesis de Némesis".

Los artículos son los siguientes:

1. J. G. Hills (página 636) analiza la estabilidad de la órbita de Némesis. Apoya la hipótesis de Némesis y calcula algunos detalles. Especula que Némesis puede ser responsable de la órbita excéntrica de Plutón. (Hills fue el teórico que originalmente reconoció la posibilidad de las "lluvias de cometas").
2. Piet Hut (página 638) realiza el análisis más completo y definitivo de la órbita de Némesis. Concluye que los resultados dados en el artículo original de Némesis están verificados: la órbita tiene una constante de tiempo de estabilidad de aproximadamente mil millones ( $10^9$ ) años. Esto significa que la vida restante de la órbita es de mil millones de años. Cuando se creó el Sistema Solar hace 4.500 millones de años, la vida de Némesis habría sido de unos 5.500 millones de años, y hemos utilizado hasta 4.5 de ellos. La estabilidad de  $10^9$  años implica que la órbita actual no es perfectamente periódica, y esto se verifica mediante un cuidadoso examen de los datos de extinción. Hut muestra que la órbita de Némesis es estable sólo si está cerca del plano de la Vía Láctea. (Hut ahora es un compañero en el Institute for Advanced Study en Princeton.)
3. Torbett y Smoluchowski (página 641) concluyen que pasar a través de nubes moleculares gigantescas haría inestable la órbita de Némesis. Sin embargo, no tienen en cuenta el hecho de que estas nubes masivas son muy difusas; los trabajos posteriores (D. Morris y R. Muller, *"Icarus"* v. 65, p.1-12) muestran que estas nubes realmente no tienen ningún efecto sobre la estabilidad de la órbita.
4. Mark Bailey escribió una reseña editorial (página 602) titulada "El Némesis de Némesis" en la que dice que *"la propuesta de Némesis se extiende y muestra, de hecho, que es completamente"*

*incapaz de producir la secuencia estrictamente periódica para la cual fue originalmente diseñada.* " Esta es una interpretación errónea del documento original de Némesis ("Nature", vol 308 pp 715-717, 1984). Nunca esperábamos una señal perfectamente periódica en una órbita que sólo tuviera una vida útil de  $10^9$  años. Bailey pasa a caracterizar el artículo de Hut como "casi una retracción"!!!! Hut consideró que su documento era una reivindicación del artículo original de Némesis. Se puso en contacto con Bailey para averiguar cómo podía estar tan equivocado en su comprensión, y ¡Bailey le dijo a Hut que nunca escribió esas palabras! ¡El editor de "Nature" había insertado la frase "casi una retracción"!

Bailey también se refiere a un artículo de Clube y Napier en el que muestran que la órbita de Némesis tiene una estabilidad de  $10^9$  años. Pero Clube y Napier concluyen que esto descarta la teoría de Némesis, en lugar de darse cuenta de que esta estabilidad es exactamente lo que habíamos dicho en nuestro artículo original. Al parecer nunca se dieron cuenta (como hizo Hut) de que la vida esperada de Némesis es lineal, no exponencial, de modo que la estabilidad presente no es lo mismo que la estabilidad hace 4.500 millones de años.

Lo siguiente es para la fascinante sociología de la ciencia. He hablado con muchos astrónomos desde 1984 y la mayoría de ellos cree que la teoría Némesis fue descartada porque la órbita resultó ser inestable. En la mayoría de estos casos pude rastrear el origen de su opinión. Frecuentemente la opinión había sido obtenida de otra persona - a menudo el científico planetario local. Pero en todos los casos, el origen último fue el artículo alterado de Mark Bailey en "Nature".

¿A qué se debe esto? Se debe a que Bailey resumió los tres artículos - no había necesidad de que un científico ocupado leyera los documentos reales. Nunca encontré a un experto (es decir, alguien de quien otros dependían para su opinión) que realmente había leído el artículo de Hut. ¿Para qué molestarse, cuando equivale a una "retracción virtual"?

*"El problema con la mayoría de la gente, no es tanto su ignorancia ..."*

En ese momento, Piet y yo pensamos que pronto encontraríamos Némesis, por lo que se decidió no escribir una carta al editor quejándose del error en el resumen de Bailey.

Eso es la mitad de la historia de por qué no se cree en Némesis. La otra mitad es que predijimos que lo encontraríamos dentro de unos años, y no lo hemos hecho. Así que la mayoría de la gente piensa que nuestra búsqueda no encontró tal estrella. De hecho, la búsqueda se estancó poco después de que comenzó. No hay razón para creer que Némesis no es la solución al misterio de las extinciones periódicas, y no hay una teoría alternativa que haya sobrevivido al escrutinio.

Fuente: [Dr. Ricard A. Muller\(2002\)](#)

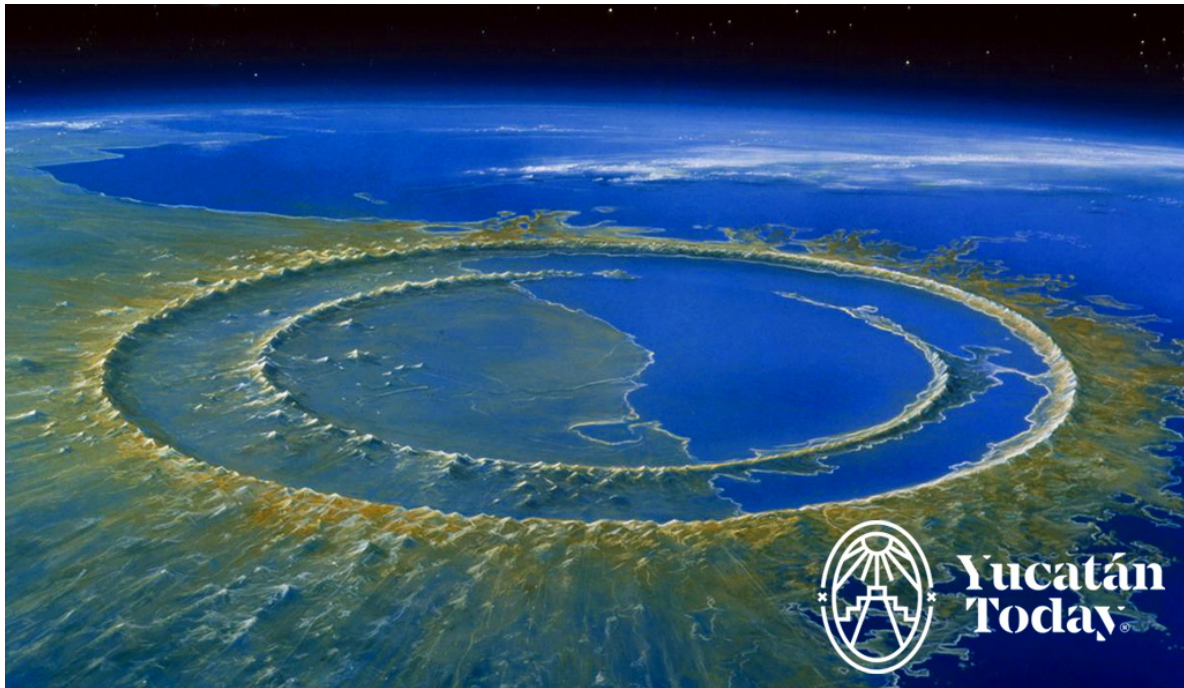
## **El Cráter de Chicxulub**

En 1978, los geólogos Glen Penfield y Antonio Camargo estaban realizando prospecciones petrolíferas para la empresa petrolera estatal mexicana, PEMEX, en el Golfo de México, al norte de la península del Yucatán.

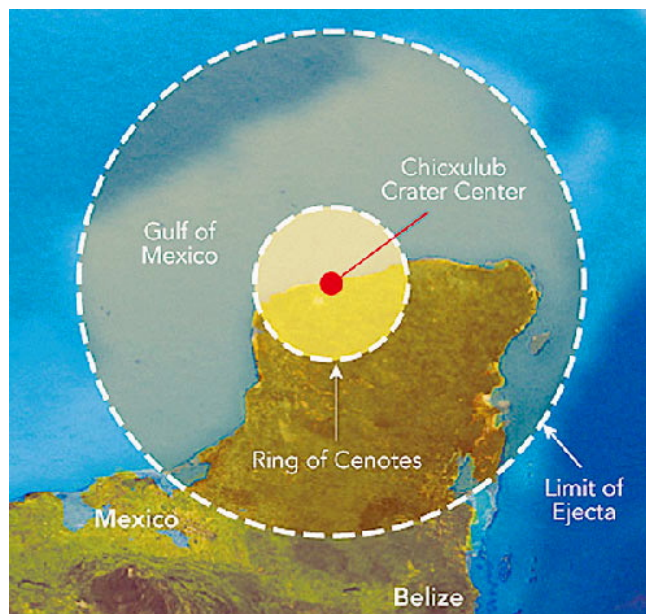
Penfield encontró en los datos obtenidos un enorme arco submarino de unos 70 km de diámetro con una "extraordinaria simetría". Posteriormente, Penfield encontró otro arco en la península del Yucatán, cuyo final apuntaba hacia el norte. Comparando los dos mapas, vio que los arcos separados formaban un círculo de unos 180 km de ancho, centrado en un pueblo de Yucatán llamado "Chicxulub". A la vista de esto, Penfield llegó a la conclusión que esta estructura fue creada durante un suceso catastrófico en la historia geológica pasada.

Glen Penfield y Antonio Camargo presentaron sus conclusiones en la reunión de la “Society of Exploration Geophysicists” de 1981, pero recibieron muy poca atención al no poder presentar núcleos de rocas u otras evidencias de un impacto.

En 1990, Glen Penfield contacta con el Dr. Alan R. Hildebran, un geólogo de la Universidad de Calgary (Canadá) y ambos pudieron estudiar en el depósito de PEMEX muestras geológicas de esa zona, las cuales mostraban claramente materiales con metamorfismo por impacto, como cuarzo con deformación planar y tectitas, junto con anomalías gravimétricas.



Crédito imagen: Periódico Yucatán Today



Crédito imagen: Periódico Zócalo (México)

Recientes dataciones geológicas (2013) demuestran que la fecha del impacto en Yucatán coincide precisamente con la extinción en masa en el Cretáceo-Terciario, o expresado de forma más apropiada, en el Cretáceo-Paleogeno: hace unos 66 millones de años, cuando desaparecieron los dinosaurios. Evidencias más recientes sugieren que el cráter real tiene unos 300 km de ancho, y que el anillo de 180 km es solo un muro interno de él.

Esta extraordinaria formación geológica, fundamental para la historia de nuestro planeta, ha permanecido misteriosa e inaccesible hasta que un equipo de científicos llevó a cabo su primera perforación subacuática en la primavera de 2016. La Expedición 364 del Programa Internacional de Descubrimiento Oceánico (IODP, por sus siglas en inglés) recuperó una serie de rocas que han permitido conocer cómo es ese lugar en realidad. La descripción del cráter aparece en la revista «*Science*».

Los científicos lograron su primer objetivo que fue sacar a la luz las primeras rocas del cráter a una profundidad de 670 metros en el océano y descubrieron que son coincidentes con la fecha de la extinción masiva de especies de la Tierra.

El impacto fue tal que se estima equivalente a 920 millones de bombas atómicas como las que destruyeron en 1945 la ciudad japonesa de Hiroshima. Esta hipótesis explicaría el carácter tan complejo del cráter que, tras la colisión, provocó la fusión de rocas, enormes tsunamis y cubrió el cielo con cenizas que enfriaron el planeta y causaron la extinción masiva de especies.

Fuentes:

[Wikipedia \(2017\)](#)  
[HispanTV.Com \(2017\)](#)

## Una Larga y Oscura Noche

El asteroide que chocó con la Tierra hace unos 65 millones de años podría haber dejado el planeta sumido en la oscuridad total, provocando un invierno durante dos años, según informa el “[University Corporation for Atmospheric Research](#)” (UCAR, 2017). Esto habría detenido la fotosíntesis, enfriado drásticamente el planeta, y contribuido a la extinción masiva que marcó el final de la era de los dinosaurios.

Los científicos estiman que más de tres cuartas partes de las especies en la Tierra, incluyendo todos los dinosaurios no aviares desaparecieron tras la extinción masiva del Cretácico-Paleógeno. Según el nuevo estudio dirigido por el Centro Nacional de Investigación Atmosférica (NCAR, por sus siglas en inglés) con el apoyo de la NASA y la Universidad de Colorado Boulder (Colorado, EE. UU.), la evidencia muestra que la extinción ocurrió al mismo tiempo que un gran asteroide de 10 kilómetros de ancho impactó contra la Tierra en el territorio de la actual península de Yucatán.

La colisión habría provocado terremotos, tsunamis y erupciones volcánicas. Los científicos también estiman que la fuerza del impacto habría lanzado roca vaporizada por encima de la superficie de la Tierra, donde se habría condensado en pequeñas partículas, conocidas como esférulas, que cayeron nuevamente sobre la Tierra. Estas se habrían calentado por fricción a temperaturas lo suficientemente altas para provocar incendios globales e incinerar la superficie de nuestro planeta.



Crédito imagen: NASA

*«La extinción de muchos de los grandes animales en la tierra podría haber sido causada por las consecuencias inmediatas del impacto, pero los animales que vivían en los océanos podrían haber sobrevivido temporalmente. Nuestro estudio recoge la historia posterior a los efectos iniciales tras los terremotos, los*



*tsunamis y el fuego. Queríamos estudiar las consecuencias a largo plazo de la cantidad de hollín que creemos que se originó y lo que esas consecuencias podrían haber significado para los animales que quedaron»,* señaló Charles Bardeen, científico del NCAR, quien dirigió el estudio.

Fuentes:

[Mystery Planet \(2017\)](#)

[UCAR \(2017\)](#)

## **El Sol podría tener un gemelo maligno llamado Némesis**

Un estudio realizado con modelos matemáticos refuerza la teoría de que la estrella podría haber formado parte de un sistema binario con el Sol.

Los astrónomos utilizan el término sistema binario para referirse a dos estrellas que están tan próximas entre sí que orbitan alrededor de un centro de masas común. Se trata de algo bastante frecuente en el Universo, lo que ha motivado que algunos investigadores se pregunten si el Sol en algún momento pudo formar parte de uno de esos sistemas.



Ahora (**14/06/2017**), un equipo de investigadores de las Universidades de Harvard y Berkeley, han realizado un estudio cuyos resultados sugieren que todas las estrellas nacen formando sistemas binarios (lo que implica que tienen un "gemelo") y que nuestro Sol no sería una excepción.

Con ayuda del observatorio astronómico Very Large Array, en nuevo México, los científicos estudiaron estrellas binarias en la constelación de Perseo, y descubrieron que las que están separadas por una distancia de 500 Unidades Astronómicas o más (cada una equivale a quinientas veces la distancia media que separa la Tierra del Sol) son las más jóvenes, mientras que en las de menos edad la distancia de separación es menor.

Usando modelos matemáticos, los investigadores han llegado a la conclusión de que, en un momento dado, el 60% de las estrellas se separaron de sus gemelas. Y eso, según su estudio, pudo ser lo que le pasó a nuestro Sol. Pero, entonces, ¿dónde está su gemelo?

Los autores del estudio recuperan así la llamada hipótesis de Némesis, que fue propuesta en 1984 por el físico R. A. Muller. El científico bautizó con ese nombre (en honor a la diosa de la venganza) al hipotético hermano gemelo de nuestro "astro rey", que podría haberse convertido en una enana marrón aún no descubierta. Años después, en 2010, un equipo de investigadores del MIT propuso que Némesis podría haber sido responsable del gran cataclismo que provocó la extinción de los dinosaurios, aunque esa hipótesis fue recibida con muchas reservas por la comunidad científica.

Ahora, en su nuevo estudio, los científicos de Harvard y Berkeley proponen que la órbita de Némesis se separó de la del Sol hace muchísimo tiempo, y que el gemelo de nuestra estrella se perdió para siempre iniciando un viaje que le llevó lejos de nosotros.

Por supuesto, los investigadores aclaran que los resultados de sus modelos necesitan ser replicados en nuevos experimentos que los confirmen.

Fuente: [Quo \(2017\)](#)