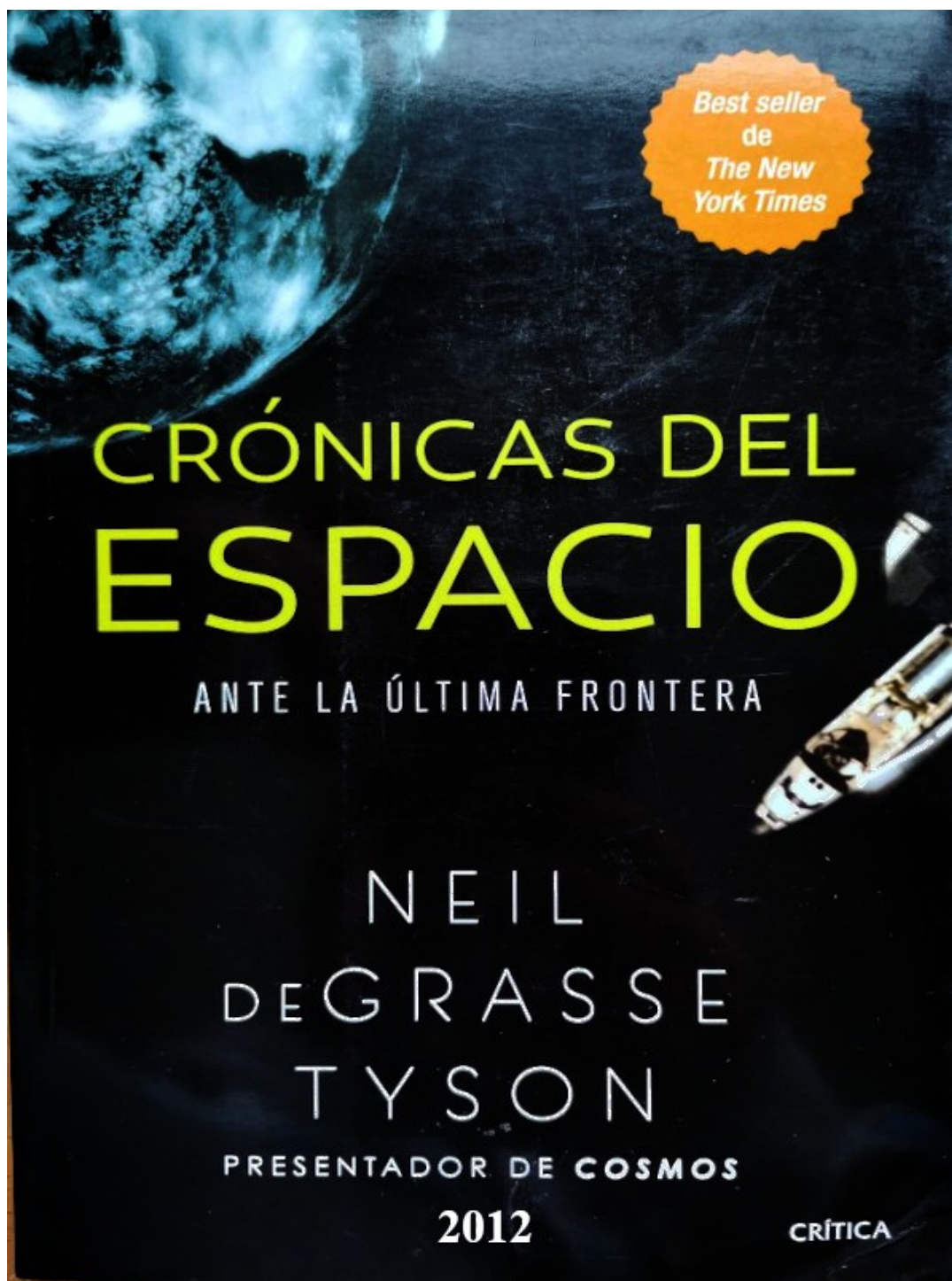




Reseña

La NASA está en un punto crítico; después de décadas de supremacía mundial, canceló su programa de transbordadores cerrando su acceso al espacio. Hasta 2020, ningún astronauta será lanzado fuera de la órbita terrestre desde suelo estadounidense, y pronto su programa espacial podría ser eclipsado por el de otros países.

Con su característico humor y sus provocadoras ideas, Neil deGrasse Tyson, el célebre presentador del programa Cosmos, ilumina el pasado, el presente y el futuro de la exploración del espacio y nos recuerda de manera brillante por qué la NASA importa más que nunca. Estas crónicas son una lectura provocadora y ágil que representan lo mejor del pensamiento del autor y reflexionan sobre temas tan diversos como la literatura científica y los tropiezos de las misiones espaciales, brindando una visión del futuro, necesaria, clara y, sobre todo, inspiradora.

Índice

[Nota del editor](#)

[Prólogo](#)

Parte I [¿Por qué?](#)

- § 1. [La fascinación del espacio](#)
- § 2. [Exoplaneta Tierra](#)
- § 3. [Vida extraterrestre](#)
- § 4. [Alienígenas malvados](#)
- § 5. [Asteroides asesinos](#)
- § 6. [Riesgo de impactos en la Tierra](#)
- § 7. [Destinados para las estrellas](#)
- § 8. [¿Por qué explorar?](#)
- § 9. [La anatomía del asombro](#)
- § 10. [Feliz cumpleaños, NASA](#)
- § 11. [Los próximos cincuenta años en el espacio](#)
- § 12. [Opciones espaciales](#)
- § 13. [Caminos hacia el descubrimiento](#)

Parte II: [¿Cómo?](#)

- § 14. [Volar](#)
- § 15. [Comportamiento balístico](#)
- § 16. [La carrera hacia el Espacio](#)
- § 17. [2001 - Ficción vs. Realidad](#)
- § 18. [El lanzamiento de la tripulación correcta](#)
- § 19. [Las cosas van para arriba](#)
- § 20. [Por amor al Hubble](#)
- § 21. [Feliz aniversario, Apollo 11](#)

- § 22. [Cómo llegar al cielo](#)
- § 23. [Los últimos días del transbordador espacial](#)
- § 24. [Propulsión para el espacio profundo](#)
- § 25. [Ejercicio de equilibrio](#)
- § 26. [Feliz aniversario, «Star Trek»](#)
- § 27. [Cómo probar que sufrió una abducción alienígena](#)
- § 28. [El futuro de los viajes espaciales en Estados Unidos](#)

Parte III: [¿Por qué no?](#)

- § 29. [Problemas en los viajes espaciales](#)
- § 30. [Alcanzar las estrellas](#)
- § 31. [Estados Unidos y los poderes espaciales emergentes](#)
- § 32. [Los delirios de los entusiastas del espacio](#)
- § 33. [Tal vez soñar](#)
- § 34. [Según las cifras](#)
- § 35. [Oda al Challenger, 1986](#)
- § 36. [Naves espaciales mal portadas](#)
- § 37. [Qué significa la nasa para el futuro de Estados Unidos](#)

[Epílogo](#)

[Anexos](#)

[Agradecimientos](#)

[Autor](#)

Para todos aquellos que no han olvidado la manera de soñar con el mañana.

Nota del editor

A mediados de la década de los noventa, Neil deGrasse Tyson empezó a escribir su muy querida columna «Universe» para la revista *Natural History*. En aquel momento, la revista era respaldada, tanto financiera como físicamente, por el American Museum of Natural History, que también es el sitio donde se ubica el planetario Hayden. En el verano de 2002, para cuando Tyson era el director del Hayden, el presupuesto disminuido del museo y un cambio en las perspectivas institucionales llevaron a entregar la revista a manos privadas. Fue entonces que yo me convertí en editor en jefe de *Natural History*, y específicamente, en editor de Tyson — una relación que continúa, aunque ambos hemos dejado, de manera individual, la revista.

No pensarían que un antiguo historiador del arte y curador sería el editor ideal de Tyson. Pero ahí está la cosa: a él le importa la comunicación, le importa inculcar la educación científica, y si juntos éramos capaces de producir algo que yo comprendiera y a él le sonara bien, entonces habríamos triunfado.

Ha pasado más de medio siglo desde que la Unión Soviética puso una pequeña esfera de metal que daba pitidos en órbita alrededor de la Tierra, y no mucho menos de medio siglo desde que Estados

Unidos envió a los primeros astronautas a dar un paseo por la Luna. Una persona con dinero puede ahora reservarse un viaje al espacio por entre 20 y 30 millones de dólares. Las empresas aeroespaciales privadas en Estados Unidos están haciendo pruebas con vehículos capaces de trasladar tripulación y cargamento hacia y desde la Estación Espacial Internacional. Los satélites se han vuelto tan numerosos que casi ya no queda espacio en la órbita geosincrónica. Montones de desechos orbitales mayores en tamaño a una pulgada ahora se cuentan entre los cientos de miles. Se habla de instalar minas en asteroides y existe la preocupación por la militarización del espacio.

Durante la primera década del presente siglo, en Estados Unidos hubo comisiones y reportes que alimentaron los sueños de no sólo una rápida vuelta tripulada de los Estados Unidos a la Luna, sino también de viajes hacia el espacio distante. Los presupuestos de la NASA, sin embargo, no han estado a la altura de sus mandatos, y sus actividades recientes más allá de la atmósfera de la Tierra han involucrado actividades humanas sólo dentro de la baja órbita de la Tierra, y a mayores distancias únicamente actividades robóticas. Al inicio de 2011, la NASA le advirtió al Congreso que ni los diseños de sistemas prevalentes de lanzamiento, ni los niveles actuales de financiamiento, eran capaces de llevar a los Estados Unidos al espacio para 2016.

Mientras tanto, las demás naciones no se han echado a dormir en sus laureles. China envió a su primer astronauta al espacio en 2003; la India planea hacer lo mismo en 2015. La Unión Europea

envió su primera sonda a la Luna en 2004; Japón envió la suya en 2007; la India en 2008. El primero de octubre de 2010, el sexagésimo primer Día Nacional de la República Popular China realizó un lanzamiento perfecto de su segunda sonda lunar no tripulada, cuya labor era evaluar posibles sitios de alunizaje para la tercera sonda china.

Rusia también planea una visita. Brasil, Israel, Irán, Corea del Sur y Ucrania, así como Canadá, Francia, Alemania, Italia y el Reino Unido han creado sólidas y activas agencias espaciales. Unas cuatro docenas de países operan satélites.

Sudáfrica acaba de formar su agencia nacional espacial; algún día habrá alguna agencia espacial Pan-Árabe. La colaboración multinacional se vuelve algo de rigor. Más allá, así como al interior de Estados Unidos, la mayoría de los científicos reconocen que el espacio es un área común — un dominio apropiado sólo para la colectividad — y anticipan que el progreso colectivo continúe a pesar de las crisis, las limitaciones y los contratiempos.

Neil deGrasse Tyson ha pensado, escrito y hablado sobre todas estas cosas y muchas más. En este volumen hemos reunido quince años de comentarios sobre exploración espacial, y los hemos organizado bajo lo que parece un esquema orgánico:

Parte I: «¿Por qué?»

Parte II «¿Cómo?», y

Parte III «¿Por qué no?».

¿Por qué el animal humano se pregunta por el espacio y por qué debemos explorarlo?

¿Cómo es que hemos logrado llegar al espacio, y cómo podremos alcanzarlo en el futuro? ¿Qué obstáculos impiden la realización de los sueños más osados de los entusiastas del espacio? Una disección de la política del espacio abre la antología; una deliberación sobre el significado del espacio la completa. Al final hay apéndices indispensables: tablas que muestran los presupuestos de las múltiples agencias de gobierno estadounidenses y las de otros países, así como la trayectoria del gasto en la NASA durante medio siglo en relación con el gasto federal total y la economía estadounidense en general. En línea puedes consultar el texto de la Ley de Aeronáutica y el Espacio de 1958 y extractos de legislaciones relacionadas.

Eventualmente, si no como astronautas, entonces como átomos, nos atraparé la tormenta de polvo helado, la radiación electromagnética, la ausencia de sonido y el peligro que constituyen el espacio. En este momento, en cambio, Tyson está en el escenario, listo para conducirnos a través de catástrofes en un momento y doblarnos de risa en el siguiente. Escúchenlo, porque vivir fuera del planeta puede ser lo que sigue.

AVIS LANG

Prólogo

Políticas espaciales

Desarrollas una conciencia global instantánea, una orientación hacia las personas, una intensa inconformidad con el estado del mundo y una compulsión por hacer algo al respecto.

Desde allá en la Luna, la política internacional parece tan insignificante.

Quieres agarrar a un político del pellejo de la nuca y arrastrarlo un cuarto de millón de millas hacia el espacio y decirle: «¡Mira eso!».

*EDGAR MITCHELL, ASTRONAUTA
DEL APOLLO 14, 1974*

Algunas personas piensan con más frecuencia de manera emotiva que política. Algunos piensan con más frecuencia de manera política que racional. Otros nunca piensan de manera racional acerca de nada.

No hay un juicio implícito en lo dicho. Es sólo una observación.

Algunos de los saltos más creativos dados por la mente humana han sido decididamente irracionales, incluso primitivos. Las fuerzas emotivas son las que conducen las expresiones artísticas e

inventivas más grandes de nuestra especie. ¿De qué otra manera podría entenderse la frase «Es o un loco, o un genio»?

Está bien ser completamente racional, siempre y cuando todos los demás lo sean también.

Pero aparentemente este estado sólo ha sido alcanzado en la ficción en el caso de los Houyhnhnms, la comunidad de caballos inteligentes que se encuentra Lemuel Gulliver durante sus viajes en el siglo XVIII (el nombre «Houyhnhnm» se traduce en el lenguaje local como «perfección de la naturaleza»). También hallamos a una sociedad racional entre la raza Vulcana en la serie de ciencia ficción por siempre popular, *Star Trek*.

En ambos mundos, las decisiones de la sociedad se toman con eficiencia y distancia, sin pompa, apasionamientos ni fingimientos.

Para gobernar una sociedad que comparten las personas de emoción, las personas de razón y a todos los que se hallen entre estos extremos — así como a personas que piensan que sus acciones están conducidas por la lógica pero en realidad son los sentimientos y las filosofías no empíricas las que les dan forma — se necesita de la política. En el mejor de los casos, la política navega entre todos estos estados mentales en pos del bien común, cuidadosa de los escollos pedregosos de la comunidad, la identidad y la economía. En el peor, la política prospera en la divulgación incompleta y la tergiversación de los datos requeridos por un electorado para tomar decisiones informadas, ya sea que se llegue a ellas a través de la lógica o la emoción.

En este paisaje hallamos posturas políticas intratablemente diversas, sin que haya una esperanza obvia de consenso o convergencia. Algunos de los temas más candentes dentro de los temas candentes incluyen el aborto, la pena de muerte, el gasto en defensa, la regulación financiera, el control de las armas de fuego y las leyes hacendarias.

Tu postura ante estos temas se correlaciona fuertemente con el portafolio de creencias de tu partido político. En algunos casos es más que una correlación: es la base de una identidad política.

Todo esto puede dejarte pensando cómo es que puede suceder algo productivo bajo un gobierno tan fracturado políticamente. Como el comediante y presentador de televisión Jon Stewart dijo, si *con* es el opuesto de *pro*, entonces el Congreso debe ser el opuesto de Progreso.

Hasta hace poco, la exploración científica estaba por encima de la política partidista. La NASA era algo más que bipartidista; era apartidista. En específico, el apoyo de una persona para la NASA no tenía correlación con que esa persona fuera liberal o conservadora, demócrata o republicana, urbana o rural, pobre o rica.

El sitio de la NASA en la cultura estadounidense apoya aún más este punto. Los diez centros de la NASA están distribuidos a lo largo de ocho estados. Después de la elección federal de 2008, estos estaban representados en la Cámara por seis demócratas y cuatro republicanos; en la elección de 2010 la distribución se invirtió. Los senadores de aquellos estados estaban balanceados también, con ocho republicanos y ocho demócratas. Esta representación

«izquierda-derecha» ha sido una característica constante del apoyo que recibía la NASA durante los años. La Ley Nacional de Aeronáutica y el Espacio (National Aeronautics and Space Act) de 1958 entró en vigor durante el gobierno del presidente republicano Dwight D. Eisenhower. El presidente demócrata John F. Kennedy lanzó el programa Apollo en 1961. La firma del presidente republicano Richard M. Nixon está en la placa que los astronautas del Apollo 11 dejaron en la Luna en 1969.

Y quizá sea sólo una coincidencia, pero veinticuatro astronautas han salido del estado clave de Ohio — más que de ningún otro estado — incluido John Glenn (el primer estadounidense en orbitar la Tierra) y Neil Armstrong (el primer hombre en caminar sobre la Luna).

Si en algún momento las políticas partidistas se filtraron hacia las actividades de la NASA, estas aparecieron en los márgenes de las operaciones. Por ejemplo, el presidente Nixon pudo, en principio, haber enviado al portaaviones recién comisionado USS John F. Kennedy para sacar del Océano Pacífico el módulo de mando del Apollo 11. Habría sido un buen gesto.

En cambio, envió el USS Hornet, una opción mucho más oportuna en ese momento. El Kennedy nunca vio el Pacífico y estaba en el dique seco en Portsmouth, Virginia para el momento del regreso a Tierra en julio de 1969.

Consideremos este otro ejemplo: con cobijo del presidente republicano y amigo de la industria Ronald Reagan, el Congreso aprobó la Ley de Lanzamiento Espacial Comercial (Commercial

Space Launch Act) en 1984, que no sólo permitía sino que promovía el acceso de civiles a las innovaciones financiadas por la NASA relacionadas con los vehículos de lanzamiento y el *hardware* espacial; de esa manera abría la frontera espacial al sector privado.

Un demócrata podría o no haber concebido esa legislación, pero tanto un Senado republicano como una Cámara de representantes democrática la aprobaron, y el concepto es ahora tan estadounidense como la caminata espacial.

Uno podría decir incluso que los logros de la NASA trascienden a las naciones.

Las impresionantes imágenes del cosmos producidas por el telescopio espacial Hubble han acercado el universo distante a cualquiera que tenga una conexión a internet. Los astronautas del programa Apollo han aparecido en timbres postales de otros países, incluidos Dubái y Qatar. Y en el documental *In the Shadow of the Moon* de 2006, el astronauta del Apollo 12 Alan Bean, la cuarta persona en caminar sobre la Luna, comenta que durante sus viajes internacionales la gente le dice con júbilo «¡Lo logramos!». No dicen «¡Lo lograste!» o «¡Estados Unidos lo logró!». Quienes han caminado sobre la Luna, aunque 83 por ciento de ellos han sido militares y 100 por ciento hombres estadounidenses, son emisarios de nuestra especie, no de una nación o de una ideología política.

Aunque la NASA ha estado históricamente libre de este partidismo, no ha estado libre de política, animada en especial por fuerzas internacionales mucho mayores que cualquier iniciativa doméstica podría amasar. Con el lanzamiento soviético en 1957 del Sputnik 1,

el primer satélite artificial, el miedo obligó a Estados Unidos a entrar en la carrera espacial. Un año más tarde, la NASA misma nació en un clima de temores de la Guerra Fría. Apenas algunas semanas después de que los soviéticos pusieran a la primera persona en órbita, el miedo obligó a Estados Unidos a crear el programa Apollo para llegar a la Luna. En ese periodo, la Unión Soviética nos ganó en prácticamente todos los hitos importantes para medir el logro espacial: primera caminata espacial, caminata espacial más larga, primera mujer en el espacio, primer acoplamiento en el espacio, primera estación espacial, mayor tiempo acumulado en el espacio. Al declarar que la carrera era acerca de llegar a la Luna y nada más, Estados Unidos se dio permiso de ignorar todas las contiendas que perdió en el camino.

Al haber llegado a la Luna primero que los rusos, declaramos victoria y — sin que ellos tuvieran la oportunidad de poner a una persona en la superficie lunar — dejamos de ir hacia allá. ¿Qué sigue entonces? Los rusos «amenazaron»

con construir plataformas espaciales masivas, equipadas para observar todo lo que sucede en la superficie de la Tierra. Este esfuerzo de décadas, que comienza en 1971 con una serie de módulos espaciales Salyut (palabra rusa para «saludo»), culminó con la Estación Espacial Mir (palabra rusa para «paz»), la primera plataforma espacial habitada permanentemente, cuyo ensamblaje comenzó en 1986. Una vez más, al ser reactivos y no proactivos ante las fuerzas geopolíticas, Estados Unidos concluye que necesitamos una de esas también. En su discurso sobre el estado

de la nación en 1984, el presidente Reagan anunció los planes urgentes para diseñar y construir la Estación Espacial Freedom, en conjunto con naciones afines a nuestra postura política. Aunque el Congreso lo aprobó, el alcance total y los gastos del proyecto no sobrevivieron más allá de 1989, el año en el que surge la paz en Europa con el cierre de la Guerra Fría. El presidente Clinton recoge las piezas sin presupuesto, y para 1993, pone en juego una plataforma repensada — la Estación Espacial Internacional (armado requerido) — que propone la participación del antiguo archienemigo, Rusia. Este movimiento estratégico ofreció a los reacios ingenieros y científicos nucleares rusos algo interesante que hacer más allá de crear armas de destrucción masiva para nuestros adversarios emergentes en el mundo. Ese mismo año vería la cancelación del Supercolisionador Superconductor, un oneroso experimento de física que había sido aprobado en los ochenta durante un Congreso de la Guerra Fría. Un incosteable exceso de gastos es la razón esgrimida para justificar la cancelación, pero uno no puede ignorar el hecho políticamente abrasivo de que tanto la estación espacial como el colisionador serían administrados en Texas, lo que significaba muchos más beneficios gubernamentales de los que cualquier estado merece dentro de un solo ciclo presupuestal. La historia, sin embargo, da una razón aún más profunda. En tiempos de paz, el colisionador no gozó del mismo valor estratégico para la seguridad nacional como la estación espacial. Una vez más, la política y la guerra vencían al deseo de descubrimiento.

Más allá de las alianzas militares, la Estación Espacial Internacional sigue siendo una de las colaboraciones entre países más exitosas. Además de Rusia, los miembros participantes incluyen a Canadá, Japón, Brasil y once naciones miembro de la Agencia Espacial Europea: Bélgica, Dinamarca, Francia, Alemania, Italia, Holanda, Noruega, España, Suecia, Suiza y el Reino Unido.

Citando violaciones a los derechos humanos, China queda excluida de esta colaboración. Pero eso no fue suficiente para frenar a un país ambicioso. Sin inmutarse, China creó un programa espacial independiente, y lanzó a Yang Liwei como su primer taikonauta en 2003. Como los primeros astronautas estadounidenses, Yang era un piloto de combate. Su elección, junto con otras acciones dentro del programa espacial chino, — como la eliminación cinética de un satélite climático inservible pero aún en órbita mediante un misil balístico de mediano alcance — ha provocado que algunos analistas estadounidenses vean a China como un adversario con la capacidad de amenazar el acceso estadounidense al espacio, así como los bienes estadounidenses que ahí residen.

¿No sería un giro curioso si la respuesta vigorosa de China a nuestra negativa a que participaran en la Estación Espacial Internacional resultara en la fuerza que incentivara una nueva serie de logros espaciales competitivos en Estados Unidos, culminando esta vez con una misión tripulada hacia Marte?

En promedio, a lo largo de su historia, la NASA ha gastado alrededor de 100 mil millones de dólares (de ahora) cada cinco o seis años. Ninguna de las iniciativas más caras de la NASA

(incluidos los programas Mercury, Gemini y Apolo, la investigación sobre propulsión, el Transbordador Espacial y la Estación Espacial) han sido motivadas por la ciencia, el descubrimiento o el mejoramiento de la vida en la Tierra. Cuando la ciencia avanza, cuando los descubrimientos se revelan, cuando la vida en la Tierra mejora, estas iniciativas suceden como un beneficio secundario y no como un objetivo primario de la misión geopolítica de la NASA.

El no asumir estas realidades simples ha llevado a un interminable análisis ilusorio sobre el propósito de la NASA, dónde ha estado esta y hacia donde es probable que se mueva.

El 20 de julio de 1989, veinte años después del alunizaje del Apolo 11, el presidente George Bush Sr. pronunció un discurso en el Museo Nacional del Aire y el Espacio (National Air and Space Museum), en el que aprovechaba el auspicioso aniversario para anunciar la Iniciativa de Exploración Espacial (Space Exploration Initiative).

Reafirmaba la necesidad de la Estación Espacial Freedom, pero también pedía una presencia permanente en la Luna y un viaje tripulado hacia Marte. El presidente, invocando a Colón, equiparó su plan con episodios épicos de descubrimiento en la historia de las naciones. Dijo todo lo adecuado, en el momento y el lugar preciso. ¿Cómo es posible que retórica tan conmovedora no haya funcionado? Funcionó para el presidente Kennedy el 12 de septiembre de 1962, en el estadio de Rice University en Houston. Ahí fue donde y cuando describió lo que sería el programa Apolo, y declaró con un candor fiscal poco común: «Hay que decirlo, todo

esto nos cuesta mucho dinero. Este año el presupuesto espacial es tres veces mayor de lo que fue en enero de 1961, y es mucho mayor que el presupuesto espacial de los ocho años pasados juntos».

Quizá todo lo que le hacía falta a Bush era algo de ese famoso carisma que Kennedy poseía. O quizá necesitaba algo más.

Poco después del discurso de Bush, un grupo liderado por el director del Centro Espacial Johnson de la NASA presentó un análisis de costos para el plan completo que reportaba un encogimiento de las arcas; una asfixia provocada por el Congreso al revelar que el presupuesto total era de 500 mil millones de dólares a lo largo de los siguientes veinte o treinta años. La Iniciativa de Exploración Espacial estaba muerta al nacer. ¿Era más cara de lo que Kennedy pidió y consiguió? No.

Era más barata. No sólo eso: ya que 100 mil millones a lo largo de cinco o seis años representan los fondos básicos de la NASA, treinta años de ese nivel de gastos llega a los 500 mil millones sin haber incrementado el presupuesto.

Los resultados opuestos de estos dos discursos no tuvieron nada que ver con la voluntad política, con el sentimiento público, con lo persuasivo de los argumentos, ni siquiera con el costo. El presidente Kennedy estaba en guerra con la Unión Soviética, mientras que el presidente Bush no estaba en guerra con nadie. Cuando se está en guerra, el dinero fluye como de un barril abierto, y la existencia o la ausencia de otras variables es totalmente irrelevante; incluido el carisma personal.

Mientras tanto, los fanáticos del espacio que no consideran la importancia de la guerra en el panorama del gasto público tienen la ilusoria certeza de que lo único que hace falta ahora es un visionario emprendedor como JFK. Juntemos eso con la dosis correcta de voluntad política, dicen, y sin duda estaríamos en Marte desde hace tiempo, con cientos si no es que miles de personas viviendo y trabajando en colonias espaciales. El visionario del espacio de Princeton Gerard K. O'Neill, entre otros, imaginaron que todo esto sucedería para el año 2000.

Los contrarios de los fanáticos del espacio — los aguafiestas del espacio — son aquellos que están convencidos de que la NASA es un desperdicio del dinero de los contribuyentes y que los fondos destinados a los centros de la NASA son el equivalente a la asignación de fondos públicos con fines electoreros. Este tipo de fondos, claro, es dinero conseguido por miembros del Congreso para beneficio exclusivo de sus propios distritos, sin beneficio para ningún otro. NASA, a todas luces, es lo opuesto de esto. La nación y el mundo prosperan gracias a las innovaciones regionales de la NASA, y estas han transformado la manera en que vivimos.

He aquí un experimento que vale la pena echar a andar. Durante la noche, colarse a la casa de algún escéptico de la NASA y sustraer todas las tecnologías del hogar y sus alrededores que fueron producto directo o indirecto de la influencia de las innovaciones espaciales: microelectrónica, GPS, lentes resistentes a ralladuras, herramientas inalámbricas, colchones y almohadas de gomaespuma con memoria, termómetros de oído, filtros de agua

caseros, plantillas para zapatos, aparatos de telecomunicación de larga distancia, detectores de humo ajustables y las canaletas de seguridad en el pavimento, por mencionar sólo unas cuantas. Y mientras uno está ahí, habría que revertirle su cirugía ocular LASIK.

Al despertar, este escéptico se enfrentaría a una existencia yerma en un estado de insostenible pobreza tecnológica, con mala vista, al tiempo que le llueve todo el tiempo por no poder acceder al pronóstico satelital del clima.

Cuando las misiones tripuladas de la NASA no están haciendo avanzar la frontera espacial, las actividades científicas de la NASA tienden a dominar los titulares nacionales sobre el espacio, y las noticias surgen actualmente de cuatro divisiones: ciencias de la Tierra, heliofísica, ciencia planetaria y astrofísica. La NASA llegó a gastar 40 por ciento de su presupuesto en estas actividades durante el 2005. Durante la era Apollo, el porcentaje anual dedicado a ellas oscilaba alrededor de los quince puntos porcentuales. Promediado a lo largo del medio siglo de existencia de la NASA, el porcentaje anual dedicado a la ciencia se ubica alrededor de los veinte puntos. Para ponerlo en términos sencillos, la ciencia no es una prioridad presupuestal ni para la NASA ni para ninguno de los miembros del Congreso que votaron para apoyar el presupuesto de la NASA.

Y aún así, la palabra «ciencia» nunca está lejos del acrónimo NASA cuando alguien discute por qué importa la agencia. Como resultado, a pesar de que las fuerzas geopolíticas hacen avanzar la

exploración espacial, tal exploración realizada en nombre de la ciencia sólo sucede en el discurso público. Esta discordancia entre la verdad y la verdad percibida lleva a obtener dos resultados. En los discursos y los testimonios, los legisladores enfatizan exageradamente los réditos científicos obtenidos de los programas y las misiones tripuladas de la NASA. El senador John Glenn, por ejemplo, ha sido presto para celebrar el potencial científico de la gravedad cero de la Estación Espacial Internacional. Pero con su presupuesto de 3 mil millones por año, ¿es ese el modo en el que una comunidad de científicos elegiría gastar el dinero? Mientras tanto, en la comunidad académica, los científicos con pedigrí critican fuertemente a la NASA cada que se gasta dinero en exploración marginal que tiene poco o ningún rédito científico. Entre otros que comparten esta postura, el físico de partículas y ganador del Nobel Steven Weinberg es particularmente directo, como por ejemplo, en una declaración del 2007 a un reportero de Space.com, durante una conferencia científico en el Instituto de Ciencias de Telescopios Espaciales (Space Telescope Science Institute) de Baltimore:

La Estación Espacial Internacional es un fracaso orbital... De ella no ha salido ningún avance científico importante.

Casi podría decir que no ha salido nada de ciencia. Y podría ir más allá, decir que todo el programa espacial tripulado, que es extremadamente caro, ha producido nada de valor.

... El presupuesto de la NASA incrementa, y el incremento está siendo motivado por lo que me parece ser, parte del presidente y

de los administradores de la NASA, una fijación infantil con poner personas en el espacio, algo que tiene muy poco o ningún valor científico.

Sólo aquellos que creen en el fondo que la NASA es (o debe ser) la agencia de financiamiento privado exclusiva de los científicos podrían decir algo así. Aquí hay otro: un extracto de la carta de renuncia de Donald U. Wise, el científico lunar en jefe de NASA.

Aunque menos áspero que las declaraciones de Weinberg, comparte el espíritu:

He atestiguado la toma de una serie de decisiones administrativas básicas, de reubicación prioridades, de fondos y de recursos humanos lejos de la maximización de las habilidades de exploración... y hacia el desarrollo de nuevos sistemas espaciales tripulados.

Hasta que [la NASA] determine que la ciencia es una de las funciones principales del vuelo espacial tripulado y por tanto debe ser apoyado con suficientes fondos y recursos humanos, cualquier otro científico en mi posición probablemente pase su tiempo de manera inútil.

Con estos comentarios como evidencia, uno podría suponer que el interés de la NASA en la ciencia ha disminuido desde los primeros días. Pero la carta de Wise es, de hecho, de aquellos días: 24 de

agosto de 1969, treinta y cinco días después de que pisamos por primera vez la Luna.¹

Qué lujo es lamentarse desde una torre de marfil porque la NASA está gastando muy poco en ciencia. Lo que estas quejas no imaginan es el hecho de que sin los motores geopolíticos, no habría ciencia en la NASA siquiera.

El programa espacial estadounidense, espacialmente en la era dorada de Apollo y su influencia sobre los sueños de una nación, es material retórico fértil para casi cualquier ocasión. Sin embargo, el mensaje más profundo con frecuencia se olvida, se aplica mal o se olvida por completo. En un discurso dado en la Academia Nacional de Ciencias (National Academy of Sciences) el 27 de abril de 2009, el presidente Barack Obama habló con floritura poética del papel de la NASA en la innovación estadounidense:

El presidente Eisenhower firmó una legislación para crear la NASA y para invertir en educación científica y matemática, desde la primaria hasta el posgrado. Y unos cuantos años más tarde, un mes después de su discurso de 1961 ante la Reunión Anual de la Academia Nacional de Ciencias, el presidente Kennedy declaró con osadía ante el Congreso que los Estados Unidos enviarían a una persona a la Luna y la regresarían a la Tierra.

1 Carta de Donald Wise, científico en jefe y director, Oficina de Exploración Lunar Apollo, NASA, a Homer Newell, administrador asociado, NASA, 24 de agosto, 1969. Reimpresa en John M. Logsdon, et al., Exploring the Unknown: Selected Documents in the History of U.S. Civil Space Program, vol. 5: Exploring the Cosmos, NASA SP-2001-4407 (Washington, DC: Government Printing Office, 2001), 185-86

La comunidad científica se unió a este propósito y se dedicó a hacerlo realidad. Y no sólo llevaría a dar esos primeros pasos en la Luna; llevó a grandes saltos en nuestro entendimiento aquí, en nuestro hogar. El programa Apollo produjo tecnologías que mejoraron la diálisis renal y los sistemas de purificación de agua; sensores para evaluar gases peligrosos; materiales constructivos ahorradores de energía; telas resistentes al fuego utilizadas por bomberos y soldados. Y más ampliamente, la inmensa inversión en aquella época — en ciencia y tecnología, en educación e investigación — produjo una gran cascada de curiosidad y creatividad, cuyos beneficios son incalculables.

Lo que es sorprendente sobre el mensaje de Obama es que el punto de su discurso era advertir a la Academia sobre la Propuesta de Ley de Recuperación y Reinversión Estadounidense (American Recovery and Reinvestment Act) — una legislación que encaminaría lo presupuestos de la Fundación Nacional de Ciencias (National Science Foundation), la Oficina de Ciencia del Departamento de Energía (Science Office of the Department of Energy), y el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (National Institute of Standards and Technology) a duplicarse en los años siguientes. ¿Sin duda el presupuesto de la NASA se duplicaría también? No. Todo lo que la NASA obtuvo fue una directriz sobre cómo distribuir de manera distinta mil millones de dólares del dinero que ya gasta. Dado que la exploración del espacio era el alma retórica del

discurso del presidente, ese movimiento desafía todo análisis racional, político e incluso emocional.

Para su segundo discurso sobre el estado de la nación, pronunciado el 26 de enero de 2011, el presidente Obama una vez más citó la carrera espacial como un catalizador de innovación científica y tecnológica.

Aquel «momento Sputnik» original — cristalizado en el discurso de 1961 que dio Kennedy ante el Congreso — es lo que nos llevó a la Luna y lo que elevó los estándares para la visión y el liderazgo estadounidense en el siglo XX.

Como dijo correctamente el presidente, «hemos desatado una oleada de innovación que ha creado nuevas industrias y millones de nuevos empleos».

Citando las abultadas inversiones que otros países realizan en sus propios futuros tecnológicos, y al mismo tiempo el fracaso del sistema educativo estadounidense para competir a nivel mundial, Obama declaró que este preocupante desequilibrio sería el momento Sputnik de esta generación. Y luego nos retó a que para 2015 (1) tuviéramos un millón de vehículos eléctricos en las calles y (2) desplegáramos la nueva generación de internet inalámbrico de alta velocidad a 98 por ciento de los estadounidenses; y que para 2035 (1) obtuviéramos el 80 por ciento de la electricidad consumida en el país de fuentes limpias de energía y (2) diéramos a 80 por ciento de los estadounidenses acceso a trenes de alta velocidad.

Metas encomiables, todas ellas.

Pero creer que una lista como esa es el fruto futuro de un momento Sputnik contemporáneo desanima al entusiasta del espacio. Revela un cambio de visión a lo largo de las décadas, de los sueños del mañana a los sueños de tecnologías que ya deberíamos tener.

Después de la pérdida del Transbordador Espacial Columbia y su tripulación de siete personas el 1 de febrero de 2003, el público y la prensa, así como legisladores clave, pidieron una nueva perspectiva para NASA — una con sus miras puestas más allá de la órbita baja terrestre.

Qué mejor momento para reevaluar un programa que después de un desastre. Da qué pensar, sin embargo, que el desastre del Challenger, en 1986, que también resultó en la pérdida de una tripulación de siete personas, no desatara un llamado similar a replantear la misión de la NASA. ¿Por qué? En 1986, no pasaba mucho con la comunidad espacial china. En cambio, el 15 de octubre de 2003, China lanzó a su primer taikonauta a la órbita terrestre y se convirtió con ello en la tercera nación en unirse al club de los viajeros espaciales.

Apenas unos tres meses después, el 15 de enero de 2004, la Casa Blanca del presidente Bush anunció su nueva Visión para la Exploración Espacial (Vision for Space Exploration). El momento llegó para que los Estados Unidos abandonaran la órbita baja terrestre.

La Visión era un plan básicamente coherente que proponía completar la Estación Espacial Internacional y el retiro del Transbordador Espacial de la NASA para el final de la década. Los

fondos recuperados se reutilizarían para crear una nueva arquitectura de lanzamiento para llevarnos de nuevo a la Luna y hacia lugares más distantes. Pero al comienzo de febrero de 2004 (gracias a mi designación por parte del presidente Bush para formar parte de los nueve miembros de la Comisión de Implementación de la Política de Exploración Espacial de Estados Unidos [Commission on Implementation of United States Space Exploration Policy], cuyo mandato era trazar una ruta de acción sostenible y costeable), comencé a darme cuenta de que había una pátina de partidismo apareciendo en la NASA y en la política espacial del país. Las alianzas partidistas más fuertes estaban nublando, distorsionando e incluso cegando las sensibilidades espaciales de las personas a lo largo de todo el espectro político.

Algunos demócratas que gustaban de golpear al presidente Bush, predispuestos a pensar política y no racionalmente, se apresuraron a criticar el plan porque decían que la nación no podía pagarlo, a pesar de que nuestra comisión tenía el mandato de mantener los costos a raya. Otros demócratas argumentaron que esa visión del espacio no daba detalles sobre su implementación.

Sin embargo, los documentos complementarios estaban disponibles de manera gratuita en la Casa Blanca y en NASA. Consideremos también que el presidente Bush pronunció su discurso sobre el plan en las oficinas de la NASA en Washington D.C. Ningún presidente en funciones había hecho algo así. Para cubrir a la costa oeste, Bush encomendó al vicepresidente Cheney a que pronunciara

un discurso en los Laboratorios de Propulsión de la NASA en Pasadena, California el mismo día.

(A manera de comparación, el discurso del presidente Kennedy del 25 de mayo de 1961 a la sesión conjunta del Congreso contenía sólo unos cuantos párrafos que urgían a destinar fondos para una misión a la Luna). Otros demócratas enfadados, todavía enardecidos por la controvertida elección del 2000 y profundamente insatisfechos por el primer periodo de Bush en la presidencia, usualmente comentaban que debíamos enviar a Bush a Marte.

A fin de cuentas, las críticas no sólo carecían de fundamentos sino que también dejaban en evidencia un sesgo partidista que no había hallado durante mis años expuesto a las políticas sobre el espacio — aunque me da gusto poder reportar que después de que pasaron todas las reacciones viscerales, la Visión para la Exploración Espacial (Vision for Space Exploration) obtuvo un fuerte apoyo bipartidista.

Con Barack Obama como presidente al inicio del 2009, el nivel de inquina de los republicanos extremistas excedió el de los demócratas extremistas quienes no hallaban nada elogiabile en nada de lo que decía, pensaba o hacía el presidente Bush. El 15 de abril de 2010, Obama dio un discurso sobre política espacial en el Centro Espacial Kennedy en Florida en el que estuve presente.

Descartando el carisma casi *kennedyesco* de Obama y sus indiscutibles dones retóricos, puedo decir objetivamente que ofreció un mensaje poderoso y esperanzador para el futuro de la exploración espacial estadounidense — una visión que nos llevará a

múltiples lugares más allá de la órbita baja de la Tierra, incluidos algunos asteroides. También reafirmó la necesidad de retirar al Transbordador Espacial y habló con añoranza de Marte.

El presidente Obama incluso fue un paso más allá, al sugerir que ya habíamos estado en la Luna, ¿para qué regresar ahí? Ya lo hicimos, ya lo logramos. Con un vehículo de lanzamiento avanzado — uno que supera las antiguas tecnologías de cohetes pero que tomará muchos años desarrollar — podríamos dejar de lado la Luna y dirigirnos directamente a Marte para mediados de la década de los 2030, justo cuando Obama espera que 80 por ciento de los estadounidenses abandonen los autos y los aviones para viajar en trenes de alta velocidad.

Estuve presente. Sentí la energía en el lugar. Más importante aún, resonó en mí el entusiasmo de Obama por la NASA y su papel en la construcción del *zeitgeist* estadounidense. En cuanto a la cobertura que recibió el discurso, un encabezado típico de la prensa favorable a Obama decía «Obama pone la mira en Marte». La prensa contraria a Obama, en cambio, declaró: «Obama mata al programa espacial». No hay nada más partidista que eso.

Una multitud de manifestantes se reunió en las vías aledañas al Centro Espacial Kennedy ese día, con carteles que le pedían al presidente no destruir a la NASA. En las semanas siguientes, muchas personas — incluidos astronautas de renombre — se sintieron obligados a tomar partido. Dos de los que han caminado en la Luna y que han sido críticos con el plan de Obama de no regresar a ella testificaron ante el Congreso: Neil Armstrong del

Apollo 11 y Eugene Cernan del Apollo 17 hicieron una presentación emotiva como el primer y el último paso dado en la Luna. Por otro lado, el compañero de módulo de mando de Armstrong, Buzz Aldrin apoyó decididamente el plan de Obama y acompañó al presidente a Florida en el avión presidencial.

O bien Obama dio dos discursos ese día y yo escuché sólo uno de ellos, o todos los demás en ese lugar (yo incluido, quizá) sufrimos un caso grave de escucha selectiva.

De hecho, el presidente dio más de un discurso ese día — o mejor dicho, su único plan coherente tenía consecuencias distintas para distintas personas. Como un académico con una visión de largo plazo, me enfoqué en la visión a treinta años de Obama sobre NASA y la celebré. Pero para alguien que quiere tener acceso ininterrumpido al espacio, en el vehículo de lanzamiento de su propio país, controlado por astronautas de su propio país, cualquier alto a nuestro acceso al espacio es simplemente inaceptable. Es útil recordar que durante la pausa en el lanzamiento de transbordadores que siguió a la tragedia del Columbia, los rusos con gusto «transportaron» a nuestros astronautas hacia y desde la Estación Internacional Espacial a bordo de sus confiables cápsulas Soyuz. Así que la estipulación de que el acceso estadounidense a la órbita debe hacerse en un aparato manufacturado por nosotros mismos puede ser una instancia en la que el orgullo puede más que la practicidad. Y por cierto, apenas si se dijo nada cuando en 2004 el presidente Bush propuso por primera vez retirar el

Transbordador. El presidente Obama únicamente estaba continuado el plan de Bush.

Vistas de manera superficial, las reacciones adversas a las palabras de Obama no necesariamente reflejan una división partidista.

Pueden ser simplemente genuinas diferencias de opinión.

Pero no lo son.

Las perspectivas y las actitudes estaban divididas tajantemente a lo largo de las líneas partidistas, y requirieron compromisos como ramas de olivo en el Congreso antes de que pudiera conciliarse y aprobarse un nuevo presupuesto para la NASA. Una carta a la que fui invitado a enviar a los legisladores — en la que se reafirmaba el valor de la NASA para la identidad y el futuro estadounidense al tiempo que solicitábamos una solución pronta al *impasse* — fue una de las varitas de esas ramas de olivo.

Una pandilla bipartidista de congresistas en pos de una solución intentó alterar la propuesta presidencial y el presupuesto asociado a la NASA de tal manera que fuera posible aplacar la resistencia fundamentalmente republicana.

Buscaban acelerar el diseño y la construcción de la arquitectura de lanzamiento de cargas pesadas que permitirá la primera misión tripulada más allá de la órbita baja de la Tierra desde el cohete Saturn V durante la era Apollo. Este ajuste engañosamente simple al plan habría ayudado a cerrar la brecha entre el ocaso de los transbordadores estadounidenses y el amanecer de una nueva era en la capacidad de lanzamiento — y, como consecuencia, preservar

los empleos en la industria aeroespacial que el plan de Obama habría desestabilizado.

¿Empleos? ¿De eso se trata todo esto? Entonces ya queda todo claro.

Pensaba que el asunto real era el imperativo cultural del acceso continuo al espacio y el destino de corto plazo del programa tripulado. Sin duda eso era lo que estaba detrás de todas esas pancartas y de toda esa retórica anti-Obama. Pero si lo que a todo el mundo le importa en verdad son los empleos, ¿por qué no decirlo? Si yo trabajara, a cualquier nivel, con transbordadores espaciales — en especial si fuera un contratista externo que proveyera apoyo a la NASA en ese tipo de operaciones — entonces lo único que habría escuchado del discurso del presidente habría sido la brecha entre el retiro del Transbordador y la llegada del siguiente cohete para lanzamientos fuera de la Tierra. Y si para lograr tal visión fueran necesarias nuevas tecnologías, no derivativas e inciertas, entonces la duración del periodo de inactividad de los vuelos espaciales tripulados en Estados Unidos también sería una incógnita, lo que significa que lo único cierto ante estas incertidumbres es que perderé mi empleo.

Dado que el Transbordador Espacial es una parte muy importante de las operaciones de la NASA y dado que sus socios industriales están dispersos a lo largo y ancho del territorio estadounidense, una oleada de desempleo se siente en muchos más lugares que sólo la Costa Espacial de Florida. El discurso del presidente Obama sí incluía una mención al financiamiento para programas de apoyo

para aquellos trabajadores cuyos empleos serían eliminados. También apuntó que su plan eliminaría menos empleos de los que habría eliminado la Visión para la Exploración Espacial de su antecesor — si es que este hubiera sido implementado.

Aún así, el presidente le dio un giro positivo a ese hecho al asegurar que «a pesar de algunos reportes que dicen lo contrario, mi plan creará más de 2,500 trabajos en la Costa Espacial a lo largo de los próximos dos años si lo comparamos con el plan propuesto por la anterior administración».

Un aplauso inmediato recibió a esa frase. Me pregunto cuál habría sido la reacción en el lugar si la aseveración de Obama hubiera sido un equivalente matemático más severo: «El plan de Bush habría destruido 10.000 empleos; el mío sólo destruirá 7,500».

No obstante los aplausos, el mensaje de Obama no encendió los corazones ni las mentes de cuadrillas enteras de trabajadores tecnológicos calificados quienes han forjado sus carreras de décadas haciendo todo lo necesario para poner el Transbordador Espacial en órbita. Así que cualquiera que no aprobara al presidente Obama antes del discurso en el Centro Espacial Kennedy ahora tenía razones de sobra para tildarlo de villano. En 1962 había dos países capaces de viajar al espacio.

Cincuenta años después, en 2012, habría dos naciones capaces de viajar al espacio, pero Estados Unidos no sería una de ellas.

Visto en retrospectiva, resulta obvio por qué no hubo ni una mención de los empleos perdidos en los mantras de los manifestantes anti-Obama: nadie, pero nadie, y menos un

republicano, quiere quedar como una persona que ve a la NASA como un programa de empleos del gobierno, aunque ese comentario ya se ha hecho en el pasado — no por un político, sino por un comediante. La siempre cándida y a veces cáustica Wanda Sykes le dedicó dos desdeñosas páginas de su libro *Yeah, I Said It* (2004) a los logros de la NASA. En el tema de los empleos, dice: «NASA es un programa de prestaciones de miles de millones de dólares para zoquetes realmente brillantes. ¿Dónde más van a conseguir trabajo? Son demasiado inteligentes para hacer cualquier otra cosa».

Entre las razones por la que uno podría estar en contra de la visión espacial de Obama, hay una mucho más profunda que el ir y venir de los empleos. En una democracia electoral, un presidente que articula cualquier meta cuyo alcance está más allá de su periodo como gobernante no puede garantizar que se va a alcanzar. De hecho, apenas si puede garantizar que las metas propuestas para cumplirse durante su administración se cumplirán. En cuanto a las metas que irritan las sensibilidades partidistas, un presidente en su segundo periodo se enfrenta al riesgo añadido de los cambios bianuales del partido al mando del Congreso.

Kennedy sabía muy bien lo que estaba haciendo en 1961 cuando planteó el objetivo de llevar a un ser humano a la Luna «antes de que termine la década». Si hubiera vivido y gobernado un segundo periodo, él habría sido presidente el 19 de enero de 1969. Y si el incendio en la plataforma de lanzamiento del Apollo que mató a tres astronautas no hubiera demorado el programa, sin duda habríamos llegado a la Luna durante su presidencia.

Ahora imagine, en cambio, que Kennedy hubiera planteado alcanzar la meta «antes de que termine el siglo».

Con una visión así, no es claro que habríamos siquiera logrado salir de la Tierra. Cuando un presidente promete algo que queda más allá de su presidencia, es en esencia imposible de hacerlo responsable de ello. No es su presupuesto el que va a llevar a término el trabajo. Ese es ahora el problema heredado de otro presidente — una bola que se deja caer con toda facilidad, un plan abandonado sin problema, un sueño fácilmente pospuesto. Así que no obstante la retórica brillante y visionaria de Obama, la política de su discurso era, empíricamente, un desastre. Lo único garantizado durante su periodo es que se interrumpiría el acceso de Estados Unidos al espacio.

Cada tantos años desde hace décadas, la NASA recibe una «nueva dirección». Muchas facciones distintas dentro del electorado creen saber qué es lo que la agencia necesita al tiempo que se disputan su futuro. Lo único bueno de estas batallas, lo único que renueva la esperanza, es que casi nadie discute si la NASA debería existir — un recordatorio de que todos somos depositarios del futuro incierto de nuestra agencia espacial.

Colectivamente, los textos seleccionados en este tomo investigan qué significa la NASA para Estados Unidos, y qué significa la exploración espacial para nuestra especie. Aunque el camino hacia el espacio es científicamente directo, tecnológicamente resulta muy desafiante y, en muchos momentos, políticamente intransitable. Existen soluciones, pero para alcanzarlas debemos abandonar

pensamientos falaces y emplear herramientas de navegación cultural que vinculan a la exploración espacial con la educación científica, la seguridad nacional y la prosperidad económica.

Equipados con tales herramientas, podemos vigorizar el mandato nacional de competir internacionalmente al tiempo que animamos la curiosidad atemporal de descubrir lo que hay más allá de los lugares que ya conocemos.

Parte I

¿Por qué?

§ 1. La fascinación del espacio²

Desde hace milenios las personas han mirado al cielo nocturno y se han preguntado por nuestro sitio en el universo. No fue sino hasta el siglo XVII que se pensó con seriedad en la posibilidad de explorarlo. En la Propuesta 14 de un libro encantador publicado en 1640, *The Discovery of a World in the Moone*, el clérigo y entusiasta de la ciencia inglés John Wilkins especula sobre lo que se necesitaría para viajar al espacio: Sin embargo, con seriedad y buenas bases, afirmo que es posible confeccionar un carruaje volador en el que el hombre pueda sentarse, y darle tal impulso como para que lo lance por el aire; y este, quizá, pueda ser lo suficientemente fuerte como para transportar a diversos hombres al mismo tiempo... Vemos una gran nave flotar del mismo modo que lo hace un corcho diminuto; un águila vuela por el aire igual que lo hace una mínima mosca... Así, no obstante todas las aparentes imposibilidades, es muy posible la invención de una manera de viajar a la Luna; y qué contentos estarán aquellos que tengan éxito en este intento.

Trescientos veintinueve años después, los seres humanos llegaron a la Luna abordo de un carruaje llamado Apollo 11, como parte de una inversión sin precedente en ciencia y tecnología, emprendida por un país relativamente joven llamado Estados Unidos de

² Adaptado de «*Why America Needs to Explore Space*», *Parade*, 5 de agosto de 2007.

Norteamérica. Dicha empresa condujo a medio siglo de riqueza y bienestar sin precedentes que ahora damos por hecho.

Ahora, con nuestro menguante interés en la ciencia, Estados Unidos está camino a rezagarse del resto del mundo industrializado en todos los indicadores de competencia tecnológica.

En décadas recientes, la mayoría de los estudiantes en las escuelas de posgrado de ciencias e ingenierías en Estados Unidos son extranjeros. Hasta la década de los noventa, muchos de ellos venían a Estados Unidos, conseguían su diploma y con gusto se quedaban aquí, empleados en nuestra fuerza de trabajo de alta tecnología.

Ahora, con oportunidades económicas emergentes en la India, China, y Europa del Este — las regiones con mayor representación en los programas de ciencias avanzadas e ingeniería en la academia —, muchos de los graduados eligen volver a casa.

No es una fuga de cerebros — porque Estados Unidos nunca ha reivindicado a estos estudiantes como propios —, pero sí es una especie de regresión de cerebros. El lento descenso desde el *penthouse*, propiciado por las inversiones que hemos realizado en el siglo XX en tecnología y ciencia, ha permanecido oculto todos estos años debido al talento importado. En la siguiente fase de esta regresión empezaremos a perder al talento que capacita al talento. Es un desastre en ciernes; la ciencia y la tecnología son los mayores motores del crecimiento económico en el mundo. Sin un renovado interés en estas áreas, el cómodo estilo de vida al que los estadounidenses se han acostumbrado se terminará rápidamente.

Antes de visitar China en 2002, tenía una imagen de una Beijing de grandes bulevares, llenos de bicicletas como medio principal de transporte. Lo que vi fue algo muy distinto. Claro que siguen ahí los bulevares, pero estaban llenos de autos de lujo; las grúas de construcción urdían un nuevo horizonte más allá de donde el ojo puede ver. China ha terminado de construir la controvertida Presa de Tres Gargantas en el río Yangtsé, el proyecto de ingeniería más grande del mundo — que generará más de veinte veces la energía de la Presa Hoover. También ha construido el aeropuerto más grande del mundo y, a partir del 2010, ha rebasado a Japón como la segunda economía del mundo.

Ahora lidera al mundo en exportaciones y emisiones de dióxido de carbono.

En octubre de 2003, después de lanzar a su primer taikonauta a la órbita terrestre, China se convirtió en la tercera nación capaz de viajar por el espacio (después de Estados Unidos y Rusia). El siguiente paso: la Luna. Estas ambiciones no sólo requieren dinero, sino también personas suficientemente inteligentes como para descifrar cómo hacerlas realidad, y líderes visionarios capaces de implementarlas.

En China, con una población que se acerca a los 1,500 millones de habitantes, si eres tan inteligente como para ser uno en un millón, entonces habrá 1,500 personas como tú.

Mientras tanto, Europa y la India están redoblando sus esfuerzos para realizar ciencia robótica en plataformas espaciales, y hay un interés creciente por la exploración espacial en más de una docena

de países alrededor del mundo, incluidos Israel, Irán, Brasil y Nigeria. China está construyendo un nuevo sitio de lanzamiento, cuya ubicación sólo 19 grados al norte del ecuador, la hace mucho mejor geográficamente para la mayoría de los lanzamientos espaciales que Cabo Cañaveral en Estados Unidos. Esta creciente comunidad de naciones preocupadas por el espacio está ávida de ocupar un lugar en el universo aeroespacial. Estados Unidos, contrario a la imagen que tenemos de nosotros mismos, ya no es líder; sólo somos participantes. Hemos retrocedido al quedarnos quietos.

[Tweet Espacial #1. 100.000: Altitud, en metros arriba de la superficie terrestre, a la que la Federación Internacional de Aeronáutica dice empieza el espacio.]

Pero todavía hay esperanza para nosotros.

Uno puede saber algo profundo acerca de una nación al observar lo que ha logrado como cultura. ¿Sabe cuál es el museo más popular del mundo de la última década?

No es el Museo Metropolitano de Nueva York. No es el Uffizi en Florencia. No es el Louvre en París. Con un promedio corriente de cerca de 9 millones de visitantes por año, es el Museo Nacional del Aire y el Espacio (National Air and Space Museum) en Washington, D.C., que contiene desde el aeroplano original de los hermanos Wright hasta la cápsula lunar del Apollo 11, y muchas cosas más. Los visitantes internacionales están ansiosos por ver los artefactos del aire y el espacio que guarda este museo porque son un legado

estadounidense para el mundo. Más importante aún, el NASM, por sus siglas en inglés representa el ansia por soñar y la voluntad por conseguir esos sueños. Estos rasgos son fundamentalmente humanos y han coincidido de manera fortuita con lo que significa ser estadounidense.

Cuando uno visita países que no tienen este tipo de ambiciones, uno puede sentir la ausencia de esperanza.

Debido a todo tipo de razones políticas, económicas y geográficas, las personas están reducidas a preocuparse por dónde pasar la noche o la comida del día siguiente. Es una pena, una tragedia, que muchas personas no puedan pensar sobre el futuro. La tecnología, con el liderazgo hábil, no sólo resuelve estos problemas sino que permite soñar con el mañana.

Por generaciones, los estadounidenses han esperado que haya algo nuevo y mejor en sus vidas con cada nuevo día — algo que hará que sus vidas sean un poco más agradables de vivir y un poco más iluminadoras.

Naturalmente, la exploración consigue esto. Todo lo que necesitamos es tomar conciencia de este hecho.

El más grande explorador de las últimas décadas ni siquiera es humano. Es el Telescopio espacial Hubble, que ha abierto a todos en la Tierra una ventana que amplía nuestro conocimiento del cosmos. Pero no siempre ha sido así.

En 1990 cuando fue lanzado, un error en la manufactura de su sistema óptico generó imágenes irremediablemente borrosas, para malestar de todos.

Pasaron tres años antes de que se instalaran instrumentos ópticos correctivos, los cuales permitieron obtener las imágenes altamente definidas que ahora damos pro hecho.

¿Qué hacer durante esos tres años de imágenes borrosas? Es un telescopio grande y caro. No es aconsejable dejarlo girando en órbita sin hacer nada.

Así que seguimos recabando datos, con la esperanza de que podríamos derivar algún tipo de conocimiento científico de ellos.

Astrofísicos entusiastas del Instituto de Ciencias de Telescopios Espaciales (Space Telescope Science Institute) en Baltimore, la sede de investigación del Hubble, no se quedaron cruzados de brazos.

Escribieron programas especializados en procesamiento avanzado de imágenes para identificar y aislar las estrellas en los panoramas desenfocados y abigarrados que el telescopio les entregaba. Estas técnicas novedosas permitieron realizar investigaciones científicas al tiempo que se planeaba una misión de reparación.

Mientras tanto, en colaboración con los científicos del Hubble, investigadores médicos en el Lombardi Comprehensive Cancer Center de Georgetown University Medical Center en Washington, D.C., advirtieron que el reto que enfrentaban los astrofísicos era similar al que enfrentaban los doctores en sus búsquedas visuales de tumores en las mastografías. Con fondos de la Fundación Nacional de Ciencias (National Science Foundation), la comunidad médica adoptó estas nuevas técnicas para ayudar en la detección temprana del cáncer de mama. Es decir que incontables mujeres

están ahora vivas gracias a las ideas que provocó una falla de diseño en el Telescopio espacial Hubble.

No se pueden planear este tipo de resultados, sin embargo ocurren a diario. La polinización entre disciplinas disímiles casi siempre crea paisajes de innovación y hallazgo. Y nada logra esto mejor que la exploración espacial, que echa mano de astrofísicos, biólogos, químicos, ingenieros y geólogos planetarios, cuyos esfuerzos colectivos tienen la capacidad de mejorar y apuntalar todo lo que valoramos en la sociedad moderna.

¿Cuántas veces hemos escuchado el mantra «Por qué gastamos millones de dólares en el espacio cuando tenemos tantos problemas aquí en la Tierra»?

Aparentemente, el resto del mundo no tiene problema para hallar respuestas satisfactorias a esta pregunta — aún cuando nosotros no seamos capaces de hacerlo. Replanteemos la pregunta en un modo revelador: «Como una fracción de sus impuestos hoy, ¿cuál es el costo total de los telescopios espaciales, las sondas planetarias, los exploradores en Marte, la Estación Espacial Internacional, el Transbordador Espacial, los telescopios por enviar a órbita y las misiones por lanzar al espacio?». La respuesta: medio punto porcentual de cada dólar. Medio centavo. Preferiría que fuera más: quizá dos centavos de cada dólar. Incluso durante la aclamada era Apollo, el gasto máximo de la NASA llegó a ser poco más de cuatro centavos de cada dólar recaudado. A ese nivel, la Visión para la Exploración Espacial (Vision for Space Exploration) estaría avanzando a pasos agigantados, con fondos que nos permitirían

ocupar nuestro lugar de liderazgo en una frontera en la que fuimos pioneros. En cambio, la Visión apenas si avanza, con el apoyo mínimo para mantenerse en la competencia y sin el apoyo necesario para llegar a liderarla.

Así que con más de noventa y nueve centavos de dólar de cada cien destinados a apoyar el resto de las prioridades de nuestra nación, el programa espacial no impide (nunca lo hecho) que otras cosas reciban dinero y sucedan. En cambio, las pasadas inversiones aeroespaciales de Estados Unidos han dado forma a nuestra cultura motivada por el descubrimiento en maneras que resultan obvias para el resto del mundo, lo reconozcamos nosotros o no. Pero somos una nación suficientemente rica como para realizar esta inversión en nuestro propio futuro — para conducir nuestra economía, nuestras ambiciones, y sobre todo, nuestros sueños.

§ 2. Exoplaneta Tierra³

Ya sea que prefiera arrastrarse, correr, nadar o caminar de un sitio a otro, usted podrá disfrutar de planos cortos de las interminables curiosidades que ofrece la Tierra. Podrá ver una vena de limo rosado en la pared de un cañón, una catarina comiendo un pulgón en el tallo de una rosa, una almeja saliendo de la arena. Lo único que hace falta es mirar.

Suba a un avión trasatlántico, sin embargo, y aquellos detalles desaparecen.

No hay pulgones apetitosos, ni almejas curiosas. Al llegar a la altura de crucero, cerca de siete millas arriba de la superficie, distinguir las carreteras más grandes se vuelve problemático.

El detalle desaparece conforme asciende uno en el espacio. Desde la ventana de la Estación Espacial Internacional, que orbita la Tierra a unas 225 millas de distancia, es posible atisbar Londres, Los Ángeles, Nueva York o París durante el día; no porque se puedan ver, sino porque uno ha aprendido dónde se hallan en las clases de geografía. De noche, las mega ciudades iluminadas se ofrecen como parches brillantes. De día, contrario a lo que dice el saber popular, el ojo humano es incapaz de ver las pirámides de Giza, o la Gran Muralla China. Su oscuridad resulta en parte del hecho de que están construidas de la misma tierra y piedras que el paisaje circundante. Aunque la Gran Muralla mide varios miles de millas, sólo tiene unos veinte pies de anchura — mucho más angosta que

³ Adaptado de «Exoplanet Earth», *Natural History*, febrero de 2006.

las carreteras interestatales en Estados Unidos que apenas se pueden ver desde un jet intercontinental.

[Tweet Espacial #2. Si la Tierra fuera del tamaño de un globo terráqueo escolar, la Estación Espacial estaría a 3/8 de pulgada de su superficie.]

Desde la órbita terrestre — además de las columnas de humo que se elevaban de los pozos petroleros incendiados en Kuwait al final de la primera Guerra del Golfo en 1991, y de los bordes verde y café que dividen a la tierra árida de la irrigada — el ojo sin ayuda no puede ver casi nada de lo construido por el hombre. En cambio se puede ver mucho del panorama natural: huracanes en el Golfo de México, icebergs en el Atlántico norte, erupciones volcánicas donde quiera que ocurran.

Desde la Luna, a un cuarto de millón de millas de distancia, Nueva York, París y el resto de los brillantes centros urbanos de la Tierra ni siquiera asoman como una chispita. Pero desde el mirador lunar podrá ver los principales frentes climáticos moverse en el planeta.

Vista desde Marte en su punto orbital más cercano — unos 35 millones de millas — podrá ver las cordilleras nevadas más grandes y los bordes de los continentes con ayuda de un telescopio comercial. Viaje usted a Neptuno, a 2.7 mil millones de millas de distancia, — apenas a unos pasos en la escala cósmica — y el Sol mismo se vuelve penosamente tenue, ocupando apenas una milésima parte del cielo diurno comparado con lo que ocupa en el

cielo diurno de la Tierra. ¿Y la Tierra? Una mancha, no más brillante que una estrella tenue, perdida en el brillo del Sol.

Una célebre fotografía tomada en 1990 desde la frontera exterior del Sistema Solar por la nave Voyager 1 muestra lo insignificante que se ve la Tierra desde el espacio profundo: un «punto azul pálido», como dijo el astrónomo estadounidense Carl Sagan. Y es generoso. Sin la ayuda de un pie de foto, quizá nunca la podríamos hallar.

¿Qué pasaría si unos alienígenas de grandes cerebros observaran los cielos con sus órganos visuales naturalmente superlativos, ayudados además por accesorios ópticos de vanguardia extraterrestre? ¿Qué características de la Tierra podrían detectar?

Lo azulado sería lo principal. El agua cubre más de dos tercios de la superficie de la Tierra; el Océano Pacífico por sí sólo cubre todo un lado del planeta. Cualquier tipo de seres con suficiente equipo y habilidad como para detectar el color de nuestro planeta sin duda inferirán la presencia de agua, la tercera molécula más abundante del universo.

Si la resolución de su equipo es suficientemente alta, los alienígenas podrán ver que se trata de algo más que un punto azul pálido. Verán las costas intrincadas, que sugieren que el agua está en estado líquido. Y estos alienígenas inteligentes sin duda sabrán que si un planeta tiene agua líquida, su temperatura y presión atmosférica tienen que ubicarse dentro de un rango determinado.

Los característicos polos helados de la Tierra, que se encogen y crecen según las variaciones estacionales de temperatura, también serían visibles.

Así también la rotación de 24 horas, porque las grandes masas de tierra aparecerán y desaparecerán a intervalos predecibles. Los alienígenas también verán cómo se suceden distintos sistemas climáticos; con suficiente estudio podrían incluso distinguir características relacionadas con las nubes en la atmósfera de las características relacionadas con la superficie de la Tierra.

Es momento de volver a la realidad: vivimos a diez años luz del exoplaneta conocido más cercano — es decir, un planeta que orbita a una estrella distinta al Sol. La mayoría de los catalogados como exoplanetas están a más de cien años luz. El brillo de la Tierra es menos de una billonésima parte del Sol, y la proximidad de nuestro planeta con aquel haría que cualquiera pudiera observar la Tierra con un telescopio óptico. Así que si los alienígenas nos descubren, estarían buscando en frecuencias de onda distintas a la de la luz visible — eso, o sus ingenieros están implementando una estrategia totalmente distinta.

Quizá hacen lo que nuestros cazadores de planetas hacen: monitorean a las estrellas para ver si se sacuden a intervalos regulares. Las sacudidas periódicas de una estrella revelan la existencia de un planeta que la órbita y que de otra manera su brillo sería demasiado tenue como para ser descubierto directamente. El planeta y la estrella giran en torno a su centro de masa común. Entre más masivo sea el planeta, más grande debe ser la órbita de la estrella alrededor del centro de masa y más evidente será la sacudida al analizar la luz de la estrella.

Desafortunadamente para los alienígenas cazadores de planetas, la Tierra es diminuta, y por ello el Sol apenas si da un temblor, lo que representa un desafío mayor para los ingenieros extraterrestres.

Las ondas radiales quizá podrían funcionar.

Quizá esos alienígenas chismosos tienen algo parecido al Observatorio Arecibo en Puerto Rico, donde se encuentra el radiotelescopio más grande del mundo — que quizá haya visto en algunos planos iniciales de la película *Contacto*, basada en una novela de Carl Sagan. Si lo tienen, y si lo sintonizan a las frecuencias adecuadas, sin duda descubrirán a la Tierra, una de las fuentes más «ruidosas» del cielo.

Considere todo lo que tenemos que genera ondas radiales: no sólo el radio mismo, sino la televisión, los teléfonos móviles, los hornos de microondas, las puertas a control remoto, los radares comerciales y militares y los satélites de comunicaciones. Estamos en llamas — evidencia espectacular de que aquí sucede algo inusual, porque en su estado natural los pequeños planetas rocosos casi no emiten ondas radiales.

Así que si los alienígenas apuntan su propia versión del radiotelescopio en nuestra dirección, podrían inferir que nuestro planeta es hogar de cierta tecnología. Hay una complicación, sin embargo: hay muchas otras interpretaciones posibles. Quizá no sean capaces de distinguir la señal de la Tierra de todas las que emiten los otros grandes planetas de nuestro Sistema Solar, fuentes todos de importantes ondas radiales. Quizá piensen que seamos un raro tipo de planeta altamente radial. Quizá no puedan distinguir

las emisiones de la Tierra de las del Sol, lo que los llevará a concluir que el Sol es un tipo extraño de estrella intensamente radial.

Los astrofísicos aquí en la Tierra, en la Universidad de Cambridge en Inglaterra, se toparon con un problema similar en 1967. Al escudriñar los cielos con un radiotelescopio para buscar alguna fuente de ondas radiales intensas, Anthony Hewish y su equipo descubrieron algo extraño: un objeto que pulsaba en intervalos precisos y repetitivos de poco más de un segundo.

Jocelyn Bell, una estudiante de posgrado de Hewish, fue la primera en advertirlo.

Pronto los colegas de Bell establecieron que los pulsos provenían desde una gran distancia. Se pensaba que la señal era producto de algo tecnológico, alguna otra cultura que emitía la evidencia de sus actividades a través del espacio. Era una conclusión irresistible. Según lo contó Bell en un discurso de 1976: «No teníamos ninguna prueba de que fuera una emisión radial totalmente natural... Ahí estaba yo intentando obtener mi doctorado utilizando una nueva tecnología, y unos monitos verdes habían elegido mi antena y mi frecuencia para comunicarse con nosotros». Dentro de unos pocos años, sin embargo, descubrió que había otras señales que se repetían, provenientes de otras partes de nuestra galaxia. Bell y sus asociados cayeron en la cuenta de que habían descubierto un nuevo tipo de objeto cósmico — las estrellas pulsantes — que, inteligente y adecuadamente, bautizaron como pulsares.

Resulta que interceptar ondas de radio no es la única manera de investigar.

También está la cosmoquímica. El análisis químico de las atmósferas planetarias se ha convertido en una rama muy activa de la astrofísica moderna. La cosmoquímica depende de la espectroscopía — el análisis de la luz mediante un espectrómetro, que divide la luz al estilo de un arcoíris en sus colores componentes. Al explotar las herramientas y las tácticas de los espectroscopistas, los cosmoquímicos pueden inferir la presencia de vida en un exoplaneta, independientemente de si esa vida es sensible, inteligente o si tiene tecnología.

El método funciona porque todo elemento, toda molécula — sin importar en qué parte del universo exista — absorbe, emite, refleja y dispersa luz de manera única. Haga pasar luz a través de un espectrómetro y descubrirá detalles que bien podrían llamarse huellas digitales químicas. Las huellas más visibles las hacen los componentes químicos que se excitan con mayor facilidad ante la presión y la temperatura de su ambiente. Las atmósferas planetarias están llenas de tales características. Y si un planeta está rebosante de flora y fauna, su atmósfera estará llena de biomarcadores — evidencias espectrales de vida. Ya sea biogénica (producida por algún tipo de forma de vida), antropogénica (producida por los muy extendidos *homo sapiens*), o tecnogénica (producida únicamente por la tecnología), esta evidencia rampante sería difícil de ocultar.

A menos de que hayan nacido con sensores espectrómetros integrados, nuestros alienígenas metiches necesitarán construir uno para poder leer nuestras huellas químicas. Pero sobre todo, la

Tierra tendría que eclipsar a su estrella (o alguna otra fuente de luz), para permitir que la luz pase por su atmósfera y siga hasta donde están los alienígenas. De ese modo, los químicos de la atmósfera terrestre interactuarán con la luz y dejarán sus rastros para ser descubiertos.

Algunas moléculas — amoníaco, dióxido de carbono, agua — aparecen por todos lados en el universo, haya o no vida.

Pero otras aparecen especialmente en presencia de vida.

Entre los biomarcadores en la atmósfera de la Tierra están los clorofluorcarbonos de los aerosoles que destruyen la capa de ozono, el vapor de los solventes minerales, los refrigerantes que se escapan de los refrigeradores y los aires acondicionados y el esmog que produce la quema de combustibles fósiles. No hay otra manera de leer la lista: son signos evidentes de nuestra carencia de inteligencia.

Otro biomarcador fácilmente detectado es el nivel importante y sostenido de moléculas de metano, más de la mitad producida por actividades humanas como la producción de combustibles, el cultivo de arroz, el desecho y los eructos de ganado domesticado.

Y si los alienígenas pudieran ver el lado oscuro de la Tierra mientras orbitamos a nuestra estrella, percibirían el incremento en sodio que produce el alumbrado de vapor de sodio que se enciende al atardecer. Lo más revelador, sin embargo, sería todo el oxígeno que flota libre y compone una quinta parte de nuestra atmósfera.

El oxígeno — el tercer elemento más abundante en el cosmos, después del hidrógeno y el helio — es un elemento químicamente

activo, que se une con átomos de hidrógeno, carbón, nitrógeno, silicón, azufre, hierro y más. Así, para que el oxígeno exista en un estado estable, algo debe estar liberándolo tan rápido como este se consume. Aquí en la Tierra, esa liberación puede vincularse directamente con los organismos vivos.

La fotosíntesis, realizada por las plantas y algunas bacterias selectas, crea oxígeno libre en los océanos y en la atmósfera. El oxígeno libre, a su vez, permite que existan criaturas metabolizadoras de oxígeno, nosotros incluidos y prácticamente cada criatura del reino animal.

Nosotros los terrícolas ya conocemos lo que significan las huellas químicas de la Tierra. Pero estos alienígenas distantes cuando nos descubran, ¿cómo interpretarán sus hallazgos y cómo pondrán a prueba sus supuestos? ¿La apariencia periódica del sodio es tecnogénica? El oxígeno libre sin duda es biogénico. ¿Y el metano?

También es químicamente inestable y sí, algo de él es antropogénico. El resto proviene de bacterias, vacas, el *permafrost*, los suelos, las termitas, los pantanos y otros agentes vivos y no vivos. De hecho, en este preciso momento, los astrobiólogos debaten el origen exacto de algunos rastros de metano en Marte, y de las abundantes cantidades de metano detectado en Titán, una de las lunas de Saturno, donde (suponemos) no viven ni vacas ni termitas. Si los alienígenas deciden que las características químicas de la Tierra son evidencia suficiente para indicar que hay vida, quizá entonces se pregunten si serán formas de vida inteligente.

Presumiblemente los alienígenas se comunican entre ellos, y quizá asuman que otras formas de vida inteligentes se comunican entre sí también. Quizá sea entonces que decidan echar una escuchada a la Tierra con sus radiotelescopios para ver qué parte del espectro electromagnético sus habitantes han dominado.

Entonces, si los alienígenas exploran con química o con ondas radiales, quizá lleguen a una misma conclusión: un planeta donde hay tecnología avanzada debe estar habitado por formas de vida inteligentes quienes se han ocupado en descubrir cómo funciona el universo y cómo aplicar sus leyes para beneficio personal o público. Nuestro catálogo de exoplanetas crece a pasos veloces. Después de todo, el universo conocido contiene cien mil millones de galaxias, cada una con cientos de miles de millones de estrellas.

La búsqueda de vida motiva la búsqueda de exoplanetas, algunos de los cuales probablemente se parezcan a la Tierra — no a detalle, claro, pero en sus propiedades generales. Estos son los planetas que nuestros descendientes quizá quieran visitar algún día, por elección o por necesidad. Hasta ahora, sin embargo, casi todos los exoplanetas descubiertos por los cazas planetas son mucho más grandes que la Tierra. La mayoría son tan masivos como Júpiter, que tiene más de trescientas veces la masa de la Tierra. Aún así, conforme los astrofísicos desarrollen equipos capaces de detectar sacudidas estelares cada vez más tenues, nuestra habilidad para descubrir planetas cada vez más pequeños irá creciendo.

A pesar de nuestra impresionante cuenta, la caza de planetas emprendida por terrícolas está todavía en una etapa bastante

precaria, y sólo se pueden responder las preguntas más elementales: ¿Eso es un planeta? ¿Qué tan masivo es? ¿Cuánto tiempo le toma orbitar su estrella? Nadie sabe bien a bien de qué están hechos estos exoplanetas, y sólo unos cuantos eclipsan a sus estrellas como para permitir que los cosmoquímicos echen un vistazo a sus atmósferas.

Pero las mediciones abstractas de propiedades químicas no alimentan la imaginación ni de poetas ni de científicos. Sólo a través de imágenes que capturan detalles en la superficie es que nuestras mentes transformarán a los exoplanetas en «mundos». Aquellos globos deben ocupar más que sólo unos cuantos píxeles en la fotografía familiar para calificar, y un navegante de la red no debe necesitar un pie de foto con una flecha para descubrir el planeta en la foto. Tenemos que hallar algo más que un punto azul pálido.

Sólo entonces seremos capaces de conjurar cómo es que se ve un planeta lejano desde el borde de su propio sistema estelar — o quizá desde la superficie del planeta mismo. Para ello, necesitamos telescopios espaciales con poderes de captación de luz estupendos. No, todavía no hemos llegado ahí.

Pero quizá los alienígenas sí.

§ 3. Vida extraterrestre⁴

Más o menos la primera media docena de descubrimientos confirmados de planetas que orbitan alrededor de estrellas distintas al Sol — que datan desde finales de los ochenta y principios de los noventa — desataron un tremendo interés público. La atención que generaron no era debido al descubrimiento de exoplanetas sino el prospecto de que albergaran vida inteligente. En cualquier caso, el frenesí mediático que siguió a estos se salió un poco de proporción ante los eventos.

¿Por qué? Porque los planetas no deben ser algo raro en el universo si sucede que nuestro Sol tiene ocho de ellos. También, la primera ronda de planetas recién descubiertos eran todos desproporcionados gigantes de gas que se parecen a Júpiter, lo que significa que no tienen una superficie conveniente sobre la cual pueda existir la vida como la conocemos. Incluso si los planetas están desbordando de alienígenas boyantes, las probabilidades en contra de que estas formas de vida sean inteligentes son astronómicas.

Por lo general, no hay paso más riesgoso que el que da un científico (o cualquier persona) al plantear una generalización totalizante a partir de un solo ejemplo. En este momento, la vida en la Tierra es el único tipo de vida conocido en el universo, pero argumentos convincentes sugieren que no estamos solos. De hecho, casi todos

⁴ Adaptado de «Is Anybody (Like Us) Out There?» *Natural History*, septiembre de 2006, y de «The Search for Life in the Universe: An Overview of the Scientific and Cultural Implications of Finding Life in the Cosmos», testimonio presentado ante el Comité sobre Ciencia, Subcomité sobre el Espacio y la Aeronáutica (Committee on Science, Subcommittee on Space and Aeronautics) en el Congreso, 12 de julio de 2001, Washington, DC.

los astrofísicos aceptan la alta probabilidad de que exista vida en otra parte. El razonamiento es sencillo: si nuestro Sistema Solar no es inusual, entonces la cantidad de planetas en el universo debería, por ejemplo, rebasar la suma de todos los sonidos y las palabras emitidas por todos los humanos que han existido. Declarar que la Tierra es el único planeta en el universo que contiene vida es inexcusablemente engreído.

Numerosas generaciones de pensadores, tanto religiosos como científicos, han tomado el camino equivocado debido a presupuestos antropocéntricos o a simple ignorancia.

A falta de dogma y datos, es más seguro guiarse por la noción de que no somos especiales, algo conocido en general como el principio copernicano. Fue el astrónomo polaco Nicolás Copérnico quien, a mediados del siglo XVI, puso al Sol de nuevo al centro de nuestro Sistema Solar, donde pertenece. A pesar de un relato del siglo III a. C. sobre un universo heliocéntrico (propuesto por el filósofo griego Aristarco), el universo geocéntrico era por mucho la perspectiva más popular de la mayor parte de los últimos dos mil años. En Occidente, se construyó a partir de las enseñanzas de Aristóteles y de Tolomeo y más tarde a partir de las creencias de la Iglesia Católica. Que la Tierra era el centro de todo movimiento era algo evidente: no sólo parecía ser así, sino que Dios seguramente así lo había creado.

El principio copernicano no viene con garantías de que nos guiará correctamente en cuanto a los descubrimientos científicos por venir.

Pero se ha manifestado en nuestro humilde entendimiento de que la Tierra no es el centro de nuestro Sistema Solar, el Sistema Solar no es el centro de la Vía Láctea y la Vía Láctea no es el centro del universo. Y en caso de que usted sea una de esas personas que piensa que la frontera es un lugar especial, tampoco estamos en la frontera de nada.

Un postura contemporánea sensata sería asumir que la vida en la Tierra no es inmune al principio copernicano.

¿Cómo es que la aparición o la química de la vida en la Tierra puede darnos claves sobre la vida en otros sitios del universo?

No sé si los biólogos andan por ahí asombrados todos los días por la diversidad de la vida. Sé que yo sí. En nuestro planeta coexisten (entre otras incontables formas de vida) algas, escarabajos, esponjas, medusas, víboras, cóndores y secuoyas gigantes.

Imagine a estos siete organismos vivos alineados en orden de tamaño. Si no lo supiera, le costaría trabajo creer que vienen del mismo universo, mucho menos del mismo tamaño. Y por cierto, intente describir a una serpiente a alguien que nunca ha visto una: «¡Créeme! Existe en la Tierra este animal que (1) caza a su presa con detectores infrarrojos, (2) puede tragarla completa y viva, incluso a animales varias veces más grandes que su cabeza, (3) no tiene ni brazos ni piernas ni ningún otro apéndice, y sin embargo, (4) puede desplazarse por el suelo a una velocidad de dos pies por segundo».

Casi todas las películas *hollywoodenses* sobre el espacio incluyen algún encuentro entre vidas humanas y alienígenas, sea en Marte o en algún otro planeta desconocido en una galaxia distante. Los

astrofísicos en esas películas operan como la escalera simbólica hacia las cosas que realmente le importan a las personas: si estamos o no solos en el universo. Si la persona sentada al lado mío en un avión descubre que soy astrofísico, nueve de cada diez veces me preguntará sobre la vida en el universo. No sé de otra disciplina que motive tanto entusiasmo del público.

Dada la diversidad de la vida en la Tierra, uno podría esperar que en Hollywood habría diversidad entre sus *aliens*. Pero no dejo de sorprenderme con la falta de creatividad de la industria cinematográfica. Con unas cuantas excepciones notables — como las formas de vida en *The Blob* (1958) y *2001: odisea del espacio (2001: A Space Odyssey)* (1968) —

los alienígenas de Hollywood son sorprendentemente humanoides. No importa que tan feos (o bellos) sean, casi todos ellos tienen dos ojos, una nariz, una boca, dos orejas, cuello, hombros, brazos, manos, dedos, un torso, dos piernas, dos brazos — y pueden caminar. Anatómicamente, estas criaturas son prácticamente indistinguibles de los humanos, y sin embargo se supone que vienen de otro planeta. Si algo es cierto es que la vida en otros sitios del universo, inteligente o no, será por lo menos tan exótica como lo son algunas de las formas de vida en la Tierra.

[Tweet Espacial #3 y #4. Acabo de pasar por las enormes letras L-A-X del aeropuerto — seguro visibles desde la órbita. ¿LA es un puerto espacial alienígena?

Último día en LA. Como las LAX del aeropuerto, el letrero HOLLYWOOD es enorme. ¿Visible desde el espacio? Seguro ahí aterrizan los aliens.]

La composición química de la vida terrícola se deriva principalmente de unos cuantos ingredientes selectos. Los elementos hidrógeno, oxígeno y carbono son más del 95 por ciento de los átomos del cuerpo humano y de toda la demás vida conocida. De esos tres elementos, el carbono tiene la estructura química que permite vincularse mucho mejor y más fuerte consigo y con muchos otros elementos de distintas maneras — por eso es que decimos que la vida en la Tierra es a base de carbono, y por lo que el estudio de las moléculas que contienen carbono se conoce como «química orgánica». Curiosamente, el estudio de la vida en otros sitios del universo se conoce como «exobiología», una de las pocas disciplinas que intenta funcionar, por lo menos hasta el momento, sin datos de primera mano.

¿La vida es algo especial químicamente hablando? El principio copernicano sugeriría que probablemente no lo sea.

Los extraterrestres sólo necesitan parecerse a nosotros en modos elementales.

Considere que los cuatro elementos más comunes en el universo son hidrógeno, helio, carbono y oxígeno. El helio es un elemento inerte. Así que los tres elementos más abundantes y químicamente activos en el universo son a su vez los tres ingredientes elementales de la vida en la Tierra. Es por esta razón que puede uno apostar a

que si hallamos vida en otro planeta, estará compuesta de una mezcla similar de elementos. A la inversa, si la vida en la Tierra estuviera compuesta principalmente de magnesio y molibdeno, entonces habría razones para esperar algo muy especial de la vida en el universo.

Podemos asumir, apelando una vez más al principio copernicano, que no es probable que un organismo alienígena sea ridículamente más grande comparado con la vida como la conocemos ahora.

Hay razones estructurales coherentes por las cuales no deberíamos esperar hallar alguna forma de vida del tamaño del edificio Empire State en otro planeta. Incluso si ignoramos las limitaciones ingenieriles que tiene la materia biológica, podemos considerar otro límite aún más elemental.

Si asumimos que un extraterrestre tiene control sobre sus apéndices, o dicho de manera más general, si asumimos que el organismo funciona coherentemente como un sistema, entonces sus tamaño estará limitado por su capacidad para transmitir señales dentro de sí mismo a la velocidad de la luz — la máxima velocidad posible en el universo. Para tomar un ejemplo claramente extremo, digamos que si un organismo fuera del tamaño de la órbita de Neptuno (diez horas luz de diámetro), y si quisiéramos rascarnos la cabeza, entonces, este acto tan sencillo nos tomaría por lo menos diez horas.

Comportamientos tan aletargados sin duda constituiría una limitación evolutiva, porque el tiempo desde el inicio del universo

quizá resultaría ser insuficiente para que tal criatura lograra evolucionar a partir de formas de vida más pequeñas.

¿Y qué hay de la inteligencia?

Cuando los alienígenas de Hollywood llegan a la Tierra, uno puede esperar que serán increíblemente inteligentes. Pero sé de algunos que deberían estar apenados por su estupidez. En un viaje de Boston a Nueva York hace unos años, al recorrer la FM en el radio, me topé con una radionovela a la mitad; hasta donde pude determinar, se trataba de alienígenas malignos que aterrorizaban a los terrícolas.

Aparentemente, necesitaban átomos de hidrógeno para sobrevivir, así que constantemente bajaban a la Tierra para absorber nuestros océanos y extraer todo el hidrógeno de las moléculas de H₂O. Se trataba sin duda de extraterrestres bastante estúpidos. Quizá no buscaron en otros planetas de camino a la Tierra, porque Júpiter, por ejemplo, contiene tanto hidrógeno puro como más de doscientas veces la masa de la Tierra.

Tal vez nadie les dijo que más del noventa por ciento de los átomos del universo son átomos de hidrógeno.

¿Y qué hay de los alienígenas que logran viajar miles de años luz a través del espacio interestelar para luego echarlo todo a perder al aterrizar en la Tierra?

Luego están los extraterrestres de la película de 1977, *Encuentros cercanos del tercer tipo* (*Close Encounters of the Third Kind*), quienes, anticipando su llegada a la Tierra, transmiten una misteriosa secuencia de números que eventualmente será decodificada por los

terrácolas como la latitud y la longitud del sitio de llegada. Pero la longitud de la Tierra tiene un punto de inicio completamente arbitrario — el primer meridiano — que atraviesa Greenwich, Inglaterra, gracias a un acuerdo internacional. Y tanto la latitud como la longitud se miden en unidades no naturales que llamamos grados, de los cuales un círculo tiene 360. Me parece que, armados con todo este conocimiento sobre la cultura humana, los extraterrestres pudieron simplemente haber aprendido inglés y enviado el mensaje «Vamos a llegar al ladito del Devil's Tower National Monument en Wyoming. Y dado que vamos a llegar en un platillo volador, no necesitaremos una pista de aterrizaje iluminada».

[Tweet espacial #5. ¿Por qué en las naves alien siempre hay una rampa? ¿Se les complican las escaleras? ¿O es que cumplen con requisitos de accesibilidad?]

El premio al extraterrestre ficticio más tonto de todos los tiempos se lo lleva la entidad llamada V'ger, de la película *Star Trek*, de 1983. V'ger, una antigua sonda espacial mecánica, ha sido rescatada por una civilización de alienígenas mecánicos y reconfigurada para que pueda cumplir con su misión de descubrimiento en el cosmos. Esta creció y creció, adquirió todo el conocimiento del universo y eventualmente se volvió consciente. En la película, la tripulación del *Enterprise* se topa con esta inmensa masa de información cósmica y artefactos en un momento en el que V'ger está buscando a su creador.

El capitán Kirk, suponiéndolo a partir de las letras deslavadas «oya» en la sonda original, se da cuenta que V'ger es en realidad Voyager 6, enviado por los terrícolas a finales del siglo veinte. Ok. Lo que me saca de quicio es que a pesar de que V'ger adquirió todo el conocimiento del universo y sin embargo seguía sin saber que su nombre real era Voyager.

Y ni siquiera me mencionen la popular *Día de la Independencia* (*Independence Day*), de 1997. En realidad, los alienígenas malignos no me molestan en particular. No habría industria de la ciencia ficción sin ellos.

Los de *Día de la Independencia* sí que son malvados. Parecen como una cruce genética entre una carabela portuguesa, un tiburón cabeza de martillo y un ser humano. Pero aunque están creados de manera más creativa que muchos otros alienígenas de Hollywood, ¿por qué sus naves espaciales vienen con respaldos tapizados y con descansabrazos?

Me da gusto que al final ganen los humanos. Conquistamos el *Día de la Independencia* al conseguir que una computadora Macintosh enviara un virus a la nave nodriza (que resulta tener una masa equivalente a una quinta parte de la Luna), y con ello desactivar su escudo protector. No sé ustedes, pero en 1996 a mí me costaba trabajo descargar archivos de otras computadoras en mi departamento, especialmente cuando los sistemas operativos eran distintos. Sólo había una solución: todo el sistema de defensa de la nave nodriza extraterrestre debía estar operando con el mismo *software* de Apple que el de la laptop que le envió el virus.

Supongamos, por un momento y a manera de ejercicio, que los humanos son la única especie de la Tierra que ha evolucionado hasta adquirir una inteligencia de alto nivel (no quiero faltarle al respeto a ningún otro mamífero con gran cerebro; aunque muchos de ellos no pueden practicar astrofísica, mis conclusiones no se alteran demasiado si los incluimos). Si la vida en la Tierra sirve como medida de la vida en cualquier otra parte del universo, entonces la inteligencia debe ser una cosa rara. Según algunas estimaciones, ha habido más de diez mil millones de especies en la historia de la vida en la Tierra. Lo que sigue, entonces, es que entre todas las formas de vida extraterrestre podemos esperar que una en diez mil millones será tan inteligente como lo somos nosotros — esto sin mencionar las probabilidades en contra de que la vida inteligente haya desarrollado tecnología avanzada y que tenga el deseo de comunicarse a través de las inmensas distancias del espacio interestelar.

[Tweet espacial #6. Los gusanos desconocen la inteligencia de un humano junto a ellos, no hay razón para pensar que sería diferente entre un humano y un alien.]

Ante la posibilidad de que exista una civilización, las ondas radiales serían la banda de comunicación a elegir gracias a su capacidad de atravesar la galaxia sin ser estorbadas por el gas interestelar ni las nubes de polvo. Pero como humanos hemos tenido dominio del espectro electromagnético desde hace poco menos de un siglo. Para decirlo de manera más deprimente aún: si los alienígenas han

estado intentando enviar señales de radio a los terrícolas desde el inicio de la historia humana, habríamos sido incapaces de recibirlas.

Para todo fin práctico, los extraterrestres quizá intentaron contactarnos hace siglos y concluyeron que no había vida inteligente en la Tierra. Ahora quizá están buscando en otro lado. Una posibilidad mucho más aleccionadora es que los extraterrestres sí se percataron de la presencia de una especie tecnológicamente hábil que habita la Tierra, y concluyeron lo mismo que en el supuesto anterior.

Nuestra perspectiva copernicana ante la vida en la Tierra, inteligente o no, no exige suponer que el agua líquida es un prerequisite para la vida en cualquier lugar. Para sostener la vida, un planeta no puede orbitar a su estrella demasiado cerca, o si no la temperatura será muy alta y el agua se evaporará; tampoco demasiado lejos, porque si no el agua del planeta se congelará. En otras palabras, las condiciones del planeta deben permitir que la temperatura oscile dentro del rango de 100 grados centígrados para el agua líquida. Sí, como en la escena de los tres platos de sopa en «Ricitos de Oro», la temperatura tiene que ser la justa. (En una ocasión me entrevistaron sobre este tema en un programa de radio sindicado y el anfitrión comentó: «¡Es claro que lo que debemos de buscar es un planeta hecho de sopa!»).

Aunque la distancia a la que se encuentra el planeta de la estrella que orbita es un factor importante para la existencia de vida como

la conocemos, la capacidad de un planeta para atrapar radiación estelar también es importante.

Venus es un ejemplo claro de este fenómeno de «invernadero». Cualquier luz de Sol visible que logra atravesar su densa atmósfera de dióxido de carbono es absorbida por la superficie del planeta y luego vuelta a radiar en la parte infrarroja del espectro. Estos infrarrojos son entonces atrapados por la atmósfera.

Las consecuencias desagradables de esto son que la temperatura del aire oscila alrededor de los 480 grados centígrados, mucho más caliente de lo que esperamos dada la distancia que hay entre Venus y el Sol. A esa temperatura, el plomo se derrite rápidamente.

Es más probable el hallazgo de formas de vida simples y no inteligentes en cualquier parte del universo (o la evidencia de que alguna vez existieron) — y para mí, sólo un poquito menos emocionante — que el descubrimiento de vida inteligente. Dos lugares excelentes para buscar son los cauces secos de los ríos en Marte (donde puede haber evidencia fósil de que hubo vida cuando por ahí había agua fluyendo) y los océanos debajo de la superficie que se teoriza existen bajo las capas heladas de Europa, la luna de Júpiter, cuyo interior se mantiene cálido gracias al estrés gravitacional que provoca el sistema joviano. De nuevo, es la promesa de la presencia de agua líquida lo que guía nuestras búsquedas.

Otros requisitos comunes para la evolución de la vida en el universo incluyen un planeta dentro de una órbita estable y casi circular alrededor de una única estrella. Con sistemas estelares de dos o

más estrellas — más de la mitad de las estrellas en la galaxia — las órbitas tienden a ser elongadas y caóticas, lo que induce cambios extremos de temperatura que harían imposible la evolución de formas de vida estables. También requeriríamos un plazo de tiempo suficiente para que la evolución cumpla su curso. Las estrellas de alta masa tienen una vida tan corta (unos cuantos millones de años) que la vida en los planetas parecidos a la Tierra que las orbitan jamás tendría oportunidad de evolucionar.

Esta serie de condiciones requeridas para sostener la vida como la conocemos se cuantifican en cierto modo en lo que conocemos con la ecuación de Drake, llamada así en honor al astrónomo estadounidense Frank Drake. Es más preciso decir que la ecuación de Drake es una idea fértil más que un postulado riguroso de cómo funciona el universo físico. Separa la probabilidad general de hallar vida en la galaxia en una serie de probabilidades más simples que corresponden con nuestras nociones preconcebidas de lo que serían condiciones cósmicas adecuadas. Al final, después de discutir con sus colegas sobre el valor de cada probabilidad en la ecuación, uno se queda con un estimado del número total de civilizaciones inteligentes y tecnológicamente competentes en la galaxia. Dependiendo de su sesgo — y de su conocimiento de biología, química, mecánica celeste y astrofísica — su estimado oscilará entre por lo menos una (la nuestra) hasta varios millones de civilizaciones nada más en la Vía Láctea.

Si consideramos la posibilidad de que seamos una forma de vida primitiva entre las formas de vida del universo — por raras que

estas sean — entonces lo mejor que podemos hacer es seguir alerta ante las posibles señales enviadas por otros, porque es mucho más caro enviarlas que recibirlas.

Presumiblemente, una civilización avanzada tendría acceso sencillo a alguna fuente abundante de energía, como una estrella. Es más probable que estas sean las civilizaciones que envíen las señales.

La búsqueda de vida inteligente extraterrestre (mejor conocida por su acrónimo, SETI [por sus siglas en inglés]) ha asumido muchas formas. Los esfuerzos emprendidos desde hace tiempo han echado mano del monitoreo de miles de millones de canales de radio en busca de alguna señal de radio o de microondas que se eleve por encima del ruido cósmico.

El salvapantallas SETI@home — descargado por millones de personas alrededor del mundo — permitía que cualquier computadora personal analizara pequeños trozos de las enormes cantidades de datos recolectadas por el radiotelescopio del observatorio Arecibo en Puerto Rico.

Este gigantesco proyecto de «computación distribuida» (el más grande del mundo) aprovecha activamente el potencial computacional de las PC conectadas al Internet que de otra manera estarían sin hacer nada mientras sus dueños van al baño.

Recientemente, las mejoras en tecnología láser han hecho posible la búsqueda de pulsos de luz láser que duran unos cuantos nanosegundos en la zona óptica del espectro electromagnético.

Durante estos nanosegundos, un rayo intenso y dirigido de luz visible puede brillar más que la luz de las estrellas cercanas y con

esto permitir que se detecte desde lejos. Una nueva aproximación, inspirada en la versión óptica del SETI, es estar alerta en la galaxia, no buscando señales sostenidas, sino pequeños estallidos de microondas, que serían relativamente más eficientes y baratos de producir para quienes los emiten.

El descubrimiento de vida inteligente extraterrestre, si sucede, producirá un cambio en la percepción que tienen los seres humanos de sí mismos que es imposible de anticipar.

Mi única esperanza es que cualquier otra civilización no haga exactamente lo que estamos haciendo nosotros — porque entonces todos estaríamos escuchando y nadie estaría enviando señales, y entonces entre todos concluiríamos que no hay vida inteligente en el universo.

Incluso si no hallamos vida inteligente pronto, sin duda seguiremos buscando, porque somos nómadas intelectuales — seres curiosos que obtienen casi tanta plenitud de la búsqueda como del descubrimiento.

§ 4. Alienígenas malvados.⁵

Entrevista con Sanjay Gupta, CNN

Sanjay Gupta: A ver, le tengo una pregunta: ¿Cree usted en los Ovnis? Si sí, está usted en muy buena compañía. El astrofísico británico Stephen Hawking, sin duda una de las personas más inteligentes del planeta, piensa que hay posibilidades de que exista vida extraterrestre — y no necesariamente el tipo de vida amable como E.T. De hecho, Hawking ve una posibilidad mucho más siniestra, más cercana a la película *La guerra de los mundos* (*War of the Worlds*). En un documental para el *Discovery Channel*, Hawking dice que los alienígenas serán grandes, malos y se apurarán a conquistar planeta tras planeta. Dice que podrían vivir en naves masivas y que él los llama nómadas que viajan por el espacio conquistando a otros y recolectando energía a través de espejos.

Espejos, naves masivas, alienígenas malvados y gigantes: ¿todo esto es posible? Vamos ahora con Neil deGrasse Tyson, director del planetario Hayden en Nueva York, y quien, como Hawking, es astrofísico.

SG: Desde niño me ha fascinado el hecho de que hay cientos de miles de millones de galaxias con cientos de millones de estrellas en cada galaxia.

Neil deGrasse Tyson: Cientos *de miles de* millones en cada galaxia.

SG: Cientos de miles de millones de estrellas — muchas más.

Y probablemente eso quiera decir que hay vida allá afuera.

NDT: Sin duda.

⁵ Adaptado de la entrevista con Sanjay Gupta, *Anderson Cooper 360°*, CNN, 26 de abril de 2010.

SG: Pero esta idea de que los extraterrestres serán malvados — Hawking pinta un cuadro que es mucho menos E.T. y mucho más *Día de la independencia* — ¿es solamente especulación?

NDT: Sí, pero no es especulación a ciegas. Dice más de lo que nosotros tememos que de las expectativas reales de cómo se verá un extraterrestre. En otras palabras, creo que nuestro miedo más grande es que los alienígenas que nos visiten nos traten del mismo modo en el que nos tratamos entre nosotros aquí en la Tierra. Entonces, en cierto modo, las historias de miedo apocalíptico de Hawking son un espejo vuelto contra nosotros mismos.

SG: Esa es una perspectiva muy distinta de la que proponía Carl Sagan. Él estaba prácticamente revelando nuestra posición.

NDT: Exactamente. Sagan les dio la dirección de remitente en una placa en la nave Voyager. Él quería decir: «¡Aquí estamos!».

SG: Entonces, ¿por qué harían los extraterrestres lo que propone Hawking?

¿Por algún tipo de venganza?

NDT: Como dije, nadie sabe cómo se comportarán los extraterrestres. Tendrán una química distinta, motivos distintos, intenciones distintas. ¿Cómo podemos extrapolar de nosotros hacia ellos?

Cualquier suspicacia de que serán malvados es más un reflejo de nuestro miedo sobre cómo *nosotros* trataríamos a una especie alienígena si la halláramos que algún tipo de conocimiento sobre cómo nos trataría una especie alienígena a *nosotros*.

*[Tweet espacial #7. ¿Cómo cubrir los estornudos en el espacio?
El casco bloquea las 40.000 gotas de mucosa que expelimos.
Así que los aliens están seguros.]*

SG: Estamos en este momento indagando el cosmos a ver si los escuchamos.

Según entiendo hemos estado escuchando desde hace mucho tiempo y no hemos escuchado ni pío. ¿Cree que ellos nos están escuchando a nosotros?

NDT: Posiblemente. El gran miedo, me parece, es que anunciemos nuestra presencia y entonces los extraterrestres vengan y nos esclavicen o nos pongan en un zoológico. Algunas historias de ciencia ficción muy entretenidas han propuesto justamente estos temas.

SG: Nunca imaginé que pudiéramos vivir en un zoológico alienígena.

NDT: Ese es el factor miedo. Pero ¿qué sí estamos haciendo? En general estamos escuchando.

Tenemos radiotelescopios gigantes que apuntan en distintas direcciones, con circuitos muy sofisticados que escuchan miles de millones de frecuencias de radio de manera simultánea para ver si alguien allá está susurrando en algún lugar del universo. Eso es distinto de enviar señales a propósito; nosotros las estamos enviando accidentalmente. El borde de nuestra burbuja radial se extiende y está ahora a setenta años luz, y de esa frontera hacia acá uno puede hallar *shows* de televisión como *I Love Lucy* y *The*

Honeymooners — los primeros emisarios de la cultura humana que los extraterrestres descodificarán.

No hay mucha razón para que los extraterrestres nos teman, pero hay muchas razones para que ellos cuestionen nuestra inteligencia. Y, a pesar de los rumores al contrario, no hemos sabido nada de los alienígenas hasta ahora, ni siquiera de manera accidental. Así que estamos ante un vacío, listo para ser llenado por cuantos miedos alberguemos.

§ 5. Asteroides asesinos⁶

Las probabilidades de que su epitafio diga «Muerto por asteroide» son casi las mismas de que diga «Muerto en un accidente aéreo». Sólo cerca de dos docenas de personas han muerto por asteroides en los últimos cuatrocientos años, mientras que miles han muerto en accidentes aéreos desde el inicio de la historia relativamente breve de la aviación comercial. ¿Cómo es que esta estadística comparada es verdadera?

Eso es simple.

El registro de impactos muestra que para cuando se cumplan diez millones de años, cuando la suma de todos los accidentes aéreos haya matado a mil millones de personas (asumiendo una tasa de 100 muertes por accidente aéreo al año), un asteroide capaz de matar a ese mismo número de personas habrá impactado a la Tierra. La diferencia es que mientras los aviones matan a pocas personas a la vez de manera continua, el asteroide quizá no mate a nadie durante millones de años. Pero cuando este impacte, se llevará a mil millones de personas: algunas de manera instantánea y el resto en las secuelas de la conmoción climática.

La tasa combinada de impactos de asteroides y cometas al principio del Sistema Solar era atemorizantemente alta. Las teorías sobre la formación de los planetas muestran que los gases químicamente ricos se enfriaron y condensaron para formar moléculas, luego partículas de polvo, luego rocas y hielos. Y a partir de ahí, esto se volvió un campo de tiro. Las colisiones sirvieron como medio para

⁶ Adaptado de «*Coming Attractions*», *Natural History*, septiembre 1997

que las fuerzas químicas y gravitacionales unieran objetos pequeños a otros más grandes. Estos objetos, por casualidad, habían adquirido un poco más de masa que el promedio, tenían un poco más de gravedad y atraían a más objetos.

Conforme este crecimiento continuó, la gravedad eventualmente transformó estas moles en esferas y así nacieron los planetas. Los planetas más grandes tenían suficiente gravedad como para retener una cubierta gaseosa que ahora llamamos atmósfera.

Cada planeta sigue creciendo, cada día de su vida, aunque a un paso significativamente más lento que cuando se formó. Incluso ahora, sobre la Tierra llueve polvo interplanetario en cantidades enormes — generalmente unas cien toneladas al día — aunque sólo una pequeña fracción de este alcanza la superficie terrestre. El resto se evapora en la atmósfera en forma de estrellas fugaces. Las miles de millones, billones probablemente de rocas residuales — cometas y asteroides — que han estado orbitando al Sol desde aquellas épocas sin lograr unirse a algún objeto mayor son más peligrosas.

Los cometas de periodo largo — vagabundos helados provenientes de los rincones más lejanos del Sistema Solar (hasta mil veces el radio de la órbita de Neptuno) — son susceptibles a los jalones gravitacionales de las estrellas y las nubes interestelares, que pueden dirigirlo en un viaje largo hacia el Sol, y en consecuencia, hacia nuestro vecindario. Se sabe que varios cometas de periodo corto que vienen de zonas más cercanas del Sistema Solar cruzan la órbita de la Tierra.

En cuanto a los asteroides, la mayoría están compuestos de roca. El resto son metal, en su mayoría hierro.

Algunos son motones de escombros — una colección de pedacería unida por la gravedad. La mayoría de los asteroides vive entre las órbitas de Marte y Júpiter y jamás llegarán cerca de la Tierra.

Pero algunos sí. Algunos sí llegarán.

Se sabe de unos diez mil asteroides cercanos a la Tierra, y sin duda habrá más por descubrir. Los más amenazantes de estos suman unos mil, y ese número crece de manera sostenida a medida que los observadores estelares siguen escudriñando los cielos. Estos son los «asteroides potencialmente peligrosos» (*potentially hazardous asteroids*), todos de más de 500 pies de ancho, con órbitas que los acercan a veinte veces la distancia entre la Tierra y la Luna.

Nadie está diciendo que todos estos van a impactarnos mañana. Pero vale la pena estar pendientes de algunos, porque con un jaloncillo cósmico aquí y otro por allá, quizá terminen mucho más cerca de nosotros.

En este juego de gravedad, los más atemorizantes por mucho son los cometas de periodo largo — aquellos cuyas órbitas alrededor del Sol toman más de doscientos años. Representan una cuarta parte del riesgo total de impactos que tiene la Tierra, y estos cometas caen hacia la parte interna del Sistema Solar desde distancias tremendas a velocidades superiores a las cien mil millas por hora para cuando pasan por la Tierra. Los cometas de periodo largo alcanzan una increíble energía al impacto para su tamaño en comparación con un asteroide cualquiera. Más importante aún, son

tan distantes y se ven tan tenues durante la mayor parte de su órbita como para monitorearlos de manera confiable. Para cuando descubramos que un cometa de largo periodo viene hacia nosotros, quizá sólo nos quedarán unos años — o incluso unos meses — para financiar, diseñar, y lanzar algún tipo de nave capaz de interceptarlo. En 1996, por ejemplo, descubrimos el cometa Hyakutake sólo cuatro meses antes de su aproximación más cercana al Sol porque su órbita estaba inclinada fuera del plano de nuestro Sistema Solar, justo en donde nadie estaba buscando. En su camino, pasó a diez millones de millas de la Tierra: falló por poco.

La frase «crecimiento continuo» es mucho más sosa que «impacto que destruye ecosistemas y mata especies», pero desde el punto de vista de la historia del Sistema Solar, los términos son similares. Los impactos nos convirtieron en lo que somos ahora. Así que no podemos estar al mismo tiempo contentos de que vivimos en un planeta químicamente rico y de que los dinosaurios ya no andan por la Tierra, y también estar molestos por el riesgo que existe de una catástrofe de niveles planetarios.

En una colisión con la Tierra, algo de la energía del impacto se deposita en nuestra atmósfera mediante fricción y las ondas expansivas de la explosión. Las explosiones sónicas también son ondas expansivas, pero comúnmente las producen los aviones que vuelan a velocidades entre una y tres veces la velocidad del sonido. El mayor daño que estas pueden hacer es sacudir un poco la vajilla que guarda usted en la alacena. Pero a velocidades de más de

45.000 millas por hora — casi setenta veces la velocidad del sonido — las ondas expansivas de la colisión entre un asteroide y la Tierra pueden ser devastadoras.

Si el asteroide o el cometa es lo suficientemente grande para sobrevivir a sus propias ondas expansivas, el resto de su energía será depositada en la Tierra. El impacto creará un cráter de hasta veinte veces el diámetro del objeto original y derretirá el suelo debajo. Si hay muchos impactos, uno después de otro con poco tiempo entre cada colisión, entonces la superficie de la Tierra no tendrá suficiente tiempo para enfriarse entre impactos. Podemos inferir, a partir del prístino registro de cráteres en la superficie de nuestro vecino más cercano, la Luna, que la Tierra experimentó una era de bombardeo intenso entre 4.6 mil y 4 mil millones años atrás. La evidencia fósil más antigua de vida en la Tierra data de cerca de 3.8 mil millones de años. Antes de eso, la superficie de la Tierra estaba siendo incesantemente esterilizada.

La formación de moléculas complejas, y por lo tanto la vida, estaba inhibida a pesar de que estábamos recibiendo todos los ingredientes básicos. Eso quiere decir que a la vida le tomó 800 millones de años emerger aquí (4.6 mil millones – 3.8 mil millones = 800 millones). Pero para ser justos con la química orgánica, uno debe primero sustraer todo el tiempo que la superficie de la Tierra estuvo a temperaturas imposiblemente calientes. Eso deja apenas unos 200 millones de años para que emergiera la vida de un fértil cóctel químico — que, como todas las buenas sopas, incluía agua líquida.

Mucha de esa agua fue traída a la Tierra por cometas hace más de cuatro mil millones de años. Pero no todos los desechos espaciales son remanentes desde el inicio del Sistema Solar. La Tierra ha sido golpeada por lo menos una docena de veces por rocas expulsadas desde Marte, y hemos sido golpeados en muchas más ocasiones por rocas expulsadas por la Luna.

Estas expulsiones ocurren cuando algún impacto trae consigo tanta energía que, al producirse, rocas pequeñas cercanas a la zona del impacto son lanzadas hacia arriba con suficiente velocidad como para escapar el abrazo gravitacional del planeta. Después, estas rocas viajan en su propia misión balística en órbita alrededor del Sol hasta que se estrellan contra algo. La roca más famosa de Marte es el primer meteorito hallado cerca de la sección Alan Hills de Antártica en 1984 — oficialmente conocido por su abreviatura en código, ALH-84001. Este meteorito contiene evidencia prometedora, si bien circunstancial, de que formas de vida simples proliferaron en el planeta rojo hace mil millones de años.

En Marte hay abundante evidencia «geo»-lógica — cauces de río seco, deltas, llanuras aluviales, cráteres erosionados, hondonadas en pendientes escarpadas — de una historia de agua líquida. También hay agua congelada (en los polos y mucho hielo superficial) así como minerales (silicio, barro, esférulas de hematita) que se forman en depósitos de agua. Dado que el agua líquida es crucial para la sobrevivencia de la vida como la conocemos, la posibilidad de que haya habido vida en Marte no es difícil de considerar para la credulidad científica. La parte divertida viene con

la especulación de que las formas de vida primero surgieron en Marte y fueron lanzadas de la superficie del planeta, convirtiéndose así en los primeros astronautas microbianos del Sistema Solar, y arribaron en la Tierra para activar la evolución. Incluso hay una palabra para designar ese proceso: panspermia. Quizá en realidad todos somos marcianos.

Es mucho más factible que la materia haya viajado de Marte a la Tierra que al revés. Escapar a la gravedad de la Tierra requiere más de dos y media veces la energía que se requiere para abandonar Marte. Y dado que la atmósfera de la Tierra es cerca de cien veces más densa, la resistencia del aire en la Tierra (relativa a Marte) es formidable. Las bacterias en el asteroide itinerante sin duda habrían tenido que ser tozudas para sobrevivir millones de años de merodeos interplanetarios antes de caer a la Tierra. Por fortuna no hay falta de agua líquida ni de riqueza química aquí mismo, así que aunque no podemos explicar definitivamente el origen de la vida, tampoco requerimos de teorías de panspermia para hacerlo.

Claro, es fácil considerar que los impactos son malos para la vida. Podemos, y lo hacemos, culparlos de los principales episodios de extinción en nuestros registros fósiles. Ese registro muestra interminables formas de vida extintas que prosperaron por mucho más tiempo de lo que ha durado la tenencia de la Tierra del *homo sapiens*. Los dinosaurios se cuentan entre estas. ¿Pero cuáles son los riesgos para la vida y la sociedad?

Objetos del tamaño de una casa impactan contra la Tierra cada ciertas décadas. Típicamente explotan en la atmósfera y no dejan ni rastro ni cráter.

Pero incluso estos impactos bebé pueden convertirse en bombas de tiempo políticas. Si una de esas explosiones atmosféricas tiene lugar sobre la India o Pakistán, durante uno de los múltiples episodios de tensión creciente entre estas dos naciones, el riesgo de que alguna de las dos la interprete como un primer ataque nuclear y responda es alto. En el otro lado de la escala de impactos, una vez cada cien millones de años nos visita un objeto capaz de aniquilar todas las formas de vida más grandes que una mochila. En esos casos, no hay necesidad de una respuesta política.

[Tweet espacial #8. Para algunas personas, el espacio es irrelevante. Pero cuando se trata de asteroides, apuesto que no piensan lo mismo.]

A continuación presento una tabla que relaciona la tasa promedio de colisiones en la Tierra con el tamaño de los objetos que se impactan y la energía equivalente en millones de toneladas de TNT. Se basa en un análisis detallado de la historia de los cráteres en la Tierra, del registro de cráteres libres de erosión de la superficie de la Luna y del número conocido de asteroides y cometas cuyas órbitas se entrecruzan con la de la Tierra. Estos datos son una adaptación de un estudio solicitado por el Congreso titulado *The Spaceguard Survey: Report of the NASA International Near-Earth Object Detection Workshop*.

Para efectos comparativos, la tabla incluye la energía de impacto en unidades de la bomba atómica lanzada por la fuerza aérea estadounidense sobre Hiroshima en 1945.

§ 6. Riesgo de impactos en la Tierra

Una vez cada...	Diámetro del asteroide (en metros)	Energía de impacto (en megatones de TNT)	Energía de impacto (equivalente a la bomba atómica)
Mes	3	0.001	0.05
Año	6	0.01	0.5
Década	15	0.2	10
Siglo	30	2	100
Milenio	100	50	2,500
10,000 años	200	1,000	50,000
1,000,000 años	2,000	1,000,000	50,000,000
100,000,000 años	10,000	100,000,000	5,000,000,000

La energía de algunos impactos famosos pueden ubicarse en la tabla. Por ejemplo, una explosión cerca del río Tunguska en Siberia derribó miles de kilómetros cuadrados de árboles e incineró los trescientos kilómetros cuadrados que rodeaban a la zona cero.

El culpable se cree que fue un meteorito rocoso de sesenta metros (más o menos del tamaño de un edificio de veinte pisos) que explotó en el aire, por lo que no dejó cráter. La tabla indica que las colisiones de esta magnitud suceden, en promedio, cada varios siglos. Un ejemplo más raro creó el cráter Chicxulub de casi doscientos kilómetros de diámetro en la península de Yucatán, y

que se cree fue producido por un asteroide de quizá diez kilómetros de diámetro, con una energía de impacto cinco mil millones de veces más grande que la de las bombas atómicas de la Segunda Guerra Mundial. Esta es una de esas colisiones que suceden una vez cada cien millones de años. El cráter data de hace unos 65 millones de años, y no ha habido uno de magnitud similar desde entonces. Coincidentemente, al mismo tiempo se extinguieron el *Tyranosaurio Rex* y sus amigos, lo que permitió que los mamíferos evolucionaran para convertirse en algo más ambicioso que unas simples musarañas.

Vale la pena considerar cómo afectan los impactos a los ecosistemas de la Tierra. En un grueso tomo titulado *Hazards Dueto Comets and Asteroids*, varios científicos planetarios hacen justamente eso. Aquí un poco de lo que han explicado:

- La mayoría de los impactos de menos de diez megatones de energía explotarán en la atmósfera y no dejarán cráter. Los pocos que sobreviven estarán hechos de hierro.
- Una explosión de entre 10 y 100 megatones de un asteroide de hierro creará un cráter, mientras que su equivalente rocoso se desintegrará, produciendo principalmente explosiones en la atmósfera. En tierra, el objeto que se impacte destruirá un área equivalente a Washington D.C.
- Un impacto en tierra de entre 1.000 a 10.000 megatones producirá un cráter y destruirá un área del tamaño del estado de Delaware. Un impacto oceánico de esa magnitud provocará tifones de tamaño significativo.

- Una explosión de entre 100.000 y 1.000.000 megatones resultará en la destrucción global del ozono. Un impacto oceánico así generará olas gigantes en un hemisferio completo, mientras que un impacto en tierra levantará tanto polvo a la estratósfera terrestre como para alterar el clima en la Tierra y congelará los cultivos. Un impacto terrestre destruirá un área del tamaño de Francia.
- Un impacto de 10.000.000 a 100.000.000 megatones resultará en un cambio climático prolongado y una conflagración global. Un impacto en tierra destruirá un área equivalente al territorio de Estados Unidos.
- Una explosión de 100.000.000 a 1.000.000.000, ya sea en la tierra o en el agua llevará a la extinción masiva a escala del impacto del Chicxulub, cuando se extinguieron tres cuartas partes de las especies en la Tierra.

La Tierra, claro, no es el único planeta rocoso en riesgo de ser impactado.

Mercurio tiene una faz tan llena de cráteres que al observador casual se le hará muy similar a la de la Luna. La radiotopografía de Venus muestra que tiene su buena dosis de cráteres. Y Marte, con su geología históricamente activa, revela grandes y recientes cráteres.

Con más de tres mil veces la masa de la Tierra y con más de diez veces su diámetro, la habilidad de Júpiter de atraer impactos no tiene comparación con ninguno de los otros planetas de nuestro

Sistema Solar. En 1994, durante la semana de los festejos del aniversario veinticinco del alunizaje del Apollo 11, el cometa Shoemaker-Levy 9, después de deshacerse de unos cuantos pedazos durante un encuentro cercano previo con Júpiter, se estrelló — un pedazo tras otro, a una velocidad de más de 200.000 kilómetros por hora — contra la atmósfera joviana. Los telescopios caseros fueron capaces de detectar las cicatrices gaseosas. Dado que Júpiter gira velozmente (una vez cada diez horas), cada parte del cometa cayó en un sitio distinto.

En caso de que se lo esté preguntado, cada pieza del Shoemaker-Levy 9 se estrelló con una energía equivalente al impacto del Chicxulub.

Así que, además de todo lo que sabemos de Júpiter, seguro que ya no tiene dinosaurios.

Le dará gusto saber que en años recientes, más y más científicos planetarios en todo el mundo están a la caza de estos vagabundos del espacio que puedan dirigirse hacia nosotros.

Cierto, nuestra lista de potenciales impactos mortales es incompleta, y nuestra capacidad para predecir el comportamiento de estos objetos a millones de órbitas en el futuro está severamente comprometida debido a la aparición del caos. Pero podemos enfocarnos en lo que sucederá en las próximas décadas y en los próximos siglos.

Entre la población de asteroides que intersecan con la Tierra, tenemos la oportunidad de catalogar todo lo que sea más grande que un kilómetro de ancho — el tamaño a partir del cual estamos

ante una catástrofe global. Un sistema de defensa y de aviso temprano para proteger a la especie humana de estos impactos es una meta asequible.

Desafortunadamente los objetos más pequeños de un kilómetro, de los cuales hay muchos, reflejan mucho menos luz y por lo mismo son mucho más difíciles de detectar y de rastrear. Dado su opacidad, nos pueden golpear sin aviso — o con un aviso muy corto como para hacer algo al respecto. En enero de 2002, por ejemplo, un asteroide del tamaño de un estadio pasó a dos veces la distancia de aquí a la Luna — y se descubrió sólo a doce días antes de su punto más cercano. Con una década o un poco más de recolección de datos y mejoras en los detectores, sin embargo, será posible catalogar casi todos los asteroides hasta unos 140 metros de ancho. Aunque los objetos pequeños tienen suficiente energía para incinerar naciones enteras, ya no ponen en riesgo de extinción a la especie humana completa.

¿Hay alguno de estos de los que tenemos que preocuparnos? Por lo menos de uno. El viernes 13 de abril de 2029, un asteroide (tan grande como para llenar el estadio Rose Bowl) volará tan cerca de la Tierra que pasará debajo de la altitud de nuestros satélites de telecomunicaciones. A este asteroide no lo bautizamos como Bambi; en cambio, lo llamamos Apofis, en honor del dios egipcio de la oscuridad y la muerte. Si la trayectoria de Apofis al pasar por su punto más cercano pasa dentro de cierto rango estrecho de altitudes conocido como la «cerradura», la influencia de la gravedad de la Tierra sobre su órbita garantizará que siete años después, en

2036, en su viaje de vuelta, el asteroide golpeará la Tierra directamente, probablemente impactando el Océano Pacífico entre California y Hawaii. El tsunami de cinco pisos que creará arrasará con toda la costa oeste de Norteamérica, hundirá las ciudades de Hawaii y devastará las masas continentales de la costa del Pacífico. Si Apofis no pasa por la «cerradura» en 2029, entonces no tenemos nada de qué preocuparnos para 2036.

Una vez que hemos marcado en nuestros calendarios el año 2029, podemos pasar el tiempo bebiendo cocteles en la playa y planeando dónde escondernos del impacto, o podemos ser proactivos.

El grito de batalla de aquellos que están ansiosos de iniciar una guerra nuclear es: «¡Hagámoslo estallar en el cielo!». Claro, el paquete más eficiente de energía destructiva jamás descubierto por los seres humanos es la energía nuclear. Un golpe directo a un asteroide que viene hacia nosotros podría hacerlo estallar en pedazos suficientemente pequeños como para reducir el peligro del impacto y convertirlo en una inofensiva y espectacular lluvia de meteoritos. Recuerde que en el espacio vacío, donde no hay aire, no puede haber ondas expansivas, así que la ojiva nuclear debe hacer contacto con el asteroide para hacerle daño.

Otro método sería utilizar una bomba de neutrones, altamente radioactiva (una bomba de la Guerra Fría que mataba a las personas pero dejaba los edificios intactos). La cascada de neutrones de alta energía calentaría un lado del asteroide y provocaría que escupiera un poco de materia y entonces induciría a

que el asteroide reculara, modificara su órbita y se alejara de la ruta de impacto.

Un método más gentil y cuidadoso sería empujar al asteroide hasta alejarlo de la ruta peligrosa con cohetes constantes pero lentos que de alguna manera lográramos unir a uno de sus lados.

Independientemente de la incertidumbre de cómo fijar los cohetes a un material poco familiar, si lográramos hacerlo suficientemente a tiempo, entonces todo lo que se requeriría sería un pequeño empujoncito utilizando combustibles químicos convencionales. O quizá podríamos sujetar una vela solar que empleara la presión del Sol como método de propulsión; en ese caso no se requiere combustible.

La solución que tiene más apoyo es el tractor gravitacional. Esta involucra ubicar una sonda en el espacio cerca del asteroide asesino. Conforme la gravedad mutua atraiga a la sonda hacia el asteroide, los retro propulsores se echarán a andar, causando entonces que el asteroide se acerque a la sonda y se salga de su órbita de colisión con la Tierra.

El negocio de salvar al planeta requiere compromiso. Primero tenemos que catalogar cada objeto cuya órbita se interseca con la Tierra. Luego tenemos que realizar cálculos precisos que nos permitan predecir las colisiones catastróficas en cientos o miles de órbitas a futuro. Mientras tanto debemos realizar misiones espaciales para determinar a detalle la estructura y la composición química de los asteroides y cometas asesinos.

Los estrategas militares entienden la necesidad de conocer al enemigo. Pero, por primera vez, estaríamos involucrados en una misión espacial no para ganarle a nuestros competidores sino para proteger la vida de nuestra especie en nuestro hogar colectivo.

Cualquiera que sea la opción que elijamos, primero necesitamos realizar un inventario detallado de las órbitas de todos los objetos que amenazan la vida en la Tierra. El número de personas en el mundo involucrado en esta búsqueda suma unas cuantas docenas. Me sentiría mucho más seguro si fueran unos cuantos más. La decisión tiene que ver con qué tan a futuro estamos dispuestos a proteger la vida de nuestra especie en la Tierra. Si los humanos alguna vez se extinguen debido a una colisión catastrófica, no será porque nos faltaba la capacidad mental para protegernos a nosotros mismos, sino porque nos faltó la prospectiva y la determinación. Las especies dominantes que nos reemplacen en nuestra Tierra postapocalíptica quizá se pregunten por qué no nos fue mejor que a los dinosaurios y sus cerebros pequeños.

§ 7. Destinados para las estrellas⁷

Video-entrevista con Calvin Sims de *The New York Times*

La conversación

Neil deGrasse Tyson: Necesitamos volver a la Luna. Muchas personas dicen: «Ya hicimos eso, ¿por qué no se les ocurre un nuevo sitio que visitar?».

Pero la Luna ofrece ventajas tecnológicas importantes. Un viaje a Marte toma cerca de nueve meses. Si no hemos salido de la órbita baja de la Tierra en cuarenta años, enviar personas a Marte por primera vez es algo que costará trabajo y para lo que falta mucho tiempo. Un buen impulso para la nueva visión espacial es volver a vincular el programa espacial tripulado en modos no practicados durante la década pasada, y recapturar el entusiasmo que impulsó a gran parte del programa espacial en los sesenta.

Calvin Sims: Entonces, ¿las razones por las que debemos ir son para probar que lo podemos volver a hacer, porque no lo hemos hecho en mucho tiempo y para construir consenso?

NDT: No hemos salido de la órbita baja recientemente. Tenemos que recordarnos a nosotros mismos cómo hacer eso — cómo hacer eso bien, cómo hacerlo eficientemente. También tenemos que descifrar cómo establecer un campamento base y cómo mantener vida en otro sitio que no sea la Tierra, o la órbita baja. La Luna es un sitio relativamente sencillo de alcanzar y en donde poner a prueba todo esto.

⁷ Adaptado de «[The Conversation: Neil Tyson](#)», video en *The New York Times*, realizado en 23 de junio de 2006 por Calvin Sims, producido por Matt Orr; publicado en línea el 20 de julio de 2006.

CS: NASA ha estimado que volver a ir a la Luna nos podría costar, en cálculos conservadores, 100 mil millones de dólares. ¿Cree que sea prudente financiar este esfuerzo, especialmente en este momento de nuestra historia, cuando estamos en guerra en Irak y con múltiples demandas domésticas?

NDT: Esa cantidad, 100 mil millones, debe ser analizada a fondo. No se gastaría todo en un momento; se gastará a lo largo de varios años. Y 100 mil millones, por cierto, apenas es el presupuesto total durante seis años de la NASA.

Estados Unidos es una nación rica.

Preguntémonos: ¿Cuánto vale para nosotros ir al espacio? ¿Cuánto de nuestros impuestos estamos dispuestos a gastar en el viaje, en la NASA y lo que representa en nuestros corazones, nuestra mente, nuestra alma?

El presupuesto de la NASA representa medio punto porcentual de un dólar tributado. Así que no me parece que este sea el primer lugar donde las personas busquen ahorrar dinero del presupuesto federal. Sin duda vale la pena gastar todo un punto porcentual — personalmente, creo que vale mucho más que eso, pero si todo lo que nos van a dar es uno por ciento, eso lo podríamos aprovechar muy bien.

* * * *

Destinados para las estrellas

NDT: En cada cultura a lo largo de la Historia, siempre ha habido alguien que se preocupa por nuestro sitio en el universo e intenta

entender qué es la Tierra. Esta no es una preocupación moderna, es algo profundamente inherente a lo que significa ser humano.

Como estadounidenses del siglo XXI, tenemos la fortuna de poder poner en práctica este asombro. La mayoría de las personas simplemente se quedaron ahí, mirando hacia el cielo, e inventaron mitologías para explicar aquello sobre lo que se interrogaban. Nosotros podemos construir naves espaciales e ir hacia los lugares. Ese es un privilegio que trae el éxito de nuestra economía y la visión de nuestros líderes, combinada con el ansia de hacerlo.

CS: Lo que está diciendo es que la principal razón para viajar al espacio es la búsqueda de conocimiento, y que los humanos estamos programados por naturaleza para satisfacer nuestra curiosidad y por el gusto del descubrimiento. ¿Por qué este atractivo es tan intenso que arriesgamos vidas humanas para llegar hasta allá?

NDT: No todos arriesgan su vida. Pero para algunos miembros de nuestra especie, el descubrimiento es fundamental para su identidad y su carácter. Y aquellos que sienten eso son los que llevan a la nación, al mundo, al futuro.

Los robots son importantes también.

Si me pongo mi gorro de científico puro, diría que sólo enviáramos robots; yo me quedo aquí y analizo los datos. Pero nadie le ha organizado un desfile a un robot. Nadie ha nombrado una escuela en honor a un robot. Así que cuando me pongo mi gorro de educador público, reconozco los elementos de la exploración que emocionan a las personas.

No son sólo los descubrimientos y las bellas fotografías que nos llegan desde los cielos; también es la participación indirecta en el acto del descubrimiento en sí mismo.

CS: ¿Qué tan lejos estamos de que haya una exploración masiva del espacio y de la experiencia individual — de la colonización del espacio? Ese ha sido un sueño desde hace un tiempo.

¿Estamos a veinte años de lograrlo? ¿A treinta?

NDT: Cada que leo sobre la historia del comportamiento humano, veo que las personas siempre hallan alguna razón para pelear y matarse. Es realmente deprimente. Así que no sé si confío en que los seres humanos colonicen otro planeta y eviten que esas colonias se conviertan en zonas de violencia y conflicto. También, el futuro ha sido un poco sobrevendido. Sólo observe lo que las personas decían en los sesenta:

«Para 1985 habrá miles de personas viviendo y trabajando en el espacio».

No. Estamos en 2006 y tenemos a tres personas viviendo y trabajando en el espacio. Los engaños surgen porque las personas pierden de vista las fuerzas que nos impulsaron a llegar al espacio en un principio.

CS: ¿Tiene usted algún deseo de aventurarse y explorar el espacio?

NDT: No, para nada. Parte de la definición popular de la palabra «espacio» es, por ejemplo, viajar a la órbita terrestre. Bueno, la órbita terrestre puede ser tan baja como 200 millas sobre la superficie de la Tierra.

Esa es la distancia que hay de Nueva York a Boston. Mi interés en el espacio va mucho más allá — galaxias, agujeros negros, el Big Bang. Ahora, si tuviéramos maneras de viajar hasta allá, sin duda, apúntenme. ¿Visitar la galaxia Andrómeda? Estoy listo para salir mañana. Pero como no tenemos eso, esperaré a que lo tengamos.

* * * *

¿El Sol gira alrededor de la Tierra?

CS: Los estadounidenses en promedio saben mucho menos sobre ciencia y tecnología que sus contrapartes extranjeros. Usted ha dicho que a menos de que demos pasos para mejorar nuestra educación científica, estamos en camino a una crisis.

NDT: La crisis está sucediendo ya. Pero me da gusto poder anunciar que hay personas juiciosas y de altas miras entre nosotros, algunos de los cuales han participado en comités que emiten documentos. «A Nation at Risk», el reporte de 1983 realizado por la Comisión Nacional de Excelencia Educativa (National Commission on Excellence in Education), por ejemplo, comentaba que si alguna fuerza enemiga quisiera imponer en Estados Unidos el sistema educativo de mala calidad que existe aún hoy, lo consideraríamos un acto de guerra. De hecho, el reporte iba más lejos y decía que Estados Unidos había estado «cometiendo un acto insensato y unilateral de desarme educativo».

CS: Algunos estudios muestran que sólo entre el 20 y el 25 por ciento de la población adulta puede considerarse como competente científicamente. Y otro estudio halló que uno de cada cinco adultos

estadounidenses creen que el Sol gira alrededor de la Tierra, un concepto que dejamos atrás en el siglo dieciséis.

¿Le sorprende esto?

NDT: ¿No me acaba de preguntar si estamos en una crisis? Claro que lo estamos.

Y sí, me preocupa profundamente. Hay un conocimiento elemental del mundo físico que el público en general desconoce. Y por cierto, tener competencia científica no es simplemente recitar tantas fórmulas químicas como pueda, ni saber cómo es que funciona su horno de microondas.

Tener competencia científica es estar conectado a las fuerzas que mueven al universo. No hay excusa para creer que el Sol, que es un millón de veces más grande que la Tierra, nos orbita.

CS: Esto es particularmente preocupante cuando tanto del debate político tiene un fundamento científico: calentamiento global, investigación con células madre.

¿Qué hacer ante esto?

NDT: Sólo puedo decirle lo que *yo* haría. Odio decir esto, pero yo ya doy a los adultos por perdidos. Ya se han formado; son el producto de lo que sea que haya sucedido en sus vidas; no puedo hacer nada por ellos. Pero sí puedo tener cierta influencia sobre las personas que todavía están en la escuela. Ahí es donde yo, como científico y como educador, puedo hacer algo para enseñarles a pensar, a evaluar una aseveración, a juzgar lo que dice una persona ante lo que otra dice, cómo establecer un nivel de escepticismo. El escepticismo es saludable. No es algo malo; es algo bueno. Así que

estoy trabajando con la nueva generación, la que viene. No sé qué hacer con el resto.

Ese 80 por ciento de adultos, yo no puedo hacer nada ahí.

CS: ¿Cómo podemos cambiar la manera en la que se enseña ciencia?

NDT: Pregúntele a cualquiera cuántos maestros han hecho una diferencia en su vida, y no obtendrá jamás más que los dedos de una mano. Uno se acuerda de sus nombres, se acuerda de lo que hicieron, uno recuerda si lo pasaron al frente de la clase. ¿Sabe por qué los recordamos? Porque su tema los apasionaba. Los recordamos porque encendieron una llama en nosotros. Nos hicieron emocionarnos sobre un tema que antes no nos importaba, porque a ellos también los emocionaba. Eso es lo que encamina a las personas a seguir una carrera científica o en ingeniería o en matemáticas. Eso es lo que tenemos que promover. Si conseguimos que eso suceda en cada salón de clases, cambiaremos al mundo.

* * * *

China: el nuevo Sputnik

NDT: Es triste pero cierto que la Guerra Fría fue uno de los principales motores del programa espacial en lo sesenta. No lo recordamos así; en cambio, lo recordamos como «Somos estadounidenses, y somos exploradores». Lo que en realidad sucedió es que el Sputnik encendió una llama bajo nuestros traseros y dijimos:

«Esto no puede ser. La Unión Soviética es nuestro enemigo y tenemos que vencerlos».

CS: Ahora China es la competencia.

¿Diría usted que a la nueva y ambiciosa iniciativa la motivan metas económicas y militares, en particular después de que China puso a una persona en órbita en 2003 y está cerca de llegar a la Luna?

NDT: Existe esa proximidad temporal entre el lanzamiento del primer taikonauta chino a la órbita terrestre en octubre de 2003 y una serie de documentos estadounidenses que articulaban una «visión espacial», incluida la Visión para la Exploración Espacial de la administración Bush en enero de 2004. Más adelante en el mes, una orden ejecutiva creaba la Comisión Presidencial para la Implementación de la Política de Exploración Espacial Estadounidense (Presidential Commission on Implementation of United States Space Exploration Policy), y en febrero la Visión para la Exploración Espacial de la NASA. La Visión Espacial no dice: «Estamos preocupados por los chinos; volvamos a poner a alguien de los nuestros en órbita», pero sería imprudente no reflexionar acerca del clima político en el que estos documentos fueron emitidos. No tengo duda de que estábamos preocupados por nuestra habilidad para competir. No olvidemos que la visión fue anunciada al año de la pérdida del Transbordador Espacial Columbia. Fue a partir de esa pérdida que las personas comenzaron a cuestionarse: ¿Qué está haciendo la NASA con su programa tripulado? ¿Por qué estamos arriesgando vidas sólo para dar una vuelta a la cuadra, osadamente yendo a donde cientos han ido antes? Si uno va a poner en riesgo su vida, por lo menos que sea

yendo a donde nadie ha ido antes. No es un tema de temerle a los riesgos: uno quiere que la meta esté a la altura de los riesgos.

CS: ¿Qué tan avanzados van los chinos?

¿Podemos volver a la Luna antes de que ellos lleguen?

NDT: De las muchas estadísticas comparativas entre Estados Unidos y otras naciones, una de mis favoritas es la que dice que hay más personas competentes científicamente en China de las que se han graduado de universidad en Estados Unidos.

Cuando fui presidente de la comisión presidencial aeroespacial, viajamos alrededor del mundo para estudiar el clima económico en el que nuestra propia industria aeroespacial estaba compitiendo. Uno de esos viajes fue a China. Nos reunimos con funcionarios gubernamentales y líderes de la industria en 2002 — por cierto, todos tenían anillo de graduación de escuelas de ingeniería en Estados Unidos — y nos dijeron:

«Vamos a poner a un hombre en el espacio en unos cuantos años». No había duda en nuestra mente de que lo lograrían, porque vimos cómo estaban canalizando sus recursos hacia ese esfuerzo. Vimos lo valioso que era para su orgullo nacional. Vimos lo valioso que era como un motor económico. Lo que para ellos es algo nuevo es algo que muchos estadounidenses han dado por hecho en nuestro país.

CS: ¿La militarización del espacio, o la colonización del espacio por países distintos es una consecuencia inevitable de llegar allá?

NDT: Tenemos muchos recursos espaciales: satélites de comunicación, satélites climáticos, GPS. Se habla de protegerlos. ¿Esa es la militarización a la que se refiere la gente? Quizá se

refieren a bombas y láseres. Si esa fuera la tendencia, no sería algo bueno. La militarización contaminaría la pureza de la visión. La visión es la exploración.

No hay nada más puro para el espíritu humano que eso.

* * * *

Perder nuestra ventaja científica

CS: Estados Unidos sigue siendo la potencia dominante en términos científicos y tecnológicos, pero nos están alcanzando nuestros competidores extranjeros, ¿no es cierto?

NDT: No es que estemos perdiendo nuestra ventaja científica; es que todos nos están alcanzando. Estados Unidos ha mantenido sus inversiones en las fronteras tecnológicas desde los cincuenta, sesenta y setenta. Pudimos mantenernos al frente del mundo, como lo estuvimos durante esas décadas. Sí, todos nos alcanzaron y han emparejado la cancha — pero no tenía por qué ser así. Y no tiene que ser así ahora tampoco. Es momento de reinvertir en nosotros mismos. Nuestra nación tiene la economía más grande del mundo; no está fuera de nuestro alcance volver a tomar el liderazgo que una vez tuvimos.

CS: Pero cada vez menos estudiantes se gradúan con títulos de ciencia e ingeniería, y, de hecho, una gran parte de nuestra fuerza de trabajo en ciencia y tecnología nació en el extranjero. ¿Es esto motivo de preocupación?

NDT: Per se, yo no estoy preocupado por que sean los estudiantes extranjeros quienes ocupen una parte sustantiva de nuestros espacios educativos en ciencia e ingeniería. Ha sido así desde hace

varias décadas. Estados Unidos pierde únicamente si esos estudiantes regresan a su país.

CS: ¿Y eso está sucediendo?

NDT: Sí. Antes, los estudiantes extranjeros venían y se quedaban, así que nuestra inversión en ellos como estudiantes producía un retorno en función de su creatividad y su innovación como trabajadores. Se convertían en parte de la economía estadounidense.

CS: ¿Y por qué se regresan a sus países ahora?

NDT: Porque el resto del mundo nos está alcanzando, y porque ahora hay oportunidades en sus países de origen — oportunidades que superan por mucho lo que hay aquí.

CS: ¿Pero qué no es algo bueno el incremento, la infusión de capacidades científicas? ¿No es algo que quiere que suceda?

NDT: Depende de cuándo me lo pregunte, y qué sombrero esté utilizando.

Es fácil hablar en términos de querer que Estados Unidos se mantenga fuerte, sano y rico. Pero como científico, lo único que realmente importa es la frontera científica, donde sea que esté.

Sí, uno quiere estar en esa frontera, pero la ciencia siempre ha sido un asunto internacional. En ciertos sentidos, la ciencia trasciende la nacionalidad, porque todos los científicos hablan el mismo lenguaje. Las ecuaciones son las mismas, no importa de qué lado del océano se encuentre o cuándo las haya escrito. Así que sí, es bueno que más personas estén haciendo ciencia y que más países estén invirtiendo en ciencia.

Aún así, lamentaré el día en el que los estadounidenses sean simples espectadores y no líderes en la frontera espacial.

§ 8. ¿Por qué explorar?⁸

Contrario a otros animales, los seres humanos se sienten perfectamente cómodos durmiendo de espaldas. Ese simple hecho nos ha permitido mirar al inabarcable cielo nocturno mientras nos quedamos dormidos, nos ha permitido soñar sobre nuestro sitio en el cosmos y preguntarnos qué falta por descubrir en los mundos más allá. O quizá sea un gen que opera dentro de nosotros el que exige que conozcamos por nosotros mismos lo que nos espera más allá del valle, más allá del mar, o más allá del vacío espacial. Sea cual sea la causa, el efecto es que estamos inquietos, ansiosos por conocer. En nuestra mente sabemos, pero sobre todo en nuestro corazón, el valor que tienen los nuevos viajes para nuestra cultura y las nuevas perspectivas que nos dan. Porque sin ellos, nuestra cultura se estanca y nuestra especie languidece. Y entonces bien podríamos empezar a dormir boca abajo.

⁸ Adaptado de «Why Explore?», en Lonnie Jones Schorer (con prefacio de Buzz Aldrin), *Kids to Space: A Space Traveler's Guide*, Burlington, Ontario: Collector's Guide Publishing, 2006.

§ 9. La anatomía del asombro⁹

Estos días muchas cosas nos dan curiosidad.

Nos preguntamos si llegaremos al trabajo a tiempo. Nos preguntamos si la receta para los *muffins* de elote que conseguimos en internet saldrá buena. Nos preguntamos si nos quedaremos sin combustible antes de llegar a la siguiente gasolinera. Como verbo intransitivo, es sólo una palabra más en la oración, pero como sustantivo, expresa una de nuestras más elevadas capacidades de emoción humana.ⁱ

La mayoría de nosotros hemos sentido asombro en algún momento u otro. Cuando estamos ante un lugar, una cosa o una idea que rebasa toda explicación. Cuando admiramos algún tipo de belleza de tal majestad que nos deja sin palabra; el asombro nos lleva a un estado de pasmo silencioso. Lo que es sorprendente no es que los seres humanos tengan esta capacidad para sentir, sino lo distintas que pueden ser las fuerzas que estimulan estas emociones en nuestro interior.

Los pensamientos concentrados de un científico en el borde de lo que se conoce y lo que no en el universo — en la frontera del descubrimiento cósmico — se parece muchísimo a los pensamientos expresados por una persona durante el fervor religioso. Y (sin duda la meta de la mayoría de los artistas) algunas obras creativas dejan al espectador sin palabras — sólo con sentimientos que flotan en los límites del espectro emocional. El encuentro es principalmente espiritual y no puede ser interiorizado

⁹ Adaptado de «Wonder», publicado en abc.com, 30 de octubre de 2006.

todo de una vez; requiere una reflexión persistente sobre lo que significa y sobre el modo en el que nos relacionamos con él.

Cada componente de esta trinidad del quehacer humano — la ciencia, la religión y el arte — se apodera fuertemente de nuestra capacidad de asombro, que deriva de una aceptación de lo misterioso. Cuando no hay misterio no puede haber asombro.

Admirar una gran obra de ingeniería o de arquitectura puede inducirnos a hacer una pausa ante tal cruce sublime entre la ciencia y el arte. Proyectos de esa escala tienen el poder de transformar el paisaje humano, y anuncian a voces, tanto para nosotros como para el universo, que hemos logrado dominar las fuerzas de la naturaleza que antes nos mantenían atados a una vida itinerante en busca de comida, abrigo y nada más.

Inevitablemente, los nuevos asombros suplantán a los viejos, provocados por los misterios modernos, no por los viejos. Nos debemos de asegurar de que esto siga siendo así por siempre, o si no nuestra cultura se estancará a través del tiempo y del espacio. Hace dos mil años, mucho antes de que entendiéramos cómo y por qué se mueven los planetas como lo hacen en el cielo nocturno, el matemático y astrónomo de Alejandría Claudio Ptolomeo no pudo refrenar su reverencia al contemplarlos. En el *Almagesto* escribe: «Cuando trazo, a placer, los ires y venires de los cuerpos celestes, no toco la Tierra con los pies.

Estoy de pie ante la presencia de Zeus y lleno mi copa de ambrosía». Las personas no se expresan con tal poesía acerca de las órbitas de los planetas. Isaac Newton resolvió ese misterio en el siglo diecisiete

con su ley universal de la gravedad. Que esa ley de Newton ahora se enseñe en las clases de física en la preparatoria es simplemente un recordatorio de que la siempre móvil frontera del descubrimiento, en la Tierra y en los cielos, las maravillas de la naturaleza y de la creatividad humana no conocen fronteras, y nos obligan a replantearnos periódicamente lo que nos parece lo más asombroso.

§ 10. Feliz cumpleaños, NASA¹⁰

Querida NASA:

¡Feliz cumpleaños! Quizá no lo sabes pero tenemos la misma edad. En la primera semana de octubre de 1958, naciste como agencia civil espacial gracias a la Ley Nacional de Aeronáutica y el Espacio (National Aeronautics and Space Act), mientras que yo nací gracias a mi madre en el East Bronx. Así que las celebraciones que durarán todo un año de nuestros aniversarios de oro, y que comenzaron el día después de que cumplimos 49, me presentan la oportunidad perfecta para reflexionar sobre nuestro pasado, nuestro presente y nuestro futuro.

Tenía tres años cuando John Glenn orbitó la Tierra por primera vez. Tenía ocho años cuando perdiste a los astronautas Chaffee, Grissom y White en el trágico incendio de su cápsula Apollo 1 en la plataforma de lanzamiento. Tenía diez años cuando lograste que Armstrong y Aldrin llegaran a la Luna. Y tenía catorce cuando dejamos de ir a la Luna. Con el tiempo me he emocionado por ti y por Estados Unidos. Pero la emoción indirecta del viaje, tan prevalente en los corazones y las mentes de los demás, no estaba entre mis emociones. Sin duda era demasiado joven para ser un astronauta. Pero sabía que también el color de mi piel era demasiado oscuro para que me incluyeras en la imagen de esta aventura épica. No sólo eso, a pesar de que eres una agencia civil, tus astronautas más famosos fueron pilotos militares, en una época en la que la guerra se volvía cada vez menos popular.

¹⁰ Publicado por primera vez en NASA 50th Magazine: 50 Years of Exploration and Discovery, 2008.

Durante los sesenta, el movimiento en favor de los derechos civiles era más real para mí que para ti. De hecho, se requirió una directriz del vicepresidente Johnson en 1963 para obligarte a contratar a ingenieros de raza negra en tu prestigioso Centro de Vuelo Espacial Marshall (Marshall Space Flight Center) en Huntsville, Alabama. Descubrí la correspondencia en tus archivos.

¿Recuerdas? James Webb, entonces director de la NASA, le escribió al pionero alemán de los cohetes Wernher von Braun, quien dirigía el Centro y era el ingeniero en jefe de todo el programa espacial tripulado. La carta instruye clara y directamente a von Braun a que solucione «la carencia de oportunidades igualitarias de trabajo para negros» en la región y a colaborar con las universidades regionales, Alabama A&M y la universidad de Tuskegee para identificar, entrenar y reclutar a ingenieros negros calificados para que formaran parte de la familia de la NASA en Huntsville.

En 1964, tú y yo no habíamos cumplido seis años cuando vi que había piqueteros afuera del nuevo edificio de departamentos a donde nos habíamos mudado en la sección de Riverdale en el Bronx.

Estaban protestando para impedir que las familias negras, incluida la mía, se mudaran ahí. Me da gusto que sus esfuerzos hayan fallado. Estos edificios fueron conocidos, quizá proféticamente, como los Skyview Apartments, en cuyo cielo, veintidós pisos arriba del Bronx, apuntaría más tarde mi telescopio hacia el universo.

Mi padre era un participante activo en el movimiento en favor de los derechos civiles, trabajaba con el alcalde Lindsay de Nueva York

para crear oportunidades de trabajo para jóvenes en el gueto (así se le decía entonces a los barrios pobres de la ciudad). Año tras año, las fuerzas que empujaban en contra de este esfuerzo eran enormes: escuelas pobres, malos maestros, recursos magros, racismo abyecto y líderes asesinados. Así que mientras tú celebrabas tus avances mensuales en exploración espacial, del Mercury al Gemini al Apolo, yo estaba viendo cómo Estados Unidos hacía todo lo posible por marginalizarme e impedir que hiciera lo que quería hacer con mi vida.

Voltée hacia ti para obtener dirección, para tener una visión que pudiera adoptar y que diera impulso a mis ambiciones. Pero no estuviste ahí para mí. Claro, no te puedo culpar de lo males de la sociedad. Tu conducta era simplemente un síntoma de los hábitos estadounidenses, no su causa. Era consciente de esto. Pero aún así debiste saber que entre mis colegas, yo fui el único de mi generación que se convirtió en astrofísico a pesar de tus logros en el espacio y no a propósito de ellos. Para obtener inspiración, voltée a las bibliotecas, a los libros sobre el cosmos, a mi telescopio y al planetario Hayden. Después de algunas salidas en falso a lo largo de mis años en la escuela, cuando parecía que convertirse en astrofísico era el camino de mayor resistencia en medio de una sociedad hostil, me convertí en un científico profesional. Me convertí en astrofísico.

A lo largo de las siguientes décadas, has avanzado muchísimo — incluida una visión iniciada por el presidente y apoyada por el Congreso que finalmente nos sacará de la órbita baja de la Tierra.

Quien no reconozca aún el valor que tiene esta aventura para el futuro de nuestra nación, pronto lo sabrá, a medida que el resto de las naciones desarrolladas y en vías de desarrollo en el mundo nos rebasen en todos los indicadores de fortaleza tecnológica y económica. No sólo eso, hoy en día te pareces más a Estados Unidos — desde tus administradores de mayor nivel, hasta tus astronautas más decorados.

Felicidades. Ahora le perteneces a todos los ciudadanos. Abundan ejemplos de esto, pero me acuerdo en especial de 2004, cuando el público apoyaba con entusiasmo al telescopio Hubble, tu misión no tripulada más querida. Todos fueron muy vocales y lograron prevenir la amenaza de que la vida del telescopio no fuera extendida por otra década más.

Las imágenes trascendentales del cosmos que el Hubble ha producido nos hablaban directamente a todos, así como los perfiles personales de los astronautas que lanzaron y han dado servicio al telescopio, y de los científicos que se beneficiaron de los datos que recolectó.

No sólo eso, ahora he pasado a formar parte de tus filas, ya que cumplo mi labor como uno más de los miembros de tu consejo. Me he dado cuenta que cuando estás en tus mejores momentos, nada más en el mundo puede inspirar los sueños de una nación como tú lo haces — sueños mantenidos por una multitud de estudiantes ambiciosos que ansían convertirse en científicos, ingenieros y tecnólogos al servicio de la misión más importante que jamás haya existido.

Representas una parte fundamental de la identidad estadounidense, no sólo para el país mismo, sino para el mundo.

Ahora que ambos tenemos cuarenta y nueve y hemos recorrido bastante de nuestra órbita número cincuenta alrededor del Sol, quiero que sepas que comparto tus dolores y tus alegrías. Y que espero verte de vuelta en la Luna.

Pero no pares ahí. Marte nos llama, así como otros destinos más allá.

Tocaya de cumpleaños, aún cuando antes no lo haya sido, soy tu humilde servidor.

Neil DeGrasse Tyson Astrofísico,
American Museum Of Natural
History

§ 11. Los próximos cincuenta años en el espacio¹¹

Es difícil discutir los próximos cincuenta años en el espacio sin hacer una reflexión sobre los cincuenta años pasados. Resulta que nació la misma semana en que se fundó la NASA, al inicio de octubre de 1958. Eso quiere decir que mis primeras tomas de conciencia del mundo sucedieron durante la década de los sesenta, en la era Apollo. Fue una década turbulenta internacionalmente, y Estados Unidos no fue la excepción. Estábamos en guerra en el sureste asiático, el movimiento en favor de los derechos civiles estaba echado a andar, había asesinatos y la NASA se dirigía hacia la Luna.

Entonces parecía claro que los astronautas, cualquiera que fuera el criterio para seleccionarlos, jamás me incluirían.

Los astronautas eran reclutados de entre los militares — todos salvo dos. Uno de ellos fue Neil Armstrong, un piloto de pruebas civil e ingeniero aeronáutico — el comandante del Apollo 11 y el primer ser humano en poner un pie en la Luna. El otro fue Harrison Schmitt, un geólogo, el único científico en llegar a la Luna. Schmitt fue el piloto del módulo lunar Apollo 17, la última misión estadounidense a la Luna.

Quizá el año más turbulento de aquella década fue 1968, sin embargo ese es el año en el que el Apollo 8 se convirtió en la primer embarcación en salir de la órbita baja terrestre y en ir hacia la Luna. Ese viaje sucedió en diciembre, al final de un año intenso y

11 Adaptado del discurso de clausura de «50 years of the Space Age», una celebración patrocinada por la Federación Internacional Aeronáutica, UNESCO, París, 21 de marzo de 2007.

sangriento. Durante la órbita del Apollo 8, sus astronautas tomaron la que es quizá la fotografía más reconocida en la historia del mundo. Cuando la nave emergía del lado oscuro de la Luna, sacaron la cámara, miraron por la ventana del módulo de mando y capturaron a la Tierra emergiendo del paisaje lunar. Esta imagen publicada ampliamente, titulada *Earthrise*, presentaba a la Tierra como un objeto cósmico, flotando en el cielo de otro objeto cósmico. Era al mismo tiempo emocionante y aleccionador, bella y algo aterradora.

Por cierto, el título, *Earthrise*, es algo engañoso. La Tierra está atada a la Luna por la fuerza de marea, y es por ello que la Luna siempre nos enseña un solo lado. Uno se apresura a asumir la que la Tierra sale y se pone en el horizonte para un observador en la Luna como la Luna lo hace para los que la miramos acá en la Tierra. Pero vista desde el lado que vemos de la Luna, la Tierra nunca se oculta, siempre está ahí, flotando en el cielo.

Todos recordamos a los sesenta como la era de los pilotos de pruebas, pero también tuvo su parte de misiones robóticas. Los primeros vehículos exploradores en la Luna fueron rusos: Luna 9 y Luna 13. El Ranger 7 estadounidense fue la primera nave espacial que fotografió la superficie de la Luna. Pero el público no las recuerda, aunque fueron nuestros antepasados robóticos en el espacio, porque había una historia mucho más grande que contar: sólo cuando los emisarios humanos eran quienes realizaban las exploraciones fue que el público sintió esa atracción a la distancia por los dramas que surgían en la frontera espacial.

Dado que yo crecí en Estados Unidos, daba por hecho que, en general, todos piensan en mañana, en el año siguiente, los próximos cinco o diez años. Es un pasatiempo popular. Si uno le dice a alguien, «¿en qué andas?», no te van a decir qué es lo que están haciendo hoy. No, te van a decir lo que estaban planeando: «Estoy ahorrando para un viaje al Caribe», o «Estamos viendo si compramos una casa más grande», o «Estamos por tener dos hijos más». Las personas siempre están imaginando el futuro.

Los estadounidenses no están solos en esto, claro. Pero en algunos de los países que he visitado, he platicado con personas que no están pensando acerca del futuro. Y cualquier país en el que las personas no piensan en el futuro, es un país sin programa espacial. He aprendido que el espacio es una frontera que te mantiene soñando sobre lo que puede descubrirse mañana — una característica fundamental del ser humano.

Alrededor del mundo y a través del tiempo, todas las personas y todas las culturas — incluso aquellos que no tienen lenguaje escrito — tienen algún tipo de historia que da cuenta, mitológica o no, de su existencia y su relación con el universo conocido. Estas no son interrogantes nuevas; son interrogantes antiguas. Esta es una misión antigua.

Los seres humanos somos de los pocos animales que se sienten perfectamente cómodos durmiendo boca arriba. Además, dormimos por la noche.

¿Qué sucede entonces si uno se despierta a media noche mientras duerme boca arriba? Se ven las estrellas. Es posible que, de todos

los animales en la historia de la vida de la Tierra, seamos los únicos a quienes nos provoque curiosidad el cielo, y quizá no nos deba de sorprender entonces que nos preguntemos por nuestro sitio en el cosmos.

[Tweet espacial #9. La noche es nuestro día. Cásense con astrónomos — así siempre sabrán donde están por la noche.]

Hoy, cuando pensamos en los objetos distantes en el espacio, hacemos planes para alcanzarlos. Hemos llegado a la Luna.

Estamos discutiendo la posibilidad de ir a Marte. El siglo veinte, claro, fue el primero en el que los métodos y las herramientas de la ciencia — y particularmente los métodos y las herramientas de la exploración espacial — nos permitieron responder preguntas arcaicas sin tener que echar mano de fuentes mitológicas: ¿de dónde venimos?, ¿hacia dónde vamos?, ¿cuál es nuestro sitio en el universo? Muchas de nuestras respuestas han llegado no sólo porque hayamos llegado a la Luna o porque alcancemos algún otro cuerpo celeste, sino porque el espacio nos ofrece lugares desde los cuales podemos acceder al resto del cosmos.

Mucho de lo que el universo quiere decirnos ni siquiera llega a la superficie terrestre. No sabríamos nada de los agujeros negros si no fuera por los telescopios que hemos lanzado al espacio. No sabríamos nada de las distintas explosiones en el universo, ricas en rayos X, gama y ultravioleta.

Antes de que tuviéramos estas ventanas al espacio — telescopios, satélites, sondas espaciales — que nos han permitido realizar

estudios astrofísicos sin la interferencia de la atmósfera terrestre a la que usualmente consideramos transparente, estábamos casi ciegos en el universo.

Cuando pienso en la exploración espacial del mañana, no pienso en la órbita baja de la Tierra — alturas menores de unos dos mil kilómetros. En los años sesenta esa era una de nuestras fronteras. Pero ahora la órbita baja de la Tierra ya es algo rutinario. Puede que siga siendo peligrosa, pero no es una frontera. Llévenme a un lugar nuevo.

Hagamos algo más que dar un simple paseo por la cuadra.

Sí, la Luna es un destino. Marte es un destino. Pero los puntos de Lagrange también son destinos. Son los puntos donde las fuerzas centrífugas y gravitacionales se equilibran dentro de un sistema como el que se forma entre la Tierra y la Luna o entre la Tierra y el Sol. En esos destinos podemos construir cosas. Ya tenemos algo de experiencia, gracias a la construcción de la Estación Espacial Internacional, que es más grande que muchas de las cosas concebidas o construidas aquí en la Tierra.

Si me preguntan, «¿Qué es la cultura?», les diría que todas las cosas que hacemos como nación, o como grupo, o como habitantes de una ciudad o una región, pero que las hacemos sin ponerles demasiada atención; todas esas cosas que damos por hecho. Yo soy de Nueva York, y, por ejemplo, no pongo mucha atención cuando paso por un edificio de setenta pisos. Sin embargo, cada turista que llega a Nueva York de cualquier lugar del mundo constantemente

está mirando hacia arriba. Entonces me pregunto, ¿qué cosas dan por hecho estas personas en sus propias culturas?

Algunas veces son cosas simples. La última vez que visité Italia, fui al supermercado y había un pasillo completo de pasta. Nunca había visto eso antes. Había pasta en formas que nunca he visto en Estados Unidos.

Entonces le pregunté a mis amigos italianos: «¿Se dan cuenta de esto?». Y me dijeron que no, que simplemente era un pasillo de pasta. En el Lejano Oriente hay pasillos completos de arroz. Le pregunté a un amigo que no nació en Estados Unidos: «¿Qué hay en nuestros supermercados que crees que yo ya doy por hecho?». Y me dijo: «Tienen un pasillo completo dedicado a los cereales para desayunar». Para mí, claro, es simplemente el pasillo del cereal. Tenemos pasillos llenos de refrescos: Coca, Pepsi y todos sus derivados. Y sin embargo, para mí es solamente el pasillo de los refrescos.

¿A dónde voy con estos ejemplos?

En Estados Unidos, los objetos del diario incorporan íconos del programa espacial. Uno puede comprar imanes para el refrigerador con la forma del telescopio espacial Hubble. Es posible comprar curitas decoradas no sólo con personajes como Spider-Man, Superman o Barbie, sino también con estrellas y lunas y planetas que brillan en la oscuridad.

Es posible comprar rebanadas de piña cortadas en forma de objetos cósmicos. Y en cuanto a los nombres de los autos, el cosmos es

segundo lugar en frecuencia sólo superado por ubicaciones geográficas.

Ese es el componente espacial que hay en la cultura y que la gente ya da por hecho.

[Tweet espacial #10. Cosmos sabroso: Mars, Milky Way, MoonPie, chicles Eclipse, Sunkist, Celestial Seasonings. Eso sí, no hay comida en honor a Urano.]

Hace varios años participé en una comisión cuya tarea era analizar el futuro de la industria aeroespacial estadounidense — que estaba atravesando por un momento difícil, en parte debido al éxito del Airbus en Europa y al Embraer en Brasil.

Viajamos alrededor del mundo para explorar el clima económico en el que las industrias estadounidenses estaban operando, para así poder aconsejar al Congreso y a la industria aeroespacial sobre cómo recuperar el liderazgo, o por lo menos la competitividad, que ellos (y nosotros) dimos por hecho.

Así que visitamos varios países de Europa y viajamos hacia el este. Nuestro último destino fue Moscú. Uno de los lugares que visitamos fue la Ciudad de las Estrellas, un sitio de entrenamiento para cosmonautas donde hay un llamativo monumento en honor a Yuri Gagarin. Después de las bienvenidas de rigor y un *shot* matutino de vodka, el director de la Ciudad de las Estrellas se reclinó en su silla, se aflojó la corbata y habló con añoranza sobre el espacio.

Sus ojos brillaban, como los míos, y sentí una conexión que no había sentido ni en Inglaterra, ni en Francia, ni en Bélgica, ni en Italia ni en España.

Esa conexión existe, claro, porque nuestras naciones, durante un breve momento de la Historia, dirigieron una gran cantidad de recursos hacia el propósito de poner a una persona en el espacio. Estar concentrados en cumplir con esa misión es algo que se ha colado a la cultura rusa y a la estadounidense, de tal manera que no concebimos nuestra vida sin ello. Mi camaradería con el director de la Ciudad de las Estrellas me hizo pensar cómo sería el mundo si todos los países estuvieran involucrados en esa misión. Me imaginé una conexión con los demás en un plano distinto — más allá de los conflictos militares o económicos, más allá de las guerras incluso. Me pregunté cómo dos naciones con sueños tan profundos y compartidos acerca de la presencia de seres humanos en el espacio pudieron seguir siendo adversarios durante tanto tiempo en la época posterior a la Segunda Guerra Mundial.

Tengo otro ejemplo de cómo es que el espacio se ha convertido en parte de la cultura. Hace tres años, el anuncio de la NASA de que una misión de servicio para arreglar el telescopio espacial Hubble podría ser cancelada, se convirtió en una gran noticia en Estados Unidos. ¿Saben quién tuvo el papel más importante para conseguir que esa decisión fuera revertida? No fueron los astrofísicos. Fue el público en general.

¿Cómo?

Habían embellecido sus paredes, sus pantallas, las portadas de sus CD, las guitarras, los vestidos de alta costura con imágenes tomadas por el Hubble, y a su manera y a la distancia se habían convertido en participantes del descubrimiento cósmico. El público se adueñó del telescopio espacial Hubble, y eventualmente, después de una cascada de editoriales, de cartas al editor, de paneles de discusión y de debates congresionales, los fondos fueron reasignados. No sé de otro momento en la historia de la ciencia en el que el público hubiera hecho suyo un instrumento científico. Pero sucedió entonces, y señaló la inclusión del Hubble en la cultura popular estadounidense.

No me olvidaré de esa sensación de profunda comunidad sentida mientras convivía con los miembros de la comunidad espacial rusa en la Ciudad de las Estrellas. Si todo el mundo compartiera este tipo de experiencias, tendríamos entonces sueños en común y todos podrían pensar en el mañana. Y si todos pensamos en el mañana, entonces algún día todos juntos podremos visitar el espacio juntos.

[Tweet espacial #11. ¿Un reality show de la NASA llamado «Lunar Shore» sería más popular que «Jersey Shore»? El futuro de la civilización depende de esa respuesta.]

§ 12. Opciones espaciales

Entrevista para el podcast *Rationally Speaking*, con Julia Galef y Massimo Pigliucci¹²

Julia Galef: Nuestro invitado en el estudio hoy es Neil deGrasse Tyson, astrofísico y director del planetario Hayden. Neil está aquí con nosotros para hablar del estatus del programa espacial ahora — cuáles son sus metas actuales y cuál es el beneficio práctico del programa espacial para la sociedad.

Y en la medida en la que no tiene beneficios prácticos, ¿cuáles son las justificaciones para gastar el dinero de los contribuyentes en él — o en cualquier otra ciencia sin beneficio aplicado?

Neil deGrasse Tyson: Permítanme recordarle a sus escuchas, o alertarlos quizá por primera vez también, de qué estamos hablando. La administración del presidente Obama, en el nuevo presupuesto para la NASA, ha realizado algunos cambios fundamentales al portafolio de ambiciones de la NASA.

Algunas de estas son buenas, otras son neutrales y unas más han sido altamente criticadas. Una de las que no ha recibido casi ninguna resistencia, y que ha sido muy celebrada, fue la insistencia de hacer que la NASA saliera de la órbita baja de la Tierra y ceder esa actividad a la iniciativa privada.

Típicamente, el modo en el que nuestro gobierno ha incubado nuevas industrias es haciendo las inversiones iniciales antes de que

12 Adaptado de «[Neil deGrasse Tyson and the Need for a Space Program](#)», entrevista con Massimo Pigliucci y Julia Galef de New York City Skeptics, para «Rationally Speaking: Exploring the Borderlands between Reason and Nonsense», conducida el 28 de marzo de 2010.

los mercados de capital pueden evaluarlas. Ahí es donde se halla el riesgo más alto. Las ideas innovadoras se convierten en inventos.

Los inventos en patentes. Las patentes ganan dinero. Sólo hasta que los riesgos son administrados y entendidos es que los mercados de capital ponen atención.

Actualmente hay mucho negocio involucrado en la órbita baja de la Tierra — todos los productos de consumo que se aprovechan del GPS, la televisión satelital y otras comunicaciones vía satélite. Todos estos son mercados comerciales. Así que la idea es lograr que la NASA regrese a la frontera espacial, donde pertenece.

Massimo Pigliucci: Hablando de la órbita baja de la Tierra, ¿qué es exactamente lo que la Estación Espacial ha estado haciendo allá?

NDT: Mucha más investigación de la que se está realizando en la Antártida.

La Estación Espacial Internacional es el ejemplo principal de cooperación internacional — el más grande en la historia humana, aparte de cuando hemos emprendido guerras mundiales.

Varios países han viajado a la Antártida para realizar investigación científica en conjunto. Y nadie está peleando quedarse con el territorio, quizá porque nadie quiere quedarse a vivir ahí. Eso es algo que beneficia la colaboración: nadie quiere ser el Rey de la Nada. La Antártida no sólo es un lugar bellísimo, sino que es un sitio único para realizar ciertos tipos de ciencia — en parte porque es fría, así que hay poca humedad en el aire. Y el Polo Sur resulta estar a una elevación alta, así que uno está por encima de varias capas de la atmósfera que de otra manera interferirían con la

observación del cielo nocturno. Como resultado de esto, la astrofísica prospera en el Polo Sur.

El punto es que así como la Antártida es una zona de importante colaboración internacional, así también la Estación Espacial Internacional.

También demuestra que podemos construir grandes cosas en el espacio.

En algún momento pensamos que un telescopio o cualquier otro tipo de equipo requería una superficie sobre la que construirse. Pero cuando hay una superficie, hay gravedad — es decir que el peso de ese sistema requiere soporte estructural. Pero en órbita, todo está flotando, lo que permite construir estructuras enormes que serían intrínsecamente inestables en la superficie de la Tierra.

MP: Pero entonces, ¿haría usted una excepción para la Estación Espacial Internacional, en términos de este asunto de la privatización en oposición al financiamiento gubernamental de la investigación científica?

NDT: No necesariamente habría que privatizar la Estación Espacial en este momento, pero sin duda se podría privatizar el acceso a ella. Se podrían vender viajes. ¿Por qué no? Ahí es donde la privatización se revelaría por primera vez, de acuerdo con el nuevo plan. Y nadie se está quejando acerca de eso. Con lo que Obama ha recibido bastantes ataques es con su cancelación del plan de la NASA para volver a la Luna.

La Luna es un destino interesante.

Primero, está cerca. Y dado que ya estuvimos ahí, podemos llegar a ella con mucho mayor grado de confianza, mientras que un viaje de ida y vuelta a Marte involucra peligros conocidos y desconocidos. Enviar astronautas fuera de la protección que da el campo electromagnético de la Tierra los dejaría vulnerables a la radiación ionizante de las llamaradas solares, lo que genera partículas de alta energía que pueden penetrar el cuerpo e ionizar sus átomos.

MP: Entonces, ¿usted vería una estación lunar como un posible primer escalón hacia la misión a Marte?

NDT: No, porque si vas a ir a Marte, en realidad no quieres dirigirte primero a otro lado, porque detenerse, aterrizar y despegar de nuevo requiere energía.

Detenerse requiere combustible. Si la Luna tuviera atmósfera se podría utilizar para desacelerar, así como sucede cuando el Transbordador Espacial regresa a la Tierra. Por eso es que necesita esas famosas láminas de cerámica para disipar el calor del reingreso. Si no tuviéramos manera de deshacernos de la energía cinética, el Transbordador no podría parar.

[Tweet espacial #12. FYI: Si calientan con un soplete una lámina del Transbordador, en lo que dejan el soplete ya está de nuevo a temperatura ambiente.]

Además, ¿te llevas todos tus recursos contigo? Si estás haciendo un viaje en coche por California, ¿amarras una pipa al coche? ¿Te llevas la granja completa?

No, sabes que en el camino echarás mano de las cadenas de Quik Marts que hay de aquí a California para recargar combustible y comprar comida.

Una meta de largo plazo para vivir y trabajar en el espacio sería explotar los recursos que están ahí actualmente. La política nacional espacial del presidente Obama dice que debemos seguir investigando vehículos de lanzamiento y tecnología de cohetes que algún día nos harán llegar a Marte, pero la fecha de esa llegada no está especificada. Eso es lo que incomoda a muchos de los entusiastas del espacio.

Si hay que elegir entre ir a la Luna o ir a Marte, la mayoría de los científicos — hay algunas voces en contra, pero hablo de la mayoría de los científicos, yo entre ellos — elegirían ir a Marte.

Hay suficiente evidencia de que tiene una historia de agua corriente y una tentadora evidencia de que hay agua líquida que dejó huella en la Tierra.

También tiene gas metano, que sale de la pared de un acantilado. Lo que impulsa a los científicos a elegir Marte no es sólo su fascinante geología (aunque quizá deberíamos llamarla martología, ya que «geo» significa Tierra). En el fondo de nuestra exploración de estas superficies planetarias está nuestra continua búsqueda de vida, porque en cada lugar donde hay agua en la Tierra, hay vida.

JG: ¿Puede hablarnos de la ventaja de poner a un ser humano en Marte, en contraste con la exploración robótica del planeta?

NDT: No hay ventaja. Esa es la respuesta breve. Pero déjeme darle un poco de contexto. Nos cuesta entre veinte y cincuenta veces más

enviar a un ser humano a algún destino en el espacio de lo que cuesta enviar a un robot.

Digamos que usted es geólogo y le digo:

«Podría enviarte a Marte con tu martillo y quizá algunas máquinas para hacer algunas mediciones. Eso puedo hacerlo una vez nada más, o puedo usar ese dinero para financiar a treinta exploradores robóticos que se pueden depositar en cualquier lugar que elijas de la superficie marciana y ellos llevarán las máquinas que te daría a ti».

¿Cuál elegiría?

MP: Me parece que la respuesta es obvia.

NDT: Científicamente es obvio. Ese es el punto. Por la diferencia de precio, cualquier científico interesado en los resultados científicos no podría, no con la conciencia tranquila, enviar a un ser humano allá. Eso deja dos opciones. O consideramos seriamente bajar el costo de enviar humanos allá, para que sea competitivo con el envío de robots, o envías a una persona sin importar el costo, porque una persona puede hacer en unos minutos lo que un robot tarda todo el día en realizar. Y eso es porque el cerebro humano es mucho más intuitivo acerca de lo que percibe de lo que se puede programar a un robot. Un programa representa un subconjunto de lo que uno es, pero aún así no es uno. Y si usted es el programador, ¿podría hacer que la computadora sea más intuitiva de lo que usted es? Esa pregunta la dejo para ustedes, los filósofos.

MP: Antes de iniciar el programa platicábamos de algo muy pertinente a este tema: ¿Cómo es que los grandes proyectos, los proyectos caros, han sido financiados a lo largo de la historia?

NDT: Hay en realidad sólo tres justificaciones para gastar grandes porciones de la riqueza de un Estado — tres motores. Uno de ellos es la veneración de la realeza y las deidades: actividades emprendidas en parte por el respeto y en parte por el profundo temor ante el poder para quien construyes el monumento.

MP: Le podríamos pedir al Papa que financie la misión a Marte.

NDT: En principio sí. Sin embargo, vivimos en una época en la que no es frecuente que las naciones-estado emprendan este tipo de actividades. Eso deja los otros dos motores que he descubierto. Uno es la promesa de ganancia económica; y el otro, claro, es la guerra. A esa pareja la llamo el motor no-quiero-morir, y el motor no-quiero-morir-pobre.

Todos recordamos al presidente Kennedy diciendo: «Creo que esta nación debe comprometerse a lograr la meta, antes de que termine esta década, de hacer llegar a un hombre a la Luna y regresarlo a salvo a la Tierra». Son palabras poderosas; galvanizaron las ambiciones de una nación. Pero este discurso fue pronunciado en una sesión conjunta del Congreso el 25 de mayo de 1961, unas semanas después de que la Unión Soviética enviara con éxito a Yuri Gagarin a la órbita terrestre — la primera persona en llegar ahí. El discurso de Kennedy fue una reacción al hecho de que Estados Unidos hasta entonces no tenía un cohete seguro para ser usado por el hombre (*man-rated*).

Para poner en órbita un satélite, quizá uno esté dispuesto a experimentar con componentes o diseños más económicos que si uno estuviera enviando a una persona.

Unos párrafos antes en el mismo discurso, Kennedy dice: «Si vamos a ganar la batalla que ahora sucede alrededor del mundo entre la libertad y la tiranía, los dramáticos logros conseguidos en el espacio que han tenido lugar en semanas recientes deben hacernos ver claramente, como lo hizo el Sputnik en 1957, el impacto que esta aventura tiene en la mente de los hombres en todos lados, personas que intentan decidir qué camino tomar». Ese era un grito de batalla en contra del comunismo.

MP: Fue una declaración política.

NDT: Una declaración política y punto.

Pudo haber dicho: «Vamos a la Luna: qué maravilloso lugar para explorar».

Pero eso no era suficiente para hacer que el Congreso firmara el cheque. En algún momento alguien tiene que firmar el cheque.

JG: Ciertamente. La Unión Soviética fue un catalizador entonces, y China está siendo un catalizador ahora.

El programa espacial chino avanza, ¿verdad? Y en los siguientes diez o quince años China estará en camino a ser nuestro rival como la superpotencia del mundo. Eso podría encender otro influjo de interés en financiar la exploración espacial.

NDT: Un «momento Sputnik».

JG: Ese es un buen nombre. Pero el tipo de investigación que esa razón justifica quizá no sea el mejor tipo de investigación científica.

NDT: La ciencia por sí sola nunca ha sido el motor de los proyectos más caros.

Debajo de cierto nivel, dependiendo de la riqueza de la nación, el dinero puede gastarse en ciencia sin que haya mucha discusión. Por ejemplo, el precio del telescopio espacial Hubble, durante todos sus años de vida, es de unos 10 a 12 mil millones — menos de mil por año. Esa cantidad se encuentra muy por debajo del radar de la crítica para un proyecto científico o para un proyecto que no está basado en la economía o la guerra. Subamos el costo del proyecto a más de 20 mil o 30

mil millones, y si no hay un arma al final del experimento, o no se verá el rostro de Dios o no se descubrirán pozos petroleros, corre el riesgo de no ser financiado. Eso es lo que ha sucedido con el Supercolisionador Superconductor. Estados Unidos iba a tener el acelerador de partículas más poderoso del mundo; fue concebido en los setenta, financiado a mediados de los ochenta. Luego llegó 1989. ¿Qué sucedió? Se hizo la paz.

MP: ¡Ah, odio cuando eso pasa!

JG: ¡Tan inconveniente!

NDT: Cuando uno está en guerra, el dinero fluye a carretadas. En 1945 los físicos básicamente ganaron la guerra en el Pacífico con el Proyecto Manhattan.

Mucho antes que la bomba, y más adelante durante toda la Guerra Fría, Estados Unidos financió un programa completo de física de partículas. Y luego en 1989 cae el muro de Berlín, y a los cuatro

años se canceló todo el presupuesto que estaba destinado para el Supercolisionador.

¿Qué sucede ahora? Europa dice: «Nosotros nos ponemos la casaca».

Comenzaron a construir el Colisionador de Hadrones en el CERN, la Organización Europea de Investigación Nuclear, y ahora nosotros nos paramos en nuestras costas, mirando hacia el otro lado del charco diciendo: «¿Podemos unirnos? ¿Podemos ayudar?».

MP: Recuerdo un intercambio interesante de esas audiencias de las que hablabas. Un senador que evaluaba el gasto continuo del Supercolisionador le dijo a Steven Weinberg, un físico que testificaba ante el Congreso: «Desafortunadamente, uno de los problemas es que me cuesta trabajo justificar este gasto ante mis electores, porque, a fin de cuentas, nadie come quarks». Y entonces, Weinberg, muy a su manera, intentó hacer un cálculo en un papel ante el senador, y si no recuerdo mal, le dijo algo como: «De hecho, senador, según mis cálculos, acaba de comerse un billón de billones de billones de quarks esta mañana cuando desayunó». En cualquier caso, la conclusión es que los grandes proyectos de investigación básica sólo reciben financiamiento si están parados en los hombros, como decía usted, de uno de los tres grandes motores.

NDT: O se montan en uno de estos o sus gastos están por debajo del umbral de financiamiento que no es escrutado.

MP: Alguien podría preguntar con toda razón: «¿Y debería ser de otra manera?». En cierto sentido, el senador planteó una buena pregunta: ¿Cómo justifico esto ante mis electores?

NDT: Yo afirmo que incluso si Weinberg hubiera dicho: «Como resultado de esto, tendremos grandes avances tecnológicos», aún así sería cancelado.

Tendría que haber dicho: «Como resultado de esto, tendremos un arma que protegerá al país». Existe una respuesta famosa, no recuerdo quién se lo dijo a quién, pero habría servido ahí.

El senador le dice al científico: «¿Qué aspectos de este proyecto servirán para defender a Estados Unidos?» — ahí está, expresado claramente: la pregunta de la guerra — y el científico responde:

«Senador, no sé cómo puede ayudar en la defensa de Estados Unidos, más allá de que con este proyecto nos aseguraremos de que Estados Unidos es un país que vale la pena defender».

MP: Y eso, como sabemos, es un gran argumento que no sirve para nada.

NDT: Sí, es una buena frase para portada, pero no, no libera el financiamiento. A menos de que creamos que somos una población y una cultura fundamentalmente distinta de aquella que nos antecedió a lo largo de los últimos cinco mil años, voy a hacerle caso a las señales que me da la historia de los grandes proyectos que reciben financiamiento y voy a decir que si queremos viajar a Marte, debemos encontrar o el motor económico o el motor militar. Algunas veces medio en broma digo: «Consigamos que China filtre un memorándum en el que dicen que quieren construir bases militares en Marte. Estaríamos en Marte en doce meses».

JG: ¿Cree que haya algún punto en argumentar que muchos descubrimientos científicos que terminaron siendo muy útiles y

prácticos fueron descubiertos de manera accidental, en el proceso exploratorio o en investigaciones completamente desvinculadas con el tema — que los descubridores tuvieron suerte? ¿Podemos decir esto para la exploración espacial?

NDT: Es una pregunta excelente. Pero no, debido a que el lapso de tiempo que hay entre el descubrimiento científico por casualidad en la frontera y la posibilidad de construir y comercializar el producto completamente desarrollado es mucho más largo que los ciclos electorales de quienes distribuyen el dinero. Por eso no sobreviviría. No se puede hacer que los políticos decidan invertir de esta manera, porque resulta irrelevante para las necesidades de sus electores. Así que no creo que llegemos nunca a Marte si no hallamos una razón económica o militar para hacerlo.

Por cierto, creo saber cómo justificar los 100 mil millones. Pero mi propuesta de venta toma más tiempo que la famosa «conversación en el elevador» con el congresista, en la que tienes treinta segundos para plantear tu caso, y esa es la única oportunidad...

¡Vas! Necesito quizá unos tres minutos.

JG: Podría detener el elevador.

MP: O, si quisiera plantear el argumento ante el público en general en lugar de ante el congresista, podría decir: «Estas son buenas razones para financiar la exploración espacial o la investigación científica básica en astrofísica. No es sólo mi curiosidad ni mis ganas de que me paguen por hacer cosas que me gustan».

NDT: De hecho sí estamos financiando investigación básica en astrofísica. Pero mi conversación con ustedes es sobre el programa

espacial tripulado. Ahí es donde están los gastos. Ahí es donde todas las opciones presupuestales rebasan el umbral del escrutinio, y no hay otra opción que apelar a los grandes motores en la historia de la cultura. En cuanto a la investigación básica, tenemos el telescopio Hubble, vamos a tener un laboratorio en Marte en los próximos años, tenemos la nave espacial Cassini en órbita alrededor de Saturno en este momento, observando al planeta y sus lunas y sus sistemas de anillos.

Tenemos otra nave espacial en camino a Plutón. Tenemos telescopios en diseño y en construcción que podrán observar más zonas del espectro electromagnético.

La ciencia está sucediendo. Quisiera que hubiera más, pero la verdad es que sí está sucediendo.

MP: Pero no el Gran Colisionador de Hadrones, que está siendo dirigido por los europeos.

JG: Hay otro argumento potencial en favor de los viajes espaciales que no hemos mencionado. Hace rato se refirió a la idea de que si nos convertimos en viajeros espaciales, quizá tengamos que utilizar a la Luna y a Marte como una especie de tiendita.

¿Cree que podríamos proponer el argumento práctico de que necesitamos aventurarnos en el espacio porque la Tierra en algún momento será inhabitable?

NDT: Hay muchos que han argumentado eso. Stephen Hawking entre ellos; J.

Richard Gott en Princeton también. Pero si adquirimos suficiente conocimiento sobre cómo terraformar Marte y cómo enviar a mil

millones de personas hacia allá, sin duda ese conocimiento incluirá la posibilidad de arreglar los ríos, los océanos y la atmósfera terrestre, así como la capacidad de desviar asteroides. Así que no creo que escapar a otros planetas sea necesariamente la solución más urgente para proteger la vida en la Tierra.

§ 13. Caminos hacia el descubrimiento¹³

Del descubrimiento de lugares al descubrimiento de ideas ¿De qué manera es distinta la sociedad de hoy a la de hace un año, a la del siglo pasado o la del milenio anterior? La lista de avances científicos y médicos convencería a cualquiera de que vivimos en una época especial. Es fácil darse cuenta de lo que es distinto; el reto es ver lo que ha permanecido igual.

Detrás de toda esa tecnología, seguimos siendo seres humanos, ni más ni menos que los participantes en el resto de la historia registrada. En particular, algunas de las fuerzas básicas en la sociedad organizada cambian lentamente, si es que en realidad lo hacen; los seres humanos contemporáneos aún exhiben comportamientos elementales.

Escalamos montañas, hacemos la guerra, competimos por sexo, buscamos entretenimiento y añoramos el poder político y económico. Las quejas sobre el declive de la sociedad, y sobre los «jóvenes de hoy» tienden a ser atemporales.

Consideremos este pronunciamiento, inscrito en una tableta asiria circa 2800 a. C.

Nuestra tierra está degenerada en estos días... abunda la corrupción y los sobornos, los niños ya no obedecen a sus padres, todo hombre quiere escribir un libro, y el fin del mundo evidentemente está cerca.

El ansia por escalar una montaña puede no ser algo compartido por todos, pero el ansia por descubrir — algo que puede llevar a

13 Adaptado de «Paths to Discovery», capítulo 19, en Richard W. Bulliet, ed. The Columbia History of the 20th Century, Nueva York, Columbia University Press, 1998.

algunas personas a querer escalar montañas y a otras a inventar nuevos métodos para cocinar — es algo que sí parece compartirse, y esa tendencia ha sido responsable por sí sola, de cambios sociales a través de los siglos. El descubrimiento es la única empresa que se construye apoyada en sí misma, persiste de generación en generación y expande el entendimiento humano del universo. Esto es verdadero tanto si la frontera del mundo conocido es el otro lado del océano como el otro lado de la galaxia.

El descubrimiento provoca comparaciones entre lo que ya se sabe que existe y lo que se acaba de descubrir. Los descubrimientos previos que han sido exitosos con frecuencia ayudan a dictar cómo sucederán los descubrimientos subsecuentes. Cuando los descubridores llegan a un destino, pueden ver, escuchar, oler, sentir y probar de primera mano lo que antes estaba inaccesible y distante. Así sucedió durante la era de la exploración a lo largo del siglo XVI. Pero una vez que se exploró el mundo y se crearon mapas de él, el descubrimiento humano comenzó a enfocarse ya no en viajes sino en conceptos.

El amanecer del siglo XVII trajo consigo la casi simultánea invención de dos de los instrumentos científicos más importantes jamás concebidos: el microscopio y el telescopio. (No que esto deba ser una medida de la importancia de estos, pero entre las ochenta y ocho constelaciones hay patrones estelares nombrados en su honor: *microscopium* y *telescopium*). El óptico holandés Antoni van Leeuwenhoek introdujo el microscopio al mundo de la biología, al tiempo que el físico y astrónomo italiano apuntó un telescopio de su

propia invención hacia el cielo. En conjunto, anunciaron el advenimiento de una nueva era de descubrimiento apoyado en la tecnología, mediante la cual las capacidades de los sentidos humanos se extendían y el mundo natural se revelaba de maneras sin precedentes e incluso heréticas.

Las bacterias y otros organismos simples cuya existencia sólo podía ser revelada a través de un microscopio resultaron en conocimientos que trascendían los límites previos de la experiencia humana. El hecho de que Galileo revelara que el Sol tenía manchas, que Júpiter tenía satélites y que la Tierra no era el centro de todo el movimiento celeste fue suficiente para desestabilizar siglos de enseñanzas aristotélicas emitidas por la Iglesia católica y para lograr que Galileo fuera puesto bajo arresto domiciliario.

Los descubrimientos telescópicos y microscópicos desafiaban el «sentido común». Cambiaron para siempre la naturaleza del descubrimiento y los caminos utilizados para conseguirlo. El sentido común ya no sería aceptado como una herramienta efectiva para la investigación intelectual. Nuestros cinco sentidos, sin ayuda, quedarían evidenciados no sólo como insuficientes sino como poco confiables. Para entender el mundo serían necesarias medidas confiables — que podrían no coincidir con nuestras percepciones — derivadas de experimentos emprendidos con cuidado y precisión. El método científico de hipótesis, experimentación imparcial y revisión de los experimentos adquiriría más importancia y a partir de entonces siguió creciendo sin

interrupción, dejando fuera inevitablemente al lego mal equipado para realizar descubrimientos e investigaciones modernas.

* * * *

Incentivos para el descubrimiento

El viaje era el método predilecto de la mayoría de los exploradores de la Historia porque la tecnología no había progresado lo suficiente como para permitir otros métodos de descubrimiento. Aparentemente era tan importante para los exploradores europeos descubrir algo que los lugares que hallaban eran declarados «descubiertos» — y plantaban ceremoniosamente una bandera — a pesar de que hubiera una gran cantidad de nativos de la región esperándolos en las costas.

¿Qué nos lleva a explorar? En 1969, Neil Armstrong y Buzz Aldrin Jr., astronautas del Apollo 11, alunizaron, caminaron y retozaron en la Luna. Fue la primera vez en la Historia que los seres humanos habían estado en la superficie de otro mundo. Siendo occidentales y exploradores, inmediatamente echamos mano de nuestros viejos modos imperialistas — lo emisarios-astronautas plantaron una bandera — pero esta vez no hubo nativos que nos recibieran. Y la bandera requirió un pequeño palito en la parte superior para simular los efectos de una brisa en ese mundo yermo y sin aire.

Las misiones lunares son generalmente consideradas como el logro tecnológico más importante de la humanidad. Pero yo propondría un par de modificaciones a las primeras palabras y nuestros primeras acciones en la Luna. Al poner un pie en la superficie lunar, Neil Armstrong dijo:

«Este es un pequeño paso para [un] hombre, un gran salto para la humanidad»

y luego plantó una bandera estadounidense en el suelo lunar. Si en realidad su gran salto fue para la «humanidad», quizá entonces la bandera no debió ser la de los Estados Unidos.

Si hubiera sido políticamente honesto, se habría referido a este como «un gran salto para los Estados Unidos de Norteamérica».

El flujo de financiamiento que alimentó la era del descubrimiento espacial en Estados Unidos provenía del dinero de los contribuyentes, y estaba motivado por la posibilidad de un conflicto militar con la Unión Soviética.

Los grandes proyectos requerían grandes motivaciones.

La guerra es una motivación permanente, y en gran medida fue la responsable de proyectos tan grandes como la Gran Muralla China, la bomba atómica y los programas espaciales de la Unión Soviética y de Estados Unidos. De hecho, como resultado de las dos Guerras Mundiales a treinta años de distancia una de otra, y luego seguidas por la Guerra Fría, el descubrimiento científico y tecnológico en Occidente se aceleró durante el siglo veinte.

Un incentivo que le sigue a la guerra en segundo lugar es la expectativa de obtener grandes ganancias económicas.

Entre los ejemplos más conocidos están los viajes de Colón, cuyo financiamiento incluyó una parte no trivial del producto interno bruto de España, y el Canal de Panamá, que consiguió en el siglo

veinte lo que Colón no logró hallar en el quince — una ruta más corta para comerciar con el Lejano Oriente.

[Tweet espacial #13. A Colón le tomó tres meses cruzar el Atlántico.

Al Transbordador Espacial le toma quince minutos.]

Cuando los grandes proyectos están motivados sólo por el ansia del descubrimiento, es cuando tienen la mayor posibilidad de lograr hallazgos importantes — es para lo que están diseñados — pero es también cuando tienen la menor posibilidad de recibir financiamiento. La construcción de un supercolisionador superconductor en Estados Unidos — un acelerador de partículas enorme (y enormemente caro) y subterráneo que ampliaría el conocimiento humano sobre las fuerzas elementales de la naturaleza y las condiciones en las que existió el universo temprano — jamás logró salvar el gran agujero que había en su camino.

Quizá no nos deba de parecer sorprendente. Con un precio de más de 20 mil millones, su costo estaba fuera de proporción ante la expectativa de ganancias económicas que se podrían obtener de tecnologías aledañas, y tampoco tenía ningún beneficio militar evidente.

Cuando los grandes proyectos están motivados por el ego o la autopromoción, rara vez se extienden más allá de la arquitectura per se, como en el caso del castillo Hearst en California, el Taj Mahal en la India y el Palacio de Versalles en Francia. Tales monumentos lujosos en honor de individuos, algo que siempre ha

sido un lujo de las sociedades exitosas o explotadoras, son increíbles atractivos turísticos pero no alcanzan el nivel del descubrimiento.

La mayoría de los individuos no puede comprarse una pirámide; sólo un puñado de nosotros podrán ser los primeros en la Luna o los primeros en cualquier lugar. Sin embargo eso no detiene nuestro deseo de dejar huella.

Como animales que demarcan su territorio con gruñidos o con orina, cuando las banderas no están disponibles las personas comunes y corrientes dejan su nombre grabado o pintado — no importa que tan sagrado o reverenciado sea el lugar descubierto.

Si el Apollo 11 hubiera olvidado llevar la bandera, los astronautas habrían cincelado en una roca cercana «Neil y Buzz estuvieron aquí, 20/7/1969». En cualquier caso, el programa espacial dejó tras de sí suficiente evidencia de su visita: todo tipo de equipo y de *detritus*, hay desde pelotas de golf, hasta automóviles tirados en la superficie lunar como testimonio de las seis misiones Apollo. Esta basura sobre la superficie lunar representa al mismo tiempo la prueba y las consecuencias del descubrimiento.

Las astrónomos *amateur*, quienes monitorean el cielo con mayor ahínco que cualquiera, son especialmente buenos para descubrir cometas. La posibilidad de que algo lleve tu nombre es una gran motivación: descubrir un cometa brillante significa que el mundo se verá obligado a identificarlo con tu nombre. Ejemplos conocidos incluyen el cometa Halley, que no necesita presentación; el cometa Ikeya-Seki, quizá el cometa más bello del siglo veinte, con su cola

larga y grácil, y el cometa Shoemaker-Levy 9, que se zambulló en la atmósfera de Júpiter en julio de 1994, a pocos días del veinticinco aniversario del alunizaje del Apollo 11. Estos cometas, entre los cuerpos celestes más famosos de nuestro tiempo, no tuvieron que soportar ni la plantada de banderas ni el grabado de iniciales.

Si la recompensa más común para el logro es el dinero, entonces el siglo veinte empezó bien. Al hacer una toma de lista de los descubrimientos científicos más importantes e influyentes es posible encontrar a muchos ganadores del Premio Nobel, establecido a perpetuidad por el químico sueco Alfred Bernhard Nobel, y financiado por la riqueza adquirida por la manufactura de armamento y la invención de la dinamita. El impresionante importe del premio — actualmente se acerca casi al millón y medio de dólares — sirve como la zanahoria para muchos científicos que laboran en áreas como física, medicina y química. Los premios comenzaron a otorgarse en 1901, a cinco años de la muerte de Nobel — algo muy afortunado para el descubrimiento científico que entonces estaba llegando a tener un ritmo consecuente con la recompensa anual.

Pero si el volumen de investigaciones publicadas en, digamos, el campo de la astrofísica puede utilizarse como barómetro, entonces se ha descubierto tanto en los últimos quince años como en la historia total del campo. Quizá llegará un día en el que los premios Nobel de ciencia tengan que entregarse cada mes.

* * * *

El descubrimiento y la extensión de las ciencias humanas

Si la tecnología extiende nuestro músculo y nuestra capacidad cerebral, la ciencia extiende el poder de nuestros sentidos más allá de sus límites innatos.

Una manera primitiva de conducirse era acercarse más y mirar más de cerca; los árboles no pueden caminar, pero tampoco tienen ojos. Entre los seres humanos, el ojo es considerado un órgano impresionante. Su capacidad para enfocar de lejos y de cerca, para ajustarse a un amplio espectro de niveles de luz y para distinguir colores lo pone en la parte alta de las características deseables de la mayoría de las personas. Sin embargo cuando nos damos cuenta de la gran cantidad de espectros de luz que son invisibles para nosotros, nos vemos obligados a declarar a los seres humanos prácticamente ciegos — a pesar de que nos acerquemos para mirar mejor. ¿Qué tan impresionante es nuestra audición?

Los murciélagos sin duda nos dan muchas vueltas, dado que su sensibilidad al tono supera la nuestra por una orden de magnitud. Y si el sentido del olfato del ser humano fuera tan bueno como el de los perros, entonces sería Fred y ni Fido quien olfatearía para descubrir explosivos y drogas.

La historia del descubrimiento humano es la historia del inagotable deseo por extender lo sentidos, y es gracias a este deseo que hemos abierto nuevas ventanas hacia el universo.

Empezando en los sesenta con las misiones espaciales soviéticas y las de la NASA hacia la Luna y hacia otros planetas del Sistema Solar, las sondas espaciales controladas por computadora — que

bien podemos llamar robots — fueron (y siguen siendo) la herramienta estándar de exploración. Los robots en el espacio tienen varias ventajas evidentes sobre los astronautas: son mucho más baratos de enviar; pueden estar diseñados para realizar experimentos de alta precisión sin interferencia de un traje espacial; y dado que no están vivos en ningún sentido tradicional de la palabra, no pueden morir en un accidente espacial. Aún así, hasta que las computadoras sean capaces de simular la curiosidad humana y los chispazos perspicaces, y hasta que las computadoras puedan sintetizar la información y reconocer el descubrimiento fortuito cuando este está ahí mirándoles la cara, los robots seguirán siendo herramientas diseñadas para descubrir lo que esperamos encontrar.

Desafortunadamente, hay hallazgos profundos de la naturaleza que siguen ocultándose detrás de preguntas que no nos hemos planteado.

La mejora más importante a nuestros débiles sentidos es la extensión de nuestra visión hacia las zonas invisibles de lo que se conoce colectivamente como el espectro electromagnético.

Hacia finales del siglo XIX, el físico alemán Heinrich Hertz realizó experimentos que sirvieron para unificar conceptualmente lo que hasta entonces había sido considerado como formas no relacionadas de la radiación. Las ondas radiales, la luz infrarroja, la luz visible y la luz ultravioleta se revelaron como primas en una familia de luz cuyos miembros simplemente diferían en energía. El espectro completo, incluidas todas las partes descubiertas después

del trabajo de Hertz, va desde la parte de baja energía, llamadas ondas radiales, y se extiende, por incrementos de energía, hacia las microondas, los infrarrojos, la luz visible (que comprende los siete colores del arcoíris: rojo, naranja, amarillo, verde, azul, índigo y violeta), ultravioleta, rayos X y rayos gamma.

Superman, con su visión de rayos X, tenía pocas ventajas sobre los científicos modernos. Sí, era algo más fuerte que el astrofísico promedio, pero los astrofísicos ahora pueden «ver» cada parte importante del espectro electromagnético.

Sin esta visión extendida, no sólo seríamos ciegos sino ignorantes, porque muchos fenómenos astrofísicos se revelan únicamente dentro de ciertas «ventanas» del espectro.

Echemos un vistazo a unos cuantos descubrimientos realizados a través de cada ventana hacia el universo, empezando con las ondas radiales, que requieren detectores muy distintos de los que se hallan en la retina humana.

En 1931, Karl Jansky, empleado entonces por Bell Telephone Laboratories, y armado con una antena de radio construida por él mismo, se convirtió en el primer ser humano en «ver» las ondas de radio que emanaban de algún sitio que no era la Tierra. De hecho, había descubierto el centro de nuestra galaxia, la Vía Láctea. Su señal de radio era tan intensa que si el ojo humano fuera sensible únicamente a las ondas radiales, entonces el centro de nuestra galaxia sería una de las fuentes más brillantes en el cielo.

Con ayuda de algunos aparatos electrónicos ingeniosamente diseñados, es posible transmitir ondas radiales especialmente

codificadas para que sean transformadas en sonido por un aparato muy ingenioso conocido como radio.

Así que, por virtud de extender nuestro sentido de la vista, hemos también logrado extender nuestro sentido del oído. Cualquier fuente de ondas radiales — de hecho casi cualquier fuente de energía — puede ser canalizada para hacer vibrar el cono de una bocina, un hecho sencillo que los periodistas con frecuencia no entienden.

Cuando descubrimos las emisiones radiales desde Saturno, por ejemplo, fue relativamente sencillo que los astrónomos instalaran un receptor de radio con una bocina; la señal entonces se convertía en ondas de sonido audible, y entonces más de un periodista reportó que esos «sonidos» venían de Saturno y que la vida en Saturno estaba tratando de decirnos algo.

Con detectores de radio mucho más sofisticados de los que tuvo Karl Jansky, los astrofísicos de hoy exploran no sólo la Vía Láctea sino el universo entero.

Como evidencia del sesgo humano hacia el «hasta no ver no creer», las detecciones tempranas de fuentes radiales en el universo fueron consideradas poco confiables hasta que fueron confirmadas mediante observaciones convencionales a través de un telescopio. Afortunadamente, la mayoría de los tipos de objetos que emiten ondas radiales también emiten cierto nivel de luz visible, así que no siempre se requería una fe ciega.

Eventualmente, los radiotelescopios produjeron todo un desfile de descubrimientos, incluidos los cuásares (que deben su nombre al acrónimo imperfecto de la frase en inglés «quasi-stellar radio

source»), que están entre los objetos más distantes y energéticos de nuestro universo conocido.

Las galaxias ricas en gas emiten ondas de radio a partir de sus abundantes átomos de hidrógeno (más del noventa por ciento de todos los átomos en el cosmos son de hidrógeno).

Grandes configuraciones de radiotelescopios interconectados son capaces de generar imágenes de muy alta resolución del contenido de gas de una galaxia, y revelan características intrincadas como giros, masas informes, agujeros y filamentos. En muchos sentidos, la tarea de hacer mapas de las galaxias no difiere de la que enfrentaron los cartógrafos del siglo XV y XVI, cuyas interpretaciones de los continentes — por distorsionadas que fueran — representaban un intento honesto por describir mundos más allá de su alcance físico.

Las microondas tienen una longitud de onda más corta y más energía que las ondas de radio. Si el ojo humano fuera sensible a las microondas, podríamos ver la emisión radar de los radares de velocidad que los patrulleros apuntan a los coches desde sus escondites en los arbustos, y las torres de relevo telefónico que emiten microondas estarían iluminadísimas. El interior de su horno de microondas, sin embargo, seguiría viéndose como se ve ahora, porque la red que está en las puertas de estos hornos refleja las microondas de vuelta a la cavidad para impedir su escape. Así se evita que el humor vítreo de sus ojos se cocine junto con su comida. Los telescopios de microondas, que no se utilizaron para estudiar el cosmos hasta el final de la década de los sesenta, nos permiten

mirar hacia las nubes densas y heladas de gas interestelar que al final colapsan para formar estrellas y planetas.

Los elementos pesados en estas nubes fácilmente se ensamblan para formar moléculas complejas cuya impronta en la parte de microondas del espectro es inconfundible porque coinciden con moléculas idénticas que existen en la Tierra. Algunas de estas moléculas cósmicas, como el NH_3 (amoníaco) y H_2O (agua) son presencias domésticas.

Otras, como el mortal CO (monóxido de carbono) y el HCN (hidrógeno de cianuro), hay que evitarlas a toda costa.

Algunas nos recuerdan a los hospitales — H_2CO (formaldehído) y $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (alcohol etílico) — y otras no nos recuerdan nada: N_2H^+ (ión dinitrógeno monohídrico) y HC_4CN (cianodiacetileno). Hemos descubierto más de 150 moléculas, incluida la glicina, un aminoácido que es uno de los componentes básicos de las proteínas y de la vida como la conocemos. Sin duda estamos hechos de polvo de estrellas.

Antoni van Leeuwenhoek estaría tan orgulloso.

Sin duda, el descubrimiento más importante en astrofísica se realizó con ayuda de un telescopio de microondas: el calor remanente del origen del universo. En 1964, este calor remanente fue medido en una observación realizada en los Bell Telephone Laboratories por los físicos Arno Penzias y Robert Wilson, que les mereció el premio Nobel. La señal emitida por este calor es un océano omnipresente y omnidireccional de luz — llamado con frecuencia el fondo cósmico de microondas — que hoy registra cerca

de 2.7 grados en la escala de temperatura «absoluta» y en el que predominan las microondas (aunque irradia en todas las longitudes de onda).

Este descubrimiento fue una instancia de un hallazgo fortuito por excelencia. Penzias y Wilson se habían propuesto hallar fuentes terrestres de interferencia con las comunicaciones por microondas; lo que hallaron fue evidencia convincente que apoyaba la teoría del Big Bang. Es como estar pescando foxinos y terminar con una ballena azul en el anzuelo.

Si seguimos avanzando en el espectro electromagnético, llegamos a la luz infrarroja. Invisible para los seres humanos, es algo familiar para los fanáticos de la comida rápida, dado que las papas fritas se mantienen tibias bajo lámparas infrarrojas durante horas en lo que se venden. Las lámparas infrarrojas emiten también luz visible, pero su ingrediente activo es una abundancia de fotones infrarrojos invisibles, que la comida absorbe rápidamente. Si la retina humana fuera sensible a los infrarrojos, entonces una mirada a la media noche a una escena doméstica en la que todas las luces estén apagadas, revelaría a todos los objetos que estén a temperatura más alta que la temperatura ambiente: el metal que rodea al piloto en una estufa de gas, las tuberías de agua caliente, la plancha que alguien olvidó apagar, y la piel expuesta de cualquier ser humano que ande caminando por ahí.

Claramente esa imagen no revela mucho más de lo que uno vería mediante la luz visible, pero no es difícil imaginar uno o dos usos

creativos para tal amplificación de la visión, como por ejemplo, poder revisar por dónde se pierde el calor de la casa en invierno.

De niño, estaba consciente de que la luz infrarroja me ayudaría a descubrir monstruos ocultos en el clóset por la noche, siempre que fueran de sangre caliente. Pero todos saben que el monstruo promedio es reptiliano y de sangre fría. Entonces la visión infrarroja no lo descubriría, porque se mezclaría con las paredes y las puertas.

En el universo, la ventana infrarroja es particularmente útil para sondear las nubes densas que contienen las incubadoras estelares, dentro de las cuales con frecuencia se ocultan las estrellas infantiles detrás del gas y el polvo. Estas nubes absorben la mayoría de la luz visible que emiten las estrellas que contienen y la re-irradian en forma de infrarrojos, por lo que la ventana de la luz visible es inútil. Esto hace que los infrarrojos sean especialmente útiles para estudiar el plano de la Vía Láctea, porque ahí es donde el oscurecimiento de la luz visible de las estrellas de nuestra galaxia es más intenso. Aquí en nuestra casa, las fotografías de los satélites infrarrojos de la superficie terrestre revelan, entre otras cosas, los movimientos de las aguas oceánicas cálidas, como la corriente del Atlántico Norte, que gira al oeste de las Islas Británicas e impide que estas se conviertan en un gran destino para practicar el esquí. La parte visible del espectro es la que los seres humanos conocemos mejor. La energía que emite el Sol, cuya temperatura en la superficie es de cerca de seis mil grados por encima del cero absoluto, alcanza su cima en la parte visible del espectro, así como

la sensibilidad de la retina humana, lo que explica por qué nuestra visión es más útil durante el día. Si no fuera por esta combinación de factores, podríamos sin duda quejarnos de que desperdiciamos parte de nuestra sensibilidad retinal.

No es común que pensemos en la luz visible como penetrante, pero la luz atraviesa el aire y el cristal casi sin trabas. La luz ultravioleta, sin embargo, es casi totalmente absorbida por el cristal ordinario. Así que si nuestros ojos fueran sensibles únicamente a la luz ultravioleta, las ventanas de cristal no serían muy distintas de unas ventanas hechas de ladrillos. Las estrellas que son unas cuatro veces más calientes que el Sol son productoras prodigiosas de luz ultravioleta.

Afortunadamente, aquellas estrellas también son brillantes en la parte visible del espectro, lo que significa que su descubrimiento no ha dependido de que tengamos acceso a telescopios ultravioleta. Dado que la capa de ozono de nuestra atmósfera absorbe la mayor parte de los rayos X y ultravioleta que caen sobre ella, un análisis detallado de las estrellas muy calientes puede obtenerse mejor más allá de la órbita terrestre, algo que ha sido posible a partir de la década de los sesenta.

Como si se tratara de anunciar un nuevo siglo de visión extendida, el primer premio Nobel de física fue otorgado al físico alemán Wilhelm Röntgen en 1901 por el descubrimiento de los rayos X. Cósmicamente, tanto los rayos X como los ultravioleta pueden indicar la presencia de agujeros negros — que están entre los objetos más exóticos del universo. Los agujeros negros son fauces

voraces que no emiten luz — su gravedad es tan fuerte que ni la luz puede escapar — pero su existencia puede ser registrada por la energía que emite el gas caliente y revuelto alrededor de ellos. Los rayos X y ultravioleta son la energía predominante que emite el material justo antes de descender hacia un agujero negro.

Vale la pena recordar que el acto de descubrir no requiere entender, ni en el momento ni más adelante, lo que se ha descubierto. Eso fue lo que pasó con el fondo cósmico de microondas. También sucedió con los estallidos de rayos gamma. En la década de los sesenta, los satélites que buscaban radiación emitida por pruebas nucleares soviéticas clandestinas descubrieron unas explosiones misteriosas y aparentemente aleatorias de rayos gamma de alta energía a lo largo del cielo. Fue hasta unas décadas más adelante que los telescopios espaciales, en concierto con subsecuentes observaciones desde la Tierra, demostraron que eran la impronta de las catástrofes estelares distantes.

El descubrimiento a través de la detección puede cubrir mucho terreno, incluso a nivel de las partículas subatómicas. Pero una de estas se resiste a la detección: el elusivo neutrino. Cada que un neutrón se desgasta hasta formar un protón ordinario y un electrón, un miembro del clan de los neutrinos salta al plano de la existencia. Dentro del centro del Sol, por ejemplo, cada segundo se producen doscientos billones de billones de billones de neutrinos cada segundo, y luego salen del Sol como si nada. Los neutrinos son extremadamente difíciles de capturar porque tienen una masa tan imposiblemente pequeña y casi no interactúan con la materia.

Crear un telescopio eficiente y efectivo para detectar neutrinos sigue siendo un desafío excepcional.

La detección de ondas gravitacionales, otra ventana elusiva hacia el universo, revelaría los eventos cósmicos catastróficos. Pero hasta el momento en el que escribo esto, estas ondas, predichas en la teoría de la relatividad general de Einstein en 1916 como «olas» en el espacio-tiempo, no han sido detectadas directamente. Un buen telescopio gravitacional también sería capaz de detectar agujeros negros orbitándose uno a otro, así como la fusión de galaxias. Uno puede incluso imaginar un momento en el futuro en el que sea posible y rutinario observar los eventos gravitacionales del universo — colisiones, explosiones, colapso de estrellas. En principio, podríamos un día ver más allá del opaco muro que es el fondo cósmico de microondas y directamente al Big Bang. Como la tripulación de Magallanes, quienes circunnavegaron por primera vez la Tierra y vieron los límites del planeta, habríamos alcanzado y descubierto los límites de nuestro universo conocido.

* * * *

Descubrimiento y sociedad

Como una tabla de surf sobre una ola, la Revolución Industrial recorrió el siglo XVIII y XIX navegando sobre la cresta de avances década tras década en el entendimiento que tenía la gente de la energía como concepto físico y como entidad transmutable. La tecnología y la ingeniería sustituyeron la energía de los músculos con la energía de las máquinas. Los motores de vapor convertían calor en energía mecánica; las represas convertían la energía

potencial gravitacional del agua en electricidad; la dinamita convertía la energía química en ondas expansivas explosivas.

En un paralelo impresionante a cómo estos descubrimientos transformaron a la sociedad de entonces, el siglo veinte vio cómo la tecnología de la información navegó sobre la cresta de avances en electrónica y miniaturización, que trajeron consigo una era en la que el poder de las computadoras reemplazó al poder de la mente. La exploración y el descubrimiento ahora suceden en láminas de silicón, con computadoras que consiguen en minutos (pronto será en instantes) lo que antes tomaba toda una vida calcular. Aún así, seguimos manoteando en la oscuridad, porque conforme nuestra área de conocimiento crece, también crece el perímetro de nuestra ignorancia.

¿Cuál ha sido la influencia acumulada de toda esta tecnología y estos descubrimientos cósmicos en la sociedad, aparte de haber creado instrumentos más efectivos de destrucción y nuevas excusas para hacer la guerra? El siglo XIX y XX vieron el desarrollo del transporte que no dependía de la energía de animales domésticos — incluida la bicicleta, el tren, el automóvil y el avión. El siglo veinte también atestiguó la introducción de los combustibles líquidos para cohetes (gracias en parte a Robert Goddard) y de las naves espaciales (gracias en parte a Wernher von Braun).

El descubrimiento de mejores medios de transporte fue especialmente importante para naciones geográficamente extensas y habitables como Estados Unidos. Tan importante es el transporte para los estadounidenses que la interrupción del tráfico por

cualquier razón, incluso si sucede en otro país, es algo que llega a las primeras planas de los periódicos.

El 7 de agosto de 1945, por ejemplo, el día después de que Estados Unidos mató a unos setenta mil japoneses en la ciudad de Hiroshima, además de las decenas de miles de muertos que siguieron después, la primera plana del New York Times decía:

«PRIMERA BOMBA ATÓMICA LANZADA SOBRE JAPÓN».

Y un titular más pequeño, también en la primera plana decía:

«TRENES CANCELADOS EN ÁREA AFECTADA; TRÁFICO
ALREDEDOR DE HIROSHIMA INTERRUMPIDO».

No estoy seguro, pero estoy dispuesto a apostar que los periódicos japoneses no consideraron que los embotellamientos eran un asunto noticioso importante.

El cambio tecnológico no sólo afectó a la destrucción, claro, también la domesticidad.

Con electricidad disponible en cada domicilio, se volvió importante inventar enseres y máquinas que consumirían esta nueva fuente de energía. Entre los antropólogos, una de las maneras generales para medir el avance de la sociedad es su consumo de energía per cápita. Las viejas tradiciones son difíciles de cambiar. Los focos son un sustituto de las velas, pero todavía encendemos velas en cenas especiales; incluso compramos candeleros electrónicos con focos en

forma de llamas de vela. Y claro, la potencia de los autos se mide en «caballos de fuerza».

Nuestra dependencia de la electricidad, especialmente entre los estadounidenses urbanos, ha llegado a niveles irreversibles. Recordemos lo que pasó en Nueva York en los apagones de noviembre de 1965, julio de 1977 y agosto de 2003, cuando este lujo decididamente del siglo veinte no estaba disponible. En 1965, muchas personas pensaron que llegaba el fin del mundo, y en 1977 hubo saqueos generalizados.

(Cada apagón trae consigo sus «bebés del apagón», concebidos por la ausencia de la televisión y otras distracciones tecnológicas). Aparentemente, nuestros descubrimientos y nuestros inventos han pasado de hacernos la vida más sencilla a ser elementales para nuestra supervivencia.

A lo largo de la historia, el descubrimiento ha supuesto peligros y riesgos para los descubridores. Ni Magallanes ni la mayoría de su tripulación sobrevivieron para completar la circunnavegación del mundo en 1522. La mayoría murió de hambre y de enfermedades, y Magallanes mismo murió a manos de indígenas filipinos a los que no les parecieron sus empeños por cristianizarlos. Los riesgos modernos pueden llegar a ser casi tan devastadores. Al final del siglo XIX, Wilhelm Röntgen, quien investigaba la radiación de alta energía, exploró las propiedades de los rayos X y Marie Curie las del radio. Ambos murieron de cáncer. Los tres miembros de la tripulación del Apollo 1 murieron quemados en la plataforma de lanzamiento en 1967. El Transbordador Espacial Challenger explotó

poco después de despegar en 1986 y el Transbordador Columbia se deshizo al reingresar a la Tierra en 2003; en ambos casos los siete tripulantes de cada embarcación murieron.

Algunas veces los riesgos se extienden más allá de los descubridores.

En 1905, Albert Einstein planteó la ecuación $E=mc^2$, la receta sin precedentes que intercambiaba la materia con la energía y a fin de cuentas dio paso a la bomba atómica.

Coincidentemente, sólo dos años antes de la primera aparición de la famosa ecuación, Orville Wright realizó el primer viaje exitoso en un aeroplano, el vehículo que algún día llevaría las primeras bombas atómicas en un conflicto armado. Poco después de la invención del avión, apareció en una revista de circulación masiva de entonces una carta al editor que expresaba preocupación acerca de los posibles malos usos que podían darse a la nueva máquina voladora; apuntaba que si una persona con malas intenciones se hacía del mando de un avión, podría volar sobre un pueblo lleno de inocentes e indefensos y lanzar botes llenos de nitroglicerina sobre ellos.

Wilbur y Orville Wright no tienen la culpa, claro, de las muertes que resultaron del uso militar del avión, como tampoco Albert Einstein tiene la culpa de las muertes que provocaron las bombas atómicas. Para bien o para mal, los descubrimientos sucedieron en el dominio público y por ello están sujetos a la influencia de los patrones de conducta humana que parecen estar arraigados profundamente y ser muy antiguos.

* * * *

Descubrimiento y el ego humano

La historia de las ideas humanas que intentan explicar nuestro lugar en el universo ha sido una larga serie de desilusiones para todos los que creen que somos especiales.

Desafortunadamente, las primeras impresiones nos engañan cada vez — los movimientos diarios del Sol, la Luna y las estrellas conspiran para hacernos creer que somos el centro de todo. Pero a lo largo de los siglos hemos descubierto que no es así. No hay un centro para la superficie de la Tierra, así como no hay una cultura que pueda decir que se encuentra geométricamente en el centro de las cosas. La Tierra no es el centro del Sistema Solar; es sólo uno entre muchos planetas que orbitan alrededor del Sol, una revelación propuesta primero por Aristarco en el siglo III a. C., discutida por Nicolás Copérnico en el siglo XVI y consolidada por Galileo en el siglo XVII. El Sol está a unos 25.000 años luz del centro de la Vía Láctea, y se desplaza anónimamente alrededor del centro de la galaxia junto con cientos de miles de millones de estrellas. Y la Vía Láctea es sólo una de cien mil millones de galaxias en un universo que a fin de cuentas no tiene centro. Finalmente, claro, le debemos al *Origen de las especies* y al *Origen del hombre*, de Charles Darwin que ya no sea necesario invocar un acto creativo de alguna divinidad para explicar el origen del ser humano.

El descubrimiento científico rara vez es consecuencia de un acto de brillantez instantánea, y la revelación de que nuestra galaxia no es ni especial ni única no es la excepción. El punto de inflexión para

nuestro entendimiento de nuestro sitio en el cosmos sucedió en la primavera de 1920, no hace siglos, durante el famoso debate sobre la extensión del universo conocido, durante una reunión de la Academia Nacional de Ciencias (National Academy of Sciences) en Washington D.C., durante el cual se trataron preguntas fundamentales: ¿La Vía Láctea — con todas sus estrellas, sus grupos de estrellas, sus nubes de gas, y sus extrañas espirales borrosas — es todo lo que hay en el universo? ¿O esas espirales extrañas y borrosas son galaxias en sí mismas, como la Vía Láctea, puntuando la vastedad inimaginable del espacio como «universos isla»?

El descubrimiento científico, contrario al conflicto político o las políticas públicas, no surge de las directrices de los partidos políticos, votaciones democráticas o debates públicos. En este caso, sin embargo, dos científicos importantes en su momento, cada uno con algunos datos buenos y otros datos malos y algunos argumentos afilados se enfrentaron en el museo Smithsonian de Historia Natural (Smithsonian's National Museum of Natural History). Harlow Shapley discutía que la Vía Láctea constituía la extensión total del universo, mientras que Heber D. Curtis defendía la posición contraria.

Un poco antes, ambos científicos habían participado en una oleada de descubrimientos derivados principalmente de esquemas de clasificación de objetos y fenómenos cósmicos. Con la ayuda de un espectrógrafo (que descompone la luz de las estrellas en sus colores componentes de la misma manera que las gotas de lluvia

descomponen la luz solar para formar un arcoíris), los astrofísicos fueron capaces de clasificar los objetos no sólo por su forma o por su apariencia exterior, sino por las características detalladas reveladas por su espectro.

Incluso en la ausencia del entendimiento completo de la causa o el origen de un fenómeno, un esquema de clasificación bien diseñado permite hacer deducciones sustantivas.

El cielo nocturno muestra un cajón de sastre de objetos cuyas clasificaciones no eran discutidas demasiado en 1920. Había tres tipos particularmente relevantes para este debate: las estrellas que se concentran a lo largo de la banda de luz llamada Vía Láctea, interpretada correctamente en 1920 como el plano de nuestra propia galaxia; los cien o más cúmulos globulares de estrellas que aparecen con mayor frecuencia en una dirección en el cielo; y la tercera (o quizá tercera y cuarta), el inventario de nebulosas borrosas cerca del plano y las nebulosas espirales que no estaban cerca del plano. No obstante cualquier otra cosa que quisieran discutir, Shapley y Curtis sabían que esas características observadas en el cielo no podían no considerarse. Y aunque los datos eran escasos, si Curtis podía mostrar que las nebulosas espirales eran distantes universos isla, entonces la humanidad recibiría uno más en la serie de descubrimientos que le desinflan el ego.

Al echar una mirada casual al cielo nocturno, las estrellas aparecen distribuidas uniformemente en todas direcciones a lo largo de la Vía Láctea.

Pero de hecho, la Vía Láctea contiene una mezcla de estrellas y nubes de polvo que comprometen las líneas de visibilidad de tal manera que se vuelve imposible ver la galaxia completa desde dentro. En otras palabras, no se puede saber en qué parte de la Vía Láctea está uno porque la Vía Láctea nos bloquea la visión. Nada extraño ahí: al momento de entrar a un bosque denso, no hay manera de saber dónde está uno dentro de él (a menos de que haya tallado sus iniciales en un árbol en una visita previa). Es imposible determinar la extensión total del bosque porque los árboles bloquean el camino.

Los astrónomos de entonces no tenían mucha idea de qué tan lejos estaban las cosas, y los estimados de Shapley tendían a ser bastante generosos, incluso excesivos. A través de varios cálculos y supuestos, su sistema galáctico era de más de 300.000 años luz de extensión — por mucho el estimado más grande hecho desde entonces para el tamaño de la Vía Láctea. Curtis no podía impugnar el razonamiento de Shapley, pero seguía escéptico, y decía que los supuestos eran «algo drásticos». Aunque se basaba en la obra de dos de los principales teóricos del momento, sin duda era algo drástico — y las ideas relevantes de aquellos teóricos pronto serían desacreditadas, y dejarían a Shapley con estimados excesivos de la luminiscencia estelar, y, como resultado, estimaciones excesivas sobre las distancias de sus objetos favoritos, los cúmulos globulares.

Curtis estaba convencido de que la Vía Láctea era mucho más pequeña de lo que Shapley sugería, y proponía que en ausencia de

evidencia definitiva en contra de esta idea, «el diámetro postulado de 300.000 años luz debe sin duda dividirse entre cinco o quizá entre diez».

¿Quién tenía razón?

En la mayoría de los caminos de la ignorancia científica hacia el descubrimiento científico, la respuesta correcta se halla en algún sitio entre los estimados extremos recolectados en el camino. Así sucedió aquí también. Hoy, la extensión aceptada en general de la Vía Láctea es de unos 100.000 años luz — tres veces más que los 30.000 años luz que proponía Curtis, y un tercio de los 300.000 años luz que proponía Shapley.

Pero eso no fue todo. Los dos debatientes tenían que reconciliar la extensión de la Vía Láctea con la existencia de nebulosas espirales de alta velocidad, cuyas distancias eran más inciertas, y que parecían evitar el plano galáctico por completo, algo que hizo que la Vía Láctea recibiera el apelativo atemorizante de «Zona vacía».

Shapley sugería que las nebulosas espirales habían sido creadas de alguna manera dentro de la Vía Láctea y luego expulsadas por la fuerza del sitio donde emergieron. Curtis estaba convencido de que las nebulosas espirales pertenecían a la misma clase de objetos que la Vía Láctea misma, y proponía que un anillo de «materia oscura» rodeaba a nuestra galaxia — como sucede en muchas otras galaxias espirales — y que quizá impedía que otras espirales distantes fueran visibles.

En ese punto, si yo hubiera sido el moderador, quizá habría terminado el debate, declarado ganador a Curtis y enviado a todos a

sus casas. Pero había más evidencia: las «novae», estrellas tremendamente brillantes que ocasional y brevemente aparecían de la nada.

Curtis contendía que las nova formaban una clase de objetos homogéneos que sugerían «distancias que van de quizá 500.000 años luz en el caso de la nebulosa de Andrómeda a 10.000.000 a más años luz para las espirales más remotas».

Dadas esas distancias, aquellos universos isla serían «del mismo orden de tamaño que nuestra propia galaxia». Bravo.

A pesar de que Shapley descartaba el concepto de nebulosa espiral como universo isla, sin duda quería parecer como alguien de mente abierta. En su resumen, que se lee como un descargo de responsabilidad, consideraba la posibilidad de que hubiera otros mundos:

Pero incluso si las espirales fallan como sistemas galácticos, puede haber en otra parte sistemas estelares espaciales iguales o mayores que el nuestro — aún no conocidos y quizá más allá del poder de los aparatos ópticos existentes y escalas de medición. El telescopio moderno, sin embargo, con accesorios tales como los espectroscopios de alto poder y los intensificadores fotográficos, está destinado a extender las preguntas relativas al tamaño del universo mucho más al fondo del espacio.

Qué razón tenía. Mientras tanto, Curtis abiertamente concedía que Shapley quizá tuviera algo de razón con su hipótesis sobre la expulsión de las nebulosas espirales, y en el curso de esa concesión, Curtis sin saberlo reveló que vivimos en un universo en

expansión: «La teoría de la repulsión, si es verdad, recibe cierto apoyo del hecho de que la mayoría de las espirales observadas hasta ahora están alejándose de nosotros».

Para 1925, apenas un lustro más tarde, Edwin Hubble descubrió que casi todas las galaxias se alejaban de la Vía Láctea a velocidades en proporción directa a su distancia. Aunque era algo obvio que nuestra galaxia, la Vía Láctea, era el centro de la expansión del universo. Abogado antes de convertirse en astrónomo, Hubble probablemente habría triunfado en cualquier debate con otros científicos, sin importar qué fuera lo que argumentara, pero claramente podía reunir evidencias para apoyar la idea de un universo en expansión con nosotros en su centro. En el contexto de la teoría general de la relatividad de Einstein, sin embargo, el que pareciera que estamos en el centro de un tejido espaciotemporal en expansión era una consecuencia natural de un cosmos de cuatro dimensiones, con el tiempo como la número cuatro. Dada la descripción de ese universo, los habitantes de cada galaxia verían a todas las demás galaxias alejarse, no a través del espacio, sino como parte de este, y esto nos lleva inescapablemente a la conclusión de que los terrícolas no estamos ni solos ni somos especiales.

Y la inercia hacia la insignificancia continuó con más intensidad.

En la década de los veinte y los treinta, los físicos demostraron que la fuente de combustible del Sol era la fusión termonuclear del hidrógeno en helio. En los cuarenta y los cincuenta, los astrofísicos dedujeron la abundancia cósmica de estos elementos al describir a

detalle la secuencia de fusión termonuclear que sucede en los núcleos de las estrellas de alta masa que explotaban al final de su vida, y enriquecían al universo con elementos de todo tipo dentro de la famosa tabla periódica; los cinco principales: hidrógeno, helio, oxígeno, carbono y nitrógeno. Esa misma secuencia, (salvo el helio que es químicamente inerte) aparece cuando uno analiza los elementos químicos constitutivos de la vida humana. Así que no sólo no es especial nuestra existencia como seres humanos, tampoco lo son los ingredientes de la vida.

Así que ahí está: el resumen de cómo el descubrimiento cósmico comenzó glorificando a Dios, descendió a glorificar a la vida humana, y terminó insultando nuestro ego colectivo.

* * * *

El futuro del descubrimiento

Cuando (si es que alguna vez sucede) el espacio se vuelva nuestra última frontera, representará territorios inexplorados similares a los que los exploradores antiguos soñaron con conquistar. Los próximos viajes al espacio quizá estén motivados por un interés económico, por ejemplo, la intención de explotar los recursos minerales asteroides de millones de toneladas. O quizá los viajes estén motivados por la supervivencia, animado por la intención de diseminar a la especie humana por toda la galaxia tanto como sea posible para evitar la extinción humana total provocada por una colisión catastrófica, de esas que suceden una en un millón de años con un asteroide o un cometa.

La era dorada de la exploración espacial sin duda fueron los sesenta.

Entonces, sin embargo, la importancia del programa espacial estaba algo difusa en muchos centros urbanos debido a la pobreza extendida, el crimen y las escuelas llenas de problemas. Cinco décadas después, la importancia del programa espacial sigue estando difusa en muchos centros urbanos debido a la pobreza extendida, el crimen y las escuelas llenas de problemas. Pero hay una diferencia fundamental. En la década de los sesenta, los descubrimientos en el espacio eran algo que las personas ansiaban. Hoy muchas personas, yo incluido, estamos volteando al pasado, hacia ellas.

Recuerdo el día, el momento, en el que los astronautas del Apollo 11 pusieron un pie en la Luna. Ese alunizaje, el 20 de julio de 1969, fue sin duda uno de los momentos más importantes del siglo XX. Sin embargo, descubrí que me sentía algo indiferente ante ese evento — no porque no apreciara el sitio que sin duda ocupa en la historia humana, sino porque tenía todas las razones para creer que los viajes a la Luna serían algo que sucedería cada mes.

Los viajes frecuentes a la Luna eran el siguiente paso; no sabía que habría una ráfaga de ellos durante el siglo veinte y luego nada por décadas.

Sí, el financiamiento del programa espacial estaba motivado principalmente por ideas de defensa. Los sueños cósmicos, y el deseo humano innato de explorar lo desconocido, eran consideraciones de menor importancia.

Pero la palabra «defensa» puede reinterpretarse como algo más importante que simplemente ejércitos y arsenales. Puede significar la defensa de la especie humana misma. En julio de 1994, el equivalente a más de 200.000 megatones de TNT cayeron sobre la atmósfera de Marte cuando el cometa Shoemaker-Levy 9 se estrelló contra el planeta. Si ese tipo de colisión sucediera en la Tierra mientras la humanidad está presente, sin duda resultará en la muy abrupta extinción de nuestra especie.

La defensa de nuestra existencia exige una agenda muy real. Para alcanzarla, debemos adquirir mayor conocimiento del clima y el ecosistema terrestre, para así minimizar el riesgo de auto-destrucción. Y debemos colonizar el espacio en la mayor cantidad de sitios posibles, así reduciremos proporcionalmente la posibilidad de la aniquilación de la especie debido a una colisión entre la Tierra y algún asteroide o un cometa descubierto por algún astrónomo *amateur*.

El registro fósil está repleto de especies extintas. Muchas de ellas, antes de desaparecer, prosperaron por mucho más tiempo de lo que ahora lo hace el *Homo Sapiens* en la Tierra. Los dinosaurios están extintos porque no construyeron naves espaciales. ¿No tenían recursos? ¿Sus políticos no tenían la visión de futuro requerida? Es más probable que sea porque sus cerebros eran muy pequeños. Y la ausencia de pulgares oponibles tampoco ayudó.

Que los humanos se extinguieran sería la tragedia más grande en la historia de la vida en el universo — porque la razón para que sucediera no sería que nos faltara inteligencia para construir una

nave espacial interplanetaria, o que no tuviéramos un programa activo de viajes espaciales, sino que la especie humana decidiera darle la espalda y no financiar tal plan de sobrevivencia. No nos engañemos: el camino del descubrimiento inherente a la exploración espacial ya no es una elección sino una necesidad, y las consecuencias de tal elección afectan la sobrevivencia de absolutamente todos, incluidos aquellos quienes permanecen totalmente ignorantes ante la multitud de descubrimientos realizados por su propia especie a lo largo de su tiempo en la Tierra.

Parte II

¿Cómo?

§ 14. Volar¹⁴

En la antigüedad, dos aviadores se procuraron un par de alas. Dédalo voló a través del aire sin peligro, y recibió los honores debidos al aterrizar. Ícaro se elevó hacia el Sol hasta que la cera de sus alas se derritió y su vuelo terminó en un fiasco. Al sopesar sus logros quizá debemos ser un poco más justos con Ícaro. Las autoridades tradicionales nos dicen, claro, que estaba «desafiando al peligro»; pero yo prefiero pensar que fue él quien echó luz sobre un defecto constructivo serio en las máquinas voladoras de su época [y] debemos por lo menos aprender de su vuelo algunas pistas para construir una mejor máquina.

Sir Arthur Eddington, Stars & Atoms (1927)

Por milenios, la idea de poder volar ha colmado las fantasías y los sueños de los seres humanos. Caminar torpemente en la superficie terrestre mientras arriba de nosotros vuelan aves majestuosas quizá hizo que desarrolláramos algún tipo de envidia de las alas. Uno incluso podría llamarla devoción por las alas.

¹⁴ Adaptado de «To Fly», Natural History, abril 1998

No es necesario ir muy lejos para hallar evidencias. Durante la mayor parte de la historia de la televisión en Estados Unidos, cuando una estación despedía sus transmisiones en la noche, no mostraban a una persona erguida diciendo adiós; en cambio, sonaba el himno nacional y mostraban cosas volando, pájaros o jets de la Fuerza Aérea. Estados Unidos incluso adoptó como símbolo de fortaleza un predador volador: el águila calva, que aparece en el reverso de los dólares, en la moneda de veinticinco centavos, en la moneda de medio dólar de Kennedy, en la moneda de dólar de Eisenhower y en la moneda de dólar de Susan B. Anthony.

También hay una en la alfombra de la oficina oval en la Casa Blanca. Nuestro superhéroe más famoso, Superman, puede volar al enfundarse en sus mallas azules y su capa roja. Cuando uno muere, si es que uno califica, es posible convertirse en un ángel — y todos saben que los ángeles (por lo menos los que se han ganado sus alas) pueden volar.

También está el caballo alado, Pegaso; el mensajero de los pies alados, Mercurio; el poco aerodinámico Cupido; y Peter Pan y su amiga Campanita.

Con frecuencia nuestra incapacidad para volar ni siquiera es mencionada en las comparaciones de las características humanas con las de otras especies en el reino animal. Sin embargo, utilizamos la palabra «desdichado» como sinónimo de «no volador» al describir aves como el dodo, que tiende a ser objeto de chistes evolutivos.

Sin embargo, aprendimos a volar gracias al ingenio tecnológico que nos permiten nuestros cerebros. Y claro, aunque los pájaros puedan volar, no pueden escapar a su cerebro de pájaro.

Pero este razonamiento autocelebratorio es algo errado, porque ignora los milenios que hemos pasado tecnológicamente incapaces de volar.

Recuerdo que cuando era estudiante de secundaria leí que el famoso físico Lord Kelvin, al inicio del siglo XX, habló de la imposibilidad del vuelo autopropulsado para cualquier aparato más pesado que el aire. Claramente era una predicción miope. Pero uno no necesitaba esperar a la invención de los primeros aeroplanos para refutar la premisa del ensayo. Lo único necesario era ver a los pájaros: claramente ellos no tienen ningún problema al volar, y por lo menos la última vez que revisé, pesaban más que el aire.

[Tweet espacial #14. El símbolo de la Fuerza Aérea son alas de pájaro. Aunque ahora volamos a velocidades que vaporizarían a un ave, y en el espacio son inútiles.]

Si algo no está prohibido por las leyes de la física entonces, en principio, es posible no obstante los límites de nuestro horizonte tecnológico.

La velocidad del sonido en el aire oscila entre setecientas y ochocientas millas por hora, dependiendo de la temperatura atmosférica. No hay ninguna regla de la física que impida que los objetos viajen más rápido que Mach 1, la velocidad del sonido. Pero

antes de que la «barrera» del sonido fuera rota por Charles E. «Chuck» Yeager en 1947 a bordo del Bell X-1 (un avión de propulsión a cohete del ejército), se escribió muchísima palabrería sobre la imposibilidad de que los objetos viajaran más rápido que la velocidad del sonido. Mientras tanto, las balas disparadas por rifles de alto poder llevaban un siglo rompiendo la barrera del sonido. Y el restallido de un látigo o el sonido de una toalla mojada al chicotear cerca del trasero de alguien en un vestidor es un pequeño boom sónico, creado por la punta del látigo o la toalla que se mueven por el aire más rápido que la velocidad del sonido. Los límites impuestos para romper la barrera del sonido eran totalmente psicológicos y tecnológicos.

Mientras estuvo activo, la aeronave alada más rápida fue por mucho el Transbordador Espacial, que, de camino a la órbita y con la ayuda de los cohetes desprendibles y los tanques de combustible superaba Mach 20. Sin propulsión al regreso, caía de la órbita hacia la Tierra y planeaba hasta la superficie. Aunque otros vehículos viajan constantemente a muchas veces la velocidad del sonido, ninguno es capaz de viajar más rápido que la velocidad de la luz. No hablo como un ignorante del futuro de la tecnología, sino desde una base fundada en las leyes de la física, que se aplican aquí en la Tierra y en los cielos. Hay que darle crédito a los astronautas del programa Apollo que fueron a la Luna por ser los primeros en alcanzar la velocidad de escape de la Tierra — siete millas por segundo, la velocidad más alta a la que ha volado el ser humano jamás. Ese es apenas una fracción minúscula: $1/250$ parte

del 1 por ciento de la velocidad de la luz. En realidad el problema no es el abismo que separa a esas dos velocidades sino que la física impide que cualquier objeto alcance la velocidad de la luz, sin importar que tan creativa sea nuestra tecnología. La barrera del sonido y la de la luz no son límites equivalentes para la invención.

Los hermanos Wright de Ohio, claro, son los que se llevan el crédito como los «primeros en volar», en Kitty Hawk, North Carolina, como bien lo recuerdan las placas de los coches de ese estado.

Wilbur y Orville Wright fueron los primeros en volar en un vehículo más pesado que el aire, propulsado por un motor y en el que viajaba un ser humano — Orville — que no aterrizó en un punto de menor elevación que su punto de despegue. Antes, las personas habían volado en la góndolas de los globos aerostáticos y en planeadores, y habían ejecutado descensos controlados desde algún peñasco, pero ninguno de estos esfuerzos habrían impresionado a un pájaro. Ni el primer viaje de Wilbur y Orville habría hecho que ningún pájaro se detuviera a mirar. El primero de sus cuatro vuelos — a las 10:35 a.m., hora del este, el 17 de diciembre de 1903 — duró doce segundos, a una velocidad promedio de 6.8 millas por hora, en contra de un viento de 30 millas por hora. El Wright Flyer, como se le llamó al aparato, se desplazó 120 pies, ni siquiera la envergadura de las alas de un Boeing 747.

Incluso después de que los hermanos Wright hicieron público su logro, los medios le pusieron muy poca atención a este y otros de los primeros acontecimientos en la aviación. Todavía en 1933 — seis años después del histórico viaje de Lindbergh a través del

atlántico — H. Gordon Garbedian ignoró a los aviones en la introducción de su por demás bastante profético libro *Major Mysteries of Science*: La vida diaria hoy está dominada por la ciencia como nunca antes lo estuvo.

Uno alza el teléfono y a los pocos minutos está conversando con un amigo en París. Se puede viajar por debajo del mar en un submarino, o circunnavegar el globo en un zepelín. El radio lleva la voz a cualquier sitio de la Tierra a la velocidad de la luz. Pronto, la televisión permitirá ver los espectáculos más importantes del mundo desde la comodidad de su sala.

En cambio, algunos periodistas sí pusieron atención a los posibles cambios que traería la aviación a la historia de la civilización. Después de que el francés Louis Blériot atravesó el Canal de la Mancha, desde Calais a Dover el 25 de julio de 1909, el encabezado de un artículo en la página tres del *New York Times* decía: «Francés prueba que el avión no es un juguete».

En el texto del artículo incluía la reacción de Inglaterra ante ese evento: Las editoriales en los periódicos londinenses comentaban el nuevo mundo en el que la potencia insular de Gran Bretaña ya no estaría libre de retos; que el avión no es un juguete sino un posible instrumento de guerra, algo que deben tomar en cuenta tanto soldados como estadistas, y que el pueblo inglés debía despertar ante la importancia de la ciencia de la aviación.

El autor estaba en lo cierto. Treinta y cinco años después, los aviones habían sido usados no como cazas y como bombarderos en la guerra, sino que Alemania había llevado el concepto aún más allá

e inventó el V-2 para atacar Londres. Su vehículo era importante en muchos sentidos. Primero que nada, no era un avión; era un gran misil sin precedentes. Segundo, dado que el V-2 podía ser lanzado desde varios cientos de millas del objetivo, significaba prácticamente el nacimiento del cohete moderno. Y tercero, durante todo su viaje en el aire, el V-2 se movía bajo la influencia de la gravedad únicamente; en otras palabras, era un misil balístico suborbital, la manera más veloz de lanzar una bomba desde un sitio de la Tierra a otro. Más adelante, los «avances» en el diseño de los misiles durante la Guerra Fría permitieron que los poderes militares fijaran sus miras sobre ciudades al otro lado del mundo.

¿La duración máxima del vuelo de estos misiles? Alrededor de 45 minutos — ni de cerca tiempo suficiente para evacuar una ciudad amenazada.

Aunque es correcto decir que son suborbitales, ¿podemos decir que estos misiles vuelan? ¿No son objetos que simplemente caen del cielo? ¿La Tierra está «volando» en órbita alrededor del Sol? Si nos apegamos a las reglas que se aplicaban a los hermanos Wright, una persona debe estar a bordo del aparato y este debe tener una fuente propia de propulsión. Aunque claro, no hay una regla que diga que no podemos cambiar las reglas.

Sabiendo que el V-2 puso al alcance de los científicos la tecnología orbital, algunas personas se impacientaron.

Entre ellas, los editores de la popular revista para toda la familia *Collier's*, que envió a dos periodistas a seguir a los ingenieros, científicos y visionarios que se reunieron en el planetario Hayden de

Nueva York el día del aniversario del descubrimiento de América, en 1951, para asistir al influyente *Space Travel Symposium*. En la edición del 22 de marzo de 1952 de *Collier's*, en un artículo titulado «¿Qué estamos esperando?» “What Are We Waiting For?”, la revista se declaró a favor de la necesidad y de la importancia de tener una estación espacial que sirviera como un ojo vigilante sobre un mundo dividido:

En manos de Occidente una estación espacial, permanente y establecida más allá de la atmósfera, sería la esperanza de paz más importante que el mundo haya conocido.

Ninguna nación realizaría preparativos para la guerra sabiendo que está siendo observada por los ojos siempre atentos de este «centinela en el espacio». Sería el fin de las cortinas de hierro, cualquiera que estas sean.

Los estadounidenses no construimos esta estación espacial; en cambio fuimos a la Luna. Con este esfuerzo, nuestra devoción por las alas continuó. No importa que los astronautas del Apollo hayan aterrizado en una Luna sin aire, donde las alas son absolutamente inútiles, y que lo hayan hecho a bordo de un módulo lunar nombrado en honor a un ave. Apenas sesenta y cinco años, siete meses, tres días, cinco horas y cuarenta y tres minutos después de que Orville despegó del suelo, Neil Armstrong pronunció sus primeras palabras sobre la superficie lunar:

«Houston, aquí la base Tranquility. El Águila ha aterrizado».

El récord humano para «altitud» no lo tienen nadie que haya caminado en la Luna. Va para los astronautas del malhadado Apollo 13, quienes sabiendo que no podrían aterrizar en la Luna después de la explosión de su tanque de oxígeno, y sabiendo que no tendrían suficiente combustible para desacelerar, detenerse, y luego volver, ejecutaron una trayectoria balística con en forma de 8 alrededor de la Luna, que los lanzó de vuelta a la Tierra. Resultó que la Luna estaba cerca del apogeo, el punto más lejano de la Tierra en su órbita elíptica.

Ninguna otra misión Apollo, ni antes ni después, viajó a la Luna durante el apogeo, lo que le dio a los astronautas del Apollo 13 el récord de altitud para un ser humano. (Después de calcular que alcanzaron las 245.000 millas por encima de la superficie terrestre, incluida la distancia orbital desde la superficie de la Luna, le pregunté a Jim Lovell, comandante del Apollo 13: «¿Quién estaba en el punto más lejano del módulo lunar cuando le dieron la vuelta a la Luna? Esa persona es quien tiene el record de altitud». No me quiso decir quién).

En mi opinión, el logro más importante en la historia del vuelo no fue el aeroplano de Wilbur y Orville, ni que Chuck Yeager haya roto la barrera del sonido, ni el alunizaje del Apollo 11. Para mí, fue el lanzamiento del Voyager 2, que dio un tour por los planetas exteriores de nuestro Sistema Solar.

Durante cada pasada, las trayectorias que la catapultan le robaron un poquito de la energía orbital a Júpiter y a Saturno para lograr que escapara del Sistema Solar. Al pasar Júpiter en 1979, la

velocidad del Voyager superaba las 40.000 millas por hora, suficiente para escapar la atracción gravitacional incluso del Sol. El Voyager pasó la órbita de Plutón en 1993, y ahora se ha adentrado en el espacio interestelar. No hay nadie tripulando la nave, pero un disco de fonógrafo hecho de oro en uno de sus lados tiene grabados algunos sonidos terrestres, entre ellos, los latidos del corazón humano. Así que con nuestro corazón, si no es que con el alma, volamos aún más allá.

§ 15. Comportamiento balístico¹⁵

En casi todos los deportes de pelota, estas se comportan de manera balística en algún momento. Ya sea que estemos jugando béisbol, *cricket*, fútbol americano, golf, jai alai, fútbol, tenis o waterpolo, la pelota es lanzada, golpeada o pateada, vuela por un momento por el aire y luego regresa a la Tierra.

La resistencia del aire afecta las trayectorias de todas estas pelotas, pero independientemente de lo que las haya puesto en movimiento o de dónde caigan, su trayectoria básica la describe una ecuación simple hallada en los *Principia* de Newton, su influyentísimo libro de 1687 sobre el movimiento y la gravedad.

Algunos años después, Newton interpretó sus descubrimientos para el lector común que comprendía latín en *El sistema del mundo*, que incluye una descripción de lo que pasaría si lanzáramos piedras horizontalmente a velocidades cada vez más altas. Newton primero plantea lo obvio: las piedras golpearían el piso cada vez más lejos del punto de lanzamiento, hasta llegar, eventualmente, más allá del horizonte. Luego razona que si la velocidad fuera lo suficientemente alta, la piedra podría recorrer la circunferencia entera de la Tierra sin tocar el piso y regresar para golpearnos en la nuca. Si uno se agacha en el momento justo, el objeto continuaría para siempre en lo que comúnmente se conoce como órbita. No se puede ser más balístico que eso.

La velocidad necesaria para alcanzar la órbita baja de la Tierra (LEO, de cariño [por sus siglas en inglés]) es un poco más de 17.000

¹⁵ Adaptado de «Going Ballistic», *Natural History*, noviembre de 2002

millas por hora, lo que hace que la vuelta completa tome más o menos una hora y media. Si el Sputnik 1, el primer satélite artificial, y Yuri Gagarin, el primer humano en viajar más allá de nuestra atmósfera, no hubieran alcanzado esa velocidad, simplemente habrían caído de vuelta a la Tierra.

Newton también demostró que la gravedad ejercida por cualquier objeto esférico actúa como si la masa entera del objeto estuviera concentrada en su centro. Como consecuencia, cualquier cosa lanzada entre dos personas en la superficie de la Tierra está también en órbita — excepto que la trayectoria resulta que interseca al suelo. Eso es verdad tanto para el viaje de quince minutos de Alan B. Shepard a bordo de la nave Mercury llamada Freedom 7 en 1961, como para una pelota de golf golpeada por Tiger Woods, un jonrón de Alex Rodríguez y una pelota lanzada por un infante: todos han ejecutado lo que se llaman trayectorias suborbitales. Si la superficie de la Tierra no estuviera estorbando, todos estos objetos ejecutarían órbitas perfectas, aunque elongadas, alrededor del centro de la Tierra. Y aunque la ley de la gravedad no distingue entre estas trayectorias, la NASA sí lo hace. El viaje de Shepard estuvo casi libre de resistencia del aire, porque alcanzó una altura en la que casi no hay atmósfera. Por esta única razón, los medios lo coronaron como el primer viajero espacial estadounidense.

Las trayectorias suborbitales son las trayectorias preferidas por los misiles balísticos. Como una granada de mano que describe un arco hacia su objetivo después de ser lanzada, un misil balístico «vuela»

sólo por medio de la acción de la gravedad una vez que es lanzado. Estas armas de destrucción masiva viajan a velocidad supersónica, lo suficientemente rápido como para recorrer la mitad de la circunferencia de la Tierra en 45 minutos, antes de precipitarse hacia a la superficie a miles de millas por hora. Si un misil balístico es suficientemente pesado, la cosa puede hacer mucho más daño con sólo caer del cielo que con la explosión de la bomba convencional que carga.

El primer misil balístico del mundo fue el cohete V-2 de los nazis, diseñado por científicos alemanes al mando de Wernher von Braun. Como el primer objeto lanzado por encima de la atmósfera de la Tierra, el V-2, con su forma de bala y sus grandes alerones (La «V» es por *Vergeltungswaffen*, o “Arma de venganza”) inspiró una generación entera de ilustraciones de naves espaciales. Después de rendirse ante las fuerzas aliadas, von Braun fue llevado a Estados Unidos, donde en 1958 dirigió el lanzamiento de primer satélite estadounidense.

Poco después, lo transfirieron a la recién creada Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio, donde desarrolló el cohete que haría posible el primer alunizaje.

Mientras cientos de satélites artificiales orbitan a la Tierra, la Tierra orbita al Sol. En su obra magna de 1543, *De Revolutionibus*, Nicolás Copérnico puso al Sol al centro del universo conocido y afirmó que la Tierra más los cinco planetas conocidos — Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno — ejecutaban órbitas circulares perfectas a su alrededor. Un círculo es una forma extremadamente extraña

para una órbita y no describe el trayecto de ningún planeta en nuestro Sistema Solar, algo que Copérnico desconocía. La forma real fue hallada por el matemático y astrónomo alemán Johannes Kepler, quien publicó sus cálculos en 1609. La primera de sus leyes sobre el movimiento planetario asegura que los planetas orbitan alrededor del Sol en elipses.

Una elipse es un círculo aplanado, y el grado de aplanamiento lo indica una cantidad numérica llamada excentricidad, abreviada como e . Si e es igual a cero, entonces tenemos un círculo perfecto. Si e incrementa de cero a uno, entonces la elipse se vuelve cada vez más elongada. Claro, entre más excentricidad, más probable es que cruzarse con la órbita de alguien más.

Los cometas que se lanzan hacia la Tierra desde el Sistema Solar exterior tienen órbitas altamente excéntricas, mientras que las órbitas de la Tierra y Venus se parecen mucho a círculos, con excentricidades muy bajas. El «planeta»

más excéntrico (ahora es oficialmente un «planeta enano») es Plutón, y claro, cada vez que gira alrededor del Sol se cruza con la órbita de Neptuno; se comporta sospechosamente como un cometa.

[Tweet espacial #15. Ante la pregunta por qué los planetas orbitan en elipses y no en otra forma, Newton tuvo que inventar el cálculo para poder responder.]

El ejemplo más extremo de una órbita elongada es el famoso caso de un agujero excavado en China. Contrario a las expectativas de nuestros coterráneos estadounidenses de conocimientos geográficos

limitados, China no se haya al lado opuesto del planeta. Lo está el Océano Índico. Para evitar salir al fondo de dos millas de agua, hay que excavar desde Shelby, Montana, para salir en las aisladas Islas Kerguelen.

Ahora viene lo bueno.

Saltemos dentro. Aceleraremos uniformemente en un estado de caída libre hasta llegar al centro de la Tierra — donde nos vaporizaremos dado el enorme calor del núcleo. Si ignoramos esta complicación, atravesamos el centro, donde la fuerza de gravedad es cero, y vamos desacelerando continuamente hasta que lleguemos al otro lado, para cuando habremos llegado a velocidad cero. A menos de que nos detenga un kergueleniano de inmediato, volveremos a caer al agujero y repetiremos ese viaje indefinidamente.

Aparte de darle envidia a todos los aficionados al bungee, habremos ejecutado una órbita genuina, nos tomará una hora y media — el mismo tiempo que le toma a la Estación Espacial Internacional.

Algunas órbitas son tan excéntricas que nunca vuelven hacia el punto de origen.

Con una excentricidad de exactamente uno, lo que describimos sería una parábola; para excentricidades de más de uno, la órbita traza una hipérbole.

Para imaginar estas formas, apuntemos la luz de una linterna directamente a una pared. El cono de luz emergente formará un círculo.

Si vamos apuntando gradualmente la linterna hacia arriba, el círculo se distorsiona para forma elipses de excentricidades cada vez más altas.

Cuando el cono de luz apunte directamente hacia arriba, cualquier luz que todavía pegue en la pared tomará la forma de una parábola. Si alejamos la luz de la pared un poco más, habremos dibujado una hipérbola. (Ahora tienen algo distinto que hacer cuando vayan de campamento). Un objeto con trayectoria parabólica o hiperbólica se mueve tan rápido que jamás regresará. Si los astrónomos descubren un cometa con una órbita así, sabremos que habrá emergido de las profundidades del espacio interestelar y que está en un tour sin viaje de regreso por el Sistema Solar interior.

La gravedad newtoniana describe la fuerza de atracción entre dos objetos cualquiera en el universo, sin importar dónde se encuentren, sin importar de qué material estén hechos y sin importar qué tan grandes o pequeños sean. Por ejemplo, podemos utilizar la ley de Newton para calcular el comportamiento pasado y futuro del sistema Tierra-Luna.

Pero si añadimos un tercer objeto — una tercera fuente de gravedad — hemos complicado severamente los movimientos del sistema. Más conocido como el problema de los tres cuerpos, este *ménage à trois* resulta en trayectorias muy variadas para cuyo seguimiento se requiere una computadora.

Algunas soluciones ingeniosas para este problema merecen ser mencionadas.

En un caso, el llamado problema de los tres cuerpos restringido, uno simplifica las cosas al asumir que el tercer cuerpo tiene tan poca masa comparado con los otros dos que se puede ignorar su presencia en las ecuaciones. Con esta aproximación, podemos seguir de manera confiable los movimientos de los tres objetos del sistema. Y no estamos haciendo trampa.

Existen muchos casos como este en el universo real — el Sol, Júpiter, y una de las pequeñísimas lunas de Júpiter, por ejemplo. Otro caso tomado de nuestro Sistema Solar, una familia completa de rocas se mueve alrededor del Sol a quinientos mil millones de millas adelante y detrás de Júpiter, pero en la misma ruta. Estos son los asteroides Trojan, cada uno fijo en su órbita estable gracias a la gravedad de Júpiter y del Sol.

Otro caso especial del problema de los tres cuerpos fue descubierto en años recientes. Tomemos tres objetos de masa idéntica y hagamos que se sigan en pares, haciendo una figura de ocho en el espacio. Contrario a aquellas pistas de carreras en las que las personas van a ver coches chocar entre ellos en la intersección de los dos óvalos, este acomodo cuida mucho mejor a los participantes del sistema. Las fuerzas de gravedad requieren que el sistema se «equilibre» en el punto de intersección, y contrario al complicado problema de los tres cuerpos general, todo el movimiento ocurre en un solo plano. Ay, este caso especial, sin embargo, es tan raro y extraño que quizá no haya un solo ejemplo entre los cientos de miles de millones de estrellas en nuestra galaxia y quizá sólo haya unos cuantos ejemplos en el universo entero, lo que hace que la

órbita de tres cuerpos con figura de ocho una curiosidad astronómica matemática irrelevante. Más allá de uno o dos casos bien portados, las gravedades mutuas de tres o más objetos hacen que sus trayectorias se aloquen. Para darnos una idea de cómo sucede esto, pongamos unos cuantos objetos en el espacio.

Luego empujemos a cada objeto de acuerdo con la fuerza de atracción entre este y cada uno de los otros objetos.

Recalculemos todas las fuerzas según las nuevas separaciones.

Luego repitamos. El ejercicio no es únicamente académico. El Sistema Solar completo es un problema de muchos cuerpos, con asteroides, lunas, planetas y el Sol en un estado de atracción mutua continua.

Newton se preocupó mucho por este problema, el cual no pudo resolver con pluma y papel. Temiendo que el Sistema Solar entero era inestable y eventualmente estrellaría a los planetas contra el Sol o que los lanzaría hacia el espacio interestelar, postuló que Dios podría meterse de vez en cuando a organizar las cosas.

El astrónomo francés del siglo dieciocho, Pierre-Simon de Laplace, propuso una solución al problema de los muchos cuerpos del Sistema Solar más de un siglo después, en su tratado *Mécanique Céleste*. Pero al hacerlo tuvo que desarrollar una nueva forma de matemáticas conocida como teoría de las perturbaciones. El análisis parte de asumir que sólo hay una fuente principal de gravedad y que todas las otras fuerzas son menores aunque persistentes — exactamente la situación que prevalece en nuestro Sistema Solar.

Laplace entonces demuestra analíticamente que el Sistema Solar es estable y que no necesitamos nuevas leyes de la física para demostrarlo.

¿Pero qué tan estable es? Los análisis modernos demuestran que en una escala de cientos de millones de años — periodos mucho más largos de los considerados por Laplace — las órbitas planetarias son caóticas. Eso hace que Mercurio sea vulnerable de caer hacia el Sol, y a Plutón lo vuelve vulnerable a ser lanzado fuera del Sistema Solar. Peor aún, el Sistema Solar pudo haber nacido con docenas de planetas más, y muchos de ellos quizá estén ahora perdidos en el espacio interestelar. Y nosotros que habíamos empezado con los círculos sencillos de Copérnico.

[Tweet espacial #16 Las trayectorias son inestables en un sistema de 2 estrellas. Hay que orbitar lejos de ambas. Así el planeta cree que orbita sólo una.]

Si pudiéramos de alguna manera elevarnos por encima del plano de nuestra galaxia, veríamos que cada estrella en el vecindario de nuestro Sol se mueve hacia adelante y hacia atrás de diez a veinte kilómetros por segundo.

Colectivamente, sin embargo, estas estrellas orbitan la galaxia en rutas amplias y casi circulares a velocidades de más de doscientos kilómetros por segundo. La mayoría de los cientos de miles de estrellas de la Vía Láctea están dentro de un disco plano y amplio, y — como los objetos en órbita en todas las otras galaxias espirales —

las nubes, las estrellas y otros elementos constitutivos de la Vía Láctea prosperan en grandes órbitas redondas.

Si seguimos elevándonos por encima del plano de la Vía Láctea, veremos a la bella galaxia de Andrómeda, a dos y medio millón de años luz de distancia.

Es la galaxia en espiral más cercana a nosotros, y todos los datos disponibles sugieren que estamos en vía de colisionar, cada vez más adentradas en el abrazo mutuo gravitacional. Algún día seremos un desastre de estrellas dispersas y nubes de gas que chocan.

Sólo hay que esperar entre seis y siete mil millones de años. Al tener mejores mediciones de nuestros movimientos relativos, los astrónomos quizá puedan descubrir un importante componente lateral además del movimiento que nos está acercando. Si este es el caso, la galaxia de Andrómeda y la Vía Láctea pasarán una junto a la otra en una danza orbital elongada.

Al moverse de forma balística, uno está en caída libre. Cada una de esas piedras cuya trayectoria ilustró Newton, estaba en caída libre hacia la Tierra. La que logró estar en órbita también va en caída libre hacia la Tierra, pero la superficie de nuestro planeta se curva al mismo ritmo que la caída — una consecuencia del movimiento lateral extraordinario de la piedra.

La Estación Espacial Internacional también está en caída libre hacia la Tierra. Y la Luna. Y, como las piedras de Newton, todas mantienen un movimiento lateral prodigioso que impide que caigan al piso.

Una característica fascinante de la caída libre es el persistente estado de ingravidez al estar en cualquier nave con esa trayectoria. En caída libre, usted y todo lo demás caen al mismo ritmo exactamente. Una báscula entre sus pies y el piso estaría también en caída libre.

Dado que nada aprieta la báscula, esta marcaría cero. Por esta razón, y no por otra, los astronautas son ingrávidos en el espacio.

Pero en el momento en el que la nave se acelera o empieza a rotar o es sometida a la resistencia de la atmósfera de la Tierra, el estado de caída libre se termina y los astronautas pesan un poco una vez más. Como cualquier fanático de la ciencia ficción sabe, si uno hace rotar una nave espacial al ritmo preciso, o se acelera la nave al mismo ritmo al que cae un objeto hacia la Tierra, pesaremos lo mismo que pesábamos en la báscula de nuestro doctor. Por eso, durante esos largos y aburridos viajes, siempre es posible simular la gravedad de la Tierra.

Otra aplicación notable de la mecánica orbital de Newton es el efecto sonda. Las agencias espaciales con frecuencia lanzan sondas planetarias que tienen muy poca energía para alcanzar sus destinos planetarios. En cambio, estos magos orbitales apuntan las sondas hacia trayectorias ingeniosas que pasan cerca de una fuente de gravedad en movimiento, como Júpiter. Al caer hacia Júpiter en la misma dirección en la que Júpiter se mueve, una sonda puede alcanzar tanta velocidad como la velocidad orbital misma de Júpiter, y entonces salir catapultada como una pelota de jai alai. Si la alineación de los planetas es la correcta, la sonda puede repetir

ese acto al pasar por Saturno, Urano o Neptuno, y así robarse un poco más de energía con cada encuentro cercano. Incluso una única pasada junto a Júpiter puede duplicar la velocidad de la sonda al viajar por el Sistema Solar.

En el otro lado del espectro de la masa, hay maneras creativas de entretenerse. Siempre he querido vivir en algún sitio donde la gravedad sea tan leve que se puedan poner pelotas de beisbol en órbita y jugar a cacharlas uno mismo. No sería difícil. Sin importar qué tan lento sea el lanzamiento, habrá algún asteroide en algún sitio del Sistema Solar con la gravedad exacta para lograr esta hazaña. Pero, lance con cuidado. Si lanza demasiado fuerte, e puede llegar a 1, y perderemos la pelota para siempre.

§ 16. La carrera hacia el Espacio¹⁶

Durante una noche iluminada de principios de octubre de 1957, a un lado del río Syr Darya en la república de Kazajistán — mientras en Nueva York los oficinistas tomaban su descanso de la tarde — científicos balísticos soviéticos lanzaban una esfera de aluminio pulido de dos pies de diámetro hacia la órbita terrestre. Para cuando los neoyorkinos se sentaron a la mesa a cenar, la esfera ya había completado su segunda órbita completa, y los soviéticos informaron a Washington de su triunfo: el Sputnik 1, el primer satélite artificial de la humanidad estaba describiendo una elipse alrededor de la Tierra cada noventa y seis minutos hasta alcanzar una altura de casi seiscientas millas.

A la mañana siguiente, el 5 de octubre, un reporte del ascenso del satélite apareció en *Pravda*, el periódico oficial del partido comunista en el poder. («Sputnik», por cierto, se traduce más o menos como «compañero de viaje»). Después de unos párrafos de datos, *Pravda* adoptaba un tono celebratorio, y terminaba la nota con un poco de propaganda sin diluir:

El lanzamiento exitoso del primer satélite construido por el hombre es una contribución invaluable al tesoro de la ciencia y la cultura mundial... Los satélites artificiales allanarán el camino para el viaje interplanetario y es probable que nuestros contemporáneos atestigüen cómo el trabajo libre y consciente del pueblo en una nueva sociedad socialista logra que los sueños más osados de la humanidad se hagan realidad.

¹⁶ Adaptado de «Fellow Traveller», Natural History, octubre de 2007

La carrera espacial entre el Tío Sam y los Rojos había comenzado. El primer *round* terminó con un knock-out. Los operadores de radio amateur podían escuchar los persistentes pitidos del satélite a 20.005 megaciclos y así atestiguar su existencia. Los ornitólogos y los astrónomos aficionados por igual — si sabían hacia dónde mirar — podían ver esa pequeña esfera brillante con sus binoculares.

Y ese fue sólo el comienzo: la Unión Soviética no sólo ganó el primer *round* sino casi todos los *rounds* después de ese. Sí, en 1969 Estados Unidos puso al primer hombre en la Luna. Pero atemperemos nuestro entusiasmo y observemos los logros de la Unión Soviética durante las tres primeras décadas de la era espacial.

Además de lanzar el primer satélite artificial, los soviéticos lanzaron al primer animal a la órbita terrestre (Laika, un perro callejero), al primer ser humano (Yuri Gagarin, un piloto militar), a la primera mujer (Valentina Tereshkova, una paracaidista) y a la primera persona negra (Arnaldo Tamayo-Méndez, un piloto militar cubano). Los soviéticos mandaron a la primera tripulación y a la primera tripulación internacional a la órbita terrestre.

Realizaron la primera caminata espacial, lanzaron la primera estación espacial y fueron los primeros en poner en órbita a largo plazo una estación espacial tripulada.

[Tweet espacial #17. 12 de abril de 2011: Hace 50 años, los soviéticos pusieron a Yuri Gagarin en órbita.]

Él fue el 4º mamífero en lograrlo.]

[Tweet espacial #18. FYI: los primeros mamíferos en órbita, en orden: perro, cuyo, ratón, humano (ruso), chimpancé, humano (estadounidense).]

También fueron los primeros en orbitar la Luna, los primeros en poner una cápsula no tripulada en la superficie de la Luna, los primeros en fotografiar a la Tierra emergiendo del horizonte lunar, los primeros en poner un vehículo explorador sobre la Luna, los primeros en poner un satélite en la órbita de la Luna. Fueron los primeros en alcanzar la superficie de Marte y la superficie de Venus. Y mientras que el Sputnik pesaba 184 libras y el Sputnik 2 (lanzado un mes después) pesaba 1,120 libras, el primer satélite que Estados Unidos pensaba poner en órbita pesaba tres libras. Y todavía más ignominioso, cuando Estados Unidos intentó lanzar su primer satélite después del Sputnik — a principios de diciembre de 1957 —, el cohete estalló en llamas a la suborbital altura de tres pies.

En julio de 1955, desde un podio en la Casa Blanca, el secretario de prensa del presidente Eisenhower anunció la intención de Estados Unidos de poner «pequeños» satélites en órbita durante el Año Internacional de la Geofísica (julio de 1957 a diciembre de 1958). Unos cuantos días después, el presidente de la comisión espacial soviética dio un anuncio similar, en el que decía que los satélites no tenían por qué ser pequeños y que la URSS enviaría los propios en el «futuro cercano».

Y lo hizo.

En enero de 1957, el experto en misiles, entusiasta del espacio y extremadamente persuasivo, Sergei Korolev (nunca mencionado por nombre en la prensa soviética) previno a su gobierno de que Estados Unidos había declarado que sus cohetes eran capaces de volar «más alto y más lejos que cualquier otro cohete en el mundo», y que «Estados Unidos está preparándose para realizar un nuevo intento en los próximos meses de lanzar un satélite artificial y está dispuesto a pagar cualquier precio para lograr esta prioridad». Su advertencia funcionó. En la primavera de 1957, los soviéticos comenzaron a hacer pruebas con precursores de estos satélites orbitales: los misiles balísticos intercontinentales que podían llevar una carga de doscientas libras.

El 21 de agosto, en su cuarto intento, lo lograron. El misil y la carga llegaron de Kazajistán a Kamchatka — una distancia de alrededor de cuatro mil millas. TASS, la agencia de noticias oficial soviética, contrario a su costumbre, anunció el evento al mundo entero:

Hace unos días, un misil de súper largo alcance, un misil balístico intercontinental de varias etapas fue lanzado... El vuelo del misil sucedió a una gran, hasta ahora inalcanzada, altura. Cubrió una enorme distancia en muy poco tiempo, y el misil impactó en la región asignada. Los resultados obtenidos muestran que existe la posibilidad de lanzar misiles a cualquier región del globo.

Fuertes declaraciones. Motivos poderosos. Suficiente para atemorizar al adversario y ponerlo a trabajar.

Mientras tanto, a mediados de julio, el semanario británico *New Scientist* informó a sus lectores acerca de la emergente supremacía de la Unión Soviética en la carrera espacial. Incluso había publicado la órbita del inminente satélite soviético. Pero Estados Unidos apenas si puso atención.

Para mediados de septiembre, Korolev habló ante a una reunión de científicos acerca de los lanzamientos inminentes de «satélites artificiales desde la Tierra con propósitos científicos» tanto de la Unión Soviética como de Estados Unidos. Y aún así los Estados Unidos apenas si se enteraron.

Entonces llegó el 4 de octubre.

Sputnik 1 hizo que muchos sacaran la cabeza de la arena. Algunas personas en el poder, pues, perdieron la cabeza.

Lyndon B. Johnson, entonces líder de la mayoría en el Senado, previno: «Pronto [los soviéticos] estarán lanzando bombas sobre nosotros desde el espacio como niños lanzando piedras a los coches desde un puente en la carretera».

Otros estaban ansiosos por minimizar tanto las implicaciones geopolíticas del satélite como las capacidades de la URSS. El secretario de Estado John Foster Dulles escribió que la importancia del Sputnik 1 «no debe exagerarse», y racionalizó la falta de logros estadounidenses así:

«Las sociedades despóticas que dominan las actividades y los recursos de su pueblo con frecuencia son capaces de producir

logros espectaculares. Estos, sin embargo, no son prueba de que la libertad no sea el mejor camino».

El 5 de octubre, bajo el encabezado en la página 1 (junto a la cobertura dedicada a la epidemia de gripa en la ciudad de Nueva York y el pleito en Little Rock con el gobernador segregacionista Orval Fabus), el *New York Times* publicó un artículo que incluía lo siguiente:

Expertos militares han dicho que los satélites no tienen ninguna aplicación militar práctica en el futuro cercano...

Su importancia real está en que darán a los científicos información importante acerca de la naturaleza del Sol, de la radiación cósmica, la interferencia solar en las ondas de radio y en otros fenómenos que producen estática.

¿Cómo? ¿Ninguna aplicación militar?

¿Satélites sólo para monitorear el Sol?

Los estrategas detrás de las cámaras pensaban algo distinto. De acuerdo con el resumen de una reunión el 10 de octubre entre el presidente Eisenhower y su Consejo Nacional de Seguridad (National Security Council), Estados Unidos había «estado siempre al tanto de las implicaciones que tendría el lanzamiento del primer satélite terrestre para la Guerra Fría». Incluso los mejores aliados de Estados Unidos «precisaban la garantía de que no habían sido superados científica y militarmente por la URSS».

Eisenhower no tenía que preocuparse por los estadounidenses ordinarios.

La mayoría seguía impasible.

O quizá la campaña mediática había funcionado.

En cualquier caso, la mayoría de los operadores de radio *amateur* ignoraron los pitidos, muchos periódicos publicaron sus artículos sobre el satélite en la página tres o en la página cinco, y una encuesta de Gallup halló que el 60 por ciento de las personas encuestadas en Washington y Chicago anticipaba que sería Estados Unidos quien diera la próxima gran noticia en el espacio.

Los guerreros estadounidenses durante la Guerra Fría, ahora alertados del potencial militar del espacio, entendieron que el prestigio y el poder que Estados Unidos tenía después de la Segunda Guerra Mundial estaba siendo desafiado. En el curso de un año inyectaron dinero para enfocarlos a la educación científica, la educación de profesores universitarios y a investigaciones útiles para el ejército.

En 1947 la Comisión Presidencial para la Educación Superior (President's Commission on Higher Education) había propuesto como meta que un tercio de los jóvenes estadounidenses se graduaran de un programa universitario de cuatro años. La Ley de Defensa Nacional de la Educación (National Defense Education Act) de 1958 fue un paso modesto pero decisivo en esta dirección.

Ofreció préstamos estudiantiles de interés bajo para los estudiantes de licenciatura así como becas de tres años para varios miles de estudiantes de posgrado.

El financiamiento para la Fundación Nacional de Ciencias (National Science Foundation) se triplicó justo después del Sputnik; para 1968, era doce veces más de lo que había sido antes del lanzamiento del Sputnik. La Ley Nacional de Aeronáutica y el Espacio (National Aeronautics and Space Act) de 1958 creó una nueva agencia completamente civil llamada la Agencia Nacional de Aeronáutica y el Espacio — NASA. Ese mismo año nació también la Agencia de Proyectos de Investigación de Defensa Avanzada (Defense Advanced Research Projects Agency) o DARPA, por sus siglas en inglés.

Todas estas iniciativas y agencias encaminaron a los mejores estudiantes del país hacia la ciencia, matemáticas e ingeniería. El gobierno obtuvo bastante más de lo que invirtió; los estudiantes graduados en esas áreas, durante la guerra, recibieron prórrogas para su reclutamiento y el concepto de financiamiento federal para la educación quedó validado.

Sin embargo, seguía siendo urgente lanzar algún tipo de satélite, construido con cualquier medio. Por fortuna, durante las últimas semanas y el periodo inmediato posterior a la Segunda Guerra Mundial en Europa, Estados Unidos se había hecho de los servicios de un digno rival de Sergei Korolev: el ingeniero y físico alemán Wernher von Braun, antiguo líder del equipo que desarrolló el temible misil balístico V-2. También nos hicimos de los servicios de más de cien miembros de su equipo.

En lugar de llevarlo a Nüremberg por crímenes de guerra, von Braun se convirtió en el salvador de Estados Unidos, el progenitor y la cara pública del programa espacial estadounidense.

Su primer tarea de alto perfil era construir el primer cohete para el primer lanzamiento exitoso del primer satélite estadounidense. El 31 de enero de 1958 — menos de cuatro meses después del primer tour alrededor del mundo del Sputnik — él y sus colegas balísticos lograron poner en órbita al Explorer 1, de treinta libras, más dieciocho libras de instrumentos científicos.

[Tweet espacial #19. Un objeto en órbita tiene mucha velocidad lateral, así que cae a la Tierra al mismo ritmo que la Tierra se curva debajo de él.]

Lograr deshacerse del peso muerto fue la clave para su éxito. Si quieres alcanzar velocidades orbitales — un poco más de diecisiete mil millas por hora — es necesario aligerar a tu cohete cada que sea posible. Los motores del cohete son pesados, los tanques de combustible son pesados, el combustible mismo es pesado, y cada kilo de masa innecesaria acarreado hacia el espacio gasta miles de kilos de combustible innecesariamente. ¿La solución? El cohete multietapa. Cuando el tanque de combustible de la primera etapa está vacío, tíralo. Se acaba el combustible de la siguiente etapa, tira eso también.

El Jupiter-C, el cohete que lanzó al Explorer 1, completamente cargado pesaba 64.000 libras al momento del despegue. En la etapa final pesaba 80.

Como el cohete R-7 que lanzó al Sputnik 1, el Jupiter-C era un arma modificada.

La ciencia era una consecuencia secundaria, incluso terciaria, del I+D militar. Los guerreros de la Guerra Fría querían misiles balísticos más grandes y más letales, con las puntas atiborradas de ojivas nucleares.

La elevación siempre ha sido la mejor amiga de los militares, y ¿qué era más elevado que un satélite que orbitaba a cuarenta y cinco minutos de cualquier objetivo posible? Gracias al Sputnik 1 y a sus sucesores, la URSS tomó la posición elevada, hasta 1969 cuando, gracias a von Braun y sus colegas, el cohete Saturn V llevó a los astronautas del Apollo 11 a la Luna.

Hoy, ya sea que los estadounidenses estén enterados o no, hay una nueva carrera espacial. Esta vez, Estados Unidos no se enfrenta sólo a Rusia, sino también a China, la Unión Europea, la India, y más. Quizá esta vez, la única carrera será entre compañeros de viaje y no entre adversarios potenciales — más sobre fomentar innovaciones científicas y tecnológicas y menos sobre buscar hacerse de la posición elevada.

§ 17. 2001 - Ficción vs. Realidad¹⁷

El año esperado vino y se fue. Sin embargo, es imposible escapar a las incesantes comparaciones entre el futuro espacial que vimos en la película de Stanley Kubrick *2001: Odisea del espacio* (*2001: A Space Odyssey*) y la realidad de nuestra mísera vida en la Tierra en el año 2001. No tenemos un campamento base en la Luna, y no estamos enviando astronautas en hibernación hacia Júpiter en enormes naves espaciales, pero sin duda hemos avanzado mucho en nuestras exploraciones del espacio.

Hoy en día, el desafío más grande para la exploración humana del espacio, además del dinero y otros factores políticos, es la supervivencia en ambientes biológicamente hostiles.

Necesitamos enviar al espacio una versión mejorada de nosotros — *dopplegangers* que sean capaces de soportar los extremos de temperatura, la radiación, y el magro abasto de aire, y aún así realizar toda una serie de experimentos científicos.

Afortunadamente, ya inventamos esas cosas: son nuestros robots espaciales. No tienen una forma humanoide y no nos referimos a ellos como personas, pero son los que realizan nuestra exploración interplanetaria.

No es necesario alimentarlos, no es necesario preocuparse por su supervivencia, y no se enfadan si no los traemos de vuelta a casa.

Nuestro grupo de robots espaciales incluye las sondas que monitorean al Sol, las que orbitan Marte, interceptan la cola de un

¹⁷ Adaptado de «*2001, for Real*», Op-Ed, The New York Times, 1 de enero de 2001.

cometa, orbitan un asteroide, orbitan Saturno y se acercan a Júpiter y a Plutón.

Cuatro de nuestras sondas espaciales iniciales fueron lanzadas con suficiente energía y con la trayectoria adecuada para escapar de nuestro Sistema Solar; cada una porta información codificada sobre los seres humanos para los alienígenas inteligentes que encuentren el aparato.

A pesar de que los seres humanos no han dejado huellas en la arena de Marte o en Europa, la luna de Júpiter, nuestros robots espaciales desde estos mundos nos han enviado información confiable que revela la presencia de agua. Estos descubrimientos azuzan nuestra imaginación ante la posibilidad de hallar vida en misiones futuras.

También tenemos cientos de satélites de comunicación, así como una docena de telescopios espaciales que ven el universo a través de diferentes bandas de luz, incluidos rayos gamma e infrarrojos. En particular, la banda de microondas nos permite ver el borde del universo observable, donde hallamos evidencia del Big Bang.

No tenemos colonias interplanetarias ni otras ensoñaciones, pero aún así nuestra presencia en el espacio ha crecido exponencialmente. En cierto sentido, la exploración espacial en el 2001 real, se parece mucho a la película de Kubrick. Además de nuestra parvada de sondas espaciales, tenemos toda una flotilla de aparatos en el cielo. Así como sucede en 2001, la película, tenemos una estación espacial. Fue ensamblada con partes enviadas por transbordadores espaciales reutilizables y acoplables (que resulta

que tenían las letras NASA pintadas en sus lados, y no PAN-AM). Y, como en la película, la estación espacial tiene escusados de gravedad cero, con instrucciones complicadas, y bolsas plásticas llenas de comida de astronautas poco apetecible.

Hasta donde puedo ver, lo único que tiene la película de Kubrick que no tenemos es el vals «El Danubio Azul» de Johann Strauss llenando el vacío espacial y una computadora homicida llamada HAL.

§ 18. El lanzamiento de la tripulación correcta¹⁸

En 2003, el Transbordador Espacial Columbia se deshizo cuando viajaba sobre el centro del estado de Texas. Un año después, el presidente George W.

Bush anunció un programa de exploración espacial de largo plazo que pondría a los seres humanos de vuelta en la Luna y más adelante los enviaría a Marte y más allá. Durante ese tiempo, y en años por venir, los dos exploradores gemelos de Marte, Spirit y Opportunity, han maravillado a los científicos y a los ingenieros en el lugar donde estos exploradores fueron creados — el Laboratorio de Propulsión a Chorro de la NASA (NASA's Jet Propulsion Laboratory) o JPL, por sus siglas en inglés — gracias a sus habilidades como geólogos robóticos de campo.

La confluencia de estos y otros eventos han reanimado un debate sempiterno: con dos fracasos en 135 misiones de transbordadores en el programa espacial tripulado, y con costos astronómicos en comparación con los de los programas robóticos, ¿se justifica enviar personas al espacio, o deben ser los robots los que hagan el trabajo solos? O, dados los problemas sociopolíticos que aquejan a la sociedad, ¿la exploración espacial es un lujo que no nos podemos permitir?

Como astrofísico, como educador y como ciudadano, me siento obligado a opinar sobre estos asuntos.

Las sociedades modernas han estado enviando robots al espacio desde 1957 y personas desde 1961. El hecho es que es mucho más

¹⁸ Adaptado de «Launching the Right Stuff», *Natural History*, abril de 2004

económico enviar robots — en la mayoría de los casos, cuesta una quincuagésima parte de lo que cuesta enviar personas. A los robots no les importa qué tanto calor o qué tanto frío haga en el espacio; con los lubricantes adecuados, pueden operar en un rango muy amplio de temperaturas. No necesitan sistemas elaborados para mantenerlos vivos. Los robots pueden pasar mucho tiempo moviéndose en un planeta o entre ellos, sin que la radiación ionizada les haga mucha mella. No pierden masa ósea por una exposición prolongada a la falta de gravedad porque, claro, no tienen huesos. Tampoco tienen necesidades de higiene. Ni siquiera es necesario alimentarlos. Lo mejor de todo es, además, que una vez que su labor termina, no se quejan de no ser traídos de vuelta a casa.

Así que si mi único propósito en el espacio es realizar investigaciones científicas, y si estoy pensando en términos de ganancias científicas por cada dólar invertido, no se me ocurre una justificación para enviar personas al espacio. Enviaría en cambio a cincuenta robots.

Pero hay un giro para este argumento. Frente al más talentoso de los robots modernos, los seres humanos tienen la capacidad de hacer descubrimientos fortuitos que surgen de una vida de experiencias. Hasta que llegue el día en el que los ingenieros de computadoras bioneurofisiológicas sean capaces de descargar el cerebro humano a un robot, lo más que podemos esperar de un robot es que busque lo que ya está programado para hallar. Un robot — al final sólo es una máquina en cuyo *hardware* y *software*

se codifican expectativas humanas — no puede hacer suyos los descubrimientos científicos revolucionarios. Y esos son justamente los que uno no se quiere perder.

En el pasado, la mayoría de las personas se imaginaban a los robots como un amasijo de *hardware* con una cabeza, cuello, torso, brazos y piernas — y quizá unas ruedas para moverse. Era posible hablarles y ellos respondían (con una voz, obviamente, robótica). El robot estándar se parecía más o menos a una persona. El quisquilloso C3PO, de las películas de *La guerra de las galaxias* es un ejemplo perfecto.

Incluso cuando un robot no parezca humanoide, sus controladores quizá lo presenten al público como casi un ser vivo. Los dos exploradores gemelos de la NASA, por ejemplo, eran descritos en los paquetes de prensa del JPL como poseedores de «un cuerpo, cerebro, un ‘cuello y una cabeza’, ojos y otros ‘sentidos’, un brazo, ‘piernas’ y antenas para ‘hablar’ y ‘escuchar’.» El 5 de febrero de 2004, según un reporte de estatus: «El Spirit despertó más temprano de lo normal...

para prepararse para la ‘cirugía’ en su memoria». El 19, el explorador examinó remotamente el borde y la arena circundante de un cráter llamado Bonneville, y «después de todo este trabajo, el Spirit se tomó una siesta de descanso que duró más de una hora».

No obstante todo este antropomorfismo, es bastante claro que un robot puede tener cualquier forma: es simplemente una maquinaria automatizada que cumple una tarea, ya sea mediante la repetición de una acción mucho más rápido y preciso que la persona

promedio, o realizando acciones que una persona, recurriendo únicamente a sus cinco sentidos, no podría realizar. Los robots que pintan autos en líneas de producción no parecen humanos. Los exploradores de Marte se parecen un poco a camiones de juguete, pero son capaces de cavar un hoyo en la superficie de una piedra, movilizar una combinación de cámara-microscopio para examinar la superficie expuesta, y determinar la composición química de la roca — así como lo haría un geólogo en un laboratorio aquí en la Tierra.

Es preciso decir, por cierto, que incluso un geólogo humano no trabaja solo. Sin la ayuda de cierto equipo, una persona no puede hacer un agujero en la superficie de una piedra; por eso carga con su martillo. Para analizar a fondo la piedra, el geólogo echa mano de otro aparato, uno que sea capaz de analizar su composición química. Ahí está el problema. Casi toda la ciencia que se realizaría en un ambiente extraño se haría utilizando algún tipo de equipo.

Los geólogos en Marte tendrían que cargarlo en sus caminatas diarias por un cráter o una montaña marciana, donde podrían hacer mediciones de la tierra, las rocas, el terreno y la atmósfera.

Pero, si se puede que un robot cargue con todos los instrumentos y los ponga en uso al mismo tiempo, ¿para qué enviar a un geólogo de campo a Marte?

Una buena razón es el sentido común del geólogo. Cada uno de los exploradores de Marte fue diseñado para moverse por diez segundos, luego detenerse y escrutar su entorno inmediato durante veinte segundos, luego moverse otros diez segundos y así

sucesivamente. Si el explorador se moviera más rápido o se moviera sin detenerse, quizá podría tropezar con una piedra y caer, y entonces se convertiría en una tortuga galápagos, indefensa, sobre su caparazón. En cambio, el explorador humano podría simplemente caminar, porque las personas son muy hábiles para estar al tanto de piedras y despeñaderos.

A finales de la década de los sesenta y principios de los setenta, en los años del programa tripulado Apollo y sus viajes a la Luna, ningún robot podría haber decidido qué guijarros recoger y traer de regreso a la Tierra. Pero cuando el astronauta del Apollo 17 Harrison Schmitt, el único geólogo (de hecho, el único científico) en haber caminado en la Luna, percibió una extraña arenilla naranja, inmediatamente recolectó una muestra. Resultaron ser fragmentos diminutos de cristal volcánico. Hoy en día, un robot puede realizar impresionantes análisis químicos y transmitir imágenes sorprendentemente detalladas, pero aún no es capaz de reaccionar eficientemente, como lo hizo Schmitt, ante una sorpresa. En cambio, un geólogo de campo incluye las habilidades de caminar, correr, excavar, martillar, ver, comunicar, interpretar e inventar.

Claro, cuando algo malo sucede, el ser humano se convierte en el mejor amigo del robot. Démosle una llave, un martillo y un poco de cinta de aislar a una persona y nos sorprenderá con lo que es capaz de componer. Después de llegar a Marte, ¿el Spirit se echó a andar revisando el vecindario? No. Sus bolsas de aire le estaban bloqueando el camino.

No fue sino hasta doce días después que los controladores remotos del Spirit lograron hacer que sus seis ruedas empezaran a girar sobre la superficie de Marte. Cualquiera que hubiera estado ese 3 de enero en Marte habría podido quitar las bolsas de aire y en segundos darle un empujoncito al Spirit.

Supongamos entonces que estamos de acuerdo en varias cosas: las personas reaccionan ante lo inesperado, reaccionan ante circunstancias no previstas, y resuelven problemas de maneras que los robots no son capaces de hacerlo. Es barato enviar a robots al espacio pero sólo pueden realizar análisis pre-programados. El costo y los resultados científicos, sin embargo, no son los únicos temas relevantes.

También está el tema de la exploración.

Los primeros trogloditas en cruzar un valle o escalar una montaña se alejaron de la cueva familiar no porque quisieran realizar una investigación científica sino porque había algo desconocido en el horizonte. Quizá buscaban más comida, un mejor escondite, o una forma de vida más prometedora.

En cualquier caso, sintieron la necesidad de explorar.

Puede ser algo que esté programado en nosotros, algo que esté en el fondo de la identidad conductual de los seres humanos. ¿De qué otra manera habrían emigrado nuestros ancestros de África hacia Europa y Asia, y después hacia Norte y Sudamérica? Enviar a una persona a Marte a investigar debajo de las piedras o a descubrir qué hay al fondo de ese valle es la extensión natural de lo que la gente común ha hecho desde siempre en la Tierra.

Muchos de mis colegas sostienen que se puede realizar mucha ciencia sin tener que llevar personas al espacio.

Pero si fueron niños en la década de lo sesenta y les preguntáramos qué los inspiró para convertirse en científicos, casi todos (por lo menos en mi experiencia) mencionarían al famoso programa Apollo. Sucedió cuando eran jóvenes y los emocionó. Punto. En cambio, aún cuando mencionen el lanzamiento del Sputnik 1, que echó a andar la era espacial, muy pocos científicos dirían que deben su interés a los numerosos satélites y sondas no tripuladas lanzadas tanto por Estados Unidos y la Unión Soviética después de Sputnik. Así que si eres un científico importante a quien le atrajo el programa espacial porque en el pasado te inspiraron los astronautas en un cohete yendo hacia el más allá, es algo insincero de tu parte argumentar que las personas no deberían viajar al espacio.

Asumir esa postura, en realidad, niega a la siguiente generación de estudiantes la emoción de seguir el camino que tú tomaste: permitir que uno de nuestra especie, y no sólo un emisario robótico, camine en la frontera de la exploración.

Me he dado cuenta que cada vez que hay un evento en el planetario Hayden que incluye a un astronauta, incrementa la asistencia. Cualquier astronauta, incluso algunos de los que la gente nunca ha oído antes. Ese encuentro uno a uno hace toda la diferencia en los corazones y las mentes de los viajeros espaciales de sofá aquí en la Tierra — ya sean maestros retirados, diligentes choferes de autobuses, niños de trece años o sus ambiciosos padres.

Claro que es posible que las personas se emocionen con los robots; y sucede. Del 3 de enero hasta el 5 de enero de 2004, el sitio de internet de la NASA que monitoreaba los quehaceres de los exploradores en Marte recibió más de 500 millones de visitas — 506.621.916 para ser exactos. Ese fue un récord para la NASA, que superó el tráfico mundial en internet de visitantes a páginas pornográficas durante ese mismo periodo.

La solución para esta disyuntiva me parece obvia: enviar tanto robots como personas al espacio. La exploración espacial no tiene que ser un asunto de lo uno o lo otro, porque no se puede esquivar el hecho de que los robots están mucho mejor equipados para realizar ciertas tareas, y las personas, otras.

Una cosa sí es segura: en las próximas décadas, los Estados Unidos tendrán que echar mano de una multitud de científicos e ingenieros de las más diversas disciplinas, y los astronautas necesitarán estar extraordinariamente bien entrenados. La búsqueda de evidencia de vida pasada en Marte, por ejemplo, requerirá de los mejores biólogos. ¿Pero qué sabe un biólogo de suelos planetarios? Tendrá que haber geólogos y geofísicos. Los químicos serán necesarios para revisar las atmósferas y evaluar los suelos. Si la vida prosperó alguna vez en Marte, sus restos quizá estén fosilizados, así que quizá necesitemos incluir algunos paleontólogos en el equipo. También será necesario tener personas que sean capaces de excavar a través de kilómetros de roca y arena, porque ahí es donde puede que se escondan las reservas de agua de Marte.

¿De dónde saldrán todos estos talentosos científicos y tecnólogos?

¿Quién los va a reclutar? Personalmente, cuando doy pláticas a estudiantes lo suficientemente grandes como para decidir lo que quieren ser de adultos, pero suficientemente jóvenes como para no estar distraídos por las cascadas de hormonas, tengo que ofrecerles una apetitosa zanahoria para lograr emocionarlos tanto que quieran convertirse en científicos. Mi labor es mucho más sencilla si puedo presentarles a astronautas que buscan a la nueva generación que comparta con ellos su gran visión de la exploración y que quieran unirse a ellos en el espacio.

Sin esas fuerzas inspiradoras detrás de mí, sólo soy el entretenimiento de ese día. Mi lectura de la Historia y de la cultura me dice que las personas necesitan héroes.

Estados Unidos durante el siglo veinte le debe mucha de su seguridad y su potencia económica a su dedicación a la ciencia y la tecnología. Algunas de las tecnologías más revolucionarias (y comercializables) de las últimas décadas surgieron a partir de investigaciones hechas bajo la bandera de la exploración espacial: máquinas de diálisis, marcapasos, cirugía ocular láser, GPS, recubrimientos resistentes a la corrosión para puentes y monumentos (incluida la Estatua de la Libertad), sistemas hidropónicos para el cultivo de plantas, sistemas para evitar colisiones entre aviones, imágenes digitales, cámaras infrarrojas portátiles, herramientas inalámbricas, calzado deportivo, lentes resistentes a las ralladuras, realidad virtual. Y en esa lista ni siquiera incluí los polvos para hacer agua de sabor.

Aunque las soluciones a un problema con frecuencia son el fruto de la inversión directa en investigaciones enfocadas en él, las soluciones más revolucionarias tienden a surgir de una mezcla y influencia entre distintas disciplinas.

Muchos investigadores médicos quizá nunca habrían conocido los rayos-X ya que estos no aparecen de manera natural en los sistemas biológicos. Fue un físico, Wilhelm Conrad Röntgen, quien descubrió estos rayos que podían asomarse al interior del cuerpo sin necesidad del corte de un cirujano.

Aquí hay otro ejemplo de esta influencia. Poco después de que se lanzara el telescopio espacial Hubble en abril de 1990, los ingenieros de la NASA se dieron cuenta que el espejo principal del telescopio — el que recolecta y refleja la luz de los objetos celestes hacia sus cámaras y espectrógrafos — había sido pulido de una forma equivocada.

En otras palabras, el telescopio de dos mil millones de dólares estaba produciendo imágenes borrosas.

Eso era terrible.

Y en un ejemplo de hacer limonada si la vida te da limones, los algoritmos llegaron al rescate. Los investigadores del Instituto de Ciencias de Telescopios Espaciales (Space Telescope Science Institute) en Baltimore, Maryland, crearon una serie de técnicas muy ingeniosas e innovadoras de procesamiento de imágenes para compensar los errores del Hubble.

Resulta que maximizar la cantidad de información que se puede extraer de una imagen astronómica borrosa es técnicamente

idéntico a maximizar la cantidad de información que se puede extraer de una mamografía. Así que pronto las nuevas técnicas se empezaron a usar de manera rutinaria para detectar síntomas tempranos de cáncer de mama.

Y esa sólo es una parte de la historia.

En 1997, durante la segunda misión de servicio del Hubble (la primera, en 1993, corrigió los errores ópticos), los astronautas incluyeron un nuevo detector digital de alta resolución — diseñado según las exigentes especificaciones de los astrofísicos cuyas carreras están basadas en la capacidad de ver cosas diminutas y tenues en el cosmos. Esa tecnología ahora está incorporada en un sistema mínimamente invasivo y de bajo costo para realizar biopsias de mama, la siguiente etapa después de las mamografías en el diagnóstico temprano del cáncer.

¿Por qué no entonces pedirle a los investigadores que se enfoquen en el desafío que representa la detección del cáncer de mama? ¿Por qué las innovaciones médicas tienen que esperar a que haya un error del tamaño del Hubble? Mi respuesta quizá no sea políticamente correcta, pero es verdadera: cuando una organización realiza misiones extraordinarias, atrae talentos extraordinarios que quizá no estaban inspirados o no les atraía la idea de salvar al mundo del cáncer, o del hambre o de la peste.

Hoy, la influencia entre las ciencias y la sociedad se da cuando hay suficientes fondos para financiar proyectos ambiciosos de largo plazo. Estados Unidos se ha beneficiado intensamente de una generación de científicos e ingenieros quienes, en lugar de

convertirse en banqueros o abogados, respondieron a la desafiante visión propuesta por el presidente John. F. Kennedy en 1961. Al proclamar la intención de poner a una persona en la Luna, el presidente Kennedy le dio la bienvenida a la ciudadanía deseosa de contribuir en ese esfuerzo.

Esa generación, y la que le siguió, son la misma generación de tecnólogos que inventaron la computadora personal.

Bill Gates, cofundador de Microsoft, tenía trece años cuando Estados Unidos llevó a su astronauta a la Luna; Steve Jobs, cofundador de Apple, tenía catorce. La PC no surgió en la mente de un banquero o de un artista o de un atleta profesional.

Fue inventada y desarrollada por una fuerza de trabajo entrenada tecnológicamente, que respondía al sueño que se desplegaba ante ellos y que estaba encantada de convertirse en científicos e ingenieros.

Sí, el mundo necesita banqueros, artistas e incluso atletas profesionales.

Ellos, entre muchos otros, crean una sociedad y una cultura amplia. Pero si quiere que llegue el mañana — si quiere crear sectores económicos enteros que ayer no existían — no es en ellos en quienes deben apoyarse. Es en los tecnólogos que crean ese tipo de futuro.

Y es gracias a los pasos visionarios que se han dado hacia el espacio que se crean ese tipo de tecnólogos. Espero con ansias el día en el que el Sistema Solar se convierta en nuestro patio

colectivo — explorado no sólo con robots, sino con la mente, el cuerpo y el alma de nuestra especie.

§ 19. Las cosas van para arriba¹⁹

El 8 de septiembre de 2004, la carga científica de la misión Génesis de la NASA se estrelló en el desierto de Utah a unas doscientas millas por hora porque los paracaídas no abrieron. La nave había pasado tres años orbitando al Sol a una distancia de un millón de millas de la Tierra, recolectando algunos de los diminutos núcleos atómicos que el Sol expelle continuamente hacia el espacio, y cuya abundancia cifra la composición original del material del que hace 4.6 mil millones de años surgió el Sistema Solar. Los científicos de la NASA han recuperado algunos de los resultados de Génesis, y de esa manera evitaron tener que declarar el tiempo y los 260 millones de dólares del experimento una pérdida total.

Pero incluso si no se hubiera rescatado ni un sólo dato utilizable, esta falla enfatiza lo bien que nos va en la exploración del cosmos. Los dos robots geólogos de la NASA que exploran la superficie de Marte han excedido la vida útil programada y envían imágenes impresionantes desde el suelo marciano — imágenes que nos revelan que Marte alguna vez tuvo agua corriente y grandes lagos o mares. El Explorador Global de Marte (Mars Global Surveyor), que también opera más allá de su vida programada, sigue orbitando al planeta rojo y enviando imágenes de alta resolución de la superficie de Marte. Y el Orbitador Exprés de Marte (Mars Express Orbiter) de la Agencia Espacial Europea ha revelado suficiente evidencia de la presencia de metano en la atmósfera marciana, que podría ser producto de colonias de bacterias activas bajo la superficie. La nave

¹⁹ Adaptado de un editorial no publicado de Neil deGrasse Tyson y Donald Goldsmith, septiembre de 2004.

espacial Cassini orbita Saturno, y la sonda Huygens que se desprendió de la nave y descendió a través de la atmósfera nebulosa de Titán, la luna más grande del planeta, alcanzó la superficie y confirmó la existencia de lagos líquidos de metano. Titán podría ser un sitio con vida de un tipo muy distinto.

También tenemos la sonda MESSENGER, la primera que orbitará al planeta más cercano al Sol.

Cuando nos enfocamos en el vasto cosmos más allá de nuestro Sistema Solar, descubrimos que hay todo un grupo de aparatos espaciales que orbitan la Tierra por encima de la atmósfera y sus interferencias. El Observatorio de rayos X Chandra de la NASA detecta los rayos X provenientes de zonas distantes de violencia cósmica, como los ambientes turbulentos que rodean a los agujeros negros, mientras que el Telescopio Espacial Spitzer, también de la NASA, crea mapas de la luz infrarroja, distintiva de las estrellas jóvenes y de las regiones donde estas se forman. El satélite Integral de la Agencia Espacial Europea estudia los rayos gamma, la forma de luz de más alta energía, que surge de las estrellas que estallan y de otros eventos cósmicos violentos; el Explorador de Emisiones de Rayos Gamma Swift (Swift Gamma Ray Burst Explorer) de la NASA está en busca de los estallidos de rayos gamma más distantes en el universo. Mientras tanto, el telescopio espacial Hubble seguirá operando hasta que su sucesor, de mayor tamaño, el telescopio espacial James Webb, alcance la órbita y eche una mirada más allá de lo que cualquier otro telescopio ha logrado mirar, y haga la

crónica de la formación de las galaxias y de las estructuras de gran escala que trazan.

Iluminados por estos ojos postizos en el frenético vacío del espacio, tenemos que recordar continuamente que los continentes de la Tierra no muestran las fronteras nacionales. Pero más aún, que nuestra pequeñez en la vastedad del universo debería volvernos más humildes.

§ 20. Por amor al Hubble²⁰

El telescopio espacial Hubble, el instrumento científico más productivo de todos los tiempos, tuvo su quinta y última misión de servicio en la primavera del 2009. Los astronautas del Transbordador Espacial despegaron del Centro Espacial Kennedy en Florida, empataron órbitas con el telescopio, lo atraparon, lo repararon, lo actualizaron, y cambiaron sus partes dañadas — todo *in situ*.

Más o menos del tamaño de un autobús, el Hubble fue enviado a bordo del Transbordador Espacial Discovery en 1990, y ha superado por mucho la expectativa de vida inicial, que era de 10 años. Para los estudiantes de preparatoria hoy, el Hubble ha sido su salvoconducto principal hacia el cosmos. La última misión de servicio extendió la vida del Hubble varios años más. Entre otras cosas, cambió los circuitos quemados en la Cámara Avanzada para Sondeos. Este es el instrumento responsable de las imágenes más memorables enviadas por el Hubble desde su instalación en 2002.

Dar servicio al Hubble requiere de una destreza exquisita.

Tuve la oportunidad recientemente de visitar el Centro de Vuelo Espacial Goddard (Goddard Space Flight Center) de la NASA en Maryland. Ahí, me pusieron los guantes presurizados y abultados de los astronautas, empuñé un desarmador portable de la era espacial, me pusieron un casco espacial en la cabeza e intenté extraer un circuito dañado en una réplica de la cámara descompuesta, pegada a una escala a tamaño real del Hubble.

20 Adaptado de «For the Love of Hubble», *Parade*, 22 de junio de 2008.

Fue una hazaña casi imposible de lograr.

Y yo no estaba en gravedad cero. Y no estaba usando un traje espacial completo. Ni veía pasar a la Tierra y al espacio frente a mí.

Normalmente pensamos en los astronautas como personas valientes y nobles. Pero en este caso, tener «lo que se necesita», incluye también ser un cirujano de aparatos.

El Hubble no está sólo allá arriba.

Docenas de telescopios espaciales de todos los tamaños y formas orbitan la Tierra y la Luna. Cada uno ofrece una perspectiva del cosmos que no está obstruida, ni maculada ni disminuida por la turbulenta y borrosa atmósfera terrestre. Pero la mayoría de estos telescopios fueron lanzados sin el plan de que fueran reparados. Las partes se desgastan, los giroscopios fallan, el anticongelante se evapora, las baterías mueren. La realidad material de sus partes limita la expectativa de vida del telescopio.

Todos estos telescopios hacen que la ciencia avance, pero realizan sus funciones fuera del ojo público, sin recibir atención ni elogios. Están diseñados para detectar bandas de luz invisibles para el ojo humano, algunas de las cuales ni siquiera penetran la atmósfera terrestre. Clases enteras de objetos y fenómenos cósmicos se revelan a través de una o más de estas ventanas cósmicas invisibles.

Los agujeros negros, por ejemplo, fueron descubiertos gracias a su tarjeta de presentación, los rayos X — la radiación generada por el gas revuelto en el entorno justo antes de descender al abismo. Los

telescopios también han capturado radiación de fondo de microondas — la evidencia física primordial del Big Bang.

El Hubble, por otra parte, es el primer y único telescopio espacial en observar el universo usando principalmente luz visible. Sus imágenes sorprendentemente claras, coloridas y detalladas del cosmos hacen que el Hubble sea una versión suprema del ojo humano en el espacio. Y sin embargo su atractivo se deriva de mucho más que una serie de retratos bellos. El Hubble surgió en los noventa, durante el crecimiento exponencial del acceso a internet. Fue entonces que sus imágenes aparecieron en el dominio público. Y como todos sabemos, cualquier cosa que sea gratuita, divertida y reenviable, se distribuirá rápidamente en línea. Muy pronto las imágenes del Hubble, cada una más esplendorosa que la anterior, se convirtieron en salvapantallas y fondos de pantallas para las computadoras de personas que antes no habían tenido la ocasión de celebrar, aunque fuera silenciosamente, nuestro sitio en el universo.

Claro, el Hubble acercó al universo al patio de nuestra casa. O más bien, extendió el patio de nuestra casa hasta el universo mismo, y logró eso con imágenes tan intelectual, visual y hasta espiritualmente satisfactorias que ni siquiera necesitaban explicaciones ni pies de foto. No importa qué sea lo que el Hubble revele — planetas, campos densos de estrellas, nebulosas interestelares coloridas, mortíferos agujeros negros, galaxias que colisionan con gracia, la estructura a gran escala del universo —, cada imagen se instala como tu propia vista hacia el cosmos.

[Tweet espacial #20. En la era del Hubble y las sondas espaciales, los puntos de luz en la noche se han vuelto mundos. Estos mundos se han vuelto nuestro jardín.]

El legado científico del Hubble es intachable. Se han escrito más artículos de investigación usando sus datos que ningún otro instrumento científico en ninguna otra disciplina. Entre los logros del Hubble está haber zanjado el debate que llevaba décadas acerca de la edad del universo. Anteriormente, los datos eran tan malos que los astrofísicos no podían ponerse de acuerdo y sus cálculos diferían por un factor de dos.

Algunos pensaban diez mil millones de años, otros pensaban veinte mil millones de años. Sí, era vergonzoso. Pero el Hubble nos permitió medir con precisión qué tanto varía el brillo de una estrella distante en particular. Esta información, al incluirla en una simple fórmula, nos da la distancia a la que está esa estrella de la Tierra. Y dado que el universo entero se está expandiendo a un ritmo conocido, podemos entonces regresar el reloj para determinar hace cuánto tiempo estuvieron en el mismo sitio. ¿La respuesta? El universo nació hace 13.7 mil millones de años.

Otro resultado, que se sospechaba era cierto, pero que el Hubble confirmó, fue el descubrimiento de que cada gran galaxia, como nuestra Vía Láctea, tiene un agujero negro masivo en su centro que engulle estrellas, nubes de polvo y otra materia que se acerca demasiado.

Los centros de las galaxias están tan llenos de estrellas que los telescopios terrestres, debido a la interferencia de la atmósfera, sólo ven una nube de luz moteada — la imagen borrosa de cientos o miles de estrellas. Desde el espacio, los detectores precisos del Hubble nos permitieron ver cada una de estas estrellas de manera individual, y rastrear su movimiento alrededor del centro galáctico. Y miren, estas estrellas se mueven mucho más y más rápido de lo que tendrían razón de hacerlo. Una fuerza de gravedad pequeña de tamaño pero poderosa debe de estar jalándolas.

Echamos a andar las ecuaciones y tenemos que concluir que hay un agujero negro rondando por ahí.

En 2004, un año después de la tragedia del transbordador Columbia, la NASA anunció que el Hubble no recibiría su última misión de servicio.

Curiosamente, las voces más fuertes de disenso fueron las del público en general. Similar a una versión moderna de una turba con antorchas, hicieron patente su oposición en todo medio posible, desde artículos de opinión hasta recolecciones de firmas. Al final, el Congreso los escuchó y revirtió la decisión. Un momento dorado de democracia: el Hubble recibiría su último servicio.

Claro que nada dura para siempre — nada salvo, quizá, el universo mismo.

Así que eventualmente el Hubble morirá. Pero en el inter, el telescopio espacial James Webb llama, diseñado para ver más a fondo en el universo de lo que el Hubble jamás pudo. Cuando sea lanzado, si el financiamiento lo permite, nos dará la oportunidad de

sondear las profundidades de las nubes de gas en nuestra Vía Láctea en busca de las incubadoras de estrellas, así como sondear las épocas iniciales del universo en busca de la formación de galaxias enteras.

La NASA retiró al viejo Transbordador Espacial en 2011. Con suficiente voluntad política, este paso deberá permitir que los ingenieros espaciales, las líneas de producción y el financiamiento se enfoque en desarrollar una nuevo conjunto de vehículos de lanzamiento diseñados para hacer lo que el transbordador no puede: llevarnos más allá de la órbita baja de la Tierra, con las miras puestas en las fronteras más lejanas.

§ 21. Feliz aniversario, Apollo 11²¹

El Museo Nacional del Aire y el Espacio no se parece a ningún otro en el planeta. Si recibes visitantes de otro país y quieren saber qué museo captura mejor lo que es ser estadounidense, este es el museo al que hay que llevarlos.

Aquí pueden ver el Wright Flyer de 1903, el Spirit of St. Louis de 1927, el cohete Goddard de 1926, y el módulo de mando del Apollo 11 — faros silenciosos de la exploración, de las escasas personas dispuestas a dar su vida en pos del descubrimiento. Sin aquellos osados, la sociedad rara vez se mueve.

Ahora celebramos el cuarenta aniversario de la llegada a la Luna, el 20 de julio de 1969. Cuarenta: es un número importante. ¿Cuántos días estuvo el arca de Noé en las aguas? Cuarenta (también cuarenta noches). ¿Cuántos años deambuló Moisés en el desierto? Cuarenta.

La era Apollo azuzó las ambiciones.

Muchos de nosotros estamos aquí gracias a ella. Pero la lucha no ha terminado. No todos suscriben esa visión. No todos han sido inspirados por ella. Y nos culpo a nosotros por ello.

Todos las personas amantes del espacio lo sienten. Ustedes saben y entienden lo que fue este viaje magistral. Y sin embargo hay algunos que no, que no lo han pensado siquiera. Dos terceras partes de las personas vivas en el mundo hoy nacieron después de 1969. Dos tercios.

21 Adaptado de unas palabras pronunciadas como maestro de ceremonias en la celebración del cuarenta aniversario del alunizaje del Apollo 11, Smithsonian National Air and Space Museum, Washington, DC, 20 de julio de 2009.

¿Recuerdan cuando Jay Leno hacía su sección «Jaywalking» para su programa en NBC, el *Tonight Show*?

Salía a la calle y preguntaba algo sencillo a las personas. Una vez se topó con un joven recién graduado de la universidad y le preguntó: «¿Cuántas lunas tiene la Tierra?». Su respuesta:

«¿Cómo esperas que sepa eso? Tomé astronomía hace dos semestres».

Eso me aterra.

Hoy hemos reunido a muchos de los astronautas que formaron parte de la primera oleada de exploradores espaciales estadounidenses — héroes de toda una generación. También hay héroes que nunca volaron. Y aquellos que nos importaron a todos como nación han muerto ya. Walter Cronkite murió el pasado viernes a la edad de noventa y dos. Al principio me entristeció enterarme de su muerte. Pero cuando uno llega a esa edad y muere, no es motivo de tristeza; hay que celebrar su vida.

Cronkite: el hombre más confiable de Estados Unidos. Todos los conocimos como un gran partidario del espacio.

Fue titular del noticiero CBS *Evening News* y lo hizo con inteligencia, integridad y compasión.

Recuerdo cuando era niño y me enteré por primera vez que había alguien que se apellidaba Cronkite. ¿Conocen a alguien más llamado Cronkite, además de Walter? No lo creo. Así que el apellido en sí me interesaba. Sabía suficiente de la tabla periódica como para que me sonara como un nuevo elemento. Saben, está el

aluminio, níquel, silicio. Tenemos la ficticia criptonita. Y tenemos también el cronkite.

Uno de mis recuerdos más indelebles de Walter es de cuando tenía yo diez años. A las 7:51 a.m. el 21 de diciembre de 1968 — al instante programado — el Apollo 8 se elevó del Centro Espacial Kennedy. Era la primera misión en abandonar la órbita baja de la Tierra, la primera vez que alguien tenía un destino que no fuera la Tierra. Cuando Walter Cronkite anunció que el módulo de mando del Apollo 8 — de camino hacia la Luna — había dejado atrás la atracción gravitacional de la Tierra, me quedé atónito. ¿Cómo podía ser? No habíamos llegado todavía a la Luna, y claro que la Luna está dentro de la atracción gravitacional de la Tierra. Más tarde aprendería, claro, que se refería a un punto de Lagrange entre la Tierra y la Luna — un punto donde todas las fuerzas del sistema Tierra-Luna están en equilibrio. Cuando lo cruzas, caes hacia la Luna en lugar de hacia la Tierra. Así que Walter Cronkite me enseñó algo de física. Buen viaje para esta voz de Estados Unidos, que murió en el aniversario cuarenta del Apollo 11. Qué manera de despedirse.

Ha sido una semana muy ocupada esta.

Perdimos a Walter Cronkite; y tenemos nuevos nombramientos. El Senado de Estados Unidos confirmó al nuevo administrador y a la nueva administradora adjunta de la NASA, Charles F. Bolden Jr. y Lori B. Garver.

Lori Garver ha dado su vida entera al espacio. Comenzó trabajando con John Glenn en 1983. Fue directora ejecutiva de la Sociedad

Espacial Nacional (National Space Society) y presidenta de Capital Space, LLC. Conozco a Lori desde hace quince años; y a Charlie desde hace quince minutos. Apenas lo conocí en la sala de espera. El hombre parece que viene de una agencia de casting: cuatro décadas en el servicio público, piloto de combate con los Marines, catorce años como miembro del cuerpo de astronautas de la NASA. Las audiencias de confirmación empezaron como un festival del amor, con todos los senadores diciendo: «Charlie es el hombre». Como sin duda saben, las decisiones en la NASA no suceden en el vacío.

Participé en dos comisiones al servicio de la NASA: la Comisión para el Futuro de la Industria Aeroespacial en Estados Unidos (Commission on the Future of the United States Aerospace Industry) (cuyo reporte final, de 2002, se tituló *Anyone, Anything, Anywhere, Anytime*) y en la Comisión Presidencial sobre la Implementación de la Política de Exploración Espacial de Estados Unidos (Presidential Commission on Implementation of United States Space Exploration Policy).

Intentábamos estudiar qué sí es, qué no es, que debería ser y qué es posible. Como comisionado, recuerdo que el público y las personas de la comunidad aeroespacial me bombardeaban con preguntas. Todos tenían alguna idea que la NASA debería poner en práctica.

Alguien me dio un diseño para un nuevo cohete, o un destino, o un nuevo propulsor. Al principio me pareció que estas personas estaban interfiriendo con mi trabajo. Pero de pronto di un paso

hacia atrás y me di cuenta que si tantas personas estaban interesadas en decirle qué hacer a la NASA, no era algo malo, era una buena señal. Ahí estaba yo enojándome cuando de hecho lo debería haber celebrado como una expresión de cariño hacia el futuro de la NASA.

La agencia sigue solicitando opiniones de expertos. Un comité comandado por Norm Augustine ha estudiado el futuro del programa de vuelos espaciales tripulados de la NASA (el reporte final, de finales de 2009, se titula [*Seeking a Human Spaceflight Program Worthy of a Great Nation*](#)) — «hsf» significa *human spaceflight* — y decirles lo que opinan.

¿Cuántos países permitirían algo así, mucho menos sugerir que usted podría influir en el camino que tomará la agencia?

Como saben, yo soy astrofísico — menos una persona del espacio y más una persona de ciencia. Me importan las estrellas que estallan, los agujeros negros, y el destino de la Vía Láctea. No todas las misiones espaciales tienen que construir una estación espacial.

Una de mis misiones favoritas recientes fue cuando el transbordador Atlantis dio servicio al telescopio espacial Hubble. En mayo de 2009, los astronautas del Atlantis — prefiero pensar que son astrocirujanos — repararon y actualizaron al Hubble.

Realizaron cinco caminatas espaciales durante su misión para extender la vida del telescopio por lo menos otros cinco años, quizá diez — literalmente le dieron nueva vida. Instalaron con éxito dos nuevos instrumentos, repararon dos más, reemplazaron giroscopios y baterías, añadieron un nuevo aislante térmico para proteger al

telescopio más celebrado desde la era de Galileo. Es el logro más importante que muestra lo que puede conseguirse cuando el programa espacial tripulado está en sincronía con el programa robótico.

[Tweet espacial #21. El Transbordador Espacial Atlantis — último viaje antes del retiro. A bordo, un pedazo del árbol de manzanas de Newton. Cool.]

Por cierto, el Hubble no sólo es querido porque toma imágenes geniales, sino porque ha estado en funciones durante tanto tiempo. Ningún otro telescopio espacial fue diseñado para ser reparado.

Se ponen en órbita, se les acaba el anticongelante en tres años; los giroscopios fallan después de cinco, caen al Pacífico después de seis. Ese periodo no es suficiente para que las personas se encariñen con esos instrumentos, para que conozcan qué es lo que hacen y por qué.

La inspiración se manifiesta de distintas maneras. El espacio es un catalizador.

Influye en nuestros corazones y en nuestras mentes y en nuestra creatividad.

No sólo es el objetivo de un experimento científico — el espacio está incluido en nuestra cultura. En 2004, la NASA anunció que crearía un reconocimiento especial, el premio al Embajador de la Exploración (Ambassador of Exploration Award).

No se da cada año, ni se da a cualquiera. El premio es una pequeña muestra de las 942 libras de piedras y tierra que hemos traído de la

Luna a la Tierra durante las seis expediciones estadounidenses hacia allá, y se entregó para honrar a la primera generación de exploradores y para refrendar nuestro compromiso con la expansión de esa empresa.

Hoy por la noche, nos complacemos en entregar el premio al Embajador de la Exploración a la familia del presidente John Fitzgerald Kennedy. Sin duda muchos de nosotros recordamos el discurso que pronunció el presidente Kennedy ante una sesión conjunta del Congreso en mayo de 1961, en la que fijó el objetivo de poner a un estadounidense en la Luna antes de que concluyera la década. Quizá no muchos conozcamos el «discurso sobre la Luna» que dio el siguiente año en el estadio de la Universidad de Rice en Houston, Texas. Al inicio del discurso, el presidente mencionó que nunca como ahora había habido tantos científicos vivos en la Tierra. Luego dio un repaso a la Historia en una pequeña cápsula:

Condensemos, si les parece, los cincuenta mil años de vida registrada del hombre a una extensión de tiempo de apenas medio siglo. Dicho así, sabemos muy poco acerca de los primeros cuarenta años, excepto que al final de ellos el hombre avanzado había aprendido a utilizar las pieles de los animales para cubrirse. Luego, diez años más tarde, usando la misma escala, el hombre salió de sus cuevas para construir otros tipos de refugios. Hace sólo cinco años que el hombre aprendió a escribir y a utilizar carretas con ruedas... La imprenta vino un año después, y hace menos de dos meses, durante este medio siglo de historia humana, el motor de vapor nos dio una nueva

fuelle de energía. El mes pasado las luces eléctricas, el teléfono, los automóviles y los aviones estuvieron disponibles.

La semana pasada desarrollamos la penicilina y la televisión y la energía nuclear, y ahora, si la nueva nave espacial estadounidense logra llegar a Venus, habríamos llegado a las estrellas antes de la medianoche de hoy.

En repetidas ocasiones, Kennedy habló de la necesidad de que Estados Unidos fuera el primero, el líder, en hacer lo difícil y no lo fácil, y describió, ante un auditorio al que ir al espacio le parecía algo nuevo y sobrecogedor, las distintas misiones estadounidenses en el espacio que estaban en marcha y los distintos satélites que estaban ya orbitando la Tierra. No dudó en anunciar cuánto dinero quería para el presupuesto espacial — «cincuenta centavos a la semana por cada hombre, cada mujer y cada niño en Estados Unidos, porque hemos hecho de este programa una prioridad nacional» — pero luego justificó ese financiamiento generoso al pintar una imagen vívida del resultado que pretendía:

Pero si les digo a mis compatriotas que enviaremos a la Luna — que está a 240.000 millas de distancia de la base de control en Houston — un cohete enorme de más de trescientos metros de alto, del tamaño de este campo de fútbol, hecho de nuevas aleaciones metálicas, algunas de las cuales todavía no se inventan, capaz de resistir calor y estrés varias veces más intenso del experimentado jamás, ensamblado con mejor precisión que la del mejor relojero, cargado con todo el equipo

que se requiere para la propulsión, la conducción, el control, las comunicaciones, la alimentación y la supervivencia, en una misión nunca antes intentada hacia un cuerpo celeste desconocido, y luego regresarlo a la Tierra sin peligro, hacerlo que reentre a la atmósfera a velocidades superiores a las 25.000 millas por hora, creando temperaturas cercanas a la mitad de la temperatura del Sol... y que haremos todo esto, que lo haremos bien, y que seremos los primeros en hacerlo antes de que acabe la década — entonces quiere decir que somos osados.

¡Quién no se inspiraría con tales palabras!

Neil Armstrong, comandante del Apollo 11, formó parte de la NASA mucho antes de que la NASA existiera. Fue un aviador naval, el piloto más joven de su escuadrón. Voló setenta y ocho misiones de combate durante la guerra de Corea.

Neil Armstrong es alguien que tiene experiencia de primera mano cuando se trata de la Luna, alguien que tuvo la mirada de pájaro, y la del caminante en la Luna, del Mar de la Tranquilidad.

Algunas personas parecen creer que simplemente amarramos a lo astronautas a un cohete y los lanzamos a la Luna. De hecho se tiene que realizar mucho análisis de imágenes al planear estas imágenes. Por ejemplo, entre 1966 y 1967 cinco Orbitadores Lunares (Lunar Orbiters) fueron enviados para estudiar la Luna y para fotografiar posibles sitios de alunizaje. La fotografía de lo que fue el sitio de alunizaje del Apollo 11 es parte del Proyecto de

Recuperación de Imágenes de los Orbitadores Lunares (Lunar Orbiter Image Recovery Project) del Centro de Investigación Ames de la NASA. Adelantémonos cuatro décadas y el Orbitador de Reconocimiento Lunar (Lunar Reconnaissance Orbiter), el LRO por sus siglas en inglés envió sus primeras imágenes del sitio de alunizaje del Apollo 11, con el componente de descenso del módulo lunar todavía ahí, proyectando una sombra larga y distintiva. El LRO es el siguiente paso para volver a llevar astronautas a la Luna — es un explorador robótico que está ayudando a encontrar los mejores sitios para explorar. Las imágenes futuras serán mucho mejores. Y por cierto, esas imágenes están disponibles públicamente, así que pueden mostrarlas a quien todavía duda que llegamos ahí.

La NASA influye en nuestros corazones, nuestras mentes, en el canal educativo — y lo hace con la mitad de un centavo de cada dólar de impuestos recaudado. Es impresionante la cantidad de personas que creen que el presupuesto de la NASA es mucho más que eso.

Quiero comenzar un movimiento en el que las agencias gubernamentales reciban el financiamiento que la gente cree que están recibiendo. El presupuesto de la NASA entonces subiría por un factor de diez.

[Tweet espacial #22. NASA cuesta a los estadounidenses medio centavo de dólar de sus impuestos. Si fuera un billete no llegaría a la parte que tiene tinta.]

Que las personas crean que el presupuesto de la NASA es enorme es una medida de lo visible que es cada dólar que gasta la NASA. Es un elogio extraordinario que no cambiaría por nada, a menos de que dejemos de progresar en todas las áreas que los estadounidenses consideramos valiosas en el siglo veinte y veintiuno.

Para mí, una característica interesante de la NASA son sus diez centros a lo largo del país. Si usted creció cerca de alguno de ellos, tiene a un conocido o a un pariente que trabaje para la NASA. Trabajar para la NASA es motivo de orgullo para estas comunidades, y ese sentido de participación, de camino en común, es algo que hace que esta agencia sea una empresa de la nación entera, no sólo de unos cuantos.

Algunos ingenieros, administradores y trabajadores de la era Apollo continúan trabajando para la NASA hoy — aunque quizá no los tengamos ahí mucho tiempo más. Estamos destinados a perderlos. Muchas, muchas personas además de los astronautas contribuyeron de manera decisiva a la era Apollo.

Imaginémoslo como una pirámide. En la base están los miles de ingenieros y científicos que allanaron el camino para los viajes a la Luna. Al ir subiendo en la pirámide, los astronautas están hasta arriba — los valientes que arriesgan sus vidas. Pero al hacerlo, depositan su confianza en el resto de la pirámide. Y lo que sostiene a la base de la pirámide, lo que hace que siga creciendo y fortaleciéndose, es la inspiración de las generaciones venideras.

§ 22. Cómo llegar al cielo²²

En la vida diaria rara vez pensamos en la propulsión, por lo menos no en la propulsión que te levanta del suelo y te mantiene a flote. Podemos desplazarnos sin problemas sin necesidad de cohetes de propulsión, simplemente caminando, corriendo, patinando, subiendo a un autobús o manejando un auto. Todas estas actividades dependen de la fricción entre usted (o su vehículo) y la superficie de la Tierra.

Al caminar, o correr, la fricción entre sus pies y el piso permite que se empuje hacia adelante. Al manejar, la fricción entre las llantas de hule y el pavimento permite que el coche avance.

Pero cuando intenta correr o manejar sobre hielo, donde casi no hay fricción, se resbalará y se patinará y en general se expondrá al ridículo al hacer muchos esfuerzos para moverse muy poco.

Para realizar movimientos que no incluyen la superficie terrestre, necesita un vehículo equipado con un motor que cuente con enormes cantidades de combustible. Dentro de la atmósfera, es posible utilizar un motor de hélice o un motor a reacción, ambos alimentados por combustible que quema el oxígeno que el aire provee gratuitamente. Pero si desea cruzar el vacío sin aire del espacio, entonces hay que dejar las hélices y los motores a reacción en casa y buscar un mecanismo de propulsión que no requiera fricción ni apoyo químico del aire.

Una manera de lograr que un vehículo deje nuestro planeta es apuntar su nariz hacia arriba, apuntar los escapes de sus motores

²² Adaptado de «Fueling Up», *Natural History*, junio de 2005.

hacia abajo y rápidamente sacrificar una importante cantidad de la masa total del vehículo.

Lance la masa en una dirección y el vehículo se lanza hacia la contraria. Ahí se encuentra el alma de la propulsión.

La masa soltada por una nave espacial es el combustible caliente y consumido que produce ráfagas ardientes de alta presión que son expelidas por la parte trasera del vehículo y permiten que la nave ascienda.

La propulsión explota la tercera ley de Newton, una de las leyes universales de la física: para cada acción hay una reacción igual y contraria. Se habrán dado cuenta que Hollywood rara vez obedece esa ley. En los *westerns* clásicos, el pistolero está parado con los dos pies plantados en el piso, y apenas si mueve un músculo al disparar su rifle. Mientras tanto, el bandido al que impacta sale disparado hacia atrás, y cae con el trasero en el comedero — claramente hay ahí un desequilibrio entre acción y reacción. Superman exhibe el efecto contrario: no se mueve ni tantito cuando las balas lo golpean en el pecho. El personaje de Arnold Schwarzenegger en *Terminator* estaba más apegado que los demás a la ley de Newton: cada que el disparo de alguna escopeta golpeaba a esta amenaza cibernética, reculaba — un poquito.

Las naves espaciales, sin embargo, no pueden elegir sus tomas. Si no obedecen la tercera ley de Newton, jamás dejarán el suelo.

Los sueños realizables de exploración espacial despegaron en la década de los veinte, cuando el físico e inventor estadounidense Robert H. Goddard logró que un cohete con un pequeño motor de

combustible líquido se elevara del suelo por casi tres segundos. El cohete alcanzó una altura de cuarenta pies y cayó a 180 pies de su sitio de lanzamiento.

Pero Goddard no era el único en esa búsqueda. Varias décadas antes, al inicio del siglo XX, un físico ruso llamado Konstantin Eduardovich Tsiolkovski, quien se ganaba la vida como un maestro de preparatoria de provincias, ya había propuesto algunos de los conceptos básicos de los viajes espaciales y los cohetes a propulsión.

Tsiolkovski concibió, entre otras cosas, las múltiples etapas de un cohete que caerían conforme se consumiera el combustible en ellas, reduciendo así el peso de la carga restante y maximizando la capacidad del combustible restante de acelerar la nave. También descubrió la llamada «ecuación de los cohetes», que nos dice cuánto combustible será necesario para nuestro viaje por el espacio.

Casi medio siglo después de las investigaciones de Tsiolkovski apareció el antecedente de la nave espacial moderna, el cohete V-2 de la Alemania Nazi. El V-2 fue concebido y diseñado para la guerra, y se utilizó en combate por primera vez en 1944, en especial para aterrorizar Londres. Fue el primer cohete disparado contra ciudades más allá del horizonte. Era capaz de alcanzar una velocidad de cerca de 3,500 millas por hora; el V-2 podía viajar varios cientos de millas antes de caer a la superficie de la Tierra en una caída libre mortal desde el borde del espacio.

Para lograr alcanzar la órbita terrestre, la nave espacial debe viajar cinco veces más rápido que el V-2, un logro que, para un cohete de

la misma masa que el V-2, requiere no menos de veinticinco veces la energía del V-2. Y para escapar de la órbita terrestre completamente y dirigirse hacia la Luna, Marte o más allá, el vehículo debe alcanzar las 25.000 millas por hora. Eso fue lo que lograron las misiones Apollo en los sesenta y setenta para llegar a la Luna — un viaje que requería más energía en por lo menos un factor de dos.

Y eso significa una cantidad impresionante de combustible.

Debido a la inclemente ecuación de los cohetes de Tsiolkovski, el principal problema que enfrenta cualquier nave que se dirige al espacio es la necesidad de acelerar un «exceso» de masa en forma de combustible, la mayor parte del cual es el combustible necesario para transportar el combustible que se quemará más adelante en el trayecto. Y los problemas de peso de la nave crecen de manera exponencial. El vehículo multietapa fue inventado para aligerar este problema. En ese vehículo, una carga relativamente pequeña — como la nave espacial Apollo, un satélite Explorer o el Transbordador Espacial — es lanzado por enormes y poderosos cohetes que se van cayendo de manera secuencial o en secciones cuando sus reservas de combustible se han agotado.

¿Para qué cargar con un tanque de combustible vacío si se puede tirar y posiblemente utilizarse en otro vuelo?

Tomemos como ejemplo el Saturn V, el cohete de tres etapas que lanzó a los astronautas del Apollo hacia la Luna.

Casi es posible describirlo como un enorme tanque de combustible. El Saturn V con su carga humana alcanzaba unos treinta y seis

pisos de altura, sin embargo los tres astronautas regresaron a la Tierra en una cápsula pequeña de sólo un piso. La primera etapa del cohete se desprendió a los dos minutos y medio del despegue, una vez que el vehículo había sido elevado del suelo y se movía a una velocidad de 9.000 pies por segundo (unas 6.000 millas por hora). La etapa dos se desprendió seis minutos después, una vez que el vehículo se movía a unos 23.000 pies por segundo (casi 16.000 millas por hora). La etapa tres tenía una vida un poco más complicada, con varios episodios de quema de combustible: el primero para acelerar al vehículo hasta la órbita terrestre, el siguiente para sacarlo de esta órbita y enviarlo hacia la Luna y tres días después, uno o dos aceleres más para detenerlo y llevarlo a la órbita lunar. En cada etapa, la nave era cada vez más ligera y más pequeña, lo que significaba que el combustible restante podía hacer más con menos.

Desde 1981 hasta 2011, la NASA utilizó al Transbordador Espacial para misiones da varios cientos de millas por encima de nuestro planeta: en la órbita baja de la Tierra. El Transbordador tiene tres partes principales: un «orbitador» que parece un avión, en donde se ubican la tripulación, la carga y los tres motores principales; un inmenso tanque de combustible externo que contiene más de medio millón de galones de combustible líquido; y dos «cohetes aceleradores sólidos» (Solid Rocket Boosters), cuyos dos millones de toneladas de combustible gomoso a base de aluminio generan el 85 por ciento de la propulsión necesaria para levantar al gigante del suelo. En la plataforma de lanzamiento, el Transbordador pesa

cuatro millones y medio de libras. Dos minutos después del lanzamiento, los aceleradores han cumplido con su trabajo y caen hacia el océano, para ser localizados y reutilizados. Seis minutos después, justo antes de que el Transbordador alcance la velocidad orbital, el ahora vacío tanque externo se desprende y se desintegra al reentrar a la atmósfera terrestre. Para cuando el Transbordador alcance la órbita, el 90 por ciento de su masa al momento del lanzamiento habrá sido dejada atrás.

[Tweet espacial #23. El tanque principal del Transbordador se usa hasta la órbita — cuando ya no se puede usar el O₂ para quemar. Debe cargar su propio O₂.]

Ahora que ya está uno lanzado, ¿qué hacer para detenerse, aterrizar suavemente, y algún día volver a casa?

El hecho es que en el espacio vacío, detenerse requiere tanto combustible como acelerar.

Las formas comunes, terrestres, de detenerse requieren fricción. En una bicicleta por ejemplo, el hule de los frenos de mano aprietan el borde de la llanta; en un coche, los frenos aprietan los ejes de las llantas, para detener la rotación de las cuatro llantas de hule. En esos casos, frenar no requiere combustible.

Para desacelerar y detenerse en el espacio, sin embargo, hay que voltear el escape de los cohetes hacia atrás, para que apunten en la dirección del movimiento y encender el combustible que ha traído hasta acá.

Entonces se puede relajar y ver cómo su velocidad se reduce mientras su vehículo recula en reversa.

Para regresar a la Tierra después de su excursión cósmica, en lugar de utilizar el combustible para frenar, podría hacer lo que hace el Transbordador Espacial: flotar hacia la Tierra sin consumir energía y aprovecharse del hecho de que nuestro planeta tiene atmósfera, una fuente de fricción. En lugar de usar todo ese combustible para frenar a la nave antes del reingreso, puede dejar que la atmósfera lo frene por usted.

[Tweet espacial #24. El orbitador Discovery reingresa hoy. De 17.000 mph a 0 mph en una hora. Recurre a la resistencia del aire (aerofrenado) para desacelerar.]

[Tweet espacial #25. Necesitará un viaje de $\frac{3}{4}$ alrededor de la Tierra para que la atmósfera baje al Discovery y aterrice como planeador en Kennedy, FL.]

[Tweet espacial #26. Después de que el Transbordador baje de la velocidad del sonido (Mach 1), sólo es un planeador recordete a punto de aterrizar.]

[Tweet espacial #27. Bienvenido a casa Discovery. 39 misiones, 365 días y 148,221,675 millas en el odómetro.]

Sin embargo, hay una complicación ya que la nave está viajando mucho más rápido durante este viaje de vuelta que durante su

lanzamiento. Está bajando de una órbita a diecisiete mil millas por hora y cayendo hacia la superficie de la Tierra, así que el calor y la fricción son problemas mucho más importantes al final del viaje que al principio. Una solución es cubrir la superficie del contacto de la nave con un escudo térmico, que se hará cargo del calor que se acumula rápidamente a través de la ablación o la disipación. A través de la ablación, el método preferido en las cápsulas en forma de cono de la era Apollo, el calor se aleja a través de ondas de choque en el aire y una capa que constantemente se está desprendiendo de material vaporizado en la parte baja de la cápsula. Para el Transbordador Espacial y sus famosas placas, la disipación fue el método elegido.

Desafortunadamente, como todos sabemos, los escudos térmicos no son invulnerables. Lo siete astronauta del Columbia se cremaron en pleno vuelo la mañana del 1 de febrero de 2003, mientras su orbitador se salía de control y se destruía en el reingreso. Murieron debido a que una parte de la esponja aislante se desprendió del enorme tanque de combustible del Transbordador durante el lanzamiento y este hizo un agujero en el escudo que cubría el ala izquierda. Ese agujero expuso la dermis de aluminio del orbitador, lo que provocó que se deformara y se derritiera en la ráfaga de aire súper caliente.

Aquí hay una idea más segura para su viaje de regreso: ¿por qué no instalar una estación de recarga de combustible en la órbita de la Tierra? Así, cuando sea hora de traer al Transbordador de vuelta a casa, se le colocan unos nuevos tanques y los enciende al máximo,

pero en dirección opuesta. El Transbordador entonces reduce su velocidad al mínimo, y cae a la atmósfera terrestre y simplemente vuela como un avión, sin fricción ni ondas de choque. Sin escudos térmicos.

¿Pero cuánto combustible se necesitaría para lograr eso?

Exactamente tanto como se requirió para llevar a la cosa hasta allá arriba. ¿Y cómo lograríamos que todo ese combustible llegue hasta la estación de recarga en la órbita para poder atender las necesidades del Transbordador? Lo más probable es que tenga que enviarse hacia allá, y lo más probable es que se tendría que hacer con otro cohete del tamaño de un rascacielos.

Piénselo. Si quisiera manejar de Nueva York a California y de vuelta, y no hubiera gasolineras en el camino, tendría que jalar una pipa de combustible. Pero entonces necesitaría un motor lo suficientemente poderoso como para jalar esta pipa, así que tendría que comprar un nuevo motor.

Pero entonces se necesitaría mucho más combustible para manejar este coche con el nuevo motor. La ecuación de Tsiolkovski nos gana cada vez.

En cualquier caso, detenerse o aterrizar no sólo se requiere cuando se trata de regresar a la Tierra. También tiene que ver con la exploración. En lugar de pasar por planetas lejanos en «vuelos de reconocimiento», una modalidad que ha caracterizado a toda una generación de sondas espaciales de la NASA, la nave tiene que pasar algún tiempo familiarizándose con esos mundos distantes. Pero se requiere combustible extra para detenerse y entrar en

órbita. El Voyager 2, por ejemplo, lanzado en agosto de 1977, ha pasado toda su vida volando. Después de varios apoyos gravitatorios, el primero de Júpiter y el segundo de Saturno (el apoyo gravitatorio es el mecanismo de propulsión de los pobres), el Voyager 2 pasó junto a Urano en enero de 1986 y por Neptuno en agosto de 1989. Una nave que demora 12 años en alcanzar un planeta para luego pasar unas cuantas horas ahí recolectando datos es el equivalente a estar formado un par de días para ver un concierto que dura seis segundos. Los vuelos de reconocimiento son mejor que nada, pero se quedan muy cortos de lo que en realidad quisiera hacer un científico.

En la Tierra, llenar el tanque en la gasolinera se ha convertido en una actividad costosa. Muchos científicos muy inteligentes han pasado años inventando y desarrollando combustibles alternativos que algún día puedan ser usados masivamente. Y muchos otros científicos igualmente inteligentes están haciendo lo mismo para la propulsión.

Las formas más comunes de los combustibles para las naves espaciales son las sustancias químicas: etanol, hidrógeno, oxígeno, monometilhidrazina, aluminio en polvo. Pero, contrario a los aviones, que queman el combustible aprovechando el oxígeno que pasa por sus motores, las naves espaciales no tienen tal lujo; ellos deben llevar la ecuación química completa. Así que no sólo cargan con el combustible sino también con un oxidante, mantenidos por separado hasta que unas válvulas los unen cuando es necesario. La

mezcla encendida de alta temperatura crea un gas de escape de alta presión, todo al servicio de la tercera ley de movimiento de Newton.

Ni modo. Incluso ignorando el «aventón» gratis que recibe un avión del aire que pasa por sus alas especialmente diseñadas, libra por libra cualquier nave cuya agenda sea salir de la atmósfera debe llevar una carga de combustible mucho más pesada de la que carga un avión. El combustible del V-2 era el etanol y el agua; el combustible del Saturn V era queroseno para la primera etapa, hidrógeno líquido para la segunda. Ambos cohetes utilizaban oxígeno líquido como oxidante. El motor principal del Transbordador Espacial, que tenía que operar más allá de la atmósfera, utilizaba hidrógeno líquido y oxígeno líquido.

¿No sería bonito que el combustible fuera más potente de lo que es? Si usted pesa 150 libras y quiere lanzarse al espacio, requerirá 150 libras de propulsión bajo sus pies, (o en forma de una mochila con cohetes) simplemente para no pesar nada. Para elevarse, cualquier cosa de más de 150 libras de propulsión lo logrará, dependiendo de su tolerancia a la aceleración. Pero un momento. Necesitará más propulsión para dar cuenta del peso del combustible sin consumir que carga.

Añada más propulsión que eso, y entonces sí acelere hacia el cielo.

[Tweet espacial #28. En un restaurante italiano esta tarde. Sirvieron grappa al final de la cena. NASA debe estudiar su potencial como combustible de cohetes.]

La meta última de los expertos espaciales es hallar una fuente de combustible que contenga niveles astronómicos de energía en los volúmenes más pequeños posibles.

Dado que los combustibles químicos utilizan energía química, hay un límite a la cantidad de propulsión que pueden ofrecer, y ese límite surge de las energías guardadas en los enlaces entre moléculas.

Incluso dadas esas limitaciones, hay varias opciones innovadoras. Después de que un vehículo se eleva más allá de la atmósfera de la Tierra, la propulsión puede no provenir de la quema de grandes cantidades de combustible químico. En el espacio profundo, el propulsor pueden ser pequeñas cantidades de gas xenón ionizado, acelerado a velocidades enormes dentro de un motor especial. Un vehículo equipado con una vela reflectante podría ser empujado por la suave presión de los rayos del Sol o incluso por un láser ubicado en la Tierra o en una plataforma en órbita. Y dentro de una década o más, un reactor nuclear seguro y perfeccionado podría hacer que la propulsión nuclear fuera algo posible — el motor de ensueño de todo diseñador de cohetes. La energía que este generará será varios órdenes de magnitud más alta que la que los combustibles químicos pueden producir.

Y ya que estamos dejándonos llevar con hacer posible lo imposible, lo que en realidad queríamos es el cohete de antimateria. Mejor aún, queríamos alcanzar un nuevo entendimiento del universo que permitiera viajar aprovechando los atajos de los agujeros de gusano

en el tejido del espacio tiempo. Cuando eso suceda, el cielo ya no será el límite.

§ 23. Los últimos días del transbordador espacial

16 de mayo de 2011:

Lanzamiento final del Endeavour 8:29 am [Tweet espacial #29. Si la cobertura de cámaras lo permiten, seis cosas interesantes que observar segundos antes de que enciendan los aceleradores...] 8:30 am

[Tweet espacial #30. 1) Los flaps de dirección del orbitador se moverán a un lado y otro — un último recordatorio de que pueden moverse como deben.]

8:32 am

[Tweet espacial #31. 2) Los tres escapes del orbitador rotarán — un último recordatorio que pueden apuntar a donde deben.]

8:33 am

[Tweet espacial #32. 3) Caerán chispas a la plataforma — queman cualquier hidrógeno potencialmente inflamable acumulado del motor principal.]

8:35 am

[Tweet espacial #33. 4) La Torre de Agua lanza el equivalente a una alberca a la plataforma — el H₂O absorbe las vibraciones del sonido, previene daño a la nave.]

8:37 am

[Tweet espacial #34. 5) «Enciende motor principal» — Los 3 escapes del orbitador encienden, apuntan e inclinan al Transbordador al frente. Tornillos lo detienen.]

8:38 am

*[Tweet espacial #35. 6) «3-2-1-despegue»
Los Aceleradores se encienden, enderezan al Transbordador, tornillos explotan, la nave asciende.]*

9:18 am

[Tweet espacial #36. Por si se lo preguntaban: el Endeavour se escribe así porque su nombre viene del barco del Capitán Cook.]

1 de junio de 2011:

El último reingreso del Endeavour

1:20 am

[Tweet espacial #37. FYI: Para aterrizar, el Transbordador Endeavour debe perder toda la energía cinética adquirida durante el lanzamiento.]

1:30 am

[Tweet espacial #38. El Transbordador ejecuta una «de-orbit burn» para descender lo suficiente para encontrar el montón de moléculas de aire que impiden el movimiento.]

2:00 am

[Tweet espacial #39. Cuando el Endeavour entra a la atmósfera, el aire alrededor se calienta, y se lleva la energía cinética del Transbordador.]

2:10 am

[Tweet espacial #40. Al desacelerar, el Endeavour cae más bajo en la atmósfera, y se encuentra con una creciente densidad de moléculas de aire.]

2:20 am

[Tweet espacial #41. Las placas protectoras del Transbordador alcanzan los mil grados (F), e irradian el calor hacia afuera. Protegen a los astronautas dentro.]

2:30 am

[Tweet espacial #42. Durante el reingreso del Endeavour, es un ladrillo balístico cayendo del cielo. Bajo la velocidad del sonido, ya es aerodinámico.]

2:34 am

[Tweet espacial #43. La pista de aterrizaje del Centro Espacial Kennedy mide 15.000 pies de largo. Lo suficiente para que el orbitador que no tiene frenos se detenga.]

2:35 am

[Tweet espacial #44. Bienvenidos a casa, astronautas: 248 órbitas, 6.510.221 millas. Bien hecho Endeavour: 25 misiones. 4671 órbitas, 123.883.151 millas.]

9:10 am

[Tweet espacial #45. La relatividad de Einstein muestra que los astronautas del Endeavour se movieron 1/2000 seg hacia el futuro durante su estancia en órbitas.]

8 al 21 de julio de 2011:

El último viaje del Atlantis y el fin de la era de los transbordadores espaciales 8 de julio,

9:54 am

[Tweet espacial #46. La misión del Transbordador en la película «Space Cowboys» fue la STS-200. Con el lanzamiento del Atlantis el programa llega a STS-135.]

8 de julio, 10:25 am

[Tweet espacial #47. Aritmética espacial: Mercury + Gemini + Apollo = 10 años. Transbordador espacial = 30 años.]

8 de julio, 10:52 am

[Tweet espacial #48. FYI: El acceso humano al espacio no termina con la era del Transbordador, sólo el acceso de EU. China y Rusia todavía viajarán allá.]

8 de julio, 11:24 am

[Tweet espacial #49. Apollo en 1969. Transbordador en 1981. Nada en 2011. Nuestro programa espacial se ve increíble para quien viaje hacia atrás en el tiempo.]

21 de julio, 5:42 am

[Tweet espacial #50. ¿Preocupado por la privatización del acceso a la órbita de la Tierra? Se tardó décadas. NASA debe mirar más allá, donde pertenece.]

21 de julio, 5:49 am

[Tweet espacial #51. Lamento no el fin del Transbordador, sino la ausencia de cohetes que lo suplanten. ¿Quién lloró por Gemini? Apollo nos esperaba.]

§ 24. Propulsión para el espacio profundo²³

Lanzar una nave al espacio es ahora un hazaña rutinaria de ingeniería. Coloque los tanques de combustible, los aceleradores, encienda los combustibles químicos y allá va.

Pero las naves espaciales rápidamente se quedan sin combustible.

Así que, por ellas solas, no pueden desacelerar, frenar, volver a acelerar o realizar grandes cambios de dirección.

Con su trayectoria coreografiada completamente por los campos gravitatorios del Sol, los planetas y sus lunas, la nave sólo puede volar cerca de su destino, como un autobús de turismo que se mueve a gran velocidad y que no tiene paradas programadas en el itinerario — y los pasajeros sólo pueden mirar el paisaje al pasar.

Si una nave espacial no se puede detener, no puede aterrizar en cualquier sitio sin estrellarse, cosa que no es parte de los objetivos comunes de los ingenieros aeroespaciales. A últimas fechas, sin embargo, los ingenieros han demostrado su ingenio acerca de las embarcaciones sin combustible. En el caso de los exploradores de Marte, la asombrosa velocidad a la que caían hacia el planeta rojo fue atajada gracias al aerofrenado en la atmósfera marciana.

Esto significó que podían aterrizar echando mano únicamente de escudos de calor, paracaídas y bolsas de aire.

Hoy, el reto más grande en la aeronáutica es hallar un método eficiente y ligero de propulsión, uno cuya potencia por libra rebase por mucho la de los combustibles químicos convencionales. Una vez resuelto ese desafío, una nave espacial podría despegar de la

²³ Adaptado de «Heading Out», *atural History*, julio-agosto de 2005

plataforma de lanzamiento con reservas de combustible abordo, y los científicos se podrían preocupar más por los objetos celestes como sitios que visitar que como *peep shows* planetarios.

Afortunadamente, el ingenio humano se niega a aceptar un no como respuesta.

Hay legiones de ingenieros listos para enviarnos a nosotros y a nuestros sustitutos robóticos hacia el espacio profundo usando una variedad de motores innovadores. El más eficiente sería el que usara antimateria como combustible. Al poner a la materia y a la antimateria en contacto, convertiríamos toda su masa en energía de propulsión, así como lo hacían los motores de antimateria en *Star Trek*. Algunos físicos incluso sueñan con viajar más rápido que la velocidad de la luz al hallar la manera utilizar como túnel las deformaciones en el tejido espaciotemporal. *Star Trek* tampoco dejó pasar esos: los *warp drives* del USS Enterprise son los que permitían que el Capitán Kirk y su tripulación atravesaran la galaxia a toda velocidad durante los comerciales de televisión.

La aceleración puede ser gradual y prolongada, o puede ser producto de una explosión breve y espectacular. Sólo una explosión importante puede levantar a una nave del suelo. Es preciso tener por lo menos tantas libras de propulsión como libras en el peso de la nave misma. De otra manera, la nave se quedará ahí sobre la plataforma.

Después de eso, si no tiene mucha prisa — y si está enviando carga y no una tripulación a las regiones más distantes del Sistema Solar — no hay necesidad para aceleraciones espectaculares.

En octubre de 1998, una nave de ocho pies de alto y media tonelada de peso llamada Deep Space 1 fue lanzada desde Cabo Cañaveral, Florida. Durante su misión de tres años, Deep Space 1 puso a prueba una docena de tecnologías innovadoras, incluido un sistema de propulsión equipado con propulsores de iones — el tipo de sistema que sería útil a grandes distancias de la plataforma de lanzamiento, donde la aceleración sostenida pero baja eventualmente resulta en grandes velocidades.

Los motores de propulsores de iones hacen lo que los motores convencionales de las naves espaciales: aceleran un material propulsor (en este caso un gas) a muy altas velocidades y lo canalizan a través de una válvula de escape. En respuesta, el motor y el resto de la nave se mueven en dirección contraria. Puede realizar este experimento usted mismo: mientras está parado sobre una patineta, accione el CO₂ de un extintor (comprado, claro, para este propósito).

El gas se irá hacia un lado, y usted y la patineta hacia otro.

Pero los propulsores de iones y los motores ordinarios de los cohetes difieren en su elección de material propulsor y en la fuente de energía que los acelera. Deep Space 1 utilizó gas xenón electrónicamente cargado (ionizado) como su material propulsor, en lugar del combo hidrógeno-oxígeno líquido quemado por el motor principal del Transbordador Espacial. El gas ionizado es más sencillo de manejar que un par de químicos explosivos e inflamables. Además, el xenón resulta ser un gas noble, lo que quiere decir que no corroe ni interactúa químicamente con nada.

Durante dieciséis mil horas, utilizando menos de cuatro onzas de material propulsor al día, el motor de un pie de diámetro en forma de tambor de Deep Space 1 aceleró iones de xenón a través de un campo eléctrico a velocidades de veinticinco millas por segundo y los lanzó por su válvula de escape.

Como se anticipaba, el movimiento por libra de combustible fue diez veces mayor que el de los motores convencionales de los cohetes.

Sin embargo, en el espacio como en la Tierra, a nadie se le regala nada — mucho menos un despegue. Algo tenía que dar energía a esos propulsores de iones en Deep Space 1. Había que hacer alguna inversión de energía para ionizar los átomos de xenón y luego acelerarlos.

Esa energía provenía de la electricidad, cortesía del Sol.

Para dar un tour por el interior del Sistema Solar, donde la luz del Sol es potente, la nave espacial del mañana podría utilizar paneles solares — no para la propulsión en sí, sino para obtener la energía necesaria para alimentar el equipo que realiza la propulsión. Deep Space 1, por ejemplo, tenía unas «alas» solares plegables que, cuando se extendían completamente, alcanzaban a medir cuarenta pies — cinco veces más que la altura de la nave misma. En ellas había una combinación de 3,600 celdas solares y más de setecientos lentes cilíndricos que enfocaban la luz sobre las celdas. En el punto más alto de energía, su producción colectiva era de más de doscientos watts, suficiente para activar únicamente una secadora de pelo o dos en la Tierra, pero bastante para encender los propulsores de iones de la nave.

Otras naves espaciales más familiares — como la desorbitada y desintegrada estación espacial soviética Mir, y la amplia Estación Espacial Internacional (ISS, por sus siglas en inglés) — también han dependido de la luz del Sol para obtener energía para operar sus aparatos eléctricos. Al orbitar a más o menos 250 millas por encima de la Tierra, la ISS tiene más de una hectárea de paneles solares. Durante cerca de un tercio de sus órbitas de noventa minutos, cuando la Tierra eclipsa al Sol, la estación orbita a oscuras. Así que durante el día, algo de la energía solar recolectada se almacena en baterías para utilizarse durante esas horas oscuras. Aunque ni Deep Space 1 ni la ISS han utilizado los rayos del Sol para impulsarse, la propulsión solar directa es algo que no es imposible.

Consideremos la vela solar, una forma de propulsión espacial similar a una cometa que, una vez desplegada, acelerará debido al impulso colectivo de los fotones del Sol — las partículas de luz — que se reflejan continuamente en las superficies brillantes de la vela.

Al rebotar, los fotones inducen a la nave a recular. Sin combustible, ni tanques de combustible, ni válvulas de escape, ni enredos. No se puede ser más ecológico que eso.

Al imaginar el satélite geosincrónico, Sir Arthur C. Clarke imaginó también la vela solar. En su cuento «El viento del Sol», creó a un personaje que describía cómo funcionaba:

Pon tu mano al Sol. ¿Qué sientes?

Calor, claro. Pero también hay algo de presión — aunque nunca la habías notado porque es muy pequeña. Sobre el área de tus manos, resulta ser una millonésima parte de una onza. Pero en el espacio, incluso esa presión puede llegar a ser importante — porque está actuando todo el tiempo, hora tras hora, día tras día. Contrario al combustible de los cohetes, es gratis e ilimitada. Si queremos, podemos usarla; podemos construir velas para atrapar la radiación que sopla desde el Sol.

En los años noventa, un grupo de científicos espaciales rusos y estadounidenses que prefirieron colaborar y no contribuir a la destrucción mutua asegurada (bien llamada MAD, por sus siglas en inglés) comenzaron a trabajar en las velas solares gracias a una colaboración financiada de manera privada por la Planetary Society. El fruto de este trabajo, el Cosmos 1, fue una nave espacial sin motor, de 220 libras, con forma de una margarita enorme. Este barco de vela celestial se doblaba dentro de un misil balístico intercontinental desarmado que había quedado del arsenal soviético de la Guerra Fría y fue lanzado desde un submarino ruso. Cosmos 1 tenía una computadora en el centro y ocho velas reflectantes y triangulares, en forma de cuchilla, hechas de Mylar de 0.0002 pulgadas de ancho — mucho más delgadas que una bolsa de basura barata — y reforzadas con aluminio. Cuando se desplegaban en el espacio, cada una de las cuchillas se extendería cincuenta pies y podría ser orientada individualmente para poder hacer navegar al aparato. Ay, el motor del cohete falló poco menos de un

minuto después del lanzamiento y la vela enrollada, aparentemente todavía dentro del cohete, cayó al mar de Barents.

Pero los ingenieros no dejaron de trabajar simplemente porque sus primeros intentos fallaron. Hoy no sólo la Planetary Society sino también la NASA, la Fuerza Aérea de Estados Unidos la Agencia Espacial Europea, universidades, corporaciones y empresas investigan con entusiasmo diseños y usos para las velas solares.

Filántropos donan millones de dólares.

Hay conferencias internacionales sobre el tema de la navegación solar. Y en 2010, los marineros espaciales celebraron el primer éxito real de su comunidad: una vela de 650 pies cuadrados, de 0.0003 pulgadas de ancho llamada IKAROS (Interplanetary Kitecraft Accelerated by Radiation Of the Sun), diseñada y operada por la Agencia de Exploración Aeroespacial de Japón (Japan Aerospace Exploration Agency), JAXA. La vela entró en la órbita solar el 21 de mayo, se terminó de desenrollar el 11 de junio y pasó junto a Venus el 8

de diciembre. Mientras tanto, la Planetary Society anticipa el lanzamiento de su LightSail-1, y la NASA está trabajando en una nave de demostración en miniatura llamada Nano-Sail-D, que puede mostrar el camino hacia el uso de velas solares como paracaídas para remolcar satélites difuntos fuera de órbita y lejos del posible peligro.

Así que veamos el lado soleado del asunto. Al entrar al espacio, una vela solar ligera podría, después de varios años, acelerar a cien mil millas por hora. Ese es el sorprendente efecto de una aceleración

baja pero sostenida. Tal nave podría escapar de la órbita terrestre (a donde fue lanzada por cohetes convencionales) no por apuntar en una dirección, sino por el acomodo ingenioso de sus cuchillas, como lo hace un navegante con las velas de su embarcación, para así ascender a órbitas aún más amplias alrededor de la Tierra.

Eventualmente su órbita podría convertirse en la misma que la de la Luna, o la de Marte, o una más allá.

Obviamente una vela solar no sería el transporte elegido por alguien que tiene prisa por recibir suministros, pero sin duda sería eficiente en términos de combustible. Si quisiera usarse como, por decir algo, una camioneta de reparto de comida, podría cargarla de fruta seca, cereales listos para desayunar, Twinkies, Cool Whip, y otros comestibles con larguísimas vidas de anaquel. Y cuando la nave pasara por sectores en donde la luz solar es tenue, podríamos ayudarla con un láser, emitido desde la Tierra, o con una red de láseres ubicados por todos lados a través del Sistema Solar.

Hablando de regiones donde el Sol es tenue, supongamos que quisiéramos estacionar una estación espacial en el Sistema Solar exterior — en Júpiter, por ejemplo, donde la luz solar es $1/27$ menos intensa que acá en la Tierra. Si nuestra estación espacial joviana requiriera la misma cantidad de energía solar que la que utiliza la Estación Espacial Internacional, los paneles solares tendrían que abarcar 27 hectáreas. Así que estaríamos en ese caso instalando paneles solares en un área más grande que veinte campos de fútbol. No lo creo. Para realizar experimentos científicos complejos, para permitir que los exploradores (y los colonizadores)

permanezcan mucho tiempo ahí, para operar equipo en las superficies de planetas distantes, es preciso obtener energía de fuentes distintas al Sol.

Desde principios de la década de los sesenta, los vehículos espaciales han recurrido al calor del plutonio radioactivo como fuente de energía eléctrica. Varias de las misiones Apollo hacia la Luna, así como el Pioneer 10 y 11 (ahora a más o menos 10 mil millones de millas de la Tierra y destinados a llegar al espacio interestelar), el Viking 1 y 2 (hacia Marte), el Voyager 1 y 2 (también destinados al espacio interestelar, y en el caso del Voyager 1, para llegar más lejos que los Pioneers), Ulysses (hacia el Sol), Cassini (hacia Saturno), y New Horizons (hacia Plutón y el Cinturón de Kuiper) entre otros, todos han usado plutonio en sus generadores termoeléctricos de radioisótopos, o RTG. Un RTG es una fuente de energía nuclear de larga duración. Mucho más eficiente, y mucho más poderoso, sería un reactor nuclear que pudiera proveer tanto energía como propulsión.

La energía nuclear en cualquier forma, claro, es anatema para algunas personas. No es difícil hallar buenas razones para apoyar esta postura. El plutonio y otros elementos si están mal resguardados son un gran peligro; las reacciones nucleares en cadena sin control son un peligro aún mayor. Y es fácil hacer una lista de desastres probados y potenciales: los desechos radioactivos esparcidos por el norte de Canadá en 1978 cuando se estrelló el satélite soviético Cosmos 954 que usaba energía nuclear; la fusión parcial en 1979 de la planta nuclear de Three Mile Island en el río

Susquehanna, cerca de Harrisburg, Pennsylvania; la explosión en la planta nuclear de Chernobyl en 1986, en lo que ahora es Ucrania; el plutonio de viejos RTG que ahora se halla en (y algunas veces es robado de) remotos faros decrepitos en el noroeste de Rusia. El desastre en la planta nuclear de Fukushima Daiichi en la costa noreste de Japón, cuando fue golpeada por un terremoto de 9.0 grados y luego inundada por un *tsunami* en marzo de 2011, renovó todos los miedos. Las organizaciones civiles, como Red Global Contra las Armas y la Energía Nuclear en el Espacio (Global Network Against Weapons and Nuclear Power in Space) recuerdan estos y otros acontecimientos similares.

Pero también los recuerdan los científicos e ingenieros que trabajan en el Proyecto Prometheus (Project Prometheus) de la NASA.

En lugar de negar los riesgos que representan los aparatos nucleares, la NASA ha puesto su atención en maximizar las protecciones. En 2003, la agencia le encargó al Proyecto Prometheus desarrollar un pequeño reactor nuclear que pudiera ser enviado al espacio sin riesgo y que pudiera proveer energía para misiones largas y ambiciosas hacia el Sistema Solar exterior. Tal reactor debía proveer energía abordo y alimentar un motor eléctrico con propulsores de iones — el mismo tipo de propulsión puesto a prueba con Deep Space 1.

Para apreciar el avance de la tecnología, tomemos la producción de energía de los RTG que alimentó los experimentos en los Vikings y los Voyagers. Proveían menos de cien watts, que es más o menos la energía que utiliza su lámpara de escritorio. Los RTG en la sonda

Cassini lo hacía un poco mejor, daban casi trescientos watts: la energía requerida para operar un pequeño enser de cocina. El reactor nuclear que debía surgir del Prometheus se esperaba que rindiera diez mil watts de energía útil para sus instrumentos científicos:

la suficiente energía necesaria para un concierto de rock.

Para explotar el avance de Prometheus, se propuso una misión científica ambiciosa: el Orbitador de las Lunas Heladas de Júpiter (Jupiter Icy Moons Orbiter) o JIMO. Sus destinos eran Calisto, Ganímedes, y Europa — tres de las cuatro lunas descubiertas por Galileo en 1610. (La cuarta, Io, está llena de volcanes activos). El atractivo de las tres frías lunas galileanas era que debajo de su densa capa de hielo podría haber grandes reservas de agua líquida que albergaran, o hubieran albergado, vida.

Con la suficiente propulsión abordo, JIMO haría un «vuelo hacia» (en lugar de un vuelo de reconocimiento, de Júpiter) ocho años después de su lanzamiento. Entraría en órbita y sistemáticamente visitaría una luna a la vez, quizá incluso desplegando sondas exploratorias.

Dado que tendría suficiente energía eléctrica abordo, distintos grupos de instrumentos científicos estudiarían las lunas y enviarían los datos a la Tierra a través de canales de alta velocidad de banda ancha. Además de la eficiencia, un gran atractivo sería la seguridad, tanto estructural como operativa. La nave sería enviada con cohetes ordinarios, y su reactor nuclear se enviaría «frío» — no

sería sino hasta que JIMO alcanzara la velocidad de escape y estuviera lejos de la órbita terrestre que se encendería el reactor.

Sonaba bien. Pero Prometheus/JIMO murieron casi sin haber vivido, al convertirse en lo que un comité compuesto por el Consejo de Estudios Espaciales (Space Studies Board) y el Consejo de Aeronáutica e Ingeniería Espacial (Aeronautics and Space Engineering Board)

del Consejo Nacional de Investigación (National Research Council), en un reporte de 2008 titulado *Launching Science*, llamó «una historia admonitoria». Inició como un programa científico formalmente en marzo de 2003, y fue transferido al año al recién establecido Directorio de la Misión de Sistemas de Exploración (Exploration Systems Mission Directorate) de la NASA. Menos de un año y medio después, en el verano de 2005, después de gastar cerca de 464

millones de dólares (más decenas de millones de dólares simplemente para preparar las propuestas de los contratistas), la NASA canceló el programa. A lo largo de los meses siguientes, 90 de los 100 millones de presupuesto se fueron en costos de cierre en los contratos cancelados. Todo ese dinero y no había ni nave ni hallazgos científicos. Prometheus/JIMO entonces resalta, escribieron los autores de *Launching Science*, como «un ejemplo de los riesgos asociados con emprender misiones científicas en el espacio caras y ambiciosas».

Los riesgos, las cancelaciones y los fracasos son parte del juego. Los ingenieros las anticipan, las agencias las resisten, los contadores las gestionan.

Cosmos 1 podrá haber caído al mar, y Prometheus/JIMO pudo haber muerto en la cuna, pero entregaron lecciones técnicas valiosas. Así que los viajeros cósmicos no tienen razones para perder las esperanzas, ni para dejar de intentar y planear y soñar con la manera de navegar en el espacio profundo. Hoy en día el término de moda es «propulsión espacial», y muchas personas siguen ávidamente sondeando sus posibilidades, incluida la NASA. Una aproximación es el desarrollo de cohetes más eficientes, y la NASA está desarrollando cohetes avanzados de alta temperatura. Tener mejores propulsores es otra aproximación, y la NASA tiene el Sistema de propulsión de iones NEXT (NASA Evolutionary Xenon Thruster), unos pasos más avanzado que el de Deep Space 1. Y luego están las ya mencionadas velas solares.

Los objetivos de todas estas tecnologías, de manera individual y/o en combinación es recortar el tiempo de viaje hacia cuerpos celestes distantes, incrementar el rango potencial y el peso de la carga científica y reducir los costos.

Algún día quizá haya modos más enloquecidos de explorar dentro y más allá de nuestro Sistema Solar. Los amigos del ahora difunto Breakthrough Propulsion Physics Project de la NASA, por ejemplo, soñaban con vincular la gravedad con el electromagnetismo, o echar mano de estados de energía del punto cero en el vacío cuántico o domesticar los fenómenos cuánticos superlumínicos.

Sus inspiraciones venían de cuentos como *De la Tierra a la Luna*, de Julio Verne, y las aventuras de Buck Rogers, Flash Gordon y *Star Trek*. Está bien pensar este tipo de cosas de vez en cuando. Pero, en mi opinión, aunque es posible no haber leído suficiente ciencia ficción en la vida, también es posible haber leído demasiada.

Mi motor favorito de la ciencia ficción es el de la antimateria. Es 100 por ciento eficiente: una libra de antimateria, junto con una libra de materia, y se convierten en un estallido de energía pura, sin residuos. La antimateria es real. El físico británico del siglo veinte Paul A. M. Dirac se lleva el crédito por haberla pensado en 1928, y el físico estadounidense Carl D. Anderson por haberla descubierto cinco años después.

La ciencia de la antimateria está bien. Es la parte de la ciencia ficción que presenta un pequeño problema.

¿Cómo se almacena eso? ¿Detrás del camarote espacial de quién o bajo la litera de quién estará guardado el bote de antimateria? ¿Y de qué estará hecho ese bote? La antimateria y la materia se aniquilan al contacto, así que almacenar antimateria requiere contenedores portátiles sin materia, como campos magnéticos en forma de botellas magnéticas. Contrario a las ideas límite de la propulsión, en las que la ingeniería persigue el borde afilado de la física, el problema de la antimateria es física común persiguiendo el borde afilado de la ingeniería.

Así que la búsqueda continúa.

Mientras tanto, la próxima vez que vea una película en la que un espía capturado está siendo cuestionado, piense esto: quienes

interrogan nunca preguntan por secretos agrícolas o por movimientos de tropas. Con una mirada al futuro, exigen saber la fórmula secreta para el cohete, el boleto hacia la última frontera.

§ 25. Ejercicio de equilibrio²⁴

La primera nave espacial tripulada por seres humanos en dejar la órbita terrestre fue el Apollo 8. Este logro sigue siendo uno de los acontecimientos poco apreciados del siglo veinte.

Cuando llegó ese momento, los astronautas accionaron la tercera y última etapa de su imponente cohete Saturn V, y la nave y sus tres ocupantes alcanzaron con rapidez una velocidad de casi siete millas por segundo. Como lo dicen las leyes de la física, sólo con llegar a la órbita terrestre los astronautas habían conseguido ya la mitad de la energía que requerían para alcanzar la Luna.

Después de accionar la tercera etapa del Apollo 8, los motores ya no eran necesarios salvo para ajustar la trayectoria y evitar que los astronautas no le atinaran a la Luna. Durante casi todo el cuarto de millón de millas que duró su viaje de la Tierra a la Luna, la nave se iba deteniendo gradualmente conforme la gravedad de la Tierra le ganaba en fuerza a la gravedad de la Luna. Obviamente, tenía que haber un punto en la ruta en el que las fuerzas opuestas de gravedad de la Tierra y la Luna estuvieran equilibradas exactamente. Y cuando el módulo de mando pasó por ese punto en el espacio, su velocidad incrementó de nuevo y se aceleró hacia la Luna.

Si la gravedad fuera la única fuerza con la que hay que contender, entonces ese sitio sería el único sitio en el sistema Tierra-Luna en el que las fuerzas opuestas se cancelan. Pero la Tierra y la Luna giran alrededor de un centro común de gravedad, que está a unas mil

²⁴ Adaptado de «The Five Points of Lagrange», *Natural History*, abril de 2002

millas hacia el fondo de la superficie terrestre, en una línea imaginaria que conecta el centro de la Tierra con el de la Luna.

Cuando los objetos en movimiento son círculos de cualquier tamaño y se mueven a cualquier velocidad, crean una nueva sensación que empuja hacia afuera, alejándose del centro de rotación. Uno siente en el cuerpo esta fuerza «centrífuga» cuando toma una curva pronunciada en el coche, o cuando sobrevive a uno de esos juegos mecánicos en un parque de diversiones que giran y giran. Un ejemplo clásico de estos juegos que inducen el vómito es uno en el que los participantes se paran en el borde de un gran círculo, con la espalda pegada a una pared perimetral.

Conforme el juego comienza a girar, cada vez más rápido, uno siente una fuerza cada vez más fuerte apachurrándolo contra la pared. La pared es la que evita que salgamos volando por el aire. Pronto es imposible moverse. Ahí es cuando quitan el piso y empiezan a girar el aparato ese hacia los lados y de cabeza. Cuando me subí a uno de niño, la fuerza era tan grande que no podía mover ni los dedos: estaban pegados a la pared junto con el resto de mi cuerpo. (Si uno vomita en un juego así, y voltea la cabeza hacia un lado, el vómito volaría en una tangente. O se quedaría pegado a la pared. O peor aún, si uno no voltea la cabeza, el vómito quizá no salga de su boca debido a lo intenso de las fuerzas centrífugas en la dirección contraria. Ahora que lo pienso, tiene mucho que no veo ese juego en particular).

Las fuerzas centrífugas surgen como la simple consecuencia de un objeto al viajar en línea recta después de ser puesto en movimiento,

por ello no son en realidad fuerzas verdaderas. Pero se pueden incluir en los cálculos como si lo fueran. El brillante matemático francés del siglo XVIII Joseph-Louis Lagrange descubrió puntos en el sistema giratorio Tierra-Luna donde la gravedad de la Tierra, la gravedad de la Luna y las fuerzas centrífugas del sistema giratorio se equilibran.

Estas localidades especiales se conocen como puntos de Lagrange y son cinco.

El primer punto de Lagrange, (prudentemente llamado L1) cae un poco más cerca de la Tierra que el punto de equilibrio gravitacional puro. Cualquier objeto ubicado en L1 puede orbitar el centro de gravedad de la Tierra-Luna con la misma periodicidad mensual que la órbita de la Luna, y parecerá estar fijo en su sitio en la línea entre la Tierra y la Luna. Aunque todas las fuerzas se cancelan ahí, L1 es un punto de equilibrio precario. Si el objeto se *aleja* de la línea Tierra-Luna en cualquier dirección, el efecto combinado de las tres fuerzas lo regresará a su posición previa. Pero si el objeto se mueve *dentro* de la línea Tierra-Luna aunque sea un poco, irremediablemente caerá hacia la Tierra o hacia la Luna. Es como un carrito ubicado en la cumbre de una montaña, apenas equilibrado, a un pelo de irse por un lado o por el otro.

El segundo y el tercer punto de Lagrange (L2 y L3) también están en la línea Tierra-Luna, pero L2 está más allá de la Luna, mientras que L3 está más allá de la Tierra en la dirección opuesta.

Una vez más, las tres fuerzas — la gravedad de la Tierra, la gravedad de la Luna y la fuerza centrífuga del sistema giratorio —

se cancelan en conjunto. Y una vez más, cualquier objeto ubicado en ese sitio, puede orbitar el centro de gravedad de la Tierra-Luna durante un mes lunar. Los puntos de equilibrio gravitacional en L2 y L3 son bastante amplios. Así que si descubre que usted se está deslizando hacia la Tierra o hacia la Luna, una mínima inversión de combustible lo regresará justo a donde estaba.

Aunque L1, L2 y L3 son sitios respetables en el espacio, el premio a los mejores puntos de Lagrange se lo llevan L4 y L5. Uno de ellos existe lejos, a un lado de la línea Tierra-Luna, mientras que el otro existe en el sitio contrario a este, y cada uno representa un vértice de un triángulo equilátero, con la Tierra y la Luna como los otros dos vértices. En L4 y L5, como sucede con sus tres hermanos, las fuerzas están en equilibrio. Pero contrario a los tres primeros puntos de Lagrange, que tienen un equilibrio inestable, el equilibrio en L4 y L5 sí es estable. No importa en qué dirección se incline uno, no importa hacia dónde se mueva, las fuerzas impiden que uno se incline demasiado, como si estuviéramos al fondo de un cráter en forma de cuenco rodeado por un borde alto y pronunciado. Así que, tanto en L4 como en L5, si un objeto no está ubicado exactamente en el punto en el que todas las fuerzas se cancelan, entonces su posición oscilará alrededor del punto de equilibrio en trayectorias llamadas libraciones.

(No las confundamos con los sitios particulares en la superficie terrestre donde nuestra mente oscila debido a las libaciones consumidas). Estas libraciones son equivalentes al ir y venir de la

trayectoria de una pelota que rueda por una pendiente pero no alcanza la suficiente velocidad para subir a la siguiente.

L4 y L5, más que curiosidades orbitales, representan áreas especiales donde uno puede decidir establecer colonias espaciales. Todo lo que se necesita es enviar material de construcción a la zona (después de haberlo obtenido no sólo de la Tierra, sino quizá de la Luna o de algún asteroide); dejarlo ahí, ya que no existe el riesgo de que quede a la deriva; y luego regresar con más suministros. Una vez que estén reunidos todos los materiales en este ambiente de gravedad cero, sería posible construir una enorme estación espacial — decenas de millas de longitud — con muy poquito estrés ejercido sobre los materiales. Al hacer rotar a la estación induciríamos fuerzas centrífugas que simularían la gravedad de la Tierra para sus cientos (o miles) de residentes y sus animales.

En 1975, Keith y Carolyn Henson fundaron la L5 Society, para llevar a cabo exactamente ese plan, aunque a la sociedad se le recuerda más por su asociación informal con el profesor de física de Princeton Gerard K. O'Neill, quien promovió los asentamientos espaciales a través de escritos tan visionarios como su libro de 1976: *The High Frontier: Human Colonies in Space*. El grupo tenía un objetivo único: «deshacer la Sociedad en una reunión masiva en L5». Es de suponerse que esto sucedería dentro del hábitat espacial completo, durante la fiesta de celebración por su misión cumplida.

En 1987, la L5 Society se unió con el Instituto Nacional Espacial (National Space Institute) para convertirse en la Sociedad Espacial Nacional (National Space Society), que sigue operando hoy en día.

La idea de ubicar una gran estructura en los puntos de libración surgió hace años, desde la década de los cuarenta, en una serie de cuentos de ciencia ficción escritos por George O. Smith, reunidos bajo el título *Venus Equilateral*. En ellos, el autor imagina una estación de relevo en el punto L4 del sistema Venus-Sol. En 1961, Arthur C. Clarke haría referencia a los puntos de Lagrange en su novela *Una catarata de polvo lunar*.

Claro, Clarke no era ningún extraño a las órbitas especiales. En 1945 había sido el primero en calcular, en un memorándum de cuatro páginas, la altura por encima de la superficie terrestre a la que el periodo orbital de un satélite sería el equivalente exacto del periodo de rotación de 24 horas de la Tierra.

Porque un satélite con esa órbita «flota» sobre la superficie terrestre, puede servir como el punto repetidor ideal para las comunicaciones de radio de una parte de la Tierra a la otra. Hoy, cientos de satélites de comunicación hacen exactamente eso, a unas 22.000 millas por encima de la superficie de la Tierra.

Como lo sabía George O. Smith, no hay nada único en estos puntos de equilibrio en el sistema giratorio Tierra-Luna. Existe otro grupo de cinco puntos de Lagrange para el sistema giratorio Sol-Tierra, así como para cualquier par de cuerpos en órbita en cualquier punto del universo. Para los objetos en órbitas bajas, como el Hubble, la Tierra constantemente le bloquea una parte importante de su vista al cielo nocturno.

Sin embargo, a millones de millas de la Tierra, en la dirección opuesta a la del Sol, un telescopio en el punto L2 del sistema Sol-

Tierra tendría una perspectiva del cielo nocturno las 24 horas, porque vería a la Tierra del tamaño que nosotros vemos a la Luna en nuestro cielo.

La sonda de anisotropía de microondas Wilkinson o WMAP para ser más breves, lanzada en 2001 alcanzó el punto L2 del sistema Sol-Tierra en unos cuantos meses y sigue ahí, librando, después de haber recabado datos sobre el fondo cósmico de microondas — la firma omnipresente del Big Bang. Y a pesar de haber guardado apenas 10 por ciento de su combustible total, el satélite WMAP tiene suficiente combustible para permanecer en este punto de equilibrio inestable por cerca de un siglo, mucho más tiempo que su vida útil como sonda recolectora de datos. El telescopio de nueva generación de la NASA, el telescopio espacial James Webb (sucesor del Hubble), también está diseñado para el punto L2 del sistema Sol-Tierra. Y hay suficiente espacio para colocar más satélites a realizar libraciones, ya que el campo que ocupa el L2 del sistema Sol-Tierra es de cuatrillones de millas cúbicas.

Otro satélite de la NASA amante de los puntos de Lagrange, el Génesis, se ubica en el punto L1 del sistema Sol Tierra. Este L1 está a un millón de millas entre la Tierra y el Sol. Durante dos años y medio, el Génesis estuvo frente al Sol recolectando materia solar prístina, incluidas partículas atómicas y moleculares del viento solar — y reveló algunos de los contenidos de la nebulosa solar original a partir de la cual se formaron el Sol y los planetas.

Dado que L4 y L5 son los puntos estables de equilibrio, uno pensaría que la basura espacial se acumularía en ellos, y eso haría que realizar actividades ahí fuera bastante peligroso.

Lagrange, de hecho, predijo en 1772 que encontraríamos detritos espaciales en los puntos L4 y L5 de los sistemas gravitacionalmente poderosos entre el Sol y los planetas, y en 1906, el primer miembro de la doble familia de asteroides troyanos de Júpiter fue descubierto. Ahora sabemos que en los puntos L4 y L5 del sistema Sol-Júpiter se han acumulado miles de asteroides que siguen y guían a Júpiter alrededor del Sol, con periodos equivalentes a un año joviano. Como si estuvieran sujetos por rayos de tracción, estos asteroides están fijos en ese sitio para siempre debido a las fuerzas gravitacionales y centrífugas del sistema Sol-Júpiter.

(Estos asteroides, al estar atorados en el Sistema Solar exterior y lejos de la Tierra, no representan ningún riesgo para la vida en la Tierra). Claro, es de esperarse que se acumule basura espacial en los puntos L4 y L5 de los sistemas Sol-Tierra y Tierra-Luna. Y sucede.

Hay un importante beneficio adicional: las trayectorias interplanetarias que comienzan en puntos de Lagrange requieren muy poco combustible para llegar a otro punto de Lagrange o para llegar a otro planeta. Contrario al despegue desde la superficie de un planeta, donde la mayoría del combustible se emplea para alejarse del suelo, un despegue en un punto de Lagrange sería un asunto de baja energía y se parecería a un barco dejando el dique seco, lanzado al mar con una mínima inversión en combustible.

Hoy, en lugar de pensar en colocar colonias autosuficientes de personas y vacas en los puntos de Lagrange, estamos pensando en ellos como puntos de acceso al resto del Sistema Solar. Desde los puntos de Lagrange en el sistema Sol-Tierra, uno está a la mitad del camino de Marte — no en distancia ni en tiempo, pero en la siempre importante categoría de consumo de combustible.

En una versión del futuro de nuestros viaje espaciales, imaginamos estaciones de recarga en cada punto de Lagrange del Sistema Solar, donde los viajeros podrían recargar sus tanques de combustible en camino a visitar amigos y parientes en otros planetas o en otras Lunas. Este método de transporte, por futurista que suena, no deja de tener precedentes. Si no fuera por las gasolineras esparcidas a lo largo de todo Estados Unidos, su automóvil tendría que remolcar una enorme pipa para manejar de costa a costa: la mayoría de la masa y del tamaño del vehículo sería el combustible, consumido principalmente para poder transportar el combustible por consumir en el viaje. No viajamos así en la Tierra. Quizá llegará el momento en que tampoco viajemos así en el espacio.

§ 26. Feliz aniversario, «Star Trek»²⁵

En 2011, *Star Trek* cumplió cuarenta y cinco años. Mientras tanto, las señales de televisión de todos sus episodios transmitidos siguen penetrando nuestra Vía Láctea a la velocidad de la luz. Para este momento, el primer episodio de la primera temporada, transmitido por primera vez el 8 de septiembre de 1966 ha viajado a cuarenta y cinco años luz de la Tierra, ha pasado por más de seiscientos sistemas estelares, incluido Alpha Centauri, Sirio, Vega y un creciente número de estrellas menos conocidas alrededor de las cuales hemos confirmado que existen planetas.

Ha sido mucho el tiempo de espera para los alienígenas que nos espían. Su primer encuentro con la cultura terrenal incluyó los primeros episodios del *Howdy Doody Show* y *Honeymooners* con Jackie Gleason. Con la llegada de *Star Trek* unos quince años después, finalmente le ofrecimos a nuestros antropólogos extraterrestres algo en nuestras ondas televisivas de lo que nuestra especie podía estar orgullosa.

A través sus muchas encarnaciones en televisión, en el cine y en libros, *Star Trek* se convirtió en la serie de ciencia ficción más popular de todas. Si uno ve algunos de sus episodios iniciales, sin embargo, no es difícil ver por qué la serie fue cancelada después de tres temporadas. En cualquier caso, de no haber sido por las más de un millón de cartas enviadas a la NBC, el *show* habría sido cancelado al terminar la segunda. Las temporadas de *Star Trek* coincidieron azarosamente con los años más triunfantes del

²⁵ Adaptado de «The Science of Trek», en Stephen Reddicliffe, ed. *TV Guide — Star Trek 35th Anniversary Tribute: A Timeless Guide to the Trek Universe*, 2002.

programa espacial (1966-69) así como con los años más sangrientos de la Guerra de Vietnam y los años más turbulentos del movimiento en favor de los derechos civiles. Las naves espaciales Apollo se encaminaban a la Luna, y el programa de televisión salió del aire el mismo año en el que pusimos un pie en ella. Para mediados de los setenta, después de la última misión Apollo, Estados Unidos no planeaba ir a la Luna, y el público necesitaba mantener el sueño vivo, cualquier sueño. Con una base de apoyo que crecía rápidamente, *Star Trek* fue mucho más exitoso al retransmitirse en los setenta de lo que fue el *show* en sus temporadas iniciales en los sesenta.

No hay duda que hay otras razones que contribuyeron a su éxito. Quizá fue la química social que transmitía la tripulación internacional y racialmente integrada, que además le dio a la televisión su primer beso interracial; o el agudo sentido de moralidad interestelar que exhibían los tripulantes al explorar culturas y civilizaciones alienígenas; o la mirada que echaba el programa a nuestro futuro tecnológico de viajes espaciales; o la frase peculiar:

«ir valientemente a donde ningún hombre ha ido jamás» («to boldly go where no man has gone before»), dicha mientras aparecían los créditos iniciales. O quizá fue la manera en la que retrataba el riesgo en planetas alienígenas, ya que las expediciones que llegaban a ellos siempre perdían a alguno de sus integrantes debido a peligros insospechados.

No puedo hablar por todos los *trekkies*. Especialmente ya que no me cuento entre ellos, nunca memoricé los planos de la nave Enterprise original, ni me puse una máscara Klingon durante Halloween. Pero como alguien que, entonces y ahora, tiene un interés profesional en el descubrimiento cósmico y las tecnologías futuras que lo facilitarán, es que propongo algunas reflexiones sobre el *show* original.

Me da pena admitir (no le digan a nadie) que cuando vi por primera vez las puertas interiores del Enterprise abrirse automáticamente cuando los tripulantes se acercan a ellas, estaba seguro que ese mecanismo no sería inventado durante mi vida en la Tierra.

Star Trek sucedía en cientos de años en el futuro, y estaba observando la tecnología del futuro. Lo mismo sucede con aquellos discos de bolsillo que insertaban en las computadoras parlantes. Y con la cavidad en la pared que daba comida caliente en segundos.

No en mi siglo, pensaba. No mientras yo esté vivo.

Hoy, claro, tenemos todas estas tecnologías y no tuvimos que esperar a que llegara el siglo veintitrés. Pero me da gusto darme cuenta que nuestras comunicaciones y aparatos de almacenamiento de datos son más pequeños que los que aparecen en *Star Trek*. Y contrario a sus puertas automáticas que hacían esos sonidos primitivos al abrirse, las nuestras son silenciosas.

Los episodios más emocionantes de la serie original son aquellos en los que las soluciones para los retos requería una mezcla de comportamiento lógico y comportamiento emocional, mezclados con un poco de ingenio y un poco de política. Esto programas daban

una muestra del abanico completo de comportamientos humanos. Un mensaje constante para el televidente era que había más en la vida que sólo el pensamiento lógico. Aunque estábamos viendo el futuro, en el que no había países, ni religiones, ni carencia de recursos, la vida sigue siendo compleja: las personas (y los extraterrestres) aún aman y odian, y la sed de poder y dominio sigue expresándose a lo largo y ancho de la galaxia.

El Capitán Kirk conoce de este paisaje sociopolítico, que le permite superar en ingenio, inteligencia y en acciones a los enemigos alienígenas. La habilidad interestelar de Kirk también es lo que le permite ser legendariamente promiscuo con las mujeres extraterrestres. Alienígenas de bella figura le preguntan a Kirk en mal inglés:

«¿Qué es beso?». Su respuesta es una versión de «es una antigua práctica humana en la que dos personas expresan cuánta emoción sienten por el otro». Y casi siempre venía acompañada de una demostración.

Star Trek no está exento de los errores ocasionales. En un episodio, la tripulación tiene que localizar a un enemigo que viaja de polizón en su nave. Para ello, el Capitán Kirk utiliza una varita mágica que amplifica el sonido de los latidos del corazón de las personas a bordo, sin importar dónde se esconden. Al demostrar cómo funciona a sus compañeros, Kirk declara confiado que la magnificación acústica del aparato es de «uno a la décimo primera potencia». Si hacemos esa operación, tenemos que:

$1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1$, que da, claro, 1. Estaba listo para culpar a William Shatner por haber dicho mal su línea, que debió ser «diez a la décimo primera potencia», excepto que en otro episodio escuché a Spock cometer el mismo error; entonces culpo a los escritores.

La mayoría de las personas, incluidos los productores, nunca se dieron cuenta que cuando el Enterprise viaja «despacio», con las estrellas pasando a su lado suavemente, su velocidad debe ser mayor que un año luz por segundo — más de treinta millones de veces la velocidad de la luz real. Si Scotty, el ingeniero en jefe, estuviera al tanto de esto, sin duda diría: «Capitán, los motores no pueden más».

Para recorrer grandes distancias rápidamente es necesario utilizar los *warp drives*. Este brillante invento de la ciencia ficción está suficientemente basado en la física como para que sea posible, aunque tecnológicamente impredecible. Como cuando se dobla una hoja de papel, los *warp drives* doblan el espacio entre nosotros y nuestro destino, y nos dejan más cerca que nunca. Si podemos hacer un agujero en el tejido del espacio, entonces podemos tomar un atajo sin tener que exceder técnicamente la velocidad de la luz. Este truco es lo que permitía que el Capitán Kirk y su tripulación atravesaran la galaxia rápidamente — un viaje que les tomaría unos aburridísimos cien mil años.

Aprendí tres lecciones de vida en esta serie: 1) al final, serás juzgado por la integridad de tu misión, sea exitosa o no; 2) siempre puedes ser más inteligente que una computadora; y 3) nunca seas

la primera persona en investigar una masa de plasma amorfa fluorescente en un planeta alienígena.

Feliz aniversario, *Star Trek*. Larga y próspera vida.

§ 27. Cómo probar que sufrió una abducción alienígena²⁶

¿Creo en los OVNI o en los visitantes extraterrestres? ¿Por dónde empezar?

Hay una falacia fascinante de la mente humana de la que los psicólogos están perfectamente al tanto, conocida como llamada a la ignorancia. Así opera: ¿Recuerda qué es lo que significan la N y la I en OVNI? Ve luces en el cielo. Nunca antes lo había visto y no entiende qué es lo que es. Dice usted:

«Es un OVNI». La N y la I significan «No identificado».

Pero luego dice usted: «No sé lo que son; deben ser alienígenas del espacio exterior que visitan otro planeta». El problema aquí es que si usted no sabe qué es eso, ahí debe terminar su interpretación de ello. No puede decir que debe ser X o Y o Z. Esa es una llamada a la ignorancia. Es algo común.

No estoy culpando a nadie; puede estar relacionado con nuestra apremiante necesidad de elaborar respuestas porque nos sentimos incómodos cuando estamos rodeados de ignorancia.

Pero no se puede ser científico si se está incómodo con la ignorancia, porque los científicos viven en la frontera entre lo conocido y lo desconocido del cosmos. Es una imagen muy distinta de cómo nos pintan los periodistas. Muchos de sus artículos comienzan diciendo:

²⁶ Adaptado del segmento de preguntas y respuestas de «Cosmic Quandaries, with Dr. Neil deGrasse Tyson», St. Petersburg College y WEDU, St. Petersburg, Florida, 26 de marzo 2008.

«Los científicos tienen que volver al punto de partida». Es como si estuviéramos sentados en nuestra oficina con los pies sobre el escritorio — amos del universo — y de pronto dijéramos:

«¡Ooo, alguien descubrió algo!». No.

Siempre estamos con las mangas arremangadas en la mesa de trabajo.

Quien no está en la mesa de trabajo empezando de cero, no está descubriendo nada. No es científico, es usted algo distinto. El público, por otro lado, parece exigir explicaciones definitivas conforme dan saltos entre argumentos de absoluta ignorancia a argumentos de absoluta certidumbre.

Aquí hay algo más que considerar.

Sabemos — no sólo por los experimentos psicológicos, sino también gracias a la historia de la ciencia — que la forma más baja de la evidencia es el testimonio presencial. Es cosa de dar miedo, porque en un juicio se considera una de las formas más elevadas de la evidencia.

¿Alguna vez ha jugado teléfono descompuesto? Todos se ponen en fila; una persona dice una historia y la dice al de al lado; este la escucha y la repite a la persona siguiente, y esa persona se la dice al siguiente. ¿Qué sucede al llegar a la última persona, que le cuenta la historia en voz alta a todo el grupo? Es completamente distinta, ¿no es cierto?

Eso pasa porque la transmisión de información recurrió al testimonio presencial — en este caso, testimonio auricular.

Así que no importa si ve usted una nave espacial. En ciencia — sucede así incluso cuando se trata de algo menos controvertido que la visita de alienígenas, e incluso si es usted uno de mis colegas científicos — si entra a mi laboratorio y me dice: «Tienes que creerme, yo lo vi»; yo respondería:

«Váyase a casa. Regrese cuando tenga alguna otra evidencia más que sólo su testimonio».

La percepción humana está repleta de maneras de equivocarse.

No queremos admitirlo, porque tenemos en alta estima a nuestra biología, pero es verdad. Aquí hay un ejemplo: todos hemos visto esos dibujos que crean las ilusiones ópticas. Son muy divertidos, pero en realidad deberían ser llamados «fallos cerebrales». Eso es lo que está sucediendo — una falla en la percepción humana. Somos muy malas máquinas para recabar datos. Por eso tenemos a la ciencia; por eso tenemos máquinas. A las máquinas no les importa de qué lado de la cama se levantaron en la mañana; no les importa lo que les hayan dicho sus parejas ese día; no les importa si recibieron su dosis de cafeína por la mañana. Son recolectores de datos sin emociones. Eso es lo que hacen.

Quizá usted sí vio a unos visitantes de algún sitio de la galaxia. Pero yo necesito algo más que su testimonio. Y en tiempos modernos, necesito algo más que una fotografía. Hoy, Photoshop casi tiene ya un botón llamado OVNI. No estoy diciendo que no hayamos sido visitados; lo que digo es que la evidencia presentada hasta ahora no satisface los estándares que cualquier científico requeriría para cualquier otra aseveración.

Así que esto es lo que recomiendo para la próxima vez que lo lleven a una nave espacial. Ahí está usted en la plancha, el lugar donde claramente los extraterrestres harán sus experimentos sexuales con usted y lo estarán pinchando con sus instrumentos. Esto es lo que debe hacer. Grite a quien lo esté pinchando: «¡Hey! ¡Mira allá!». Y cuando el alienígena voltee, rápidamente agarre algo de uno de los estantes — un cenicero, cualquier cosa —, guárdelo en su bolsillo y vuelva a recostarse.

Cuando ese encuentro se termine y lo regresen a la Tierra, venga a mi laboratorio y dígame: «¡Mire lo que me robé de la nave espacial!». Una vez que traiga el objeto al laboratorio, el asunto deja de ser un tema de testimonio presencial, porque ya tendremos un objeto de manufactura alienígena — y cualquier cosa que usted pueda robarse que haya viajado en una nave espacial a través de la galaxia sin duda será interesante.

Incluso los objetos producidos por nuestra propia cultura son muy interesantes — como mi iPhone. No hace mucho, la gente en el poder habría revivido las leyes de caza de brujas al verme sacar este aparato. Si podemos hacernos de alguna tecnología que haya cruzado la galaxia, entonces podríamos tener una conversación acerca de los OVNI y los extraterrestres. Así que continúe buscándolos; yo no voy a detenerlo. Pero esté preparado para la noche en la que sea abducido, porque cuando suceda, querré que me muestre esa evidencia.

Muchas personas, incluidos todos los astrónomos *amateurs* del mundo, pasan mucho tiempo mirando hacia arriba.

Salimos de un edificio y miramos hacia arriba. No importa lo que suceda, miramos hacia arriba. Y sin embargo los avistamientos de OVNI no son más numerosos entre los astrónomos *amateurs* que entre el público en general. De hecho son mucho menores.

¿Por qué? Porque nosotros conocemos los fenómenos celestes. Es lo que estudiamos.

En Ohio, un policía reportó un avistamiento OVNI. Algunas personas creen que si uno es *sheriff* o piloto o miembro de las fuerzas armadas, el testimonio será de alguna manera mejor que el de la persona promedio. Pero el testimonio de todos es igual de malo porque todos somos humanos. Este policía en particular estaba siguiendo una luz que iba y venía en el cielo. La estaba persiguiendo con su patrulla.

Después resultó ser que el policía perseguía al planeta Venus, y que viajaba en un camino en curva. Estaba tan distraído por Venus que casi no estaba consciente de estar girando el volante de un lado al otro.

Este es un recordatorio más de lo débiles que son nuestros órganos sensoriales — especialmente cuando nos enfrentamos a fenómenos con los que no estamos familiarizados, mucho menos cuando intentamos describirlos.

§ 28. El futuro de los viajes espaciales en Estados Unidos²⁷

Stephen Colbert: Esta resulta ser la séptima vez que mi siguiente invitado está en el programa. Una más y recibirá gratis un sándwich de treinta centímetros. Demos la bienvenida a Neil

²⁷ Adaptado de una entrevista con Stephen Colbert, The Colbert Report, Comedy Central, 8 de abril de 2010. www.colbertnation.com.

deGrasse Tyson. Primero que nada, ¿tiene tarjeta de invitado frecuente?

Neil deGrasse Tyson: Sí, la tengo.

SC: Hablemos del pavo, Neil. Barack Obama quiere cancelar el programa Constellation que nos llevaría a la Luna en 2020. En su discurso de inauguración, dijo que regresaría a la ciencia al lugar que merece. ¿Ese lugar es el basurero de la Historia? ¿Qué pasa aquí, amigo?

NDT: La NASA sigue haciendo cosas buenas. Eso continúa.

SC: No con las personas de traje, en el espacio.

NDT: Personas en el espacio con traje es una misión completamente distinta.

SC: Esa es la ciencia. Eso me dijeron cuando tenía seis años.

NDT: Esa también es ciencia. Pero esto es lo que nos perderemos sin el programa espacial tripulado. Cuando eras un niño en la escuela, ¿quiénes eran tus héroes?

SC: No eran unas tortugas espaciales iraníes, no. ¡Neil Armstrong! Los astronautas son los supermodelos de la ciencia.

NDT: Sí, lo son. Un astronauta es la única celebridad para la que el público hará fila para obtener su autógrafo sin necesariamente saber cómo se llama.

SC: Vamos a perder eso. Vamos a perder eso como estadounidenses.

NDT: Hay desarrollo tecnológico en el plan de Obama, y todo eso está muy bien.

SC: Desarrollo tecnológico: hablas de robots.

NDT: Sí. Yo no tengo un problema con eso.

SC: Ningún niño quiere crecer y escuchar que un robot dice al aterrizar:

«Este es un pequeño paso para *bleep blurt*».

NDT: Exacto. Eso sería una desilusión.

Sin embargo, hay que estar invirtiendo siempre en robots. El problema es que no hay que excluir al programa tripulado al hacerlo. Te digo, el programa espacial tripulado es lo que inspira a que los niños se conviertan en científicos.

SC: OK. Ahora, Obama intentó ponerle una curita a esto y dijo: «Bueno, todavía vamos a enviar personas al espacio, pero vamos a pedirle aventón a los rusos o a los europeos». Si llegamos a Marte, ¿cómo vamos a saber si Estados Unidos es el número uno, si un astronauta estadounidense está parado junto a un tipo francés? ¿Tendremos que decir: «¡Vamos, Tierra!»? No, tenemos que decir: «¡Vamos Estados Unidos!», ¿no?

NDT: Yo no tengo problemas con pedir aventón para los viajes a la órbita baja de la Tierra, a unos cuantos cientos de millas hacia arriba.

SC: Eso no es nada, eso es cosa de niños. Yo logro alcanzar esa altura con un papalote. El tipo que amarró globos a su silla de jardín llegó ahí.

NDT: Es como la distancia que hay entre Boston y Nueva York. Si la Tierra fuera un globo terráqueo escolar, estamos hablando de un punto menos de media pulgada de su superficie.

SC: Si vemos desde aquí a la Tierra [voltea a la pared del fondo, muestra una imagen gigante de *La Canica Azul (The Blue Marble)*, una fotografía de la Tierra tomada por los astronautas del Apollo 17 en camino a la Luna en diciembre de 1972], ¿qué tan lejos estamos?

NDT: La próxima vez quizá convenga poner a la Tierra con el Polo Norte arriba.

SC: ¡Es que estamos del lado de la Luna! ¡No hay *arriba* en el espacio!

NDT: Eso es cierto, ¡tienes razón!

SC: No hay arriba en el espacio. Jaque y mate. Acepto sus disculpas. Así que, ¿qué tan lejos estamos en esta fotografía?

NDT: A casi treinta mil millas de la Tierra.

SC: Si conseguimos el cohete — y a las personas adecuadas [se señala a sí mismo] — ¿a dónde mandarías el siguiente cohete?

NDT: Yo considero que todo el espacio es la frontera.

SC: Yo considero que todo el espacio es nuestro. Pero vas.

NDT: Me gustaría acercarme y conocer a fondo al próximo asteroide que pueda impactar con nosotros. Uno de ellos nos pasó rozando hace unas horas.

SC: ¿Hoy? ¿Un asteroide nos tiró un golpe?

NDT: Un asteroide del tamaño de una casa pasó entre nosotros y la órbita de la Luna. Justo por ahí [señala a la fotografía]. ¡Hoy!

SC: Esto es la guerra. ¿Estamos en una guerra espacial, Neil?

NDT: Más o menos. Pero también me gustaría ir a Marte. Muchas personas quieren ir a Marte. También está la Luna. Uno llega a ella

en tres días. La próxima vez que dejemos la órbita baja de la Tierra, no quiero que sea un viaje de tres años, con personas que no recuerdan cómo hacerlo. Desde 1972 no hemos estado a más de unas cuantas cientos de millas de la superficie de la Tierra, así que quiero redescubrir qué se siente.

SC: Neil, comparto tu pasión por lograr que Estados Unidos sea la número uno.

Parte III

¿Por qué no?

§ 29. Problemas en los viajes espaciales²⁸

Al escuchar a los entusiastas del espacio hablar de los viajes espaciales, o al ver grandes producciones de cine de ciencia ficción, podría uno pensar que enviar personas a las estrellas es algo inevitable y pronto a suceder. Hay que aterrizar: no lo es y no está — la fantasía supera por mucho a la realidad.

Una de las líneas de pensamiento de quienes abultan las filas de los esperanzados podría ser: «Inventamos el vuelo cuando la mayoría de las personas pensaban que era imposible. Apenas sesenta y cinco años después, llegamos a la Luna. Es momento de que viajemos entre las estrellas. Quienes dicen que no es posible ignoran la Historia».

Tomo prestada mi refutación de una advertencia legal en el mundo de las inversiones: «El desempeño en el pasado no es indicador de futuras ganancias». Cuando llega el momento de extraer mucho dinero del electorado, la ciencia pura — en este caso, la exploración por sí misma — no vende.

Aún así durante los años sesenta, una de las razones principales para los viajes al espacio era que el espacio era la siguiente frontera, que viajábamos a la Luna porque el ser humano era un explorador innato. En el discurso del presidente Kennedy a la sesión conjunta del Congreso el 25 de mayo de 1961, este fue

²⁸ Adaptado de «Space: You Can't Get There from Here», Natural History, septiembre 1998

elocuente al hablar de la necesidad de que los estadounidenses conquistaran la siguiente frontera. El discurso incluyó estas líneas citadas con frecuencia:

Creo que esta nación debería comprometerse a lograr el objetivo, antes de que termine esta década, de llevar a un hombre a la Luna y regresarlo a salvo a la Tierra. Ningún proyecto espacial en este periodo será más impresionante para la humanidad, ni más importante para la exploración espacial de largo alcance, y ninguno será tan difícil ni tan costoso de lograr.

Estas palabras motivaron al explorador que todos llevamos dentro y reverberaron a lo largo de toda la década. Mientras tanto, casi todos los astronautas fueron sacados del ejército — un hecho que parece difícil de reconciliar con la retórica elevada.

Apenas un mes antes del discurso de Kennedy, el cosmonauta soviético Yuri Gagarin se había convertido en el primer ser humano en alcanzar la órbita terrestre. La Guerra Fría estaba en pleno y la carrera espacial también, y la Unión Soviética todavía no había sido derrotada. De hecho, Kennedy adoptó una postura militar en su discurso ante el Congreso, unos párrafos antes de la cita anterior. Pero ese párrafo casi nunca se menciona:

Si vamos a ganar la batalla que tiene lugar alrededor del mundo entre la libertad y la tiranía, los importantes logros en el espacio que han sucedido en semanas recientes deben dejarnos claro, como lo hizo el Sputnik en 1957, el impacto que tendrá

esta aventura en las mentes de los hombres en todo el mundo que intentan decidir qué camino tomar.

Si el paisaje político hubiera sido distinto, los estadounidenses — y el Congreso en particular — no habrían destinado el 4 por ciento del presupuesto del país para lograr esa tarea.

Un viaje a la Luna a través del vacío del espacio había estado en la mira, aunque tecnológicamente distante, desde 1926, cuando Robert Goddard perfeccionó el combustible líquido para cohetes. Este avance hizo que fuera posible volar sin la sustentación que da el aire que pasa por debajo de las alas. Goddard mismo se dio cuenta de que un viaje a la Luna finalmente sería posible, pero prohibitivamente caro: «Puede llegar a costar un millón de dólares».

Los cálculos, posibles al día siguiente de que Isaac Newton publicara su ley universal de la gravitación, muestran que un viaje eficiente a la Luna — en una nave que escape de la atmósfera terrestre a siete millas por segundo, y que siga sin emplear más combustible hasta llegar — tomaría tres días. Tal viaje se ha realizado sólo nueve veces — todas entre 1968 y 1972.

Además de esas nueve veces, cuando la NASA manda astronautas al «espacio», pone a una tripulación en órbita a unos cuantos cientos de miles de millas por encima de nuestro planeta de ocho mil millas de diámetro. Ese no es un viaje espacial.

¿Qué habría pasado si le hubieran dicho a John Glenn que, después de sus históricas tres órbitas y su descenso exitoso en el mar en 1962, treinta y siete años después la NASA lo volvería a

enviar al espacio? Puedo apostar a que no se habría imaginado que lo mejor que podíamos hacer era enviarlo de nuevo a la órbita baja de la Tierra.

[Tweet espacial #52.

¿Y si perdiéramos a la Luna? La gente de astronomía estaría encantada. Las noches de Luna son pésimas para las observaciones del cielo.]

[Tweet espacial #53

¿Y si perdiéramos a la Luna? Tendríamos que hallar algo más a lo que culpar por el comportamiento lunático.]

[Tweet espacial #54.

¿Y si perdiéramos a la Luna? No habría eclipses, ni danzas a la Luna, ni hombres lobo. Ni el disco de Pink Floyd, «The Dark Side».]

[Tweet espacial #55.

¿Y si perdiéramos a la Luna? Las mareas serían débiles — sólo por el Sol. Y la NASA quizá ya habría llevado astronautas a Marte.]

¿Por qué todos estos problemas para viajar al espacio?

Empecemos con el dinero. Si podemos enviar a alguien a Marte por menos de 100 mil millones, yo digo: hagámoslo.

Pero tengo una apuesta amigable con Louis Friedman, antiguo director ejecutivo de la Planetary Society (una organización financiada por sus miembros fundada junto con Carl Sagan para promover la exploración pacífica del espacio), que no vamos a ir a Marte pronto. Para ser más específico, en 1996

le aposté que no habría plan financiado por ningún gobierno para enviar una misión tripulada a Marte en los siguientes diez años. Esperaba perder esa apuesta. Pero la única manera en la que habría podido perderla sería si el costo de las misiones modernas hubiera bajado considerablemente — por un factor de diez o más — comparado con el costo de las misiones en el pasado.

Esto me recuerda la legendaria imagen de los gastos de la NASA que ha estado circulando en internet desde hace una década o más. A pesar de que algunos de sus detalles resultaron ser falsos, la esencia es verdadera.ⁱⁱ La siguiente versión me la reenvió un colega ruso, Oleg Gnedin, a finales de los noventa:

La pluma de los astronautas

Al calor de la carrera espacial en los sesenta, la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio de Estados Unidos decidió que necesitaba una pluma de punta rodante para escribir dentro de los confines de sus cápsulas en gravedad cero. Después de mucha investigación y desarrollo, crearon la pluma de los astronautas, con un costo de cerca de 1 millón de dólares. La pluma funcionó y gozó de cierto éxito como un artículo curioso acá en la Tierra. Cuando la Unión Soviética se enfrentó al mismo problema, utilizaron un lápiz.

A menos de que tengamos una repetición de las condiciones geopolíticas que lograron obtener 200 mil millones de dólares de las carteras de los contribuyentes para viajes espaciales durante los sesenta, sigo sin estar convencido de que volveremos a enviar a otro *Homo Sapiens* a algún sitio más allá de la órbita baja de la Tierra. Cito a un colega de Princeton, J. Richard Gott, quién habló en un panel hace algunos años en el planetario Hayden sobre el estado de salud del programa espacial tripulado: «En 1969, Wernher von Braun tenía un plan para enviar astronautas a Marte para 1982. No sucedió. En 1989, el presidente George [H. W.] Bush prometió que enviaríamos astronautas a Marte para el año 2019. Esa no es una buena señal. ¡Parece que Marte se aleja cada vez más!».

A esto añado que la predicción más acertada del clásico de la ciencia ficción de 1968, *2001: Odisea del espacio*, es que las cosas van a salir mal.

El espacio es vasto y vacío más allá de cualquier medida terrenal. Cuando Hollywood muestra una nave viajando por la galaxia, aparecen puntos de luz — estrellas — pasando como luciérnagas. Pero las distancias entre las estrellas en una galaxia son tan grandes que para que esas naves se muevan como lo indican se necesitaría que viajaran a velocidades quinientos millones de veces más rápido que la velocidad de la luz.

La Luna está lejísimos comparada con los destinos posibles a los que llega un avión de pasajeros, pero está en la punta de nuestras narices si lo comparamos con cualquier otra cosa del universo. Si la

Tierra tuviera el tamaño de una pelota de basquetbol, la Luna sería del tamaño de una bola de softball a unos diez pasos de distancia — y es lo más lejos que hemos enviado a una persona en el espacio. A esta escala, Marte estaría, en su punto más cercano, a una milla de distancia. Plutón orbita a cien millas de distancia. Y Proxima Centauri, la estrella más cercana al Sol está a un millón de millas de distancia.

Asumamos pues que el dinero no es problema. En este futuro imaginario, nuestra noble misión de descubrimiento de nuevos sitios y de develar verdades científicas ha sido tan efectiva como el llamado de la guerra para recaudar fondos. Viajando a una velocidad suficiente para escapar no sólo de la Tierra sino de todo el Sistema Solar — veinticinco millas por segundo basta —, una ida a la estrella más cercana durará unos aburridísimos y largos treinta mil años. ¿Un poco largo, dice usted? La energía incrementa tanto como el cuadrado de su velocidad, así que si quiere duplicar su velocidad debe invertir cuatro veces la energía. Para triplicar la velocidad se requiere nueve veces más energía. No hay problema.

Sólo juntemos a unos cuantos ingenieros inteligentes capaces de construirnos una nave espacial que sea apta para producir tanta energía como sea necesaria.

¿Qué tal una nave espacial que viaje tan rápido como Helios-B, la sonda solar alemana-estadounidense que hasta ahora es la sonda no tripulada más rápida? Fue lanzada en 1976 y llegó a registrar 42 millas por segundo (más de 150.000 millas por hora) mientras aceleraba en camino al Sol. (Tomemos en cuenta que esa velocidad

es sólo una quincuagésima parte de la velocidad de la luz). Esa nave reduciría el tiempo de viaje a la estrella más cercana a unos diecinueve mil años — casi cuatro veces más que el registro de la historia humana.

Lo que en realidad queremos es una nave que pueda viajar casi a la velocidad de la luz. ¿Qué dicen de 99 por ciento de la velocidad de la luz? Lo único que hace falta es 700 millones de veces la energía de propulsión que emplearon los astronautas del Apollo en camino a la Luna. De hecho, eso es lo que se requeriría si el universo no fuera descrito por la teoría de la relatividad especial de Einstein. Pero como bien predijo Einstein, al tiempo que su velocidad incrementa, también lo hace su masa, de modo que debe gastar más energía para acelerar la nave espacial a casi la velocidad de la luz. Un cálculo veloz sobre una servilleta le revelaría que se necesitarían por lo menos diez mil millones de veces la energía utilizada para los viajes lunares.

No hay problema, nuestros ingenieros son los mejores. Pero ahora nos enteramos de que la estrella más cercana con planetas orbitando alrededor no es Proxima Centauri, sino una que está a diez años luz. La teoría de la relatividad especial de Einstein muestra que al viajar a 99 por ciento de la velocidad de la luz, uno envejecerá al 14 por ciento del ritmo al que envejecen las personas en la Tierra, así que el viaje redondo para usted no durará veinte años, sino tres. En la Tierra, en cambio, sí habrán pasado esos veinte años, y para cuando usted vuelva, quizá todos se hayan olvidado de usted.

La distancia de la Luna a la Tierra es diez millones de veces más grande que la distancia que voló el Wright Flyer en Kitty Hawk, North Carolina. Aquel aeroplano diseñado y construido por dos hermanos que tenían una taller de reparación de bicicletas. Sesenta y seis años después, dos astronautas del Apollo 11 se convirtieron en los primeros en caminar sobre la Luna. En su taller, al contrario de en el de los hermanos Wright, había miles de científicos e ingenieros construyendo una nave de varios cientos de millones de dólares. Estos dos no son logros comparables. El costo y el esfuerzo que requirió el viaje espacial se debe no sólo a las vastas distancias por recorrer, sino también a la increíble hostilidad del espacio frente a la vida.

Muchos dirán que los primeros exploradores terrestres también la tenían bastante mal.

Consideremos la exploración de Gonzalo Pizarro desde Quito a través de Perú en busca de la tierra fabulosa de las especies orientales en 1540. El terreno sofocante y los nativos hostiles llevaron a la muerte de la mitad de la expedición de Pizarro, que al inicio contaba con más de cuatro mil personas. En su relato de esta aventura desastrosa escrito a mediados del siglo XIX, William H. Prescott describe el estado de la expedición después de un año de viaje:

A cada paso se veían obligados a abrirse camino con las hachas, al mismo tiempo que en los matorrales y espinos se les quedaban prendidas sus ropas, podridas por el temporal al que estaban expuestos. Sus provisiones echadas a perder por el temporal se

habían acabado hacía mucho tiempo, y el ganado que tomaron consigo se había consumido también o se había perdido en los bosques y en los pasos de las sierras.

Cuando salieron venían acompañados de cerca de mil perros; muchos de ellos de la raza feroz que se empleaba para cazar a los nativos desafortunados. Les habían dado muerte gustosamente ahora, pero sus miserables carcazas eran un banquete muy magro para los viajeros hambrientos.

Al borde de abandonar toda esperanza, Pizarro y sus hombres construyeron un bote lo suficientemente grande como para llevar a todos los sobrevivientes por el río Napo, en busca de comida y suministros:

Los bosques le dieron madera en abundancia; se hicieron clavos de las herraduras de los caballos muertos o que habían matado para alimentarse; las herraduras de los caballos muertos en el camino o muertos para comer, fueron convertidas en clavos; el hule destilado de los árboles hizo las veces de alquitrán y en vez de estopa se sirvieron de los destrozados vestidos de los soldados... Al cabo de dos meses se concluyó un bergantín, toscamente labrado, pero fuerte y de bastante capacidad para llevar a la mitad de la compañía.

Pizarro transfirió el mando de este barco hechizo a Francisco de Orellana, un caballero de Trujillo y él se quedó a esperar. Después de muchas semanas Pizarro dejó de esperar a Orellana y regresó al pueblo de Quito; le tomó otro año llegar ahí. Más tarde Pizarro se

enteró que Orellana había navegado con éxito el barco por el río Napo hacia el Amazonas, pero sin intención de regresar, siguió por el Amazonas hasta la desembocadura en el Atlántico.

Orellana y sus hombres viajaron a Cuba, donde hallaron un viaje de regreso a España.

¿La Historia incluye lecciones para los posibles viajeros a las estrellas?

Supongamos que una de nuestras naves llena de astronautas se estrella en un planeta distante y hostil. Los astronautas sobreviven, pero la nave está destruida o dañada. El problema es que los planetas hostiles tienden a ser mucho más peligrosos que los nativos hostiles.

El planeta quizá no tenga aire. Y si sí tiene, quizá sea tóxico. Si el aire no es tóxico, entonces la presión atmosférica puede ser cientos de veces más alta de lo que es en la Tierra. Y si la presión atmosférica es tolerable, la temperatura del aire puede ser de 200° bajo cero — o 200° sobre cero. Ninguna de estas posibilidades augura nada bueno para nuestros astronautas exploradores.

Pero quizá pueden sobrevivir por un tiempo gracias a sus sistemas de sobrevivencia de reserva. Mientras tanto, lo único que tienen que hacer será buscar materiales en el planeta; construir otra nave o reparar el daño, que puede implicar reconectar las computadoras de mando (utilizando las partes que se hayan podido recolectar de la colisión); construir una fábrica de combustible de cohetes, y lanzarse al espacio y volar de vuelta a casa.

Encantadoramente ilusorio.

Quizá lo que debemos hacer es utilizar la ingeniería genética para crear nuevas formas de vida inteligente que puedan sobrevivir el estrés del espacio y al mismo tiempo realizar experimentos científicos. En realidad, estas criaturas ya se construyen en el laboratorio. Se llaman robots. No hay que alimentarlos, no necesitan equipos de supervivencia y no se enfadan si no los regresamos a la Tierra. Las personas, por otro lado, generalmente quieren respirar, comer y eventualmente volver a casa.

Es cierto que ninguna ciudad ha organizado un desfile para celebrar a un robot. Pero también es cierto que ninguna ciudad ha organizado un desfile para un astronauta que no haya sido el primero o el último en hacer algo o en ir a algún lado. ¿Puede nombrar a los dos astronautas del Apollo 12 o los del Apollo 16 que caminaron sobre la Luna?

Probablemente no pueda. El Apollo 12 fue la segunda misión lunar. El Apollo 16 la penúltima. Pero estoy seguro que tiene una imagen favorita de entre las que ha tomado el robot orbital conocido como telescopio espacial Hubble. Apuesto a que puede recordar imágenes tomadas por los exploradores que con sus seis llantas han recorrido la superficie rocosa de Marte. Y estoy incluso dispuesto a apostar que ha visto algunas de las impresionantes imágenes de los planetas jovianos — los gigantes de gas del Sistema Solar exterior — y su zoológico de lunas, imágenes tomadas a lo largo de las décadas por las sondas espaciales Voyager, Galileo y Cassini.

En ausencia de varios miles de millones de dólares en gastos de viaje, y en presencia de condiciones cósmicas hostiles, lo que

necesitamos no son ilusiones y retórica de la ciencia ficción inspirada por una lectura superficial de la historia de la exploración. Lo que necesitamos — pero que debemos esperar pacientemente y que quizá nunca tengamos — es un avance en nuestro entendimiento científico de la estructura del universo, para poder explotar los atajos en el continuo del espacio-tiempo, quizá a través de agujeros de gusano que conectan una parte del cosmos con otra. Entonces, una vez más, la realidad será más extraña que la ficción.

§ 30. Alcanzar las estrellas²⁹

En los meses siguientes al reingreso fatal del Transbordador Espacial Columbia a la atmósfera terrestre en febrero de 2003, todos se convirtieron en críticos de la NASA. Después del *shock* inicial y del periodo de duelo, una fila interminable de periodistas, políticos, científicos, ingenieros, analistas políticos y contribuyentes comunes y corrientes debatían el pasado, el presente y el futuro de la presencia estadounidense en el espacio.

Aunque a mí siempre me ha interesado este tema, mis viajes como parte de una comisión presidencial sobre la industria aeroespacial estadounidense han afilado aún más sentidos y mis sensibilidades. En medio de algunos nuevos argumentos en las páginas editoriales y en los programas televisivos, aparecen las mismas preguntas con cada nuevo problema que aqueja al programa espacial: ¿Por qué enviamos personas al espacio y no robots? ¿Por qué gastar dinero en el espacio cuando lo podríamos gastar aquí en la Tierra? ¿Cómo podemos volver a hacer que la gente se emocione con el programa espacial?

Sí, los niveles de emoción están bastante bajos. Pero la falta de entusiasmo no es equivalente a la apatía.

En este caso, la actitud de normalidad es evidencia que la exploración del espacio ha pasado sin problemas a la cultura diaria, tan es así que la mayoría de los estadounidenses ya no reparan en ello. Le ponemos atención únicamente cuando algo sale mal.

²⁹ Adaptado de «*Reaching for the Stars*», Natural History, abril de 2003

En los sesenta, en cambio, el espacio era una frontera exótica — recorrida por unos cuantos, por los valientes y los afortunados. Cada gesto hacia los cielos que hacía la NASA causaba un gran revuelo en los medios — la evidencia más clara de que el espacio era todavía un territorio poco familiar.

Para muchos, en particular para los aficionados a la NASA y para cualquiera que estuviera empleado en la industria aeroespacial, la década de los sesenta fue la época de oro de la exploración espacial en Estados Unidos.

Una serie de misiones espaciales, cada una más ambiciosa que la anterior, desembocaron en seis viajes a la Luna.

Caminamos sobre la Luna, justo como dijimos que lo haríamos. Sin duda Marte sería el siguiente. Aquellas aventuras encendieron un nivel de interés público sin precedentes en ciencia e ingeniería, e inspiraron a estudiantes en todos los niveles. Lo que siguió fue un boom tecnológico al interior del país que daría forma a nuestras vidas por lo que restó del siglo.

Una bellísima historia.

Pero no caigamos en el engaño de creer que fuimos a la Luna porque somos pioneros o exploradores o descubridores desinteresados. Fuimos a la Luna porque las políticas de la Guerra Fría dispusieron que era algo conveniente militarmente.

¿Y qué hay del hallazgo por sí mismo? ¿Los réditos científicos de una misión tripulada a Marte son inherentemente importantes como para justificar los costos? Después de todo, cualquier misión predecible hacia Marte sería larga e inmensamente costosa.

Pero Estados Unidos es un país rico.

Tiene dinero. Y es fácil imaginar la tecnología necesaria. Esos no son los problemas.

Los proyectos costosos son vulnerables porque toman mucho tiempo y deben ser mantenidos a pesar de los cambios de liderazgo político así como los periodos de recesión en la economía. Las fotografías de niños sin hogar y obreros desempleados yuxtapuestas con imágenes de astronautas jugueteando en Marte son un argumento poderoso en contra del financiamiento sostenido de estas misiones espaciales.

Una revisión de los proyectos más ambiciosos de la Historia demuestra que solamente cuando hay consideraciones defensivas, o la promesa de ganancias económicas o el elogio del poder, pueden hacerse de grandes fracciones del producto interno bruto de un país.

Dicho de manera coloquial, podemos decir: nadie quiere morir. Nadie quiere morir pobre. Si uno tiene dos dedos de frente, hay que honrar a quien tiene autoridad sobre nosotros. El dinero fluye como cerveza de un barril recién abierto para los proyectos costosos que logran cumplir con más de una de estas funciones. Las 44.000 millas de carreteras interestatales en Estados Unidos son un ejemplo perfecto.

Inspiradas por las *autobahns* alemanas, estos caminos fueron creados en la era Eisenhower para mover material y personal para la defensa de la nación.

La red también sería muy utilizada por vehículos comerciales, razón por la cuál siempre hay dinero para las carreteras.

Durante el programa de transbordadores, el riesgo empírico de muerte era muy alto.

Con dos transbordadores perdidos en 135 lanzamientos, la probabilidad para un astronauta de no regresar a casa era de 1.5 por ciento. Si cada vez que fuera al supermercado enfrentara una probabilidad de morir de 1.5 por ciento, jamás utilizaría el auto. Para la tripulación del Columbia, en cambio, las ganancias hacían que el riesgo valiera la pena.

Estoy muy orgulloso de ser parte de una especie cuyos miembros ocasional y voluntariamente ponen sus vidas en riesgo para extender las fronteras de nuestra existencia colectiva.

Esas personas fueron las primeras en ver lo que había del otro lado de ese despeñadero. Fueron los primeros en escalar esa montaña. Fueron los primeros en navegar el océano. Fueron los primeros en tocar el cielo. Y serán los primeros en llegar a Marte.

Quizá sí haya manera de seguir alcanzando nuevos lugares, pero implica un pequeño cambio en lo que el gobierno llama seguridad nacional. Si la ciencia y la tecnología pueden ganar guerras, como parece sugerirlo la historia de los conflictos militares, entonces en lugar de estar contando el número de bombas inteligentes que tenemos, quizá debamos empezar a contar el número de científicos e ingenieros. Y no nos faltan proyectos seductores para atraerlos:

Debemos llegar a Marte para buscar combustibles fósiles y para descubrir por qué ya no hay agua fluyendo en su superficie.

Debemos visitar un asteroide o dos, y aprender cómo desviarlos.

Si descubrimos que uno viene hacia nosotros, qué vergüenza que los seres humanos con sus grandes cerebros y sus pulgares oponibles corran con la misma suerte que el T. Rex.

Debemos perforar los kilómetros de hielo que hay en Europa, la luna de Júpiter, y explorar el océano líquido que existe ahí abajo para buscar organismos vivos.

Debemos explorar Plutón y su familia de cuerpos helados en el Sistema Solar exterior, porque ahí habrá claves acerca del origen de nuestros planetas.

Debemos sondear la densa atmósfera de Venus para entender cómo es que su efecto invernadero se ha disparado, y ha llevado a que la temperatura en la superficie sea de 900° Fahrenheit.

Ninguna parte de nuestro Sistema Solar debe estar fuera de nuestro alcance.

Debemos desplegar robots y personas para llegar a todos esos sitios, entre otras razones, porque los robots son malos geólogos de campo. Y ninguna parte del universo debería estar oculta para nuestros telescopios.

Los deberíamos poner en órbita y darles los panoramas más grandes para mirar hacia la Tierra y hacia el resto del Sistema Solar.

Con misiones y proyectos como estos, Estados Unidos podría garantizar una fuente académica rebotante de los mejores y los más brillantes astrofísicos, biólogos, químicos, ingenieros, geólogos y físicos. El conjunto de todos ellos sería un nuevo tipo de misil, lleno

de capital intelectual. Estarían listos para acudir al llamado, así como lo han hecho los mejores y los más brillantes de este país en tiempos de necesidad.

Si el programa espacial de Estados Unidos muere con la tripulación del Transbordador Espacial Columbia — porque nadie está dispuesto a firmar el cheque que lo mantenga vivo — sería dar pasos hacia atrás al quedarnos quietos.

§ 31. Estados Unidos y los poderes espaciales emergentes³⁰

Nací la misma semana en que se fundó la NASA. Ese mismo año nacieron algunas otras personas: Madonna, Michael Jackson, el artista antes conocido como Prince, Michelle Pfeiffer, Sharon Stone. Fue el año en el que se patentó la muñeca Barbie y cuando apareció la película *The Blob*. Y fue el primer año en el que se celebró esta cena, la Goddard Memorial Dinner: 1958.

Yo estudio el universo. Es la segunda profesión más antigua del mundo. Las personas han estado mirando hacia arriba desde hace mucho tiempo.

Pero ser académico me pone un poco afuera del «club». Sí, he pasado mucho tiempo de calidad en la comunidad aeroespacial, formé parte de dos comisiones presidenciales, pero en el fondo soy un académico. Ser un académico significa que no ejerzo ningún poder sobre persona, lugar o cosa alguna. No tengo el mando de tropas; no dirijo sindicatos laborales. Lo único que tengo es el poder del pensamiento.

Al mirar nuestro mundo y sus conflictos, me preocupo. No hay suficientes personas pensando lo que hacen. Permítanme ponerles algunos ejemplos.

Un día leía el periódico — cosa peligrosa, siempre — y vi un encabezado que se quejaba: «LA MITAD DE LAS ESCUELAS EN EL DISTRITO CON PUNTAJES POR DEBAJO DE LA MEDIA».

Bueno, pensé, ¡eso es justo lo que significa el promedio! La mitad están por debajo y la mitad están por encima.

³⁰ Adaptado de un discurso de apertura para el 48th Annual Dr. Robert H. Goddard Memorial Dinner, National Space Club, Washigton, DC, 1 de abril de 2005

Aquí hay otro:

«80% DE SOBREVIVIENTES DE AVIONAZOS UBICARON LAS SALIDAS DE EMERGENCIA ANTES DE DESPEGAR».

Pensarán: «Bien, ese es un buen dato; a partir de ahora, voy a ubicar dónde están las puertas de emergencia. Pero hay un problema con esos datos: supongamos que 100 por ciento de los muertos sabían donde estaban las puertas de emergencia». Jamás lo sabremos porque están muertos. Este es el tipo de pensamiento impreciso presente en el mundo.

Tengo otro ejemplo. Se dice que la lotería estatal es una especie de impuesto sobre los pobres, porque son las personas de menores ingresos las que gastan una gran cantidad de su dinero en boletos de lotería. No es un impuesto para los pobres. Es un impuesto para las personas que jamás estudiaron matemáticas.

En 2002, después de pasar más de tres años en una misma residencia por primera vez en mi vida, me llamaron para formar parte de un jurado. Llegué a tiempo, listo para cumplir con mi deber.

Cuando llegó el momento de las preguntas, el abogado me dijo: «Veo que usted es astrofísico. ¿Qué es eso?». «La astrofísica son las leyes de la física, aplicadas al universo — el Big Bang, los agujeros negros, ese tipo de cosas», le respondí. Y entonces me pregunta: «¿Y qué es lo que enseñas en Princeton?», y le respondí: «Doy una clase sobre la evaluación de la evidencia y la relativa poca confiabilidad de los testimonios presenciales». Cinco minutos después estaba en la calle.

Unos años después, de nuevo llamado a ser jurado. El juez dice que la persona en juicio es acusada de portar 1,700 miligramos de cocaína. Los descubrieron en su cuerpo, fue arrestado y ahora está en juicio. Esta vez, después de la sesión de preguntas, el juez nos preguntó a nosotros si queríamos hacer alguna pregunta. Y yo dije: «Sí, su señoría. ¿Por qué dijo que fue hallado en posesión de 1,700 miligramos de cocaína? Eso es 1.7 gramos, porque los mil se cancelan con los “mili-” y entonces tenemos 1.7 gramos, que es menos de lo que pesa una moneda de diez centavos». Y de nuevo, a la calle.

¿Decimos, «te veo en mil millones de nano segundos»? ¿Decimos: «vivo a sólo 63,360 pulgadas hacia allá»? No, no hablamos así. Eso es un pensamiento matemáticamente impreciso. En este caso, se trataba de un pensamiento intencionalmente impreciso.

Otra área del pensamiento impreciso está en el movimiento llamado Diseño Inteligente. Según este, algunas cosas son demasiado maravillosas o intrincadas como para requerir explicación. El supuesto es que estas cosas rebasan las explicaciones científicas comunes de causa y efecto, así que deben ser atribuidas a un diseñador inteligente y decidido. Es una pendiente resbaladiza.

Así que les propongo que iniciemos el movimiento llamado Diseño Estúpido, y veamos a dónde nos lleva eso. Por ejemplo: ¿qué pasa con el apéndice? Es mucho más eficiente para matarnos que para cualquier otra cosa.

Entra dentro del diseño estúpido sin duda. ¿Y qué hay con la uña del dedo chiquito del pie? Apenas si se le puede poner barniz; no

hay espacio. ¿Y qué con el mal aliento, o con el hecho de que respiramos y bebemos por el mismo agujero del cuerpo, lo que provoca que unos cuantos mueran ahogados cada año? Y aquí les propongo la última.

¿Listos? Ahí abajo, entre las piernas, tenemos un complejo sistema de entretenimiento en medio de un sistema de desagüe. ¿Quién diseñó eso?

Algunas personas proponen colocar estampas en los libros de texto de biología que digan que la teoría de la evolución es simplemente una de muchas teorías, que puedes tomar o dejar. La religión antecede por mucho a la ciencia; y seguirá estando aquí para siempre. Ese no es el tema. El problema es cuando la religión entra al salón de clases. No existe la tradición de científicos golpeando la puerta del salón de catecismo, para decirle a los predicadores qué enseñar.

Los científicos no van a hacer manifestaciones afuera de las iglesias.

En términos generales — aunque no parezca ahora — la ciencia y la religión han logrado una coexistencia pacífica desde hace algún tiempo. De hecho los conflictos más importantes en el mundo no son producto de un pleito entre religión y ciencia; son entre religión y religión.

Y este no es simplemente un punto académico. Regresemos un milenio.

Entre 800 y 1200 d. C., el centro intelectual del mundo occidental fue Bagdad ¿Por qué? Porque sus líderes estaban abiertos a que

cualquiera pensara lo que quisiera: judíos, cristianos, musulmanes, escépticos.

Todos tenían un lugar en la mesa de debate, y así incrementaban al máximo el intercambio de ideas. Mientras tanto, la sabiduría escrita del mundo estaba siendo adquirida por las bibliotecas de Bagdad y traducida al árabe. Como resultado, los árabes lograron muchos avances en agricultura, comercio, ingeniería, medicina, matemáticas, astronomía y navegación. ¿Se han dado cuenta que dos tercios de las estrellas con nombre en el cielo tienen nombres árabes? Si haces algo primero y mejor que nadie, tienes derecho de nombrarlo.

Los árabes tenían el derecho a nombrarlas hace mil doscientos años porque habían trazado su curso mejor que nadie. Fueron pioneros en el uso del menguante sistema numérico hindú en el nuevo campo del álgebra, una palabra árabe — por esto los numerales se llaman «números arábigos». «Algoritmo», otra palabra familiar, se deriva del nombre del matemático de Bagdad que nos dio las bases del álgebra.

¿Qué pasó? Los historiadores dicen que con el saqueo de Bagdad a manos de los Mongoles en el siglo trece, las bases intelectuales no-sectarias de toda esta iniciativa se vinieron abajo, junto con las bibliotecas que lo apoyaban. Pero si seguimos las fuerzas religiosas y culturales en juego, nos damos cuenta de que los influyentes escritos del teólogo musulmán del siglo once Al-Ghazali ayudaron a conformar el modo en el que el Islam veía al mundo natural. Al declarar que la manipulación de números era obra del diablo, y al

promover el concepto de la voluntad de Allah como la causa todos los fenómenos naturales, Ghazali sin saberlo estaba extinguiendo los empeños científicos en el mundo musulmán. Y nunca se recuperó, incluso hasta la fecha. Desde 1901 hasta 2010, de los 543 ganadores del premio Nobel en ciencias, dos han sido musulmanes. Y sin embargo casi una cuarta parte de la población mundial es musulmana.

Hoy, entre los cristianos fundamentalistas, así como entre los judíos hasídicos, hay una ausencia comparable. Cuando las sociedades y las culturas son permeadas por filosofías no seculares, la ciencia y la tecnología y la medicina se estancan.

Poner estampas en los libros de biología es una mala práctica. Pero si así es como se va a jugar el juego, ¿por qué no pedir que se le pongan estampas a la Biblia que digan: «Algunas de estas historias pueden no ser ciertas»?

En la primavera de 2001 estaba yo en mis asuntos, entre los prados bien recortados del campus de la Universidad de Princeton — cuando sonó el teléfono. Era la Casa Blanca, diciéndome que querían que formara parte de una comisión para estudiar la salud de la industria aeroespacial. ¿Yo?

Ni siquiera sé cómo volar un avión. Al principio estaba indiferente. Luego investigué sobre la industria aeroespacial y me di cuenta que había perdido medio millón de empleos en los últimos catorce años. Algo malo estaba sucediendo ahí.

La primera reunión de la comisión estaba programada para finales de septiembre. Luego vino el 11 de septiembre.

Vivía — entonces y ahora — a cuatro cuadras de las Torres Gemelas. Las ventanas de enfrente de mi casa están ahí. Tenía que ir a Princeton esa mañana, pero unos textos que tenía pendientes hicieron que me quedara en casa. Llega el primer avión. Luego el otro. En ese momento, ¿qué tan indiferente podía mantenerme? Acababa de perder mi cuadra debido a dos aviones. El deber llamaba. Era una nueva persona: no sólo la nación había sido atacada, también mi cuadra.

Me acuerdo muy bien de la primera reunión. Había once comisionados más, en una habitación llena de testosterona.

Todos llenaban el espacio. Estaba el General tal, y el Secretario de la Marina tal, y el Congresista tal. No es que yo no tenga testosterona, pero es una testosterona del Bronx. Es del tipo de testosterona que si te peleas con un tipo en la calle, le pateas el trasero. En cambio esta testosterona que decía «yo construyo misiles»

era totalmente distinta. Incluso las mujeres en la comisión la tenían. Había una mujer con un acento sureño perfectamente entonado para decir «bésame el culo». Otra era la analista en jefe de la industria aeroespacial para Morgan Stanley; después de pasar su infancia en bases navales, tenía a la industria agarrada de las gónadas.

Con esa comisión viajamos por el mundo para ver qué era lo que estaba influyendo en la situación aquí en el país. Visitamos China antes de que pusieran a una persona en el espacio. En mi mente tenía el estereotipo de que todos andarían en bicicletas, pero en

realidad todos manejaban Audis y Mercedes Benz y Volkswagen. Al regresar a casa revisé las etiquetas de todas mis cosas; la mitad se había fabricado en China. Había mucho dinero yéndose para allá.

En nuestro tour, visitamos la Gran Muralla, un proyecto militar. Busqué pero no pude hallar evidencia de tecnología, sólo los ladrillos de la pared. Pero saqué mi celular y le marqué a mi madre en Nueva York.

«¡Oh, Neil, qué rápido volviste!». Era la mejor conexión de celular que había tenido. Nadie en China se la pasa diciendo: «¿Ahí me oyes mejor? ¿Ahí?».

En cambio sí está sucediendo en nuestro corredor en el noreste. Cada que uno viaja en tren, la señal se pierde al pasar junto a un árbol.

Así que cuando China anunció:

«Vamos a poner a alguien en órbita», sin duda, estaba seguro de que lo harían.

Todos lo estábamos. China ha dicho: «queremos llevar a alguien a la Luna».

Y no tengo dudas de que lo harán.

Cuando digan que quieren poner a alguien en Marte, estaré seguro de ello.

La cosa con Marte es que ya es rojo, así que podría funcionar muy bien para el mercadeo y las relaciones públicas chinas.

Después de China, visitamos la Ciudad de las Estrellas, en Rusia, a las afueras de Moscú. La Ciudad de las Estrellas es el centro del programa espacial ruso. Nos apretamos todos al interior de la

oficina del jefe del centro, y a la mitad de la mañana dijo: «es hora del vodka». El vaso era tan pequeño que no podía poner todos mis dedos en él, así que mi dedo meñique se quedó fuera.

Uno no toma vodka en Rusia con el meñique alzado. Y otro *faux pas*: yo sólo lo estaba probando, no me lo acababa de un trago, porque estoy acostumbrado a beber vino de mesa. Así que una vez más, estaba en la cercanía de un estrato superior de testosterona.

Pero la visita que realmente me puso los pelos de punta fue la que hicimos a Bruselas, donde nos reunimos con los ejecutivos y organizadores de la industria aeroespacial europea.

Acababan de publicar su documento de visión para los siguientes veinte años, y estaban trabajando en Galileo un sistema de navegación satelital que compite directamente con nuestro GPS. Así que estábamos algo preocupados: ¿Qué sucederá cuando terminen Galileo, equipen a los aviones europeos con él y anuncien que tenemos que tenerlo para poder acceder al espacio aéreo europeo? Tenemos una industria que se las está viendo complicadas, y encima pedirle que equipen los aviones para poder volar hacia allá sería un peso financiamiento nada bienvenido. Como estaban las cosas, los europeos podían utilizar nuestro sistema gratis.

Así que, mientras intentábamos entender la situación, los europeos estaban sentados ahí, con aire satisfecho, en particular un tipo. Estoy casi seguro que nuestras sillas estaban un poco más abajo porque recuerdo verlos hacia arriba. Y considerando el tamaño de mi torso, no debería estar mirando hacia arriba. Y de pronto, algo

hizo *clic* en mi cabeza. Como ya les dije, lo único que tengo es el poder del pensamiento. Y me enfurecí.

¿Por qué estaba enfurecido? Porque estábamos sentados en una mesa hablando del producto aeroespacial como si fuera soya — cuáles son las regulaciones comerciales, las tarifas, las restricciones; si ustedes hacen esto, entonces nosotros haremos esto. Y pensaba: hay algo mal aquí. La industria aeroespacial es una de las fronteras de nuestra proeza tecnológica. Y si de verdad estás en esa frontera, no te sientas en una mesa a negociar los derechos de uso. Estás tan adelante de los demás que ni siquiera te preocupa lo que ellos quieren. Simplemente se los das. Esa fue la postura de los Estados Unidos durante la mayor parte del siglo veinte. En los cincuenta, sesenta, setenta y parte de los ochenta, todos los aviones que aterrizaban en sus ciudades eran hechos en Estados Unidos. Desde Aerolíneas Argentinas hasta Zambian Airways, todos volaban Boeings. Así que me enojé — no con el tipo sentado frente a mí, sino con nosotros. Me enojé con Estados Unidos, porque avanzar no es algo que se haga de manera incremental. Se necesita innovación también para lograr avances revolucionarios, no sólo evolucionarios.

Quiero un día hacer un viaje de ida y vuelta a Tokio en un día. Sería un vuelo de cuarenta y cinco minutos si lo hacemos de manera suborbital. ¿Por qué no estamos haciendo eso ahora? Si lo estuviéramos haciendo, no estaría sentado en esta mesa con el engreído este hablando sobre el sistema de posicionamiento Galileo.

Nosotros ya tendríamos un sistema de navegación por pulsares y no nos importaría su sistema. Estaríamos muy adelantados.

Así que me enfada que la industria aeroespacial se haya vuelto una mercancía que negociar. También, en parte porque soy educador, cuando me paro frente a los estudiantes de secundaria, no quiero tener que decirles: «Vuélvanse ingenieros aeroespaciales para que puedan construir un avión que sea veinte por ciento más eficiente en el consumo de combustible comparado con los aviones en los que volaban sus padres». Eso no los va a emocionar. Lo que necesito decirles es: «Vuélvanse ingenieros aeroespaciales para que puedan diseñar la primera nave que será piloteada en la enrarecida atmósfera de Marte». «Conviértanse en biólogos porque necesitamos personas que busquen vida, no sólo en Marte, sino en Europa y en otros sitios de la galaxia».

«Vuélvanse químicos porque queremos entender mejor los elementos en la Luna y en las moléculas del espacio». Si ustedes ponen esa visión ahí, mi trabajo se vuelve mucho más sencillo, porque simplemente tengo que señalárselos y en ellos crecerá la ambición. La flama se enciende y tienen una guía para su camino.

La administración Bush ya planteó su visión: la Luna, Marte y más allá. Ha habido algunas controversias en los márgenes, pero en general es una visión sensata. Aunque no suficientes personas del público en general la conocen o la entienden. Pero si yo fuera el Papa del Congreso, emitiría un edicto para duplicar el presupuesto de la NASA.

Eso lo incrementaría a unos 40 mil millones. Bueno, alguien más tiene un presupuesto de 30 mil millones: los Institutos Nacionales de Salud (National Institutes of Health). Está bien. Ellos deben tener un presupuesto elevado porque la salud importa. Pero casi todos los equipos y los procedimientos médicos de alta tecnología – MRI, PET, ultrasonidos, rayos X– operan bajo principios descubiertos por físicos y están basados en diseños creados por ingenieros. Así que no sólo se debe financiar la medicina; también hay que financiar a los demás involucrados. La influencia y la polinización entre áreas es fundamental para esta iniciativa.

[Tweet espacial #56. El presupuesto total de la NASA desde hace medio siglo es igual al presupuesto bianual del ejército de Estados Unidos.]

¿Qué sucede si duplicamos el presupuesto de la NASA? La visión se ensancha; se vuelve real. Atraemos a una generación entera, y las generaciones siguientes seguirán, hacia la ciencia y la ingeniería. Ustedes y yo sabemos que todos los mercados emergentes en el siglo veintiuno estarán conducidos por la ciencia y la tecnología. Los fundamentos de toda economía en el futuro las requerirán. ¿Y qué sucede cuando uno deja de innovar?

Todos los demás nos alcanzan, nuestros empleos se van a otros países y entonces uno dice que ha habido trampa: Oooo, es que pagan mucho menos allá, y el campo de juego no está equilibrado. Bueno, dejémonos de quejar y empecemos a innovar.

Hablemos de la verdadera innovación. Las personas preguntan frecuentemente: ¿Si te gustan los productos derivados, por qué no invertir en esas tecnologías directamente, en lugar de esperar a que lleguen como derivados? La respuesta es que no funciona así. Digamos que usted es un especialista en termodinámica, el mejor especialista del mundo en calor, y le pido que construya un mejor horno.

Quizá invente un horno de convección, o un horno con mejor aislamiento o que permite un mejor acceso a sus contenidos. Pero no importa cuánto dinero le dé, no inventará un horno de microondas. Porque eso vino de otra parte.

Eso vino de inversiones realizadas en comunicaciones, en tecnología de radares. El horno de microondas se identifica con la guerra, no con un especialista en termodinámica.

Este tipo de polinización cruzada e influencia sucede todo el tiempo. Y es por eso que los futuristas siempre se equivocan — porque parten de la situación actual y simplemente extrapolan. Ni prevén sorpresas. Así que le atinan a la imagen de futuro por unos cinco años pero son malísimos para prever más allá de diez.

Para mí, el espacio es parte de nuestra cultura. Seguro han escuchado quejas porque nadie se sabe el nombre de los astronautas, que nadie se emociona con los lanzamientos, que a nadie le importa más que a los involucrados en la industria. No lo creo por un minuto.

Cuando reparar el telescopio Hubble estaba en duda, las protestas más visibles vinieron del público. Cuando el Transbordador

Espacial Columbia se destruyó al reingresar, el país se paralizó y entró en duelo. Quizá no nos demos cuenta de que algo está ahí, pero sin duda lo notamos cuando ya no está.

Esa es la definición de cultura.

Es algo profundo. El año pasado, el 1 de julio, la sonda espacial Cassini entró en la órbita de Saturno. No había nada científico al respecto, sólo entró en órbita. Y sin embargo al programa de televisión *The Today Show* le pareció que era suficientemente noticioso como para incluir la historia en su primera hora — no en la segunda, junto con las recetas de cocina —, en los primeros veinte minutos. Esa vez me llamaron. Al llegar, todo el mundo me decía:

«¡Felicidades!

Explícanos qué significa» Les dije que era algo excelente, que vamos a estudiar a Saturno y sus lunas. Matt Lauer quiere plantear preguntas difíciles, así que me dijo: «Pero, Dr. Tyson, es una misión que costó 3.3 mil millones de dólares.

Dados todos los problemas que tenemos en el mundo ahora, ¿cómo justificar ese gasto?». Mi respuesta: «Primero que nada, son 3.3 mil millones divididos entre doce, porque es una misión de doce años. El número real entonces es menos de 300 millones por año.

Mmmm. 300 millones.

Los estadounidenses gastamos más que eso por año en protector labial».

En ese momento, la cámara se sacudió un poco. Fue posible escuchar a los iluminadores y camarógrafos soltar una risilla. Matt

no tenía una respuesta; simplemente tartamudeó y dijo: «Vamos contigo, Katie». Al salir del edificio, un grupo de espectadores que veían el *show* me aplaudieron. Y todos alzaron sus tubitos de protector labial y dijeron:

«¡Queremos ir a Saturno!».

La penetración es profunda, y no sólo entre las personas involucradas en la industria. Cuando uno toma un taxi en Nueva York, hay una barrera entre el pasajero y el conductor en el asiento de adelante, así que la conversación tiene que pasar a través del cristal. En uno de mis últimos viajes, el conductor, un joven parlanchín que no debía tener más de veintitrés años, me dijo: «Espera, creo que reconozco tu voz. ¿No eres un experto en la galaxia?». Así que le respondí: «Sí, supongo que sí». Y me dijo: «Wow, te vi en un programa. Era el mejor».

No estaba interesado en mí como si fuera yo una celebridad. Ese es un encuentro distinto; ese encuentro es cuando la gente te pregunta dónde vives y cuál es tu color favorito. Pero no. Él me hizo preguntas: cuéntame más de los agujeros negros. Cuéntame más acerca de la galaxia. Cuéntame más acerca de la búsqueda de vida. Llegamos a mi destino, y estoy listo para darle el dinero: «No, quédatelo», me dice. Este joven tiene veintitrés años, con una esposa e hijo en casa y está manejando un taxi. Intento pagarle y lo declina. Así de emocionado está por la posibilidad de aprender del universo.

Les tengo otra. Llevaba a mi hija a la escuela, y me preparo para cruzar la calle con ella. Un camión de basura se detiene justo en el

cruce. Los camiones de basura no se detienen en los pasos cebra. Este se detiene. Yo me pongo a pensar. Hay una película en la que un camión de basura pasa lento junto a una persona, y al pasar, la persona ya no está ahí. Así que me preocupo un poco.

Entonces el conductor abre la puerta — jamás había visto a este hombre en mi vida — y me dice: «Dr. Tyson, ¿cómo están los planetas hoy?». Me dieron ganas de acercarme y darle un beso.

Esta es mi mejor anécdota. Sucedió en el Rose Center for Earth and Space, donde trabajo. Hay un conserje ahí al que nunca había visto conversar con nadie en tres años de trabajar ahí. Uno no sabe quién es quién en esos puestos: quizá sea mudo; o un poco lento.

Simplemente no lo sabía. Y un día, de la nada, deja de barrer al verme y se queda ahí sosteniendo su escoba con orgullo.

Me dice: «Dr. Tyson, tengo una pregunta, ¿tiene un minuto?». Supuse que me iba a preguntar algo acerca de su estado laboral y le respondo: «claro, dígame».

Y me dice: «He estado pensando. Veo todas estas imágenes del telescopio Hubble y veo todas estas nubes de gas.

Y he aprendido que las estrellas están hechas de gas. Así que, ¿podría ser que las estrellas se formaron dentro de estas nubes de gas?». Esto me lo dijo el conserje que no había dicho una palabra en tres años, y su primera frase dirigida a mí es sobre la astrofísica del medio interestelar. Corrí a mi oficina, agarré mis siete libros y se los regalé.

«Interactúe con el cosmos. Usted necesita más de esto», le dije.

Mi cita final de este día lo resume todo: «Hay muchas cosas que tengo que hacer antes de convertirme en astronauta. Pero primero tengo que ir al kinder», Cyrus Corey, cuatro años de edad.

Si duplicamos el presupuesto de la NASA, legiones de estudiantes atiborrarán el camino educativo. Incluso si no se convierten en ingenieros aeroespaciales, tendremos personas científicamente competentes en todos niveles — personas que quizá inventen cosas y sienten las bases para la economía del mañana. Pero eso no es todo. Supongamos que el siguiente ataque terrorista es un episodio de guerra biológica. ¿A quién llamaremos?

Necesitamos a los mejores biólogos del mundo. Si fuera un ataque químico, querríamos a los mejores químicos. Y los tendríamos, porque estarían trabajando en los problemas relacionados con Marte, problemas relacionados con la luna Europa.

Habríamos atraído a estas personas porque tendríamos una visión clara. No nos lo habrían ganado otras profesiones.

No se convertirían en abogados o inversionistas, cosa que sí pasó en los ochenta y noventa.

Así que esos 40 mil millones empiezan a verse como un precio bastante barato. No sólo es una inversión en el futuro de la economía, sino una inversión en nuestra seguridad.

Nuestro activo máspreciado es el entusiasmo que nos provocan nuestros actos como nación.

Orientémoslo.

Atesorémoslo.

§ 32. Los delirios de los entusiastas del espacio³¹

El ingenio humano pocas veces falla al mejorar los frutos de la invención humana. Lo que sea que nos haya asombrado cuando debutó, es casi garantizado que será rebasado y, algún día, nos parecerá anticuado.

En 2.000 a. C., un par de patines de hielo hechos de huesos de animales y correas de cuero era una innovación en el transporte. En 1610, el telescopio de Galileo, que aumentaba a la octava potencia, era una imponente herramienta de detección, capaz de permitir que los senadores de Venecia avistaran a los barcos hostiles antes de que entraran a la laguna. En 1887, el Benz Patent Motorwagen fue el primer auto producido comercialmente impulsado por un motor de combustión interna y capaz de generar un caballo de fuerza.

En 1946, la ENIAC, del tamaño de un cuarto, de treinta toneladas de peso, con sus dieciocho mil tubos de vacío y seis mil interruptores manuales, fue la pionera de la computación electrónica.

Hoy podemos patinar por los caminos en patines de ruedas, mirar imágenes de galaxias lejanas gracias a telescopios en el espacio, recorrer las *autobahn* a 170 millas por hora en un auto de seis cientos caballos de fuerza y llevar a un café una laptop de tres libras y conectarla a una red inalámbrica.

Claro, todos esos avances no caen del cielo. Son personas inteligentes las que tienen que imaginarlas. El problema es que

³¹ Adaptado de «*Delusions of Space Enthusiasts*», Natural History, noviembre de 2006

hacer realidad una idea inteligente requiere que alguien firme un cheque. Y cuando las fuerzas del mercado cambian, aquellos que firman pueden perder el interés y detener los cheques.

Si las empresas de computación hubieran dejado de innovar en 1978, su escritorio quizá todavía cargaría una IBM 5110 de unas cien libras. Si las empresas de comunicación hubieran dejado de innovar en 1973, seguiríamos cargando un teléfono celular de dos libras y nueve pulgadas de largo. Y si la industria espacial de Estados Unidos hubiera dejado de crear mejores cohetes para enviar seres humanos a la Luna en 1968, nunca habríamos superado al cohete Saturn V.

¡Ups!

Perdón por eso. No hemos superado al Saturn V, el cohete más poderoso que jamás haya sido volado por nadie. El Saturn V de treinta y seis pisos de altura fue el primer y el único cohete capaz de llevar personas desde la Tierra a un sitio distinto en el universo; permitió que las misiones Apollo llegaran a la Luna desde 1969 hasta 1972, así como el lanzamiento del Skylab 1, la primera estación espacial estadounidense.

Inspirados en parte por los éxitos del Saturn V y el impulso que traía el programa Apollo, los visionarios de entonces predijeron un futuro que no se ha vuelto realidad: habitáculos espaciales, bases lunares y colonias en Marte funcionando para la década de los noventa.

Pero el financiamiento destinado al Saturn V se evaporó cuando las misiones a la Luna se detuvieron.

Las producciones adicionales se cancelaron, las herramientas especializadas de los fabricantes fueron destruidas y el personal calificado tuvo que hallar trabajos en otros proyectos.

Hoy, los ingenieros estadounidenses ni siquiera pueden construir un clon del Saturn V.

¿Cuáles fueron las fuerzas culturales que congelaron al Saturn V en el tiempo y el espacio? ¿Qué concepciones erradas llevaron al abismo que se abre entre la expectativa y la realidad?

Las adivinaciones tienden a ser de dos tipos: la duda y el delirio. Fue la duda la que llevó a los escépticos a declarar que el átomo jamás sería dividido, que la barrera del sonido jamás sería atravesada y que las personas nunca necesitarían ni querrían computadoras en su casa. Pero en el caso del cohete Saturn V, fue el delirio el que llevó a los futurólogos a equivocarse al asumir que el Saturn V era un inicio auspicioso — y no consideraron que en realidad podía tratarse de punto final.

[Tweet espacial #57. Muchos lamentan el final de los 30 años del programa de transbordadores espaciales. Pero ¿qué tecnología de 1981 siguen utilizando?]

[Tweet espacial #58. No, contrario al Transbordador Espacial, el afro pick que usa desde 1976 no cuenta como tecnología antigua.]

El 30 de diciembre de 1900, para su último periódico dominical del año, el *Brooklyn Daily Eagle* publicó un suplemento de dieciséis

páginas titulado «LAS COSAS SERÁN TAN DISTINTAS EN CIEN AÑOS». Los colaboradores — líderes de empresa, militares, pastores, políticos, y expertos en áreas distintas — imaginaron cómo sería el trabajo doméstico, la pobreza, la religión, la sanidad y la guerra en el año 2000.

Hablaban con entusiasmo del potencial que ofrecía el automóvil y la electricidad. Incluso había un mapa de cómo sería el mundo, que mostraba la Federación Americana, que incluía casi todo el Hemisferio Occidental, desde las tierras cercanas al Círculo Ártico, hasta el archipiélago de Tierra del Fuego — además de la África subsahariana, la mitad sur de Australia y todo Nueva Zelanda.

La mayoría de los escritores retrataron un futuro expansivo. George H. Daniels, en cambio, un hombre de autoridad en la compañía ferroviaria New York Central and Hudson River Railroad, se asomó a su bola de cristal y tontamente predijo:

Apenas si será posible que el siglo XX atestigüe mejoras al transporte tan importantes como las que sucedieron en el siglo XIX.

En otras partes de su artículo, Daniels veía un futuro de turismo global asequible y la difusión del pan blanco a China y Japón. Sin embargo no podía imaginar qué remplazaría al vapor como la fuente de energía para la transportación terrestre, ya no digamos un vehículo que se desplazara por el aire. A pesar de estar parado en el umbral del siglo XX, este administrador del sistema de ferrocarril

más grande del mundo no podía ver más allá del automóvil, la locomotora y el barco de vapor.

Tres años después, casi al día, Wilbur y Orville Wright realizaron la primera serie de vuelos controlados, con propulsión y en una máquina más pesada que el aire. En 1957, la URSS lanzó el primer satélite a la órbita de la Tierra. Y en 1969, dos estadounidenses fueron los primeros en caminar sobre la Luna.

Daniels no es para nada la única persona que haya leído mal el futuro tecnológico. Incluso algunos expertos no engañados del todo pueden padecer de visión de túnel. En la página 13 del suplemento dominical del *Eagle*, el principal investigador de la oficina de patentes de Estados Unidos, W. W.

Townsend, escribió: «El automóvil puede ser el vehículo de la década, pero la embarcación aérea es el medio de transporte del siglo». Parece visionario hasta que uno sigue leyendo. De lo que hablaba era de dirigibles y de zepelines.

Tanto Daniels como Townsend, ciudadanos bien informados en un mundo cambiante, no tenían ni idea acerca de lo que traería la tecnología del mañana.

Incluso los hermanos Wright adolecieron de cierta duda acerca del futuro de la aviación. En 1901, desilusionados por una serie de experimentos fallidos con un planeador durante el verano, Wilbur le dijo a Orville que tomaría cincuenta años lograr que alguien volara. No: el nacimiento de la aviación estaba a sólo dos años de distancia. En la mañana ventosa y fría del 17 de diciembre de 1903, desde una duna en North Carolina llamada Kill Devil Hill, Orville fue el

primero de los hermanos en volar el avión de seiscientas libras. Su viaje que marcó época duró doce segundos y recorrió 120 pies — más o menos la distancia a la que un niño puede lanzar una pelota. A juzgar por lo publicado por el matemático, astrónomo y ganador de la medalla de oro de la Royal Society, Simon Newcomb, apenas dos meses antes, el vuelo desde Kill Devil Hill no debió haber sucedido:

Es muy probable que el siglo veinte esté destinado a presenciar las fuerzas de la naturaleza que nos permitirán viajar de un continente a otro con una velocidad superior a la de un ave.

Pero al preguntarnos sobre la posibilidad del vuelo aéreo dado el estado actual del conocimiento; si con los materiales que contamos, es posible construir una combinación de acero, tela y alambre, propulsado por electricidad o vapor que forme una máquina voladora exitosa, la perspectiva llega a ser totalmente distinta.

Algunos representantes de la opinión pública informada iban más allá. El *New York Times* estaba lleno de dudas apenas una semana antes de que los hermanos Wright volaran en el Wright Flyer. El 10 de diciembre de 1903, en un texto no sobre los Wright sino sobre su ilustre competidor financiado con dinero público, Samuel P. Langley, un astrónomo, físico y director administrativo del Smithsonian Institution, el *Times* declaró:

Esperamos que el Professor Langley no siga poniendo en riesgo su grandeza como científico al continuar perdiendo el tiempo, ni

tampoco arriesgue el dinero involucrado en experimentos con máquina voladoras. La vida es corta, y él es capaz de servir a la humanidad de formas incomparablemente más importantes que las que se pueden esperar de sus intentos por volar.

Pensarán que las actitudes habrían cambiado una vez que personas en varios países lograron sus primeros vuelos. Pero no. Wilbur Wright escribió en 1909 que ninguna máquina voladora podría viajar de Nueva York a París.

Richard Burdon Haldane, el secretario de guerra británico, le dijo al Parlamento en 1909 que a pesar de que el aeroplano quizá fuera capaz de lograr grandes cosas algún día, «desde un punto de vista militar, en este momento no lo es». Ferdinand Foch, el famoso estratega militar francés y comandante supremo de las fuerzas aliadas casi al final de la Primera Guerra Mundial, opinó en 1911 que los aviones eran juguetes interesantes pero carecían de valor militar. Al final de ese mismo año, cerca de Trípoli, un avión italiano se convirtió en el primero en lanzar una bomba.

Las posturas iniciales ante el vuelo más allá de la atmósfera terrestre siguieron una trayectoria similar. Es verdad que muchos filósofos, científicos y escritores de ciencia ficción pensaron mucho y muy a fondo acerca del espacio exterior. El filósofo y fraile del siglo XVI Giordano Bruno propuso que seres inteligentes habitaban una infinidad de mundos. El soldado y escritor del siglo XVII Savinien de Cyrano de Bergerac representó a la Luna como un mundo con bosques, violetas y habitantes.

Pero esos escritos eran fantasías, no planes de acción. Para inicios del siglo veinte, la electricidad, los teléfonos, automóviles, radios, aeroplanos e incontables maravillas de la ingeniería se estaban convirtiendo en características básicas de la vida moderna. ¿Por qué entonces no podrían los terrícolas construir máquinas capaces de viajar al espacio? Muchas personas que deberían haberlo sabido dijeron que no podía hacerse, incluso después del lanzamiento exitoso del primer misil balístico de largo alcance, el mortífero cohete V-2. Capaz de atravesar la atmósfera terrestre, el V-2 era un paso crucial en el viaje a la Luna.

Richard van der Riet Woolley, el décimo primer Astrónomo Real Británico (British Astronomer Royal) es la fuente de una frase particularmente confusa. Cuando aterrizó en Londres, después de un vuelo de treinta y seis horas desde Australia, algunos reporteros le preguntaron sobre el viaje al espacio:

«Es pura tontería», respondió. Eso fue a inicios de 1956. A principios de 1957, Lee De Forest, un prolífico inventor estadounidense que ayudó al nacimiento de la era de la electrónica, declaró: «El hombre nunca llegará a la Luna, no obstante todos los avances científicos del futuro».

¿Recuerdan lo que sucedió a finales de 1957? No sólo uno, sino dos Sputniks soviéticos entraron a la órbita terrestre y dieron inicio a la carrera espacial.

Cada que alguien dice que una idea es «una tontería», hay que preguntarse primero si viola alguna de las leyes bien probadas de la física. Si sí, entonces es muy probable que la idea sea una tontería.

Pero si no, el único reto es hallar a un ingeniero inteligente — y, claro, una fuente de financiamiento comprometida.

El día en el que la Unión Soviética lanzó el Sputnik 1, un capítulo de la historia de la ciencia ficción se volvió un hecho científico y el futuro se volvió presente.

De pronto, todos los futurólogos se abalanzaron sobre la borda con su entusiasmo. El engaño de que la tecnología avanzaría a la velocidad del rayo reemplazó al engaño previo de que casi no avanzaba. Los expertos pasaron de tener muy poca confianza en el ritmo del cambio tecnológico a tener demasiada. Y las personas más culpables de todas fueron los entusiastas del espacio.

A los comentaristas les empezaron a gustar los intervalos de veinte años, dentro de los cuales alguna meta previamente inalcanzable supuestamente podía ser alcanzada. El 6 de enero de 1967, en una historia de primera plana, el *Wall Street Journal* anunció: «La misión espacial estadounidense más ambiciosa hacia adelante será la campaña para lograr poner hombres en nuestro vecino Marte. La mayoría de los expertos estiman que la tarea puede lograrse para 1985». El siguiente mes, en su número inaugural, la revista *The Futurist* anunció que de acuerdo con las predicciones de largo plazo de la Corporación RAND, un centro de estudios pionero, había un 60 por ciento de probabilidad que para 1986 existiría una base lunar con tripulación humana.

En *The Book of Predictions*, publicado en 1980, el pionero en cohetes Robert C. Truax predijo que cincuenta mil personas estarían viviendo y trabajando en el espacio para el año 2000.

Cuando llegó ese año, había personas viviendo y trabajando en el espacio. Pero la cuenta no era cincuenta mil. Eran tres: la primera tripulación de la Estación Espacial Internacional.

Todos los visionarios (y muchos otros) nunca lograron comprender las fuerzas que animan al progreso tecnológico. En la época de Wilbur y Orville, uno podía hacer avances de ingeniería simplemente trasteando. El primer aeroplano no requirió una beca de la Fundación Nacional de Ciencias (National Science Foundation): lo financiaron a través de su negocio de bicicletas. Los hermanos construyeron las alas y el fuselaje ellos mismos, con herramientas que ya tenían, y consiguieron que su habilidoso mecánico Charles E. Taylor diseñara y construyera a mano el motor. La operación entera eran simplemente dos personas y un garaje.

La exploración espacial se desarrolla a una escala completamente distinta. Los primeros en caminar en la Luna fueron dos hombres — Neil Armstrong y Buzz Aldrin — pero detrás de ellos está la fuerza de un mandato emitido por el presidente Kennedy, diez mil ingenieros, 100 mil millones de dólares para el programa Apollo y un cohete Saturn V.

No obstante la memorias saneadas que muchos de nosotros tenemos de la era Apollo, los estadounidenses no fueron los primeros en llegar a la Luna porque sean exploradores por naturaleza o porque nuestro país esté comprometido con la búsqueda de conocimiento. Llegamos a la Luna primero porque Estados Unidos tenía que vencer a la Unión Soviética, tenía que

ganar la Guerra Fría de cualquier manera posible. El presidente Kennedy lo dejó claro cuando se quejó ante los más altos funcionarios de la NASA en noviembre de 1962:

No me interesa el espacio. Creo que es algo bueno, creo que debemos conocerlo, estamos listos para gastar cantidades razonables de dinero. Pero estamos hablando de estos gastos exorbitantes que atrofian nuestro presupuesto y todos estos otros programas domésticos y la única justificación en mi opinión para hacerlo de este modo y en este momento es porque esperamos derrotar [a la Unión Soviética] y demostrar que a pesar de empezar de atrás, como lo hicimos por un par de años, por Dios, los superamos.

Nos guste o no, la guerra (fría o caliente) es el impulso más poderoso para obtener fondos en el arsenal público. Las metas elevadas como la curiosidad, el descubrimiento, la exploración y la ciencia, pueden conseguir dinero para proyectos de tamaño modesto, siempre y cuando resuenen con las perspectivas culturales y políticas del momento. Pero las actividades enormes y costosas son naturalmente de largo plazo y requieren una inversión sostenida que debe sobrevivir a las fluctuaciones económicas y los cambios en los vientos políticos.

En todas las eras, a lo largo del tiempo y la cultura, sólo la guerra, la avaricia y la celebración del poder religioso o político han cumplido con ese requisito para entregar fondos. Hoy, el poder de los reyes ha sido suplantado por el de los gobiernos electos, y el

poder de la religión se expresa en iniciativas no arquitectónicas; y entonces son la guerra y la avaricia las que jalan los hilos. Algunas veces esos dos motivos operan juntos, como en el arte de enriquecerse gracias al arte de la guerra. Pero la guerra sigue siendo la razón más poderosa y convincente.

Tenía once años durante el viaje del Apollo 11, y ya había descubierto que el universo era la pasión de mi vida.

Contrario a muchas de las personas que vieron los primeros pasos de Neil Armstrong en la Luna, yo no estaba jubiloso. Simplemente estaba aliviado de que alguien finalmente estuviera explorando otro mundo. Para mí, el Apollo 11 era claramente el inicio de una nueva era.

Pero me engañaba también. Los alunizajes continuaron durante tres años y medio. Luego se detuvieron. El programa Apollo se convirtió entonces en el fin de una era, no en el comienzo.

Y conforme los viajes a la Luna se fueron archivando cada vez más al fondo de la memoria, cada vez parecían más irreales en la historia de los proyectos humanos.

Contrario a los primeros patines de hielo o al primer avión o la primera computadora de escritorio — artefactos que nos dan risa cuando los vemos hoy — el primer cohete que nos llevó a la Luna, el Saturn V, provoca asombro, incluso reverencia. Las reliquias del Saturn V están en el Centro Espacial Johnson en Texas, en el Centro Espacial Kennedy en Florida y en el Centro Espacial y de Cohetes (US Space and Rocket Center) en Alabama. Hileras de devotos caminan junto al cohete, tocan los imponentes escapes en

la base y se maravillan sobre cómo es que algo tan grande haya podido vencer a la gravedad terrestre. Para transformar su asombro en risas, nuestro país debería retomar el esfuerzo de «ir valientemente a donde ningún hombre ha ido jamás».

Sólo entonces el Saturn V se verá tan anticuado como cualquier otro invento que el ingenio humano haya elogiado al mejorarlo.

§ 33. Tal vez soñar³²

Cuando me pidieron que diera el discurso inaugural en la cena de este año del Salón de la Fama de la Tecnología Espacial, pensé que era un poco raro, porque formo parte del consejo de la Space Foundation, que patrocina no sólo esta cena sino el simposio entero, y no es usual que a los miembros del consejo se les pida dar el discurso inaugural.

Pero este pasado martes, cuando me pidieron que hablara, me aseguraron que no era porque alguien hubiera cancelado. Así que dije que sí, y luego vi la lista de oradores en la historia de este evento: el Coronel Brewster Shaw, astronauta decorado; Coronel Fred Gregory, astronauta decorado; James Albaugh, CEO de Boeing Integrated Defense Systems; Ron Sugar, CEO de Northrop Grumman; David Thompson, CEO de Spectrum Astro; Norm Augustine, CEO de Lockheed Martin, presidente del Comité Asesor sobre el Futuro del Programa Espacial Estadounidense (Advisory Committee on the Future of the US Space Program), presidente de media docena de otras asociaciones y academias. Al ver la lista, me di cuenta que seguro soy la persona de menor rango que haya dado este discurso.

Es verdad, nunca he estado en el ejército. No soy ni general ni coronel.

No soy nada de eso. Si acaso sería un cadete. Los generales tienen barras y estrellas. ¿Le han echado una mirada a mi chaleco? Tengo

³² Adaptado del discurso inaugural en la cena del Space Technology Hall of fame, 23 National Space Symposium, 12 de abril de 2007, Colorado Springs, Colorado

estrellas — y soles y lunas y planetas. Eso me haría un cadete espacial.

Desde que me uní al consejo de la Space Foundation, he intentado encajar.

Pero ha sido difícil, porque mi experiencia es la astrofísica, así que usualmente me reúno con gente de la academia. Tenemos nuestras propias conferencias. Así que cada año cuando vengo a este Simposio Nacional sobre el Espacio (National Space Symposium) y doy una vuelta por el salón de exhibiciones, me siento como un antropólogo investigando una tribu.

Hago observaciones que serían obvia para los antropólogos, pero que para la mayoría de ustedes pasan desapercibidas.

Por ejemplo, los generales en promedio son más altos que los coroneles. Los coroneles son más altos que los mayores, en promedio. Si lo piensa, debería ser al revés — porque si eres muy alto, eres un blanco más fácil en el campo de batalla. Lógicamente, entonces, entre más alto sea tu rango, deberías ser más pequeño.

Los generales serían personas realmente bajitas. Pero ese no es el caso.

[Tweet espacial #59. FYI: A los dos minutos de vuelo, la velocidad de vuelo del Transbordador excede la de una bala disparada por un M16.]

También, las personas que están en los *stands* son mucho más apuestos que todos nosotros. No tengo un problema con eso; sólo estoy haciendo una observación. Sé que hay un componente de

ventas en todo ello. Y otra cosa, ¿para qué es el tazón con dulces? «Hola, estoy pensando en adquirir un sistema de misiles — sí, claro, deme tres de eso — ¡Ah! ¡Tiene *Snickers* miniatura! Entonces deme seis». ¿Cómo funciona eso? ¿Los dulces hacen que vendan más? Alguien debería investigar eso.

¿Obtienen mejor rendimiento de los *M&Ms* que de los *Snickers*? Entonces pensé: bueno los dulces podrían influir en mi, porque hay tres *stands* en los que tienen *Milky Way*. Ahora estoy en mi territorio: la galaxia.

Aquí hay un poco más de antropología: los hombres diseñan los cohetes. Incluso las cosas que no son cohetes son diseñadas como cohetes.

Falos, todos y cada uno de ellos. Y me dicen que cuando se prueban los cohetes y fallan en la plataforma de lanzamiento, en sus conferencias de prensa utilizan eufemismos como: «Fue un experimento lleno de oportunidades de aprendizaje».

Pero en realidad sólo son cohetes que sufren de disfunción proyectil. Así debería llamarse: disfunción proyectil.

Así que me pregunté, ¿cómo sería un cohete si lo diseñara una mujer? Es sólo una pregunta. No lo sé. Pero apuesto a que ahora están pensándolo. Están pensando: seguro se diseñan como falos porque son más aerodinámicos. Ahora, los cohetes en el vacío del espacio no tienen que ser aerodinámicos para nada, porque no hay aire. Así que para esa fase del viaje del cohete, no hay necesidad de que parezca un cohete.

Creo que estamos de acuerdo en esto.

¿Pero y cuando los cohetes atraviesan la atmósfera? He estado preguntándome si es posible tener un objeto volador que sea aerodinámico y no se derive de una fijación fálica.

Después de explorar el problema un poco más, halle un diseño de Philip W.

Swift que propuso para un concurso de aviones de papel de la revista *Scientific American* — y aquí está. No hay nada fálico acerca de él. Incluso diríamos lo opuesto de su diseño. Ahora, ¡mírenlo volar!



Bueno, ahí tienen, diez minutos de su vida que no van a recuperar. Así que hablemos de política. Soy un académico. No tengo poder sobre nada, ni personas, ni lugares ni cosas.

Pero a los académicos, los científicos, nos gusta discutir, porque así es como las nuevas ideas salen a la superficie.

Discutimos las cosas, hallamos una mejor manera de hacer el experimento, vemos qué si funciona y qué no. Así que los científicos somos buenos para mirar las cosas desde distintos puntos de vista — algo que, para algunas personas, nos hace parecer como hipócritas. Podemos tener un punto de vista un día y uno distinto

al día siguiente. Pero lo que hacemos es que nos apegamos al juramento de Hipócrates. Tenemos nuestros distintos puntos de vista, pero — y esto es algo que los científicos sabemos al tiempo que discutimos — al final no hay más que una verdad. Así que la conversación al final converge.

Algo que no sucede a menudo en política.

Permítanme ofrecerles unos cuantos ejemplos. Nací y crecí en la ciudad de Nueva York. Políticamente estoy a la izquierda de los liberales. Eso me vuelve algo raro en este momento en el estado de Colorado, quizá tan raro como un republicano conservador en Nueva York. En una reunión con este mismo número de gente pero en Nueva York, uno diría: «¿Ves a ese hombre de la corbata de moño en aquel rincón? Ese es el republicano».

¿Se han percatado cómo los programas de debate invitan a un liberal y a un conservador, y siempre terminan peleando? No recuerdo haber visto nunca un programa de esos en el que los dos lados declaran al final: «estamos completamente de acuerdo», y salen juntos del estudio. Así que eso me hace dudar de la utilidad de esas confrontaciones, y me obliga a mirar el punto medio. He estado mirando el punto medio desde que empecé a formar parte de las comisiones presidenciales.

Esas comisiones son bipartidistas. Hay que resolver problemas, aunque hay mucha retórica de un lado y del otro.

Unamos los dos, y se obtiene una mezcla explosiva. Así que uno los enciende, deja que los gases residuales se disipen y observa lo que hay en medio. Lo que queda en el medio — eso es Estados Unidos.

Visité hace no mucho Disney World en Florida con mi familia, y fuimos a ver los robots animados a escala real de los presidentes de Estados Unidos. Mi hijos, de diez y seis, fueron conmigo y se aprendieron de nuevo los nombres de cada presidente, desde George W. Bush, hasta el otro George W. Todos están ahí.

Y mientras veía a los muñecos moverse y hablar en escena, pensaba: «estos no son ni republicanos ni demócratas; son presidentes de los Estados Unidos».

Mientras cada uno estaba en funciones, algo interesante sucedió en Estados Unidos. Y cuando dejaron el puesto, en casi todos los casos, algo importante y duradero quedó.

Cuando uno escucha las acusaciones que lanzan las personas hoy en día — como: «Ah, es que eres un demócrata, pacifista, liberal, antiguerra» — uno se pregunta qué significa unir todas esas palabras en una misma frase. Peleamos toda la Segunda Guerra Mundial con un presidente demócrata, y un presidente demócrata fue quien lanzó las bombas atómicas. Ser un demócrata liberal no es sinónimo de estar en contra de la guerra.

Las circunstancias cambian con el tiempo. Las decisiones tienen que tomarse independientemente de su partido político, decisiones que afectan la salud y la riqueza de la nación. Las encuestas nos dicen que George W. Bush ha sido un presidente históricamente impopular entre la comunidad negra. Sin embargo, ¿quién dice que en cincuenta o cien años, no será recordado por haber nominado a personas de raza negra a los rangos más altos del gabinete? Ningún presidente antes que él había incluido a una persona negra en la

secuencia de ascensión a la presidencia; lo hizo un presidente republicano. Y luego tenemos también la perenne acusación de que los republicanos están en contra del medio ambiente. ¿Cuándo empezó la Agencia de Protección Ambiental (Environmental Protection Agency)? Durante el periodo del presidente Nixon, un republicano.

Así que percibo estas intersecciones a lo largo del tiempo. Veo una interrelación. Las personas están prestas a criticar, y hay muchas razones para hacerlo — entiendo eso —, pero a fin de cuentas, ahí en Disney World están todos los presidentes en el escenario, definiendo colectivamente a nuestro país.

Tengo una intersección más para ustedes — y esta no es sobre presidentes.

En mi comunidad profesional de astrofísicos, cerca de un 90 por ciento de nosotros, más o menos, somos demócratas liberales, antiguerra. Y prácticamente todos nuestros equipos de detección surgen a partir de la relación histórica con los aparatos de guerra. Y esa conexión se remonta siglos atrás. Al inicio del siglo diecisiete, Galileo se enteró de la invención del telescopio en Holanda — que utilizaban para ver a través de las ventanas de las personas — y se construyó uno propio. Casi nadie había pensado en apuntar el telescopio hacia arriba, pero Galileo lo hizo y halló los anillos de Saturno, las fases de Venus, las manchas solares. Y luego se dio cuenta, esto sería un buen añadido para nuestros sistemas de defensa. Así que mostró su instrumento ante los dogos de Venecia, y le pidieron que les diera un suministro de telescopios en el acto.

Claro, probablemente habrían pedido el doble de lo que pidieron si Galileo les hubiera ofrecido un *Snickers*.

Por cierto, cuando hablo de mirar al punto medio, no estoy pidiendo que sacrifiquemos nuestros principios. Estoy hablando de hallar principios que son fundamentales para la identidad de la nación y luego reunirse en torno a ellos.

Nuestra presencia en el espacio es la encarnación de uno de esos principios.

Ya se ha dicho antes, pero lo diré de nuevo: sin importar cómo se ven las situaciones en ciertos momentos, el espacio es fundamentalmente apartidista.

Ni siquiera es bipartidista.

Es apartidista. Kennedy dijo: «Vamos a la Luna», pero es la firma de Nixon la que está en las placas que los astronautas dejaron ahí. La necesidad de explorar el espacio (o no) está históricamente desvinculada del hecho de que uno sea liberal o conservador, demócrata o republicano, de izquierda o de derecha.

Y eso es algo bueno. Es una señal de lo que queda en el medio una vez que el aire enrarecido se disipa.

Como estadounidenses, damos algunas cosas por hecho. No nos percatamos de esto hasta que no viajamos a algún otro sitio.

Siempre estamos soñando.

Algunas veces eso es algo malo, porque soñamos cosas irrealizables. Pero la mayor parte del tiempo ha sido algo bueno. Nos ha permitido pensar en el mañana.

Generaciones enteras de estadounidenses han pensado acerca de vivir en un futuro distinto — un futuro moderno — tanto como ninguna otra cultura lo ha hecho. Las computadoras fueron inventadas en Estados Unidos.

Los rascacielos nacieron en Estados Unidos. Fue Estados Unidos quien no sólo imaginó sino que inventó el nuevo y moderno mañana, impulsado por diseños e innovaciones en ciencia y tecnología.

No se puede esperar que una nación pobre sueñe, porque no tiene los recursos que le permitan realizar esos sueños. Para los pobres, los sueños se vuelven un ejercicio de frustración, un lujo incosteable. Pero muchas naciones ricas no dedican suficiente tiempo a imaginar el mañana tampoco — y Estados Unidos tiene que ponerse en guardia ante la posibilidad de convertirse en una de estas. Aunque queremos seguir pensando en el futuro, corremos el riesgo de quedar mal equipados para lograr que suceda.

En 2007 di una plática en las oficinas centrales de la UNESCO en París, durante la celebración del cincuenta aniversario del Sputnik. Hubo cuatro oradores inaugurales: uno de Rusia, uno de la India, uno de la Unión Europea y yo, de Estados Unidos.

Evidentemente el ruso habló primero, porque el Sputnik fue lanzando primero.

Habló de lo que el Sputnik había significado para su país — el orgullo, el privilegio, la emoción. Habló de cómo ese logro formaba parte de lo que significaba ser ruso.

Luego vinieron los representantes de la India y la Unión Europea, quienes no tienen el mismo legado histórico en el espacio que tienen Rusia y Estados Unidos. Hoy en día, sin embargo, están llegando al espacio con mucha fuerza.

¿De qué hablaron sus voceros? Del monitoreo de la Tierra. La India quiere aprender más acerca de los monzones, algo completamente entendible. Pero ninguno de los dos oradores hablaron en ningún momento de nada más allá de la Tierra, y me dije a mí mismo: OK, todos amamos a la Tierra, todos nos preocupamos por la Tierra. ¿Pero queremos hacer eso y excluir al resto del universo?

[Tweet espacial #60. Si la Tierra fuera del tamaño de un globo terráqueo escolar, nuestra atmósfera no sería más densa que la capa de laca en su superficie.]

El problema es que uno está mirando la Tierra — ahí hay una nube, y ahí una tormenta — y mientras tanto hay un asteroide que viene en camino. Así que uno asume que la Tierra está a salvo hasta que alguien más, alguien que tomó la previsión de mirar hacia arriba, nos avisa que hay un asteroide que está listo para acabar con su país, y entonces no tendrá que preocuparse por la próxima tormenta.

Y no sólo es ese asteroide en el que hay que estar pensando. Estamos flanqueados por planetas que son experimentos fallidos.

A nuestra izquierda está Venus, llamado así en honor a la diosa del amor y la belleza, porque es bellísimo en el cielo de la tarde, lo más brillante en él. (Por cierto, Venus con frecuencia aparece justo

después del atardecer, antes que las estrellas. Así que, entre ustedes y yo, si sus deseos no se han cumplido es por que están encomendándoselos a un planeta, no a una estrella). Ahora, sin duda Venus es bellissimo en el cielo de la tarde, pero ha sido víctima de un efecto invernadero desbocado. La temperatura en la superficie de Venus es de 900° Fahrenheit, el planeta que algunas veces hemos dado en llamar nuestro planeta hermano, dado que tiene más o menos la misma masa y el mismo tamaño que la Tierra y su misma gravedad en la superficie.

Novecientos grados Fahrenheit. Si pusiéramos una *pizza* grande de pepperoni en la cornisa de nuestra ventana venusina, se cocería en 9 segundos. Así de caliente está Venus — un experimento fallido del efecto invernadero.

A nuestra derecha está Marte, que en algún momento estuvo lleno de agua corriente. Sabemos esto porque tiene cauces y deltas de ríos secos, llanuras aluviales ahora secas, lagos secos. El agua de la superficie desapareció.

Creemos que se filtró hacia el *permafrost*, pero sea como sea, ya no está en la superficie. Así que algo malo sucedió en Marte también.

Y no es posible entender a la Tierra únicamente monitoreando a la Tierra.

No podemos decir que entendemos una muestra de uno. Esa no es ciencia. En ciencia, necesitamos otras cosas con que comparar nuestra muestra, de otra manera estaremos poniéndole atención a los parámetros equivocados porque pensamos que son relevantes cuando en realidad no lo son. No digo que no debemos de estudiar

a la Tierra. Lo que digo es que si estudiamos a la Tierra creyendo que es una isla aislada en el medio del cosmos, estamos mal. Es posible que estemos fatalmente mal. El hecho es que sabemos que hay un asteroide que viene hacia nosotros.

¿Les ha tocado escuchar a todas esas personas que se preguntan por qué estamos gastando tanto dinero en la NASA? Cada vez que me toca escuchar a alguien decir eso, les pregunto:

«¿Cuánto dinero cree que recibe la NASA? ¿Qué parte de uno de los dólares que paga de impuestos cree que va para la NASA?». «Oh», me dicen, «diez, veinte centavos». Algunas veces dicen treinta o cuarenta. Y entonces les digo que ni siquiera llega a diez centavos. Ni siquiera cinco. Ni siquiera un centavo. «No sabía eso, entonces está bien», responden. Cuando les digo que la mitad de un centavo de su dólar ha financiado las bellas imágenes que nos envía el telescopio espacial Hubble, los transbordadores espaciales, la Estación Espacial Internacional, todos los datos científicos obtenidos en el Sistema Solar exterior e interior y las investigaciones acerca del asteroide que viene hacia nosotros, cambian de tono. Pero la ignorancia hace mella en las personas que quizá ya deberían saberlo.

Una de las tareas principales del Congreso es recolectar y gastar nuestro dinero. En ocasiones las personas comentan que una parte o todo el dinero en el presupuesto de la NASA debería destinarse a curar enfermos, alimentar a los vagabundos, educar a los maestros o emplearse en cualquier programa social que nos llame la atención. Claro, ya gastamos dinero en todas esas cosas, y en

muchísimas otras necesidades. Es el portafolio completo de gastos el que define la identidad de una nación. Yo, por mi parte, quiero vivir en una nación que le da valor a los sueños como parte de ese gasto. La mayoría de los sueños, si no es que todos, han surgido de la premisa de que nuestros descubrimientos transformarán la forma en la que vivimos.

Recientemente tuve una revelación deprimente. Tenía que ver con ser primero. El primer celular parecía un tabique. Lo vemos ahora y pensamos, ¿las personas se llevaban esto a la oreja? ¿Recuerdan que en la película *Wall Street* de 1987, Gordon Gekko, el multimillonario con casa en los Hamptons, habla en uno de esos?

Recuerdo que cuando lo vi pensé:

«Wow, ¡qué bien! ¡Puede caminar en la playa y hablar con alguien en un teléfono portátil!». Pero ahora, cuando lo recuerdo, lo único que puedo pensar es «¿cómo podía alguien usar esa cosa?».

Esta es la evidencia de que hemos avanzado: vemos la primera versión de una cosa — el celular del tamaño de un ladrillo, el auto con una manija que había que girar, el avión que parece un insecto envuelto en tela — y decimos:

«Metan eso en un museo. Pongan al primer auto de combustión interna detrás de una cuerda afelpada y déjenme manejar mi Maserati en la carretera».

Uno ve lo que apareció primero, comenta lo curioso y antiguo que se ve, y pasa a lo que sigue. Así es como debemos de reaccionar

ante todo lo que haya aparecido primero. Esa es la garantía y la prueba de que hemos avanzado.

Entonces, ¿por qué que cada que voy al Centro Espacial Kennedy y paso junto al cohete Saturn V me sigue impresionando? Lo veo, lo toco, igual que los simios tocaban aquel monolito en *2001*. Y no estoy solo, en mi admiración simiesca. Es como si todos los visitantes estuviéramos pensando lo mismo: ¿Cómo logramos esto? ¿Cómo logramos llegar a la Luna? Ahora, si no han estado cerca de un cohete Saturn V, corran a verlo. Es impresionante. Pero, un momento, ¿por qué estoy admirando una tecnología de los sesenta y digo que es impresionante? Quiero poder volver a mirar al Saturn V y decir: «Qué antiguo se ve, ¿no? Mira lo que hacíamos en los sesenta. Pero ahora tenemos algo mucho mejor».

Sí, estamos trabajando en ese problema. Vamos un poco tarde. Debió de haber sucedido en los setenta. Pero todos sabemos que nos detuvimos; no tengo que volver a contar la historia. Si lo que quiere es evidencia de que no estamos innovando, simplemente volteé al pasado, a las primeras versiones de las cosas y anhele que lleguemos a ser así de buenos. El día que se sorprenda pensando: «Wow, ¿cómo fue que hicimos eso?», entonces la carrera se terminó. Si no movemos las cosas hacia adelante, el resto del mundo lo hará y nos dejará atrás y tendremos que correr tras de ellos e intentar alcanzarlos.

Por cierto, ¿quién mueve las cosas hacia adelante? Los ingenieros, los científicos, los *nerds*. Las personas de las que se burlaron, durante la mayor parte del siglo veinte, las personas que se

asumían como *cool*. Pero los tiempos han cambiado. Ahora, el santo patrón de los *nerds* es la persona más rica del mundo: Bill Gates. ¿Saben qué tan rico es Bill Gates? No creo que lo sepan, así que se los voy a decir.

Sucede que tengo suficiente dinero como para ver una moneda de diez centavos tirada en la banqueta, y si ando con prisa, no tengo necesidad de detenerme a recogerla. Pero si veo una de veinticinco centavos, no importa, me detengo y la recojo. Uno puede lavar la ropa con esas monedas, puede ponerlas en las en los parquímetros y además son monedas grandes. Así que no obstante el valor total de mi fortuna, sigo levantando monedas de veinticinco centavos — pero no de diez. Hagamos una proporción del valor total de mi fortuna y lo que no recojo frente al valor total de la fortuna de Bill Gates y lo que él no recogería. ¿Cuánto es lo mínimo que tendría que haber tirado en la calle para que Bill Gates sintiera que vale la pena recoger? Cuarenta y cinco mil dólares.

¿Conocen el pasaje de la Biblia que dice: «Bienaventurados los pobres de espíritu porque de ellos será el reino de los cielos»? Siempre he sospechado que es un error de traducción. Quizá en realidad decía, «Bienaventurados los *nerds* porque de ellos será el reino de los cielos». ⁱⁱⁱ

Quiero volver a lo que significa soñar, a lo que significa tener una visión. Para estudiar el espacio, hay que plantearse ciertas preguntas que requieren nuevos tipos de polinización e influencia entre campos múltiples. En este momento estoy buscando vida en Marte. Necesito que un biólogo me ayude. Si hay algún tipo de vida

extraña en la superficie, quizá pueda pisarla; para eso traigo al biólogo. Si la vida existe debajo de la tierra, necesito traer al geólogo. Y si hay algún problema con el pH de la arena, necesito al químico. Si quiero construir una estructura en la órbita, tengo que traer a los ingenieros mecánicos y aeroespaciales.

Hoy estamos todos dentro de la misma carpa, y estamos comunicándonos entre nosotros. Hoy nos hemos dado cuenta que el espacio no sólo es una frontera que emociona; es la frontera de todas las ciencias. Así que cuando me paro frente a una clase de secundaria, puedo decirles: «Vuélvanse ingenieros aeroespaciales porque estamos realizando avances científicos increíbles en la frontera».

Esto ya lo saben ustedes, le estoy predicando al coro. Por eso es que me siento tan orgulloso de ser parte de la familia del Salón de la fama de la Tecnología Espacial. Si vamos a atraer a la nueva generación necesitamos y debemos estar trabajando en algo grande, en algo que valga la pena soñar, porque eso define quienes somos.

[Tweet espacial #61. Si los mineros chilenos son héroes (y no víctimas), ¿cómo llamamos a los ingenieros chilenos de la NASA que los salvaron?]

Quizá les preocupe la competencia en conocimientos científicos de la población. China tiene más personas competentes en ciencias que el total de graduados universitarios de todo Estados Unidos. ¿Qué podemos hacer?

¿Cómo podemos atraer a las personas?

No conozco una fuerza de atracción más grande que el imán del universo. No ando torciéndole el brazo a los presentadores de televisión, ni voy por ahí diciéndoles: «Programen esta historia sobre el universo hoy». Yo estoy sentado en mi oficina, concentrado en mis asuntos y de pronto suena el teléfono — resulta que el día anterior el universo se estremeció y quieren una entrevista.

Mi respuesta a las preguntas anteriores es que el apetito está ahí. La pregunta es entonces, ¿tenemos la voluntad y el impulso para alimentar ese apetito?

Cada vez que viajo, siete de cada diez extraños que me reconocen en la calle son de clase trabajadora. Para mí son intelectuales de clase trabajadora. Estas son personas que, debido a cualquier circunstancia o giro de la fortuna, no pudieron o no fueron a la universidad.

Sin embargo se han mantenido curiosos intelectualmente durante toda su vida.

Ven el Discovery Channel; ven National Geographic; ven NOVA; quieren respuestas. Y nosotros tenemos que aprovechar su deseo de hallar respuestas para que podamos transformar a la nación.

El legado que crea el Salón de la fama de la Tecnología Espacial apenas comienza. También les propongo que adoptemos lo que yo llamo la perspectiva cósmica. Es la perspectiva que nos permite soñar más allá de nosotros, más allá de la Tierra; es la perspectiva que permite imaginar un mañana que sea distinto al presente.

Quizá no nos demos cuenta qué escaso y que privilegio es poder pensar en el mañana, y sólo quiero asegurarme — a través de los

inventos que hemos creado, a través del financiamiento adecuado de los programas a futuro — que leguemos a la siguiente generación el derecho y el privilegio de soñar.

Porque, sin eso, ¿qué somos? Observo las décadas pasadas, observo el modo en el que soñaron entonces y cómo se impulsaron hacia adelante, y pienso: No.

Somos demasiado poderosos; tenemos demasiadas personas ambiciosas como para negarle a la generación que nos sigue el privilegio de inventar su propio mañana. Y con eso, que nadie de nosotros nunca dé por hecho el poder de los sueños.

§ 34. Según las cifras³³

Tenemos retos frente a nosotros. Son mucho más grandes de lo que pensamos.

Son más severos de lo que pensamos.

Hace poco fui invitado a participar en un comité para el programa *Good Morning America* de la ABC. Nuestra tarea era elegir siete nuevas maravillas del mundo. ¿Por qué no? Estamos en el siglo veintiuno; hagámoslo. El programa resultante revelaría una maravilla del mundo por día — una especie de *striptease* que duraría siete días.

Las siete maravillas del mundo originales eran cosas hechas por el hombre, pero para nuestro ejercicio se permitían objetos de la naturaleza. Los otros ocho miembros del comité de selección habían viajado por el mundo y propusieron una lista predecible de sospechosos comunes, incluido la Gran barrera de coral en Australia, y el río Amazonas. Mi sugerencia fue el cohete Saturn V. ¡Hey! El cohete Saturn V, el cohete que escapó por primera vez la atracción de la Tierra.

Cuando mencioné esto, todos me voltearon a ver como si de pronto tuviera cinco cabezas. Tenía que ser cortés, porque estaban filmándonos, así que les plantée mi caso de la manera más apasionada posible: Saturn V fue el primer cohete en escapar la órbita baja de la Tierra, alcanzando la velocidad de escape: 25.000 millas por hora, siete millas por segundo. Ninguna otra nave espacial había transportado a los seres humanos a esa velocidad.

³³ Adaptado del discurso inaugural en la cena del Space Technology Hall of fame, 24 National Space Symposium, 10 de abril de 2008, Colorado Springs, Colorado.

Era el logro culminante de la ingeniería y el ingenio humano. Y una vez más, todos se me quedaron viendo. No estaba logrando hacer conexión.

No estaba comunicándome con ellos. Pero la conversación volvió a chispear cuando se discutían cascadas, crayolas y capas de hielo.

Y entonces pensé, bueno, intentaré un plan distinto, y mencioné la Presa de las Tres Gargantas en China, el proyecto de ingeniería más grande del mundo, seis veces más grande que la Presa Hoover. Esa categoría, por cierto, no es novedad para China; ellos realizaron el proyecto de ingeniería más grande del mundo. La Gran Muralla fue justamente eso. Así que algo debían saber de grandes proyectos. De nuevo, las demás personas en el comité me voltearon a ver como si tuviera tres cabezas, y me dijeron: «Pero ¿qué no sabes que la presa está devastando el medio ambiente?». Yo respondí: «Que no se dañara a ningún ser humano al construir estas siete maravillas no era un prerrequisito. Y en cualquier caso, eso no hace que la presa más grande del mundo deje de ser una maravilla de la ingeniería».

De nuevo perdí la votación.

Varios meses más tarde me invitaron para una nueva ronda: ayudar a elegir las siete maravillas de Estados Unidos.

Me dije a mí mismo que si no lograba incluir en esa lista al Saturn V, entonces tendría que empacar mis cosas y mudarme a otro país — o a otro planeta.

Y sí, después de varios brazos torcidos, aspavientos agresivos e intercambios estratégicos, lo logré.

Pero esto nos dice que la población simplemente no está conectada con lo que nosotros — los entusiastas del espacio, los tecnólogos del espacio, los visionarios del espacio — estamos haciendo. Mucho de lo que damos por hecho — lo que de esta iniciativa tiene valor para la seguridad, la salud financiera y los sueños de la nación — pasa desapercibido por el público que recibe los beneficios de la misma.

No sólo eso, algunos incluso celebran su propia incompetencia científica. Ni siquiera sienten vergüenza.

Todos ustedes han ido a fiestas en las que los miembros de las humanidades están en un rincón platicando sobre Shakespeare o Salman Rushdie o el ganador más reciente del Man Booker Prize. Pero si se aparece por ahí un *nerd* y menciona un rápido cálculo mental, la respuesta más común que obtendrá será, «nunca fui bueno en matemáticas», seguida de una carcajada colectiva.

Ahora supongamos que uno de esos humanistas visitan el rincón de los *nerds* y menciona algo sobre la gramática.

¿Cree que los nerds dirían: «Ah, es que nunca fui bueno con los sustantivos y los verbos»? Claro que no. Les haya gustado o no su clase de gramática, nunca se reirían por ser malos en lenguaje. Me parece que hay una profunda inequidad entre lo que se acepta y lo que no como parte de nuestra ignorancia colectiva.

Me preocupa este tipo de incompetencia. Primero que nada, como sabemos, hay dos tipos de personas en el mundo: aquellos que dividen a las personas del mundo en dos tipos, y las que no. Pero

en realidad, hay tres tipos de personas: los que son buenos con las matemáticas, y los que no.

Nuestro país se está convirtiendo en una *idiocracia*. Por ejemplo, muchas personas no parecen entender lo que es un promedio: mitad arriba y mitad abajo. No todos los niños pueden estar por encima del promedio. Y ¿por qué será que tres cuartas partes de los edificios altos — he estudiado esto — pasan directamente del piso 12 al piso 14? Revise sus elevadores. Estamos en el siglo veintiuno en Estados Unidos y hay personas que se pasean por la calle temiéndole al número 13. ¿En qué tipo de país nos estamos convirtiendo? ¿Qué sigue, que las personas saquen el promedio para cosas que no pueden promediarse?

El matemático y comediante irlandés Des MacHale hizo una declaración aritméticamente precisa pero biológicamente insignificante: la persona promedio va por el mundo con un testículo y un seno.

El problema no sólo son las matemáticas. Nos damos cuenta que algo está muy mal cuando lees en la etiqueta de una botella de líquido limpiavidrios:

«No se use en lentes de contacto». Esa advertencia está ahí sólo porque alguien ya lo intentó. Y como el comediante Sarge dice en una de sus rutinas: el limpiavidrios quita manchas del linóleo; si lo usa en sus lentes de contacto es que usted es demasiado tonto para sentir que le quema.

Hace poco di una plática en Saint Petersburg, Florida. La última pregunta de la noche fue (no sé si la persona que la hizo estaba

preocupada por la elección que viene): «¿Qué haría si en un año todos los fondos para ciencia e ingeniería se redujera a cero, y sin embargo el Congreso le permitiera elegir un proyecto para echar a andar?

¿Qué proyecto elegiría?». Rápidamente le dije: «Tomaría ese dinero, construiría un barco y navegaría hacia algún otro país en el que sí se valorara la inversión en ciencia. Y en mi espejo retrovisor estaría Estados Unidos regresando a las cavernas, porque eso es lo que sucede cuando uno no invierte en ciencia ni en ingeniería».

Hubo un día en el que los estadounidenses construíamos los edificios más altos, los puentes más largos, los túneles más extensos, las presas más grandes. Pueden decir:

«Bueno, eso sólo es para presumir». Sí, sí era para presumir. Pero más importante aún, eran la materialización de una misión que proponía trabajar en la frontera — en la frontera tecnológica, intelectual y de ingeniería —, una misión que proponía ir a sitios que no habían sido visitados el día anterior. Cuando eso se detiene, la infraestructura se derrumba.

Se habla mucho de China en estos días. Así que hablemos un poco más.

Oímos hablar de las invenciones y los remedios de los antiguos chinos. ¿Ha escuchado hablar también de las invenciones modernas en China? Aquí les presento algunas de las cosas que los chinos lograron entre el final del siglo sexto y el siglo quince d. C.

Descubrieron el viento solar y la declinación magnética. Inventaron los cerillos, el ajedrez y la baraja.

Descubrieron que es posible diagnosticar la diabetes analizando la orina. Inventaron el primer reloj magnético, los tipos móviles, el papel moneda y el puente de arco segmentado.

En esencia inventaron la brújula, y demostraron que el norte magnético no es lo mismo que el norte geográfico — una cosa muy útil cuando se trata de navegar.

Inventaron la pintura fosforescente, la pólvora, las bengalas y la pirotecnia. Incluso inventaron las granadas.

Durante ese periodo estuvieron muy activos en el comercio internacional, descubrían nuevas tierras y nuevas personas.

Y luego, hacia finales del siglo quince, China se volvió insular. Dejó de mirar más allá de sus costas. Dejó de explorar el conocimiento más allá de donde se encontraba en ese momento. Y la iniciativa de la creatividad en general se detuvo. Por eso es que no escuchamos que las personas digan: «Hay un remedio chino moderno para ese problema». En cambio se habla de remedios chinos antiguos. Hay un costo que pagar cuando se deja de innovar y cuando se deja de invertir y cuando se deja de explorar. El costo es severo. Y me preocupa mucho, porque si no exploramos, retrocedemos hacia la irrelevancia mientras otras naciones en cambio descubren el valor de la exploración.

¿Qué más sabemos de China? Tiene cerca de mil quinientos millones de personas — una quinta parte de la población mundial. ¿Saben la magnitud de mil millones? Bueno, pues en China quiere decir que si tú eres único entre un millón de personas, allá hay 1,500 personas idénticas a ti.

No sólo eso, el primer cuartil — el 25 por ciento más inteligente — es más numeroso que la población total de Estados Unidos. Ahí les dejo eso para que pierdan el sueño. Han visto las cifras: China gradúa a medio millón de científicos e ingenieros cada año; nosotros graduamos a cerca de setenta mil — mucho menos de lo que indicaría una proporción de nuestras poblaciones.

Un presentador de televisión de Salt Lake City me preguntó acerca de esas cifras, y le dije: «Bueno, nosotros sí graduamos a medio millón de estudiantes al año, pero de abogados».

Entonces me preguntó que qué decía eso de Estados Unidos, y le dije: «A mí me dice que estamos yendo hacia el futuro perfectamente preparados para litigar el derrumbe de nuestra infraestructura».

Ese será el futuro de Estados Unidos.

¿Estoy inventando esto del derrumbe de la infraestructura? No. En julio de 2007

se reventó una tubería en Manhattan; hubo personas heridas y muertos. El mes siguiente, un puente de ocho carriles, parte de la carretera I-35, se derrumbó sobre el río Misisipi en Minneapolis.

En 2005 se reventaron las represas en Nueva Orleans. ¿Qué es lo que pasa?

Esto sucede cuando uno pasa de ser el líder tecnológico en el mundo, a ser una idiocracia.

La infraestructura se derrumba, y uno simplemente está corriendo detrás de los problemas, intentando reparar los daños cuando estos ocurran.

No quiero construir albergues para cuando se rompan las represas; mejor construyamos represas que no se rompan desde el principio. No quiero escapar de un tornado; mejor hallemos una manera de detener al tornado. No quiero correr de un asteroide que viene hacia nosotros; mejor hallemos una manera de desviarlo.

Son dos mentalidades distintas. Una de ellas se esconde ante la presencia de un problema; la otra resuelve el problema antes de que este cause desastres. Y las personas que resuelven problemas de infraestructura son los científicos y los ingenieros. Ya me cansé de que estemos construyendo albergues para cosas que podríamos haber evitado que sucedieran.

Entre nosotros nos escuchamos, pero ¿hay alguien que nos escuche a nosotros? No lo sé.

¿Cuántas personas vinculadas con el espacio hay en el mundo?

¿Cuántos empleados tiene Boeing? 150.000 en todo el mundo.

Lockheed Martin: 125.000. Northrop Grumman: 120.000.

General Dynamics: 90.000. NASA: 18.000. No todas las personas de estas grandes empresas están involucradas con el espacio, claro, y hay muchas empresas más con muchos menos empleados. ¿Qué hay de las sociedades?

La Planetary Society, la Sociedad Espacial Nacional (National Space Society) y la Mars Society combinadas tienen quizá unos 100.000 miembros. Si los sumamos todos — hice este ejercicio — no hay más de medio millón de personas involucradas en esta industria en Estados Unidos. Medio millón. Eso es una sexta parte de un punto porcentual de la población del país.

Este es el problema. Parecemos una especie de grupo de interés, así que nos comparan con otros grupos de interés.

¿Cuántos miembros tiene por ejemplo la Asociación Nacional del Rifle? Más de cuatro millones. ¿Qué otra sociedad tiene un millón de miembros, el doble de los estadounidenses involucrados en la industria aeroespacial? El club de fans de Hannah Montana. La Benevolente y Protectora Orden de Alces de Estados Unidos de América (Benevolent & Protective Order of Elks of the USA). La Fundación del Día del Árbol. En Estados Unidos hay un millón de niños que son educados en casa. Un millón de personas pertenecen a pandillas. Así que en cuanto a grupos de interés, estamos muy abajo en la lista para ser atendidos — a menos de que logremos enviar el mensaje de que lo que hacemos es fundamental para la identidad de Estados Unidos.

Hablemos un poco de presupuestos. Me gusta hablar de presupuestos. El presupuesto de la NASA, dependiendo de qué año estemos hablando, es más o menos medio centavo de un dólar de impuestos.

[Tweet espacial #62. El rescate bancario en EU superó el presupuesto total histórico de la NASA.]

Muchas personas tratan de justificar a la NASA a través de sus derivados — aunque creo que por fin dejamos de hablar de la invención del Tang. Claro que se obtienen derivados, cada año los elegidos para el Salón de la Fama de la Tecnología Espacial pueden atestiguarlo. La NASA también ejerce un impacto directo e indirecto

en cada comunidad en la que trabaja. Su presencia ha creado comunidades educadas. Al mismo tiempo se pagan salarios. Se compran bienes y servicios.

Sumando el impacto económico, la NASA está en números negros. Y sin embargo nada de esto captura completamente el espíritu de la misión de la NASA.

Hay algo más que la captura, y es algo de lo que se habla muy poco: el gozo de la exploración y el descubrimiento. No todos los países le ofrecen a sus ciudadanos esta posibilidad. Las personas que viven en países pobres están reducidos a los tres imperativos biológicos: la búsqueda de comida, de cobijo y de sexo. Si se ignoran esos requerimientos básicos, nos extinguimos. Pero en las naciones ricas, podemos ir más allá de lo básico.

Tenemos tiempo para reflexionar acerca del cosmos. Quizá nos parezca que es un lujo, pero no lo es. Como yo lo veo, la exploración y el descubrimiento son la expresión plena del imperativo biológico presente en nuestro cerebro.

Si nos negamos este impulso estamos negando nuestra naturaleza. El conocimiento sobre el espacio es uno de los frutos que da utilizar nuestro cerebro. Lo mismo sucede con los números. A mí me gustan los números, en especial los números grandes. No creo que las personas tengan muy claro qué tan grandes son los números grandes. ¿Cómo le decimos a las cosas que son muy grandes? Les decimos astronómicas: deuda astronómica, salarios astronómicos. El universo opera en grandes números y quiero compartir algunos con ustedes.

Empecemos con algunos pequeños, para ir calentando. ¿Qué tal el número «1»?

Entendemos el número «1». Si lo multiplicamos por mil, tenemos el número 1.000. Ese es otro número que entendemos bien. Multipliquémoslo por otros mil y llegamos a 1.000.000. Un millón. Ahora estamos llegando a la población de las grandes ciudades.

Ocho de esos millones viven en Nueva York. Ocho millones de personas. Si multiplicamos el millón por mil, y llegamos a mil millones. Mil millones. ¿Saben qué tanto son mil millones?

Permítanme que les diga.

[Tweet espacial #63. ¿En qué país vivo? Time Warner Cable ofrece 750 canales (Docenas en otros idiomas) Ninguno es NASA-TV.]

McDonald's ha vendido muchísimas hamburguesas, tantas que han perdido la cuenta. Pero aquí entre nosotros, digamos que han vendido 100.000.000.000 — cien mil millones. ¿Saben cuántas hamburguesas son?

Si empezamos en Colorado Springs y las ponemos una junto a otra yendo hacia el oeste, llegamos a Los Ángeles, empezamos a flotar en el Pacífico, llegamos a Japón y seguimos, atravesamos Asia y Europa y luego el Océano Atlántico, y pasamos por Washington D.C., y seguimos. Llegamos a Colorado Springs con nuestras 100.000.000.000, y podríamos hacer todo el recorrido 52 veces, de hecho.

Por cierto, hice este cálculo basado en el bollo. Es un cálculo de bollos: cincuenta y dos veces alrededor del planeta. Por sí misma, la carne no llegaría tan lejos. O si queremos apilar las hamburguesas, podemos hacer una pila tan alta que llegaría a la Luna y de regreso. Ahí tienen los cien mil millones.

Volvamos a los mil millones. ¿Hay alguien aquí que tenga treinta y un años de edad? Bueno, pues durante este año de vida habrá vivido mil millones de segundos. Es el segundo que le sigue a los 259 días, una hora, cuarenta y seis minutos y cuarenta segundos (restando, claro, los años bisiestos y segundos bisiestos de su vida). La mayoría de las personas celebran su cumpleaños. Yo celebré mi segundo de nacimiento — mi segundo mil millones — con una botella de champaña. Con gusto recomendaría champaña para esa ocasión. Pero tendría que beberla rápidamente, porque sólo tiene un segundo para celebrar.

Multipliquemos por mil una vez más, y llegamos a un billón. 1.000.000.000.000. Un uno con doce ceros.

No podemos contar hasta un billón. Si contáramos un número cada segundo, como acabo de mencionar, nos tomaría 31 años llegar a mil millones. ¿Cuánto tiempo nos tomaría llegar a un billón?

Mil veces más — treinta y un mil años.

Así que ni lo intenten. Hace treinta y un mil años, en Australia los habitantes de las cavernas estaban todavía pintando las paredes de sus cuevas y en Europa Central tallaban pequeñas figurillas de mujeres de piernas gruesas.

Ahora, multipliquemos de nuevo por mil, para obtener un uno con quince ceros. Ahora llegamos a un trillón. El número estimado de sonidos y palabras emitidas por todos los seres humanos que han vivido es cien trillones. Eso incluye todas las sesiones dilatadas del Congreso. Esas son parte del cálculo.

Multipliquemos por mil una vez más: un uno con dieciocho ceros. Un cuatrillón, el número promedio de granos de arena en una playa — incluso la arena que se queda atrapada en nuestros trajes de baño. Conté esa también.

Multipliquemos una vez más: un uno con veintiún ceros. Ese es el número de estrellas en el universo observable. Un quintillón de estrellas. Si uno llegó con un gran ego, no funcionará bien con ese número. Consideremos a nuestra vecina, la galaxia de Andrómeda, que es como una especie de gemela nuestra; dentro de su sistema de nubes está alojada la luz de cientos de miles de millones de estrellas. Cuando miramos más allá, gracias al telescopio espacial Hubble, no se ve nada más que esos sistemas, cada uno de ellos aparece como una mancha. Cada mancha es una galaxia completa, similar a Andrómeda, que contiene sus propios cientos de miles de millones de estrellas. Al familiarizarse con la escala cósmica, uno se siente muy pequeño sólo si nuestro ego está agrandado desproporcionadamente para empezar.

En todas estas galaxias, hay estrellas de un tipo particular que crean elementos pesados en sus núcleos, y luego explotan, y expanden sus contenidos enriquecidos por toda la galaxia — carbono, nitrógeno, oxígeno, silicón y más elementos de la tabla

periódica. Estos elementos enriquecen las nubes de gas de las que surge la nueva generación de estrellas y sus planetas asociados, y en estos planetas existen los ingredientes para la vida en sí, que son equivalentes a los ingredientes del universo.

El elemento número uno del universo es el hidrógeno; y también es el elemento principal en el cuerpo humano.

Entre otros sitios, uno puede hallarlo en la molécula de agua, H₂O. El siguiente elemento más común en el universo es el helio: un elemento químicamente inerte, por lo que no es útil para el cuerpo humano. Inhalarlo hace un gran momento en una fiesta, pero no es útil químicamente para la vida. El siguiente en la lista cósmica es el oxígeno; el siguiente en el cuerpo humano y en toda la vida en la Tierra es el oxígeno. Luego viene el carbono en el universo; y el carbono es el siguiente para la vida. Es un elemento extremadamente fértil.

Nosotros mismos somos una forma de vida a base de carbono. ¿Qué sigue en el universo? Nitrógeno. ¿En la Tierra?

Nitrógeno. Todas son equivalencias uno a uno. Si estuviéramos hechos de un isótopo de bismuto, entonces tendría un punto al decir que somos únicos en el cosmos, porque estar hecho de eso es realmente raro. Pero no lo somos.

Estamos compuestos por los ingredientes más comunes. Y eso me da un sentido de pertenencia al universo, un sentido de participación.

[Tweet espacial #64. FYI: Más del 90% de los átomos del universo son de hidrógeno — con un único protón en su núcleo.]

[Tweet espacial #65. Recuerdo una historia de ciencia ficción: aliens atravesaban la galaxia para obtener el H del H₂O de la Tierra. El autor necesita un curso básico de astronomía.]

Uno se puede preguntar quién está a cargo. Muchas personas piensan: bien, somos humanos, somos la especie más inteligente y la que más ha logrado; nosotros estamos a cargo. Las bacterias quizá tienen un punto de vista distinta: hay más bacterias viviendo y trabajando en un centímetro lineal del colon de una persona que todos los seres humanos que han vivido. Eso sucede en su tracto digestivo en este momento. ¿En realidad estamos a cargo, o simplemente somos el alojamiento de bacterias? Todo depende de nuestro punto de vista.

Pienso mucho en la inteligencia humana, porque me preocupa mucho este problema de la idiocracia. Luego echo una mirada a nuestro ADN. Es un poco más del 98 por ciento idéntico al de un chimpancé, y sólo un poco distinto al de otros mamíferos.

Nosotros nos consideramos inteligentes: creamos poesía, componemos música, resolvemos ecuaciones, construimos aviones. Eso es lo que hacen las criaturas inteligentes.

Bien. No tengo problemas con esa definición convenenciera. Creo que podemos estar de acuerdo en que no importa cuánto nos esforcemos, jamás lograremos enseñarle trigonometría a un chimpancé. El chimpancé probablemente no podría aprenderse ni

quiera la tabla de multiplicar. Al mismo tiempo, los seres humanos han enviado naves espaciales a la Luna.

En otras palabras, lo que celebramos de nuestra inteligencia se deriva de menos de un 2 por ciento de diferencia en nuestro ADN. Déjenme decirles algo que quizá los haga perder un poco el sueño. Dado que la diferencia genética del 2 por ciento es tan pequeña, quizá la diferencia real en nuestra inteligencia también es tan pequeña, y en realidad nos estamos diciendo, egoístas que somos, que es mucho más grande.

Imaginemos a otra criatura — una forma de vida distinta, un alienígena — cuyo ADN esté 2 por ciento más adelante que el nuestro en la escala de la inteligencia, así como el nuestro está 2 por ciento más adelante que el del chimpancé. En presencia de esa criatura, seríamos unos idiotas babeantes.

Me preocupa que algunos de los problemas del universo simplemente sean demasiado complicados para el cerebro humano.

Quizá es que simplemente somos muy tontos.

A algunas personas no les gustará esto.

Pero no se molesten. Hay una manera distinta de verlo. No es como que estamos aquí en la Tierra y el resto del universo está allá afuera. Para empezar, estamos conectados genéticamente con cada una de las formas de vida en la Tierra. Somos participantes simultáneos en la biósfera. También estamos conectados químicamente con todas las otras formas de vida que no hemos descubierto. Ellos también utilizarían los elementos de la tabla periódica. Ello no tendrían, ni podrían tener otra tabla periódica.

Así que estamos conectados genéticamente con los demás; y estamos conectados molecularmente con otros objetos del universo; y estamos conectados atómicamente con toda la materia del cosmos.

Para mí, esa es una idea profunda.

Es espiritual incluso. La ciencia, facilitada por la ingeniería, fortalecida por la NASA, nos dice no sólo que estamos en el universo, sino que el universo está en nosotros. Y para mí, esa sensación de pertenencia eleva, no degrada, al ego.

Ha sido un viaje épico en el que mis colegas y yo estamos embarcados — en mi caso, empezó desde que tenía nueve años. El resto del mundo necesita entender este viaje. Es fundamental para nuestras vidas, para nuestra seguridad, para la imagen que nos hacemos de nosotros mismos y para nuestra capacidad de soñar.

§ 35. Oda al Challenger, 1986³⁴

Ansioso y listo aguardabas

En reposo pre-lanzamiento, imponente

Al escuchar «Encender motor principal, 3-2-1»

De una majestuosa nube, surgiste

Tus cohetes te alzaban al cielo

Pero con el comando «Acelerar», fallaron.

Te consumiste en una bola de fuego,

Y sin control, tus aceleradores un rastro dejaron.

El Atlantic estaba debajo.

³⁴ Adaptado de una oda no publicada escrita en 1986. Nota del editor: la oda invoca palabras relacionadas con los nombres de los cinco transbordadores espaciales que existían en 1986 — Atlantis, Challenger, Columbia, Discovery y Enterprise.

*Donde el Columbus por primera vez zarpó
Un viaje emprendedor
En el que sólo el valiente prevaleció.
Tus astronautas fueron valientes.
Cayeron contigo al mar.
El piloto era Michael Smith
Dick Scobee, encargado de comandar.
Los ingenieros Greg Jarvis y
Judith Resnik iban ahí también
Ellison Onizuka Y el físico Ron McNair.
¿Cómo olvidar a la maestra,
Christa McAuliffe? Inculcaba
en los niños sueños y daba a los padres ánimos
En esta vida murió, pero su vida no acaba.
Nuestro deseo de explorar no muere
En nuestro interior, hasta el final,
Pero ese es el reto:
Al descubrir nos jugamos la vida
La nación se detuvo; el mundo dolió
No alcanzaron a tocar el espacio
La NASA los perdió para siempre,
Ahora están consagrados al tiempo eterno*

§ 36. Naves espaciales mal portadas³⁵

No hay manera de esconderlo. Las sondas gemelas de la NASA Pioneer 10 y Pioneer 11, enviadas a inicios de la década de los setenta hacia las profundidades de nuestra galaxia, ambas están experimentando una misteriosa fuerza que ha alterado las trayectoria anticipadas. Están a un cuarto de millón de millas más cercanas al Sol de lo que se esperaba.

Esta discrepancia, conocida como la anomalía Pioneer, fue advertida por primera vez a inicios de los ochenta, y para entonces las sondas estaban tan lejos del Sol que la pequeña presión de la luz solar no ejercía ninguna influencia significativa sobre su velocidad. Los científicos esperaban que la gravedad newtoniana por sí sola — identificable al Sol y a todo lo que lo orbita — fuera la responsable del ritmo del viaje de las Pioneer. Pero las cosas aparentemente no han resultado así. El empujoncito extra de la radiación solar estaba enmascarando una anomalía. Una vez que las Pioneers llegaron al punto donde la influencia de la luz solar era menor que la anomalía, ambas sondas comenzaron a registrar un cambio persistente y sin explicación en velocidad — una fuerza hacia el Sol, una resistencia — que operaba al ritmo de unos cuantos cientos de millones de una pulgada por segundo, cada segundo que las gemelas han estado viajando. Eso puede parecer poco, pero eventualmente se acumularon hasta llegar a miles de millas perdidas con cada año en el camino.

³⁵ Adaptado de «Spacecraft Behaving Badly», Natural History, abril de 2008

Contrario al estereotipo, los científicos investigadores no pasan el día sentados en sus oficinas celebrando su dominio de las verdades cósmicas.

Tampoco los descubrimientos científicos los anuncia por personas en batas blancas gritando: «¡Eureka!».

En cambio, los investigadores dicen: «hmm, eso es extraño». De esos inicios humildes surgen en su mayoría callejones sin salida y frustración, pero de vez en cuando, surge un indicio sobre las leyes del universo.

Y entonces, una vez que se reveló la anomalía Pioneer, los científicos (predeciblemente) dijeron: «hmm, qué extraño». Siguieron estudiándola, y esa peculiaridad no desaparecía.

La investigación seria comenzó en 1994, el primer artículo acerca de ella se publicó en 1998, y desde entonces ha habido todo tipo de explicaciones para dar cuenta de esta anomalía.

Los contendientes que ya han sido descartados incluyen problemas en el *software*, fugas en las válvulas en los cohetes de corrección a medio camino, el viento solar interactuando las señales de radio de las sondas, los campos magnéticos de las sondas interactuando con el campo magnético del Sol, la gravedad ejercida por los recién descubiertos objetos del cinturón de Kuiper, la posible deformación del espacio-tiempo, y la expansión acelerada del universo.

Las explicaciones restantes van de lo cotidiano a lo exótico. Entre estas está la sospecha de que en el Sistema Solar exterior, la gravedad newtoniana comienza a fallar.

El primer artefacto espacial del programa Pioneer — Pioneer 0 (sí, es un “cero”) — fue lanzado sin éxito en el verano de 1958. Catorce más fueron enviados durante las siguientes dos décadas. Los Pioneer 3 y 4 estudiaron la Luna; del 5 al 9 monitorearon el Sol; el 10 voló cerca de Júpiter; el 11 cerca de Júpiter y Saturno; el 12 y 13 visitaron Venus.

El Pioneer 10 dejó Cabo Cañaveral la tarde del 2 de marzo de 1972 — nueve meses antes que el último alunizaje del programa espacial Apollo — y cruzó la órbita de la Luna a la mañana siguiente.

En julio de 1972 se convirtió en el primer objeto humano en atravesar el cinturón de asteroides, esa franja de restos rocosos que separa al Sistema Solar interno de los planetas gigantes en el exterior. En diciembre de 1973 fue el primero en recibir «asistencia gravitatoria» del masivo Júpiter, que lo lanzó fuera del Sistema Solar. Aunque la NASA planeó que el Pioneer 10 siguiera enviando señales a la Tierra por veintiún meses, la fuente de energía del aparato lo mantuvieron transmitiendo y transmitiendo — permitiendo que la sonda llamara a casa durante treinta años, hasta el 22 de enero de 2003. Su gemelo, el Pioneer 11, tuvo una vida más corta; su transmisión final llegó el 30 de septiembre de 1995.

En el centro de los Pioneer 10 y 11 hay un compartimento de equipo con tamaño de una caja de herramientas, en donde guarda varios instrumentos y desde donde una pequeña planta de energía se proyecta hacia afuera en varios ángulos. Hay más instrumentos y antenas unidos al compartimento mismo.

Unas persianas sensibles al calor mantienen los circuitos electrónicos a la temperatura de operación ideal, y hay tres pares de cohetes con propulsores confiables, diseñados para realizar correcciones a la trayectoria en camino a Júpiter.

La fuente de energía para las gemelas y sus quince instrumentos científicos son pedazos radioactivos de plutonio-238, que encienden cuatro generadores termoelectrónicos de radioisótopos. El calor del plutonio que lentamente se descompone, con una vida media de 88 años, resultó en suficiente electricidad para operar el aparato, fotografiar Júpiter y sus satélites a distintas amplitudes de onda, registrar distintos fenómenos cósmicos y realizar experimentos más o menos de manera continua por más de una década. Pero en abril de 2001, la señal del Pioneer 10 había disminuido hasta ser una fracción apenas detectable: una mil millonésima de una billonésima parte de un watt.

El principal agente de comunicación de las sondas era una antena de nueve pies en forma de disco apuntada hacia la Tierra. Para mantener la alineación de la antena, cada aparato tenía sensores de estrellas y del Sol que lo mantenían girando en torno a su eje más largo para estabilizar su trayectoria. Durante la vida útil de la antena, envió y recibió señales de radio a través de la Red del Espacio Profundo (Deep Space Network), una serie de antenas sensibles a lo largo del planeta que permiten que los ingenieros monitoreen a los aparatos en el espacio sin que haya un momento de interrupción.

El famoso toque final para el Pioneer 10 y 11 es una placa con recubrimiento de oro colocada en uno de los lados de la sonda. La placa incluye una ilustración grabada de un hombre y una mujer desnudos, un dibujo de la nave misma en proporción correcta con los dibujos de los humanos, y un diagrama de la posición del Sol en la Vía Láctea, anunciando así el origen del aparato para cualquier alienígena inteligente que se encuentre a alguna de las gemelas. Siempre he tenido mis dudas acerca de esta tarjeta de presentación cósmica. La mayoría de la personas no le darían su dirección a un extraño en la calle, a pesar de que el extraño sea de nuestra misma especie.

¿Por qué entonces darle nuestra dirección a unos alienígenas de otro planeta?

Viajar en el espacio implica una gran cantidad de dejarse llevar, de deslizarse. Lo común es que un aparato espacial dependa de cohetes para abandonar el suelo y empezar su viaje.

Luego, otros motores más pequeños pueden activarse en el camino para ajustar la trayectoria del aparato o para hacer que este entre en la órbita de algún objeto seleccionado. Durante el todo el tiempo restante, simplemente se desliza.

Para que los ingenieros puedan calcular la trayectoria newtoniana del aparato entre dos puntos en el Sistema Solar, tienen que tomar en cuenta todas las posibles fuentes de gravedad en el camino, incluyendo cometas, asteroides, lunas y planetas. Como un reto adicional, deben apuntar a donde el objetivo estará al momento en el que el aparato llegue ahí, no a la ubicación actual del objetivo.

Una vez hechos los cálculos, allá fueron el Pioneer 10 y 11 en sus viajes de varios miles de millones de millas a través del espacio interplanetario — partieron valientemente a donde ningún otro aparato había ido jamás, y abrieron nuevas vistas a los planetas de nuestro Sistema Solar. Nadie imaginaba que en el ocaso de sus años, las gemelas también serían las insospechadas sondas para explorar las leyes fundamentales de la física gravitacional.

No es común que los astrofísicos descubran nuevas leyes de la naturaleza.

No podemos manipular a nuestros objetos de estudio. Nuestros telescopios son sondas pasivas que no pueden decirle al cosmos qué hacer. Sin embargo nos dicen cuando algo no está siguiendo órdenes. Tomemos como ejemplo al planeta Urano, cuyo descubrimiento debe acreditarse al astrónomo inglés William Herschel para 1781 (otros ya habían reparado en su presencia en el cielo, pero la identificaron como una estrella).

Conforme se fueron acumulando datos sobre su órbita durante las siguientes décadas, la gente comenzó a darse cuenta que Urano se desviaba un poco de los dictados de las leyes gravitacionales de Newton, que habían sobrevivido para entonces a un siglo de pruebas en otros planetas y sus lunas.

Algunos astrónomos importantes sugirieron que quizá las leyes de Newton comienzan a descomponerse al estar a tan grandes distancias del Sol.

[Tweet espacial #66. Isaac Newton. El más inteligente. Descubrió las leyes de la gravedad y óptica. Inventó el cálculo en su tiempo libre. Luego cumplió 26.]

¿Qué hacer? ¿Abandonar o modificar las leyes de Newton y concebir nuevas leyes de la gravedad? ¿O postular la existencia de un planeta aún por descubrir en el Sistema Solar exterior cuya gravedad no estaba siendo considerada en los cálculos de la órbita de Urano? La respuesta llegó en 1846, cuando los astrónomos descubrieron a Neptuno, justo donde debería haber un planeta para que su gravedad perturbara a Urano en exactamente la manera medida. Las leyes de Newton estaban a salvo... por el momento.

Luego tenemos a Mercurio, el planeta más cercano al Sol. Su órbita también desobedecía con frecuencia las leyes gravitacionales de Newton.

Después de haber predicho la posición de Neptuno en el cielo con un grado de divergencia, el astrónomo francés Urbain-Jean-Joseph Le Verrier postuló dos posibles causas para el comportamiento de Mercurio. Ya sea que había un nuevo planeta (lo llamo Vulcano) orbitando tan cerca del Sol que sería francamente imposible descubrirlo con el brillo solar, o había un cinturón de asteroides no catalogado orbitando entre Mercurio y el Sol.

Resulta que Le Verrier estaba equivocado en sus dos propuestas. En esta ocasión era necesario un nuevo entendimiento de la gravedad. Dentro de los límites a la precisión que las herramientas de medición nos imponen, las leyes newtonianas se comportan

también en el Sistema Solar exterior. Sin embargo, se descomponen en el Sistema Solar interior, donde son rebasadas por la relatividad general de Einstein. Entre más cerca estamos al Sol, es menos posible ignorar los efectos exóticos de su poderosísima fuerza gravitacional.

Dos planetas. Dos anomalías que parecían similares. Dos explicaciones completamente distintas.

La Pioneer 10 llevaba poco menos de una década deslizándose por el espacio y estaba a unos 15 U.A. del Sol cuando John D. Anderson, un especialista en mecánica celeste y físico especialista en ondas de radio en el Laboratorio de Propulsión a Chorro de la NASA (JPL), se dio cuenta de que los datos se alejaban de las predicciones hechas por el modelo computacional del JPL. Una U.A. [unidad astronómica], representa la distancia promedio entre la Tierra y el Sol; es la «vara» que sirve para medir distancias dentro de nuestro Sistema Solar). Para cuando había alcanzado 20

U.A., una distancia a la que la presión de los rayos solares ya no son relevantes para la trayectoria de una nave espacial, la desviación del Pioneer 10 era inconfundible. Al principio, Anderson no se preocupó por la discrepancia; creía que el problema se podría achacar o al *software* o a la sonda misma. Pero pronto determinó que si sumaba a las ecuaciones una fuerza inventada — una constante de cambio en la velocidad (una aceleración) hacia el Sol, para cada segundo del viaje — entonces la ubicación actual de la señal del Pioneer 10 coincidía con el resultado predicho.

¿El Pioneer 10 se encontró con algo inusual en su camino? Si sí, esto podría explicarlo. Pero no. El Pioneer 11 estaba alejándose del Sistema Solar en una dirección completamente distinta y sin embargo también requería un ajuste en su ubicación predicha. De hecho, la anomalía en la ruta del Pioneer 11 era algo más grande que la del Pioneer 10.

Enfrentados con la disyuntiva de revisar los postulados de la física convencional o con buscar explicaciones ordinarias para la anomalía, Anderson y su colaborador en el JPL, Slava Turyshev, escogieron este último. Dieron un paso muy sabio. Uno no quiere tener que inventar una nueva ley de la física para explicar una simple falla en un aparato.

Debido a que el flujo de la energía calorífica en varias direcciones puede tener efectos inesperados, una de las cosas que Anderson y Turyshev indagaron fue el material mismo del aparato — en específico, investigaron la manera en la que el calor sería absorbido, conducido e irradiado de una superficie a otra. Su investigación logró dar cuenta de una décima parte de la anomalía. Aunque ninguno de los dos investigadores es ingeniero térmico.

Dieron un segundo paso muy inteligente también: buscaron a uno. A principios de 2006 Turyshev contactó a Gary Kinsella, un colega del JPL a quien no conocía y quien jamás había visto una sonda Pioneer, y lo convenció de que llevara la investigación térmica más a fondo. En la primavera de 2007, los tres vinieron al planetario Hayden en la ciudad de Nueva York, y contaron de sus hasta entonces inconclusos trabajos ante un auditorio lleno. Mientras

tanto, otros investigadores retomaron el reto en otras partes del mundo.

Consideremos por un momento lo que es ser un aparato que vive y trabaja a cientos de millones de millas del Sol.

Primero que nada, tu lado soleado se calienta mientras que el equipo que está en tu lado en la sombra puede llegar a enfriarse hasta -455° Fahrenheit, la temperatura de fondo del espacio exterior. Además estás construido de muchos materiales distintos y tienes numerosos apéndices, todos con propiedades térmicas distintas, que absorben, conducen, emiten y esparcen el calor de modos distintos, tanto hacia tus distintas cavidades como hacia el espacio. Es más, tus partes operan a temperaturas muy distintas: tus instrumentos de ciencia criogénica operan bien en el frío del espacio exterior, pero tus cámaras lo hacen mejor a temperatura ambiente, y tus propulsores, al activarse, registran unos 2.000° F. No sólo eso, cada una de las piezas de tu equipo está ubicada a menos de diez pies de las demás piezas.

La tarea que Kinsella y sus ingenieros tenían enfrente era evaluar y cuantificar la influencia térmica direccional de cada una de los elementos a bordo del Pioneer 10. Para hacer eso, crearon un modelo computacional que representaba a la sonda cubierta por una envoltura esférica.

Luego subdividieron esa superficie en 2,600 zonas, lo que les permitió seguir el flujo de energía desde cada punto de la sonda hacia cada otro punto en la esfera que lo envolvía. Para fortalecer su caso, también buscaron en todos los documentos y archivos del

proyecto, muchos de los cuales venían desde la época en la que las computadoras utilizaban tarjetas perforadas y almacenaban sus datos en cintas. (Sin los fondos de emergencia otorgados por la Planetary Society, por cierto, esos archivos irremplazables habrían terminado en el basurero).

En el mundo simulado del modelo de computadora, la sonda fue puesta a una distancia de prueba (25 U. A.) y a un ángulo específico del Sol, y se supuso que todas las partes operaban como debían.

Kinsella y su equipo determinaron que la emisión térmica desigual desde las superficies exteriores de la sonda sí crea una anomalía — y que se manifiesta como un cambio de velocidad continua y hacia el Sol.

¿Pero qué tanto de la anomalía Pioneer puede achacarse a este efecto?

Sin duda una parte. Quizá casi toda.

Posiblemente toda.

¿Qué hacer entonces con la parte no explicada de la anomalía?

¿La ocultamos debajo de un tapete cósmico con la esperanza de que los análisis adicionales de Kinsella resuelvan por completo la anomalía?

¿O reconsideramos con todo cuidado la precisión y la inclusión de las leyes gravitacionales de Newton, como algunos físicos entusiastas han estado haciendo desde hace algunas décadas?

La gravedad newtoniana, pre-Pioneer, nunca había sido medida — y por lo mismo nunca había sido confirmada — con mucha precisión

a grandes distancias. De hecho, Slava Turysheve, un experto en la relatividad general de Einstein, considera que los Pioneer son (sin quererlo)

el experimento más grande de la Historia para confirmar si la gravedad newtoniana es válida en el Sistema Solar exterior. Ese experimento, dice, muestra que quizá no lo sea. Además, como cualquier físico puede demostrar, a más de 15 U.A., los efectos de la gravedad einsteniana son insignificantes.

A inicios de 2009, para beneficio de los visitantes a la página de internet de la Planetary Society, Turyshev y su colega Viktor Toth explicaron elocuentemente por qué seguían investigando la anomalía Pioneer. Vale la pena citar en extenso su explicación, titulada «Hallar una aguja en un pajar, o probar que no había aguja»:

En el corto plazo, conocer la constante gravitacional a más de un dígito de precisión o ponerle límites más estrictos a cualquier desviación de la teoría gravitacional de Einstein parece ser un detalle molesto y quisquilloso.

Sin embargo uno no debe perder de vista el «panorama general». Hace más de doscientos años, cuando los investigadores medían las propiedades de la electricidad, cada vez con instrumentos más refinados, no imaginaban que hubiera redes eléctricas que se extenderían a lo largo de los continentes, ni una economía informática, ni las minúsculas señales eléctricas que nos llegaban desde las profundidades insondables del Sistema Solar exterior enviadas por máquinas construidas por el hombre.

Simplemente realizaban experimentos meticulosos que establecían las leyes que vinculaban a la electricidad con el magnetismo o a la fuerza electromotriz con reacciones químicas. Sin embargo, su trabajo allanó el camino para nuestra sociedad moderna.

Igualmente, no podemos imaginar lo que las investigaciones sobre la ciencia gravitacional traerán en el mañana.

Quizá un día la humanidad sea capaz de dominar a la gravedad. Quizá un día un viaje a través del Sistema Solar, utilizando un motor gravitacional no inventado aún sea tan común como atravesar el océano hoy en un avión.

Quizá un día los seres humanos puedan viajar a las estrellas en naves espaciales que no requieran cohetes. ¿Quién sabe?

Pero algo sí sabemos de cierto: nada de eso sucederá si no somos meticulosos con nuestro trabajo hoy. Nuestro trabajo, ya sea que pruebe la existencia de gravedad más allá de Einstein, o simplemente mejore nuestra navegación de aparatos espaciales en el espacio profundo al permitirnos dar cuenta con precisión de una pequeña fuerza termal de retroceso, sienta las bases para que quizá, algún día, alcancemos esos sueños.

Por el momento, sin embargo, son dos las fuerzas que parecen estar en juego en el espacio profundo:

las leyes gravitacionales de Newton y la misteriosa anomalía Pioneer. Hasta que demos cuenta por completo de la anomalía, ya sea porque había fallas en el aparato y entonces sea posible descartarla, las leyes de Newton seguirán sin ser confirmadas. Y es posible que haya algún tapete en el cosmos que esconda debajo de

él una nueva ley de la física que está ahí, esperando a ser descubierta.

§ 37. Qué significa la nasa para el futuro de Estados Unidos³⁶

Me gustaría que me dieran cinco centavos cada vez que alguien dice: «¿Por qué gastamos dinero allá cuando hay tantos problemas acá?». La primera respuesta, y la más simple, es que un día vendrá un asteroide asesino directamente hacia nosotros, es decir que no todos sus problemas son terrenales. En algún punto hay que mirar hacia arriba.

Según el plan espacial propuesto por el presidente Barack Obama, la NASA comenzará a promover el acceso comercial a la órbita baja de la Tierra.

La Ley Nacional de Aeronáutica y el Espacio de 1958 designa a la NASA como la responsable de hacer avanzar la frontera espacial. Y dado que la órbita baja de la Tierra ya no es una frontera espacial, la NASA debe avanzar hacia el siguiente escalón. El plan actual dice que no iremos a la Luna y más bien recomienda que vayamos a Marte algún día — no sé para cuándo.

Este escenario me preocupa. Sin un plan real para llegar a algún sitio más allá de la órbita baja de la Tierra, no tenemos nada con qué dar forma a los sueños profesionales de los jóvenes estadounidenses. A mi juicio, la NASA es como una fuerza de la naturaleza en sí misma, capaz de estimular la formación de científicos, ingenieros, matemáticos y tecnólogos — las áreas STEM de investigación [por sus nombres en inglés]. A estas personas se les incentiva por el bien de la sociedad, y se convierten en los que permiten que el mañana suceda.

³⁶ Adaptado de una sesión de preguntas y respuestas en la serie Buffalo Distinguished Speaker Series, 31 de marzo de 2010.

La fuerza de las economías en el siglo veintiuno deriva de las inversiones realizadas en ciencia y tecnología. Es algo que hemos atestiguado desde el nacimiento de la Revolución Industrial: las naciones que han hecho suyas esas inversiones son las naciones que han liderado al mundo.

Estados Unidos se está quedando atrás ahora. Nadie está soñando con el futuro ahora. La NASA sabe cómo soñar con el futuro — si es que hay fondos para permitirlo, si los fondos pueden darles la capacidad, si los fondos pueden hacer que suceda. Claro, es necesario tener buenos maestros. Pero los maestros van y vienen, porque los niños pasan al grado siguiente y luego al grado que sigue de ese. Los maestros ayudan a encender una flama, pero necesitamos algo que la mantenga encendida. Y ese es el efecto que tiene la NASA sobre lo que somos como nación ahora, sobre lo que hemos sido y quizá sobre lo que hemos dado por hecho como nación.

Hoy, el acelerador de partículas más poderoso del mundo está a cientos de pies bajo tierra en la frontera entre Francia y Suiza. El tren más veloz del mundo lo construyeron los alemanes y está operando en China. Mientras tanto, aquí en Estados Unidos, veo que nuestra infraestructura colapsa y que nadie sueña con el futuro.

Todos creen que pueden poner una curita a este o aquel problema. Mientras tanto, la agencia con el mayor poder para dar forma a los sueños de una nación actualmente tiene menos recursos para hacer lo que ya hace — que es lograr que esos sueños se vuelvan

realidad. Y lo logra con medio centavo de cada dólar recaudado de impuestos.

¿Cuánto pagarías tú por el universo?

[Tweet espacial #67. El ejército estadounidense gasta lo que la NASA gasta en un año, en 23 días — y eso en tiempos de paz.]

Epílogo

La perspectiva cósmica

De todas las ciencias cultivadas por la humanidad, la astronomía es reconocida, y sin duda lo es, como la más sublime, la más interesante y la más útil. Porque, del conocimiento derivado de esta ciencia, no sólo descubrimos la mayor parte de la Tierra...; sino que nuestras facultades crecen gracias a la grandeza de las ideas que transmite, nuestras mentes se exaltan por encima de sus bajos prejuicios.

JAMES FERGUSON, ASTRONOMY EXPLAINED UPON SIR ISAAC NEWTON'S PRINCIPLES, AND MADE EASY TO THOSE WHO HAVE NOT STUDIED MATHEMATICS (1757)

Mucho antes de que nadie supiera que el universo tuvo un inicio, mucho antes de que supiéramos que la galaxia más cercana está a más de dos millones de años luz de la Tierra, mucho antes que supiéramos cómo funcionan las estrellas o que descubriéramos que existen los átomos, la introducción entusiasta que James Ferguson escribió para su ciencia favorita sonaba verdadera. Aún así, sus palabras, salvo por las florituras propias del siglo XVIII, podrían haber sido escritas ayer.

¿Pero a quiénes les está dado pensar así? ¿Quién puede celebrar esta perspectiva cósmica de la vida? No el trabajador agrícola migrante. No el trabajador de la maquila. Sin duda no el vagabundo que busca comida en la basura. Se necesita tener el lujo del tiempo no gastado sólo en la supervivencia. Es necesario vivir en un país cuyo gobierno valore la búsqueda por entender el sitio de la humanidad en el universo. Se necesita una sociedad en la que la búsqueda intelectual pueda llevarnos a las fronteras del descubrimiento y en la que la noticia de los hallazgos puedan ser diseminados constantemente. Según estos parámetros, a la mayoría de los ciudadanos de las naciones industrializadas les va muy bien. Sin embargo, la perspectiva cósmica tiene un costo oculto. Cuando viajo miles de millas para pasar unos cuantos momentos en la sombra veloz de la Luna durante un eclipse total de Sol, algunas veces se pierde de vista la Tierra.

Cuando hago una pausa y reflexiono sobre nuestro universo en expansión, con sus galaxias que se alejan unas de otras, integradas al tejido cada vez más estirado, de las cuatro dimensiones del espacio y el tiempo, algunas veces olvido que una enorme cantidad de personas andan por esta Tierra sin comida ni sustento, y que entre ellos hay una desproporcionada cantidad de niños.

Cuando reviso los datos que establecen la presencia misteriosa de la materia oscura y la energía oscura en el universo, algunas veces olvido que cada día — durante cada rotación de 24 horas de la Tierra — las personas matan y son matadas en nombre de la concepción de Dios de unos u otros, y que algunas personas que no

matan en nombre de su Dios, lo hacen en nombre de las necesidades o los intereses de su nación.

Cuando sigo la órbita de los asteroides, cometas y planetas, cada uno un bailarín que hace piruetas en un *ballet* cósmico coreografiado por las fuerzas de la gravedad, algunas veces olvido que demasiadas personas actúan con soberbia indiferencia ante las delicadas relaciones entre la atmósfera, los océanos y la tierra, y ante las consecuencias de salud y bienestar que padecerán nuestros hijos y sus hijos.

Y algunas veces olvido que las personas poderosas rara vez hacen todo lo que pueden para ayudar a aquellos que no se pueden ayudar a sí mismos.

A veces se me olvidan estas cosas porque, por muy grande que sea el mundo — en nuestros corazones, en nuestras mentes y en nuestros atlas — el universo es aún más grande. Una idea deprimente para unos, pero una idea liberadora para mí.

Pensemos en un adulto que se ocupa de los traumas de un niño: un juguete roto, una rodilla raspada, un niño abusivo en el recreo. Los adultos saben que los niños no saben lo que constituye un problema genuino, porque la inexperiencia limita su perspectiva infantil.

De adultos, ¿nos atrevemos a admitir que también tenemos una inmadurez colectiva en nuestras perspectivas?

¿Nos atrevemos a admitir que nuestros pensamientos y nuestros comportamientos surgen de una creencia de que el mundo gira en torno a nosotros? Parece que no. Y sin embargo la evidencia es

abundante. Abramos las cortinas de los conflictos raciales, étnicos, religiosos, nacionales y culturales de la sociedad y hallamos que ahí detrás está el ego humano moviendo las palancas.

Ahora imaginemos un mundo en el que todos, pero especialmente las personas con poder e influencia, tienen una visión expansiva de nuestro sitio en el cosmos.

Si tuviéramos esa perspectiva, nuestros problemas se reducirían — o no emergerían del todo — y podríamos celebrar nuestras diferencias terrenales al tiempo que abandonamos el comportamiento de nuestros antecesores que se asesinaron motivados por ellas.

En febrero de 2000, el recién reconstruido planetario Hayden ofrecía un *show* del espacio llamado Pasaporte al Universo («Passport to the Universe») escrito por Ann Druyan y Steven Soter (colaboradores de Carl Sagan en la serie de televisión original *Cosmos*). El *show* llevaba a los visitantes a un acercamiento virtual desde Nueva York a las regiones más profundas del espacio. En el camino, el público ve la Tierra, luego el Sistema Solar, y luego las cientos de miles de millones de estrellas de la Vía Láctea se encogen hasta convertirse en puntos apenas visibles en el domo del planetario.

A un mes de la apertura, recibí una carta de un profesor de psicología de una universidad de la Ivy League, cuya área de experiencia era las cosas que hacían sentir insignificantes a las personas. No sabía que alguien podía especializarse en esas cosas. Quería administrar un cuestionario antes y después a los

visitantes, para evaluar sus niveles de depresión después de ver «Pasaporte al Universo». El *show*, escribió, le había provocado los sentimientos más dramáticos de pequeñez que había experimentado jamás.

¿Cómo podía ser? Cada vez que veo ese espectáculo (y otros que hemos producido), me siento vivo y animado y conectado.

También me siento agrandado, al saber que es lo que sucede dentro del cerebro humano de tres libras de peso lo que ha permitido que descubramos nuestro sitio.

Permítanme sugerir que fue el profesor y no yo quien ha leído mal a la naturaleza. Su ego era demasiado grande para empezar, inflado por las ilusiones de importancia y alimentado por las suposiciones culturales de que los seres humanos son más importantes que nada.

Para ser justos con el colega, las poderosas fuerzas de la sociedad nos dejan a todos muy susceptibles. Como yo lo estuve... hasta el día en que aprendí en la clase de biología que viven más bacterias en un centímetro de mi colon que la cantidad de personas que han existido en el mundo. Ese tipo de información le hace pensar a uno acerca de quién — o qué — está realmente al mando.

A partir de ese día, comencé a pensar en las personas, no como los amos del espacio y el tiempo, sino como los participantes en una gran cadena cósmica del ser, con vínculos genéticos directos entre las especies tanto vivas como extintas, que se extiende más de cuatro mil millones de años hasta llegar a los organismos unicelulares en la Tierra.

Sé lo que están pensando: somos más inteligentes que las bacterias.

No me queda duda de ello, somos más inteligentes que cualquier otra criatura que haya caminado o se haya arrastrado por la Tierra. ¿Pero qué tan inteligente es eso? Nosotros escribimos poesía y música. Realizamos arte y ciencia.

Somos buenos para las matemáticas. Incluso si somos malos para las matemáticas, probablemente somos mucho mejores que los chimpancés más inteligentes, cuya identidad genética apenas si se distingue de la nuestra. Por más que lo intenten, los primatólogos jamás lograrán hacer que un chimpancé aprenda las tablas de multiplicar o que haga divisiones de más de dos dígitos.

Si estas pequeñas diferencias genéticas entre nosotros y los primates dan cuenta de nuestra vasta diferencia en inteligencia, quizá esa diferencia de inteligencia no sea tan vasta después de todo.

Imaginemos a una forma de vida cuya capacidad cerebral sea a la nuestra, lo que la nuestra es a la de los chimpancés. Para esa especie, nuestros más grandes logros mentales serían triviales. Sus infantes, en lugar de aprender las letras en *Plaza Sésamo*, aprenderían cálculo multivariable en *El Bulevar Booleano*. Nuestros teoremas más complejos, nuestras filosofías más profundas, las obras más queridas de nuestros artistas más creativos serían proyectos que sus niños traerían de la escuela para que papá y mamá los peguen en el refrigerador.

Estas criaturas estudiarían a Stephen Hawking (quien ocupa el mismo puesto de profesor que alguna vez ocupó Newton en la Universidad de Cambridge) porque es un poco más inteligente que otros seres humanos, dada su capacidad para la astrofísica y otros cálculos mentales rudimentarios.

Si fuera un gran abismo genético el que nos separara de nuestros parientes más cercanos en el reino animal, podríamos justificar entonces nuestra brillantez. Tal vez incluso estaríamos justificados en pensar que somos distantes y distintos de las criaturas que nos rodean. Pero no existe ese abismo.

En cambio, somos uno con el resto de la naturaleza, ni más arriba ni más abajo, sino ahí, en medio.

¿Necesitamos más ablandadores de ego? Las simples comparaciones de cantidad, tamaño y escala sirven bastante bien.

Empecemos por el agua. Es simple, común y vital. Hay más moléculas de agua en una taza de ocho onzas que tazas de agua en todos los océanos del mundo.

Cada taza de agua que pasa por el cuerpo de una persona y regresa al suministro mundial de agua tiene suficientes moléculas para compartir quince mil de ellas a cada otra taza de agua en el mundo. No hay manera de esquivarlo: algo del agua que acaba de tomar pasó por los riñones de Sócrates, Genghis Khan y Juana de Arco.

¿Qué tal el aire? También es vital.

Una única bocanada jala más moléculas de aire que todas las bocanadas en la atmósfera entera de la Tierra. Eso quiere decir que

algo del aire que acaba de respirar pasó por los pulmones de Napoleón, Beethoven, Lincoln y Billy the Kid.

Ahora vamos a lo cósmico. Hay más estrellas en el universo que granos de arena en una playa cualquiera; más estrellas que segundos transcurridos desde que se formó la Tierra, más estrellas que palabras y sonidos jamás pronunciados por todos los seres humanos que han vivido.

¿Queremos dar un repaso al pasado?

Nuestra perspectiva cósmica nos puede llevar hacia allá. La luz tarda en llegar a los observatorios de la Tierra desde las profundidades del espacio, y por eso vemos los objetos no como son sino como alguna vez fueron. Eso quiere decir que el universo actúa como una gran máquina del tiempo: entre más lejos mira uno, más hacia atrás en el tiempo mira uno — casi hasta el inicio mismo del tiempo. Dentro de ese horizonte de observaciones, la evolución cósmica se desenvuelve continuamente, a plena vista.

¿Quieren saber de qué estamos hechos? De nuevo, la perspectiva cósmica nos da una respuesta mayor de lo que esperamos. Los elementos químicos del universo se forjan en los fuegos de las estrellas de alta masa que terminan sus vidas con explosiones estupendas, y enriquecen así a sus galaxias huéspedes con el arsenal químico de la vida como la conocemos.

¿El resultado? Los cuatro elementos químicos activos más comunes en el universo — hidrógeno, oxígeno, carbono y nitrógeno — son los cuatro elementos más comunes de la vida en la Tierra. No solamente estamos en el universo. El universo existe en nosotros.

Sí, somos polvo de estrellas. Pero quizá no seamos originarios de la Tierra.

Varias líneas de investigación distintas, al ser consideradas juntas, han llevado a los investigadores a repensar quiénes creemos que somos y de dónde creemos que venimos.

Primero, simulaciones de computadora han revelado que cuando un gran asteroide impacta contra un planeta, las áreas alrededor pueden recular por la fuerza del impacto, y catapultan rocas hacia el espacio. Desde ahí, pueden viajar hacia — y aterrizar — en otras superficies planetarias.

Segundo, los microorganismos pueden ser tozudos.

Algunos sobreviven extremos de temperatura, presión y radiación inherentes a los viajes espaciales. Si los desechos rocosos producto de un impacto vienen de un planeta en el que había vida, la fauna microscópica podría estar viajando de polizón en algunas de las grietas y agujeros de las rocas. Tercero, la evidencia reciente sugiere que poco después de la formación de nuestro Sistema Solar, Marte era un planeta húmedo, quizá incluso fértil, mucho antes de la Tierra lo fuera.

Estos hallazgos quieren decir que es concebible que la vida empezó en Marte y después se esparció hacia la Tierra, en un proceso conocido como panspermia.

Así que quizá los terrícolas — sólo quizá — sean descendientes de los marcianos.

Una y otra vez a lo largo de los siglos, los descubrimientos cósmicos han demeritado la imagen que tenemos de nosotros mismos. Se

creía que la Tierra era astronómicamente única, hasta que los astrónomos se dieron cuenta de que la Tierra era un planeta más orbitando al Sol. Luego pensamos que nuestro Sol era único, hasta que nos dimos cuenta que las incontables estrellas en el cielo nocturno son soles también. Luego pensamos que nuestra galaxia, la Vía Láctea, era la totalidad del universo conocido, hasta que nos dimos cuenta que las incontables cosas borrosas en el cielo son otras galaxias, esparcidas por todo el paisaje de nuestro universo conocido.

Hoy, es fácil asumir que un universo es todo lo que hay. Sin embargo, las teorías emergentes en la cosmología moderna, así como la improbabilidad reafirmada constantemente de que cualquier cosa sea única, exigen que estemos abiertos al último asalto a nuestra exigencia de distinción: universos múltiples, conocidos también como multiverso, en el que el nuestro es simplemente una de las incontables burbujas que revientan a partir del tejido del cosmos.

La perspectiva cósmica surge de nuestros conocimientos fundamentales.

Pero es más de lo que sabemos. También tiene que ver con la sabiduría y con las intuiciones para aplicar ese conocimiento al investigar nuestro lugar en el universo. Y sus atributos son evidentes:

La perspectiva cósmica viene desde las fronteras de la ciencia, pero no es únicamente materia del científico. Le pertenece a todos.

La perspectiva cósmica es humilde.

La perspectiva cósmica es espiritual — incluso redentora — pero no religiosa.

La perspectiva cósmica nos permite concebir, en el mismo pensamiento, lo enorme y lo minúsculo.

La perspectiva cósmica nos abre la mente a ideas extraordinarias pero no tanto como para que derramemos el contenido de nuestros cerebros y que seamos susceptibles a creer cualquier cosa.

La perspectiva cósmica nos abre los ojos ante el universo, y lo presenta no como un cunero benevolente diseñado para criar la vida, sino como un sitio frío, solitario y peligroso.

La perspectiva cósmica muestra que la Tierra es una mota, pero una mota preciosa, y por el momento, el único hogar que tenemos.

La perspectiva cósmica halla belleza en las imágenes de planetas, lunas, estrellas y nebulosa, pero también celebra las fuerzas físicas que les dan forma.

La perspectiva cósmica nos permite ver más allá de nuestras circunstancias, y nos permite trascender las búsquedas elementales de comida, sustento y sexo.

La perspectiva cósmica nos recuerda que en el espacio, donde no hay aire, una bandera no ondea — una indicación de que quizá el ondear de las banderas y la exploración espacial no son una buena mezcla.

La perspectiva cósmica no sólo hace suya la relación genética que existe entre todas las formas de vida de la Tierra, sino también la relación química con cualquier tipo de vida por descubrir en el universo, así como nuestra relación atómica con el universo entero.

Por lo menos una vez a la semana, si no es que una vez al día, deberíamos ponderar qué verdades cósmicas permanecen sin descubrir, quizá esperando la llegada de un pensador inteligente, de un experimento ingenioso, o de una innovadora misión espacial que las revele. Podemos incluso ponderar cómo es que esos descubrimientos alterarían algún día la vida en la Tierra.

Sin esa curiosidad, no somos distintos del granjero provinciano que expresa que no hay necesidad de aventurarse más allá de la frontera de su condado, porque dentro de las cuarenta hectáreas de terreno tiene todo lo que necesita. Si todos nuestros antecesores hubieran tenido esta perspectiva, el granjero sería más bien un hombre de las cavernas, que corretea su comida con una piedra y un palo.

Durante nuestra breve estancia en el planeta Tierra, nos debemos a nosotros mismos y a nuestros descendientes la oportunidad de explorar — en parte porque es algo divertido. Pero hay una razón mucho más noble. El día que nuestro conocimiento del cosmos deje de expandirse, corremos el riesgo de regresar a una perspectiva infantil del universo que nos rodea figurativa y literalmente. En ese mundo lúgubre, una población armada y hambrienta de recursos sería proclive a actuar guiada por sus «bajos prejuicios». Y ese sería el último suspiro de la iluminación humana — hasta que emergiera una nueva cultura visionaria que una vez más haga suya la perspectiva cósmica.

Anexos**Anexo A****Medio siglo de gastos de la NASA, 1959-2010**

*Gastos de la NASA en relación a los gastos totales del gobierno
federal estadounidense*

Año	Columna					
	I	II	III	IV	V	VI
	US\$ millions	US\$ millions	%	US\$ millions	US\$ billions	%
1959	92.098	146,00	0.16	871	506.6	0.03
1960	92.191	401,00	0.43	2.370	526.4	0.08
1961	97.723	744,00	0.76	4.340	544.8	0,14
1962	106.821	1.257,00	1.18	7.240	585.7	0.21
1963	111316	2.552,00	2.29	14.500	617.8	0,41
1964	118.528	4.171,00	3.52	23.400	663.6	0.63
1965	118.228	5.092,00	4.31	28.100	719.1	0,71
1966	134.532	5.933,00	4.41	31.800	787.7	0.75
1967	157.464	5.425,00	3.45	28.200	832.4	0.65
1968	178.134	4.722,00	2.65	23.500	909.8	0.52
1969	183.640	4.251,00	2.31	20.200	984.4	0.43
1970	195.649	3.752,00	1.92	16.900	1.038.3	0.36
1971	210.172	3.382,00	1.61	14.500	1.126.8	0.30
1972	230.681	3.423,00	1.48	14.100	1.237.9	0.28
1973	245.707	3.312,00	1.35	12.900	1.382.3	0.24
1974	269.359	3.255,00	1.21	11.700	1.499.5	0.22
1975	332.332	3.269,00	0.98	10.700	1.637.7	0.20
1976	371.792	3.671,00	0.99	11.400	1.824.6	0.20
1977	409.218	4.002,00	0.98	11.600	2.030.1	0.20
1978	458.746	4.164,00	0.91	11.300	2.293.8	0.18
1979	504.028	4.380,00	0.87	11.000	2.562.2	0,17
1980	590.941	4.959,00	0.84	11.400	2,788.1	0.18
1981	678.241	5.537,00	0.82	11.600	3,126.8	0.18
1982	745.743	6.155,00	0.83	12.200	3,253.2	0.19
1983	808.364	6.853,00	0.85	13.100	3,534.6	0.19
1984	851.805	7.055,00	0.83	13.000	3.930.9	0.18
1985	946.344	7.251,00	1077	12.900	4,217.5	0.17

Crónicas del espacio		www.librosmaravillosos.com			Neil deGrasse Tyson	
1986	990.382	7.403,00	0.75	12.900	4,460.1	0.17
1987	1,004.017	7.591,00	0.76	12.900	4,736.4	0.16
1988	1,064.416	9.092,00	0.85	14.900	5,100.4	0.18
1989	1,143,744	11.036,00	0.96	17.400	5,482.1	0.20
1990	1,252,994	12.429,00	0.99	19.000	5,800.5	0.21
1991	1,324,226	13.878,00	1.05	20.500	5,992.1	0.23
1992	1,381,529	13.961,00	1.01	20.200	6.342.3	0.22
1993	1,409,386	14.305,00	1.01	20.200	6667.4	0.21
1994	1,461,753	13.694,00	0.94	19.000	7.085.2	0.19
1995	1,515,742	13.378,00	0,88	18.200	7,414.7	0.18
1996	1,560,484	13.881,00	0.89	18.500	7,838.5	0.18
1997	1,601,116	14.360,00	0.90	18.800	8,332.4	0.17
1998	1,652,458	14.194,00	0.86	18.400	8,793.5	0.16
1999	1,701,842	13.636,00	0.80	17.400	9353.5	0.15
2000	1,788.950	13.428,00	0.75	16.800	9,951.5	0.13
2001	1,862.846	14.092,00	0.76	17.200	10.286.2	0.14
2002	2,010.894	14.405,00	0.72	17.300	10.642.3	0.14
2003	2,159.899	14.610,00	0,68	17.200	11.142.1	0.13
2004	2.292.841	15.152,00	0.66	17.300	11,867.8	0.13
2005	2,471.957	15.602,00	0.63	17.300	12,638.4	0.12
2006	2,655.050	15.125,00	0.57	16.200	13,398.9	0.11
2007	2,728,686	15.861,00	0.58	16.500	14,061.8	0.11
2008	2,982,544	17.833,00	0.60	18.200	14,369.1	0.12
2009	3,517,677	19.168,00	0.54	19.400	14,119.0	0.14
2010	3,456,213	18.906,00	0.55	18.900	14,660.4	0.13

Columna I: Gastos totales del gobierno federal de EEUU

Columna II: Gastos de la NASA

Columna III: Porcentaje de gastos de la Nasa sobre el total del gobierno

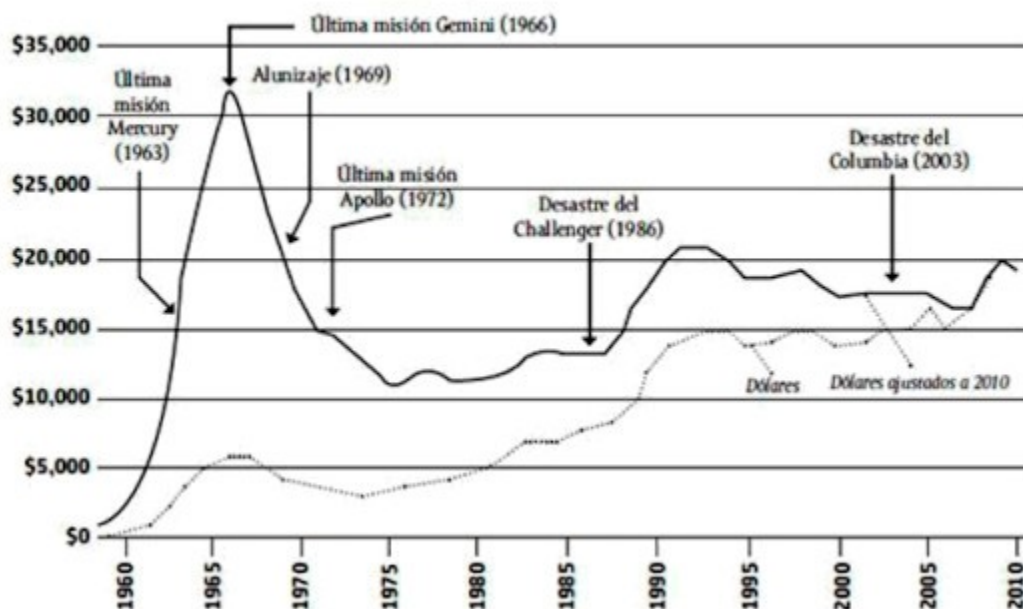
Columna IV: Gasto total de la NASA actualizados a 2010

Columna V: PIB de EEUU

Columna VI: Gastos de la NASA como porcentaje del PIB de EEUU

Anexo B

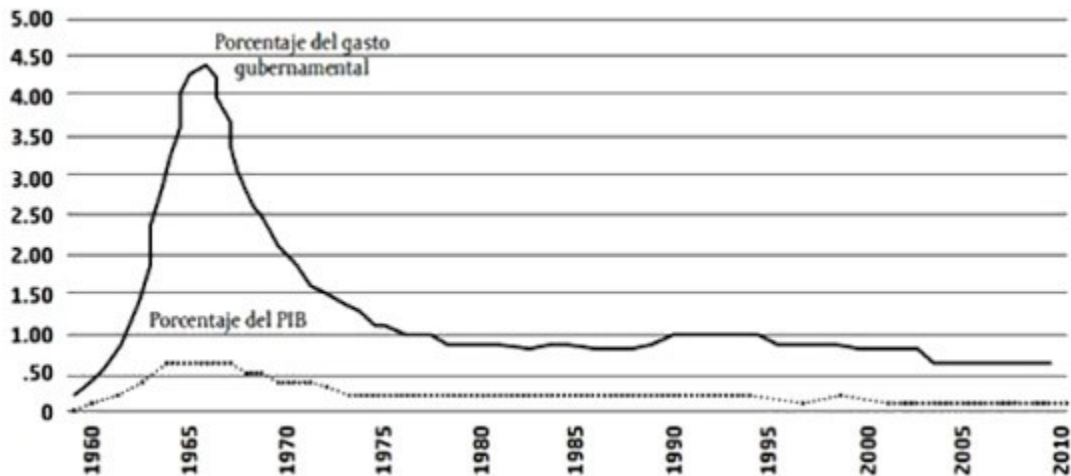
Gastos de la NASA 1959 – 2010 (millones de dólares)



Fuentes: Office of Management and Budget Historical Tables 1.1) (para los gastos del gobierno federal) y 4.1 (para los gastos de la NASA 1962-2010), hasta abril de 2011; NASA Historical Data Book 1958-1968: Volume I, NASA Resources (para los gastos de la NASA 1959-1961).

Anexo C

Gastos de la NASA como porcentaje de los gastos del gobierno federal estadounidense y del PIB, 1959-2010

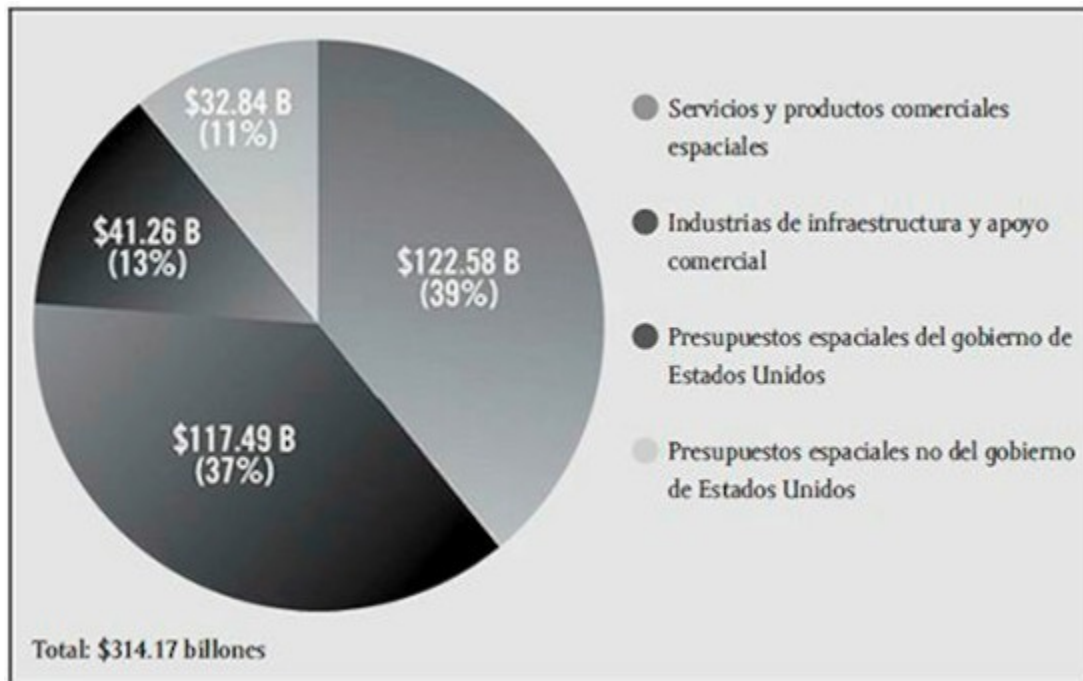


Fuentes: Office of Management and Budget Historical Tables 1.1) (para los gastos del gobierno federal) y 4.1 (para los gastos de la NASA 1962-2010), hasta abril de 2011; NASA Historical Data Book 1958-1968: Volume I, NASA Resources (para los gastos de la NASA 1959-1961).

Anexo D³⁷**Presupuestos espaciales: Agencias de gobierno de Estados Unidos 2013**

Agency	Budget	Source
Department of Defense (DoD)	\$26.66 billion	Futron estimate
National Reconnaissance Office (NRO)	\$15.00	GlobalSecurity.org estimate
National Geospatial-Intelligence Agency (NGA)	\$2.00	GlobalSecurity.org estimate
National Aeronautics and Space Administration (NASA)	\$18.72	NASA
National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)	\$1.40	NOAA
Department of Energy (DOE)	\$0.04	DOE
Federal Aviation Administration (FAA)	\$0.02	FAA
National Science Foundation (NSF)	\$0.64	NSF
Federal Communications Commission (FCC)	\$0.01	Futron estimate
United States Geological Survey (USGS)	\$0.15	DOI
Total (billion)	\$64.63	

³⁷ Fuente: The Space Report 2014, Copyright The Space Foundation, utilizado con permiso.

Anexo E³⁸**La economía espacial global en 2013**

³⁸ Fuente: The Space Report 2014, Copyright The Space Foundation, utilizado con permiso.

Anexo F³⁹**Presupuestos espaciales gubernamentales 2013**

País/Agencia	Mil millones US\$	Fuente	Descripción
Estados Unidos	41.257	[Ver Apéndice F]	Año fiscal ejercido 2013
Agencia Espacial Europea	5.571	Agencia Espacial Europea	Asignado para el año 2013
Unión Europea*	0.295	Comisión Europea	Asignado para el año 2013
EUMETSAT	0.262	EUMETSAT	Gasto del año 2013
Brasil	0.157	Gobierno de Brasil	Autorizado al año 2013
Canadá*	0.431	Gobierno de Canadá	Asignado al año fiscal 2013/2014
China	3.468	Estimado	Gasto estimado del año 2013
Francia*	0.966	Gobierno de Francia	Asignado para el año 2013
Alemania*	0.786	Gobierno de Alemania	Asignado para el año 2013
India	1.144	Gobierno de India	Etiquetado para el año 2013/2014
Israel	0.049	The Marker	Gasto estimado del año 2013
Italia*	0.307	Gobierno de Italia	Gastos programados para el año 2013
Japón	2.565	Gobierno de Japón	Asignado al año fiscal 2013/2014
Rusia*	5.482	RIA Novosti	Gastos programados para el año 2013
Corea del Sur	0.304	Instituto coreano de investigación aeroespacial (KARI)	Gastos programados para el año 2013
España*	0.028	Gobierno de España	Asignado para el año
Reino Unido	0.087	Estimado basado en UK BIS Planning	Asignado para el año fiscal 2013/2014
Países emergentes	0.720	[Múltiples]	
Militares espaciales no estadounidense;	10.216	Estimado de la Space Foundation basado en datos de Euroconsult	Gastos estimados para el año 2013
Total	74.095		

³⁹ Fuente: The Space Report 2014, Copyright The Space Foundation, utilizado con permiso.

Agradecimientos

Anna Rae Jonas transcribió la mayoría de los discursos contenidos aquí, y realizó su tarea con un gran sentido no sólo de lo que dije sino, más importante aún, de lo que quise decir.

John M. Logsdon, un historiador sin paralelo de la exploración espacial, ofreció información e intuiciones muy valiosas.

Richard W. Bulliet de Columbia University editó mi primer ensayo sobre exploración espacial, «Paths to Discovery», que hizo despegar mi carrera alternativa como comentarista sobre el espacio, una carrera que continúa hasta la fecha. En el camino, he disfrutado de las conversaciones que he sostenido sobre el pasado, el presente y el futuro con los astronautas Neil Armstrong, Buzz Aldrin, Tom Jones, Eileen Collins y Kathy Sullivan; el congresista Robert Walker; el autor Andy Chaikin; los científicos Steven Weinberg y Robert Lupton; y el ingeniero Lou Friedman.

Además he disfrutado de las conversaciones que he tenido sobre seguridad nacional con los generales de la fuerza aérea estadounidense Lester Lyles y John Duglass, la comandante de la marina estadounidense Sue Hegg, y la analista aeroespacial Heidi Wood; y sobre la NASA con los entusiastas del espacio Lori Garver, Stephanie Schierholz, Elaine Walker, Elliott Pulham, y Bill Nye the Science Guy.

Además debo reconocerle al científico informático Steve Napear sus conversaciones tan perspicaces sobre la era de los grandes exploradores oceánicos y su correspondencia con la era de la

exploración espacial. John Stockton me ofreció comentarios y correcciones muy útiles a la primera impresión. Por último, *Crónicas del espacio* no podría existir sin el apoyo y el entusiasmo por mi trabajo de Avis Lang, editora desde hace mucho de mis ensayos para la revista *Natural History* y editora de este volumen.

— NDT Además de dar las gracias a Neil Tyson por permitirme tantos encuentros inesperados con el cosmos, quiero agradecer la asistencia literaria y culinaria de Elliot Podwill; las habilidades creando gráficas del economista Anwar Shaikh; la perspectiva de la experta espacial canadiense Surendra Parashar; el escrutinio de Norton Lang, Nivedita Majumdar, Fran Nesi, Julia Scully y Eleanor Wachtel; y las ayuda para resolver problemas de Elizabeth Stachow.

El autor

NEIL DEGRASSE TYSON (Bronx, Nueva York, EEUU. - 5 de octubre de 1958) es un astrofísico, escritor y divulgador científico estadounidense.

Actualmente es director del Planetario Hayden en el Centro Rose para la Tierra y el Espacio, investigador asociado en el Departamento de Astrofísica del Museo Estadounidense de Historia Natural. Desde el año 2006 es el presentador del programa de televisión de corte educativo científico *NOVA ScienceNOW* del canal



público de Boston WGBH, miembro de PBS, y que ha sido un invitado frecuente en *The Daily Show*, *The Colbert Report*, *Real Time with Bill Maher* y *Jeopardy!*

Tyson fue escogido para ser el anfitrión de la secuela del programa de televisión *Cosmos: Un viaje personal*, escrita y presentada originalmente por Carl Sagan. El programa, titulado *Cosmos: A Space-Time Odyssey*, fue estrenado el 9 de marzo de 2014. Además, tuvo una aparición en un episodio de la popular serie *The Big Bang Theory*, y también prestó su voz para un episodio de la serie animada *Gravity Falls: Un verano de misterio* de Disney Channel y *Martha Speaks*, producida por WGBH para PBS Kids en su episodio *Ojos en los cielos*.

i En inglés, «wonder», como verbo «to wonder» significa preguntar o inquirir; como sustantivo «wonder» significa asombro. (*N. del T.*).

ii Antes de 1968, tanto Estados Unidos como la Unión Soviética confiaban en los lápices; fue la Fisher Pen Company, no la NASA, la que descubrió la necesidad de una «pluma espacial», en parte por el ambiente de gravedad cero, pero también por lo inflamable de la madera y el grafito del lápiz en una atmósfera de oxígeno puro en la cápsula.

Fisher no le cobró a la NASA los costos de desarrollo. Aún así, como el sitio de internet Snopes.com opina en «The Write Stuff», la lección de esta historia es válida, aunque el ejemplo haya sido una fabricación.

iii En inglés, el versículo de Mateo 5:3 dice «And the meek shall inherit the Earth». El autor hace una broma al sustituir «meek» por «geek».