

# MICHIO KAKU

---

## EL FUTURO DE LA HUMANIDAD

LA COLONIZACIÓN DE MARTE,  
LOS VIAJES INTERESTELARES, LA INMORTALIDAD  
Y NUESTRO DESTINO MÁS ALLÁ DE LA TIERRA



Un relato sobre galaxias, tecnología y el futuro de la humanidad. Nuestro destino yace en las estrellas, no por nuestra curiosidad o pasión por los viajes, sino para asegurarnos nuestra propia supervivencia. Las edades de hielo, los impactos de asteroides, la capacidad de carga finita de la Tierra e incluso la futura muerte del sol son algunas de las amenazas existenciales que pueden destruir a la humanidad. Así que, o abandonamos la Tierra o deberemos asumir la idea de nuestra inevitable extinción como especie.

En *El futuro de la humanidad* el Dr. Michio Kaku explora los pasos necesarios para lograr este ambicioso objetivo, describiendo las tecnologías que nos permitirán colonizar y transformar otros planetas, aprovechar los cielos en busca de materiales preciosos y finalmente establecernos en las estrellas. El Dr. Kaku nos presenta a lo largo de estas páginas a robots autoreplicantes, nanomateriales y cultivos de bioingeniería que permitirán a la humanidad terraformar Marte; las naves nanométricas, las velas láser, las máquinas de fusión ram-jet, los motores antimateria y los cohetes hiperimpulsores que nos llevarán a las estrellas; y las tecnologías radicales que alteran el cuerpo que nos permitirán sobrevivir al largo y agotador viaje de conquista del espacio.

*A mi querida esposa, Shizue,  
y a mis hijas Michelle y Alyson*

## PRÓLOGO

**U**n día, hace unos 75 000 años, la humanidad estuvo a punto de extinguirse<sup>[1]</sup>.

Una titánica explosión en Indonesia extendió una colosal capa de cenizas, humo y escombros que cubrió miles y miles de kilómetros. La erupción del Toba fue tan violenta que se la considera el episodio volcánico más potente de los últimos veinticinco millones de años. Disparó a la atmósfera la increíble cantidad de 2700 kilómetros cúbicos de tierra, lo que sofocó grandes extensiones de Malasia e India bajo una capa de ceniza volcánica de hasta nueve metros de grosor. El humo tóxico y el polvo llegaron hasta África, dejando a su paso un rastro de muerte y destrucción.

Imaginen por un momento el caos provocado por este cataclismo. El calor abrasador y las nubes de ceniza gris que oscurecían el Sol aterrorizaron a nuestros antepasados. Muchos murieron asfixiados y envenenados por el denso hollín y el polvo. Después, las temperaturas bajaron de golpe, provocando un «invierno volcánico». La vegetación y la fauna murieron hasta donde alcanzaba la vista, dejando solo un paisaje frío y desolado. Seres humanos y animales escarbaban en el devastado terreno en busca de restos comestibles, y la mayoría de los primeros murió de hambre. Parecía que la Tierra entera estaba muriendo. Los pocos que sobrevivieron tenían un solo objetivo: huir tan lejos como pudieran del telón de muerte que había caído sobre su mundo.

Tal vez en nuestra sangre queden claras evidencias de este cataclismo<sup>[2]</sup>.

Los genetistas han observado el curioso hecho de que entre dos seres humanos cualquiera el ADN es casi idéntico. En cambio, entre dos chimpancés puede haber más variación genética que la que se puede encontrar en toda la población humana. Una teoría que explique matemáticamente este fenómeno implicaría suponer que, en la época de la explosión, casi todos los humanos fueron exterminados, dejando solo un puñado de unos dos mil individuos. Sorprendentemente, esta sucia y desharrapada horda de humanos se iba a convertir en los Adanes y las Evas ancestrales que acabarían poblando el planeta. Todos somos casi clones unos de otros, hermanos y hermanas que descendemos de un pequeñísimo y robusto grupo de humanos que cabría en el salón de baile de un hotel moderno.

Mientras vagaban por el devastado paisaje, no tenían ni idea de que un día sus descendientes dominarían todos los rincones de nuestro planeta.

Ahora, cuando miramos hacia el futuro, vemos que los acontecimientos que tuvieron lugar hace 75 000 años pueden haber constituido un ensayo general para futuras catástrofes. Me acordé de esto en 1992, cuando oí la asombrosa noticia de que, por primera vez, se había descubierto un planeta orbitando en torno a una lejana estrella. Con este descubrimiento, los astrónomos pudieron demostrar que existen planetas fuera de nuestro sistema solar. Supuso un gran cambio de paradigma en nuestro conocimiento del universo. Pero me entristecí al enterarme de la segunda parte de la noticia: este planeta lejano orbitaba alrededor de una estrella muerta, un púlsar, que había estallado en forma de supernova, tal vez matando todo lo que hubiera podido vivir en el planeta. Ningún ser vivo conocido por la ciencia puede resistir el fulminante estallido de energía nuclear que se produce cuando explota una estrella en sus cercanías.

Entonces imaginé una civilización en aquel planeta, una civilización que sabía que su estrella madre estaba muriendo y trabajaba a toda prisa para construir una enorme flota de naves espaciales capaz de transportarlos a otro sistema solar. Reinaría el más absoluto caos en el planeta, mientras sus habitantes, aterrados y desesperados, tratarían de hacerse por cualquier medio con las últimas plazas en las naves que partían. Imaginé el horror que sentirían los que quedaban atrás para afrontar su destino cuando su Sol estallara.

Es tan inevitable como las leyes de la física que algún día la humanidad deba hacer frente a algún tipo de proceso capaz de causar su extinción. ¿Tendremos, como tuvieron nuestros antepasados, la fuerza y la voluntad de sobrevivir e incluso prosperar?

Si pasamos revista a todas las formas de vida que han existido en la Tierra, desde las bacterias microscópicas a los bosques de árboles gigantes, de los torpes dinosaurios a los emprendedores humanos, veremos que el 99,9 por ciento de todas ellas se ha extinguido. Esto significa que la extinción es la norma, que las probabilidades están muy en contra nuestra. Cuando excavamos el suelo bajo nuestros pies para desenterrar el registro fósil, encontramos evidencias de muchas formas de vida antiguas. Pero solo un pequeño puñado ha sobrevivido hasta nuestros días. Millones de especies han aparecido antes que nosotros; tuvieron su tiempo bajo el Sol y después se marchitaron y extinguieron. Esa es la historia de la vida.

Por mucho que valoremos la visión de una puesta de Sol romántica y espectacular, el olor de la brisa marina y el suave calor de un día de verano, algún día todo eso terminará y el planeta se volverá inhóspito para la vida humana. Algún día la naturaleza se volverá contra nosotros, como hizo con todas aquellas formas de vida extinguidas.

La gran historia de la vida en la Tierra demuestra que, enfrentados a un ambiente hostil, los organismos tienen

tres caminos a seguir: escapar de ese ambiente, adaptarse a él o morir. Pero si miramos hacia el futuro lejano, tarde o temprano nos enfrentaremos a un desastre tan grande que la adaptación será casi imposible. Tendremos que abandonar la Tierra o perecer. No hay otra opción.

Estos desastres han ocurrido muchas veces en el pasado, e inevitablemente ocurrirán en el futuro. La Tierra ya ha sufrido cinco grandes ciclos de extinción, en cada uno de los cuales desapareció hasta el 90 por ciento de las formas de vida. Tan seguro como que el día sigue a la noche, habrá más en el futuro.

En el plazo de unas décadas, tendremos que enfrentarnos a amenazas que no son naturales, sino en gran parte autoinfligidas, debidas a nuestra insensatez y falta de visión. Nos enfrentamos al peligro del calentamiento global, cuando la atmósfera misma de la Tierra se volverá contra nosotros. Nos enfrentamos al peligro de la guerra moderna a medida que proliferan las armas nucleares en las regiones más inestables del globo. Nos enfrentamos al peligro de los microbios convertidos en armas, como el del sida propagado por el aire y el del ébola, que puede transmitirse por una simple tos o un estornudo. Esto podría exterminar hasta un 98 por ciento de la especie humana. Además, nos enfrentamos a una población en continuo crecimiento que consume recursos a un ritmo enloquecido. En algún momento superaremos la capacidad de aguante de la Tierra y nos encontraremos en un apocalipsis ecológico, luchando por los últimos recursos que queden en el planeta.

Además de las calamidades que nosotros mismos hemos creado, también existen desastres naturales sobre los que no tenemos ningún control. En el plazo de unos miles de años, nos encontraremos al principio de otro periodo glacial. Durante los últimos cien mil años, gran parte de la superficie terrestre estuvo cubierta por una capa de hielo sólido de hasta 800 metros de grosor. El estéril paisaje helado empujó a muchos animales a la extinción. Después,

hace diez mil años, se produjo un deshielo. Este breve calentamiento me ha permitido el rápido ascenso de la civilización moderna, y los humanos lo han aprovechado para extenderse y prosperar. Pero este florecimiento ha ocurrido durante un periodo interglacial, lo que significa que es muy probable que antes de diez mil años nos encontremos en otra edad de hielo. Cuando esto ocurra, nuestras ciudades desaparecerán bajo montañas de nieve y la civilización quedará aplastada por el frío.

También cabe la posibilidad de que el supervolcán durmiente que se encuentra bajo el parque nacional de Yellowstone despierte de su largo sueño, rompa en pedazos Estados Unidos y envuelva la Tierra en una asfixiante y venenosa nube de hollín y escombros. Las anteriores erupciones tuvieron lugar hace 630 000 años, 1,3 y 2,1 millones de años, separadas entre sí por unos 700 000 años; por lo tanto, podemos esperar otra colosal erupción en los próximos 100 000 años.

En un plazo aún mayor, nos enfrentamos al peligro de otro impacto de un meteoro o cometa, similar al que contribuyó a aniquilar a los dinosaurios hace 65 millones de años. Entonces, una roca de unos diez kilómetros de diámetro cayó sobre la península de Yucatán (México), lanzando al espacio toneladas de escombros de fuego que llovieron otra vez sobre la Tierra. Como cuando la explosión del Toba, pero a una escala mucho mayor, las nubes de ceniza oscurecieron el Sol y causaron una brusca caída de las temperaturas en todo el mundo. Con el marchitamiento de la vegetación, la cadena alimentaria se rompió. Los dinosaurios herbívoros murieron de hambre, seguidos al poco tiempo por sus parientes carnívoros. Al final, el 90 por ciento de las formas de vida de la Tierra perecieron como consecuencia de este catastrófico acontecimiento.

Durante milenios, hemos vivido felizmente ajenos a la realidad de que la Tierra flota en medio de un enjambre de rocas potencialmente mortíferas. Solo en la última década

han empezado los científicos a cuantificar el auténtico riesgo de un gran impacto. Ahora sabemos que existen varios miles de NEO (objetos próximos a la Tierra, por sus siglas en inglés) que cruzan la órbita de nuestro planeta y representan un peligro para la vida en él. En junio de 2017 se habían catalogado ya 16 294 de estos objetos. Pero estos son solo los que hemos localizado. Los astrónomos calculan que en el sistema solar puede haber millones que se pueden cruzar con la Tierra.

Una vez entrevisté al difunto astrónomo Carl Sagan y le pregunté por este peligro. Insistió en que vivimos «en una galería de tiro cósmica», rodeados de posibles amenazas. Es solo cuestión de tiempo, me dijo, que un asteroide grande choque con la Tierra. Si pudiéramos iluminar estos asteroides, veríamos el cielo nocturno lleno de miles de amenazantes puntos luminosos.

Aun suponiendo que evitemos todos estos peligros, hay uno que empuja a todos los demás. Dentro de cinco mil millones de años, el Sol se expandirá formando una gigantesca estrella roja que llenará todo el cielo. El Sol se hará tan grande que la órbita de la Tierra quedará dentro de su llameante atmósfera, y el calor abrasador hará imposible la vida en ese infierno.

A diferencia de todas las demás formas de vida de este planeta, que tendrán que esperar pasivamente su final, los humanos somos dueños de nuestro destino. Por fortuna, estamos creando ya los instrumentos para aprovechar las posibilidades que nos concede la naturaleza, para no convertirnos en parte del 99,9 por ciento de formas de vida condenadas a la extinción. En este libro encontraremos a los pioneros que poseen la energía, la visión y los recursos para cambiar el destino de la humanidad. Conoceremos a los soñadores que creen que el ser humano puede vivir y prosperar en el espacio exterior. Analizaremos los revolucionarios avances tecnológicos que harán posible que sal-

gamos de la Tierra y nos instalemos en otra parte del sistema solar, e incluso más allá.

Pero si hay una lección que podemos aprender de nuestra historia, es que la humanidad, cuando se enfrenta a una crisis de vida o muerte, ha estado a la altura del desafío y ha aspirado a metas aún más altas. En cierto sentido, el espíritu de la exploración está en nuestros genes e integrado en nuestra alma.

Pero ahora nos enfrentamos al que podría ser el mayor de todos los desafíos: abandonar los confines de la Tierra y volar hacia el espacio exterior. Las leyes de la física son claras: tarde o temprano, nos enfrentaremos a crisis globales que pondrán en peligro nuestra existencia.

La vida es demasiado preciosa para que tenga lugar en un solo planeta, a merced de estos peligros planetarios.

«Necesitamos una póliza de seguros», me dijo Sagan. Había llegado a la conclusión de que debíamos convertirnos en «una especie biplanetaria». En otras palabras, necesitamos un plan B.

En este libro exploraremos la historia, los peligros y las posibles soluciones que existen ante nosotros. El camino no será fácil y habrá contratiempos, pero no tenemos elección.

Desde la casi extinción de hace unos 75 000 años, nuestros antepasados se pusieron en marcha y dieron inicio a la colonización de toda la Tierra. Confío en que este libro indique los pasos necesarios para superar los obstáculos que inevitablemente encontraremos en el futuro. Puede que nuestro destino sea convertirnos en una especie multiplanetaria que viva en las estrellas.

# INTRODUCCIÓN      HACIA      UNA ESPECIE MULTIPLANETARIA

Si está en juego nuestra supervivencia a largo plazo, tenemos una responsabilidad básica para con nuestra especie: aventurarnos hacia otros mundos.

CARL SAGAN

Los dinosaurios se extinguieron porque no tenían un programa espacial. Y si nosotros nos extinguimos por no tener un programa espacial, nos lo habremos merecido.

LARRY NIVEN

Cuando era niño leí la trilogía *Fundación*, de Isaac Asimov, una de las sagas más famosas de la historia de la ciencia ficción. Me asombró que Asimov, en lugar de escribir sobre batallas con pistolas de rayos y guerras espaciales con extraterrestres, se hiciera una simple pero profunda pregunta: ¿dónde se encontrará la civilización humana dentro de 50 000 años? ¿Cuál es nuestro destino final?

En su innovadora trilogía, Asimov pintaba una imagen de la humanidad extendida por toda la Vía Láctea, con millones de planetas habitados, unidos por un vasto Imperio galáctico. Habíamos viajado tan lejos que el hogar original donde había nacido esta gran civilización se había perdido en las nieblas de la prehistoria. Había tantas sociedades

avanzadas repartidas por la galaxia, con tanta gente unida por una compleja red de lazos económicos, que con esta muestra tan enorme era posible usar las matemáticas para predecir el curso futuro de los acontecimientos, como quien predice el movimiento de las moléculas.

Hace años, invité al doctor Asimov a hablar en nuestra universidad. Escuchando sus sabias palabras, me sorprendió la amplitud de sus conocimientos. Entonces le hice una pregunta que me tenía intrigado desde la infancia: ¿qué le había inspirado para escribir la serie *Fundación*? ¿Cómo había dado con un tema tan grande que abarcaba la galaxia entera? Sin vacilar, me respondió que se había inspirado en el ascenso y caída del Imperio romano. En su historia se podía comprobar cómo el destino de los romanos había dominado su turbulenta historia.

Empecé a preguntarme si la historia de la humanidad tiene también un destino. Puede que sea acabar creando una civilización que se extienda por toda la Vía Láctea. Puede que nuestro destino se encuentre de verdad en las estrellas.

Muchos de los temas en los que se basaba la obra de Asimov habían sido explorados antes, en la pionera novela de Olaf Stapledon *El hacedor de estrellas*. En esta obra, nuestro héroe sueña con internarse en el espacio exterior hasta llegar a planetas lejanos. Recorriendo la galaxia en forma de conciencia pura, vagando de un sistema estelar a otro, contempla fantásticos imperios extraterrestres. Algunos de ellos han ascendido hasta la grandeza, iniciando eras de paz y abundancia, y otros incluso crean imperios interestelares gracias a sus naves espaciales. Otros caen en la ruina, destrozados por la hostilidad, los enfrentamientos y la guerra.

Muchos de los conceptos revolucionarios de la novela de Stapledon se incorporaron a la ciencia ficción posterior. Por ejemplo, el protagonista de *El hacedor de estrellas* descubre que muchas civilizaciones superavanzadas mantienen

en secreto su existencia, ocultándosela a civilizaciones inferiores para evitar contaminarlas por accidente con su avanzada tecnología. Este concepto es similar al de la Primera Directriz, uno de los principios rectores de la Federación en la serie *Star Trek*.

Nuestro héroe encuentra también una civilización tan sofisticada que sus miembros tienen encerrado a su Sol en una gigantesca esfera para aprovechar toda su energía. Este concepto, que más adelante se llamaría esfera de Dyson, es ahora un tema habitual de la ciencia ficción.

También se encuentra con una especie cuyos individuos están en constante contacto telepático unos con otros. Cada uno de ellos conoce los pensamientos íntimos de los demás. Esta idea es anterior a los Borg de *Star Trek*, donde todos los sujetos están conectados a través de su mente y subordinados a la voluntad de la Colmena.

Y, al final de la novela, se encuentra con el mismísimo hacedor de estrellas, un ser celestial que crea universos enteros, cada uno con sus propias leyes físicas, y juega con ellos. Nuestro universo es solo una pieza de un multiverso. Sobrecogido, nuestro héroe contempla al hacedor de estrellas en acción, conjurando nuevos y apasionantes mundos y descartando los que no le gustan.

La pionera novela de Stapledon produjo toda una conmoción en un mundo donde la radio aún se consideraba un milagro de la tecnología. En los años treinta, la idea de convertirse en una civilización extendida por el espacio parecía ridícula. Los aviones de hélice eran el último grito de la tecnología y apenas conseguían aventurarse por encima de las nubes, de modo que la posibilidad de viajar a las estrellas parecía desesperadamente remota.

*El hacedor de estrellas* fue un éxito instantáneo. Arthur C. Clarke dijo que era una de las mejores obras de ciencia ficción que jamás se habían publicado. Desató la imaginación de toda una generación de escritores de ciencia ficción de posguerra. Pero entre el público general la novela

pronto quedó olvidada en medio del caos y el salvajismo de la Segunda Guerra Mundial.

## ENCONTRAR NUEVOS PLANETAS EN EL ESPACIO

Ahora que el satélite espacial Kepler y equipos de astrónomos en la Tierra han descubierto unos cuatro mil planetas orbitando alrededor de otras estrellas en la Vía Láctea, uno empieza a preguntarse si las civilizaciones descritas por Stapledon podrían existir en la realidad.

En 2017, los científicos de la NASA identificaron no uno, sino siete planetas del tamaño de la Tierra en órbita alrededor de una estrella cercana a solo 39 años luz de la Tierra. De estos siete planetas, tres están lo bastante cerca de su estrella madre para contener agua líquida. Muy pronto, los astrónomos serán capaces de confirmar si estos y otros planetas poseen atmósferas con vapor de agua. Dado que el agua es el «disolvente universal», capaz de servir como medio para combinar las sustancias químicas que componen la molécula de ADN, los científicos podrían demostrar que las condiciones necesarias para la vida son comunes en el universo. Podemos estar a punto de encontrar el Santo Grial de la astronomía planetaria, un gemelo de la Tierra en el espacio exterior.

Más o menos en la misma época, los científicos hicieron otro trascendental descubrimiento: un planeta del tamaño de la Tierra llamado Próxima Centauri b, que orbita alrededor de la estrella más cercana a nuestro Sol, Próxima Centauri, a solo 4,2 años luz de nosotros. Siempre se ha conjeturado que esta estrella sería una de las primeras en ser exploradas.

Estos planetas son solo algunas de las últimas entradas en la enorme enciclopedia de planetas extrasolares, que se actualiza casi cada semana. Incluye extraños y curiosos sistemas estelares que habrían ido más allá de los sueños de

Stapledon, entre ellos algunos en que cuatro o más estrellas orbitan alrededor unas de otras. Muchos astrónomos creen que, si podemos imaginar la formación de un planeta, por extravagante que sea, es probable que se haya dado en algún lugar de la galaxia, con tal de que no viole alguna ley de la física.

Esto significa que ahora podemos calcular aproximadamente cuántos planetas del tamaño de la Tierra existen en nuestra galaxia. Puesto que la Vía Láctea contiene unas cien mil millones de estrellas, podría haber veinte mil millones de planetas orbitando estrellas similares a nuestro Sol solo en nuestra galaxia. Y dado que existen unos cien mil millones de galaxias que podemos distinguir con nuestros instrumentos, podemos calcular cuántos planetas del tamaño de la Tierra existirían en el universo visible: la escalofriante cifra de dos mil millones de billones.

Después de darnos cuenta de que la galaxia podría estar repleta de planetas habitables, ya nunca podremos mirar el firmamento nocturno de la misma manera.

En cuanto los astrónomos los hayan identificado, el siguiente paso será analizar sus atmósferas en busca de oxígeno y vapor de agua, señales de vida y ondas de radio, que indicarían la existencia de una civilización inteligente. Este descubrimiento sería uno de los grandes hitos de la historia humana, comparable a la domesticación del fuego. No solo redefiniría nuestra relación con el resto del universo; además, cambiaría nuestro destino.

## LA NUEVA EDAD DE ORO DE LA EXPLORACIÓN ESPACIAL

Estos apasionantes descubrimientos de exoplanetas, junto con las innovadoras ideas concebidas por una nueva generación de visionarios, están reavivando el interés público por los viajes espaciales. En un principio, lo que impulsó el programa espacial fue la Guerra Fría y la rivalidad entre las