PLANETAS EXTRASOLARES, ¿EXOMETEOROLOGÍA?

Julio SOLÍS GARCIA
Delegación Territorial de AEMET en Andalucía, Ceuta y Melilla
carontesg@gmail.com

RESUMEN: Hasta hace muy poco tiempo era una conjetura, hoy es una certeza, las estrellas con planetas a su alrededor son algo común en el Universo. Se dice que la realidad supera a la ficción, y en este caso no solamente es cierto, sino que la supera por mucho. Se conoce relativamente bien la formación, desarrollo y muerte de las estrellas, sobre todo porque emiten mucha información, luz, calor y radiación en toda la amplitud del espectro electromagnético, el Sol entre ellas, que no deja de ser una estrella normal y corriente más, pero detectar y estudiar planetas extrasolares es muchísimo más complicado, primero porque están muy cerca de su estrella, que brilla millones de veces más que los planetas a su alrededor palideciendo la luz de su esquiva prole, y en segundo lugar por su tamaño, muy inferior al de su estrella anfitriona.

Sin embargo, los avances tecnológicos y científicos han dado sus frutos en los últimos años, y el número de exoplanetas descubiertos crece rápidamente, casi de un día para otro, ya se han identificado alrededor de cinco mil planetas extrasolares, más de la mitad de ellos confirmados y otros muchos por confirmar, pero todos situados a distancias próximas (en términos galácticos), lo que hace suponer la existencia de varios miles de millones de planetas similares a la Tierra (solamente en nuestra galaxia), con órbitas situadas a distancias óptimas de su sol como para permitir condiciones de habitabilidad.

De las atmósferas de estos planetas confirmados se sabe poco aún, pero seguramente se den unas circunstancias (composición, densidad, gravedad, cantidad de agua, radiación, etc.) que configuren unas meteorologías diversas y exóticas.

Los científicos van a encontrarse con escenarios muy diferentes a los de la Tierra, que sin duda darán lugar a nuevas disciplinas científicas aún sin desarrollar, como la exometeorología. ¡Apasionante horizonte el que se abre para las generaciones venideras de exometeorólogos!

"Hemos hecho un trabajo tan pésimo en lo que respecta a administrar nuestro planeta que deberíamos tener mucho cuidado antes de tratar de administrar otros".

Carl Sagan

Palabras clave: exometeorología, astronomía, atmósferas, exoplanetas, extraterreste, planetas.

1. DE ESPECULACIÓN A CERTEZA

Hace 40 años, cuando se estudiaba astronomía en todos los textos, libros y manuales podía leerse que en el Sistema Solar había nueve planetas: Mercurio, Venus, la Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno y Plutón, y esos eran todos los planetas de los que se tenía algún conocimiento. Hoy, en el Sistema Solar solamente hay 8 planetas, y no porque haya ocurrido una catástrofe cósmica y haya desaparecido alguno, sino porque Plutón ha pasado a denominarse de otra forma a la vista del descubrimiento de varios cuerpos similares más allá de su órbita, lo que obligó a la Unión Astronómica Internacional en el año 2006

a redefinir los conceptos de "planeta" y "planeta enano", quedando Plutón como el mayor de los plutoides, que es como se denominan a los planetas enanos cuya órbita queda más lejos del Sol, más allá de la de Neptuno.

En aquel tiempo, y desde hacía siglos, se especulaba con la posible existencia de planetas y otros sistemas planetarios alrededor de otras estrellas, pero encontrarlos, observarlos y estudiarlos parecía cosa de ciencia ficción, a lo más que llegaba la ciencia y la tecnología era al establecimiento de una ecuación matemática, desarrollada por Frank Drake en 1961 dentro del proyecto SETI (*Search for Extra Terrestrial Intelligence*), que calculaba el número de civilizaciones que podrían comunicarse en la Vía Láctea, basándose en diversos factores, varios de ellos relacionados con el número de estrellas que tendrían planetas girando a su alrededor y con cuántos de ellos girarían en una zona adecuada para permitir el desarrollo de la vida.

Muchos de los factores de la ecuación de Drake son especulativos e inciertos, y dan valores muy diferentes según las estimaciones que se hagan, pero es inquietante y estimulante a la vez pensar que con un número tan alto de estrellas en la galaxia, y de galaxias en el Universo y de que, a la vista de los últimos descubrimientos lo "normal" es que la mayoría de estrellas tengan planetas girando a su alrededor, lo más probable es que existan otras civilizaciones y formas de vida extraterrestre distintas a la humana. Cosa distinta es que aun existiendo, las dificultades para la comunicación e interacción sean casi insalvables.

A principios de la década de los 90 del pasado siglo se detectaron los primeros exoplanetas, o planetas extrasolares, aquellos que orbitan alrededor de otras estrellas distintas del Sol; el primero en el año 1992 que orbitaba alrededor de un púlsar, y posteriormente en 1995 el primer exoplaneta que acompañaba a una estrella "corriente" de la secuencia

Figura 1. Recreación artística de un exoplaneta. (Fuente: ESO / L. Calçada).

principal (figura 1), aunque quizá merezca la pena detenerse un poco en definir lo que es un planeta y lo que es una estrella. Podría pensarse que la respuesta es muy sencilla, una estrella es un astro que emite luz propia, y un planeta es un astro que no emite luz propia, solamente refleja la que le llega, como se enseñaba hace años en los primeros cursos de enseñanza primaria, pero el asunto es algo más complicado ya que existen cuerpos que se quedaron a medio camino entre lo que es una estrella y lo que es un planeta, sin masa suficiente como para generar reacciones nucleares de fusión que le permitan emitir luz, pero con un tamaño y apariencia de planeta gaseoso gigante, tipo Júpiter, pero más grande. Esas estrellas fallidas se denominan enanas marrones, y realmente son objetos que a veces son difíciles de catalogar ya que presentan características que en ocasiones recuerdan a las estrellas y en otras ocasiones a los planetas.

Dejando aparte las definiciones técnicas elaboradas por la Unión Astronómica Internacional, lo cierto es que cuando se observa una estrella, se ve solamente dicha estrella (o varias si forman algún sistema binario o de más estrellas), pero hasta hace pocos años era imposible ver otros posibles cuerpos que acompañaran a dicha estrella y que brillaran mucho menos, como podrían ser planetas u otros cuerpos sin luz propia. Más adelante se describirán los procedimientos desarrollados en los últimos años para la detección de planetas extrasolares, pero es evidente que los primeros que se observaron o detectaron eran los que más se notaban, es decir, los mayores en masa y volumen, que provocaban mayores alteraciones en el comportamiento de su estrella, y que eran más fácilmente detectables.

Los primeros planetas extrasolares detectados eran planetas con órbitas cercanas a su estrella, gaseosos gigantes, tipo Júpiter, pero más grandes y calientes, y que pasaron a denominarse "jupíteres calientes" y eran los más fáciles de detectar. Posteriormente, con las mejoras en las técnicas de detección, se fueron localizando planetas menores, de tipo "terrestre" situados a distancias de su sol que ofrecen unos rangos de temperaturas compatibles con el agua líquida y con atmósferas más parecidas a las de la Tierra.

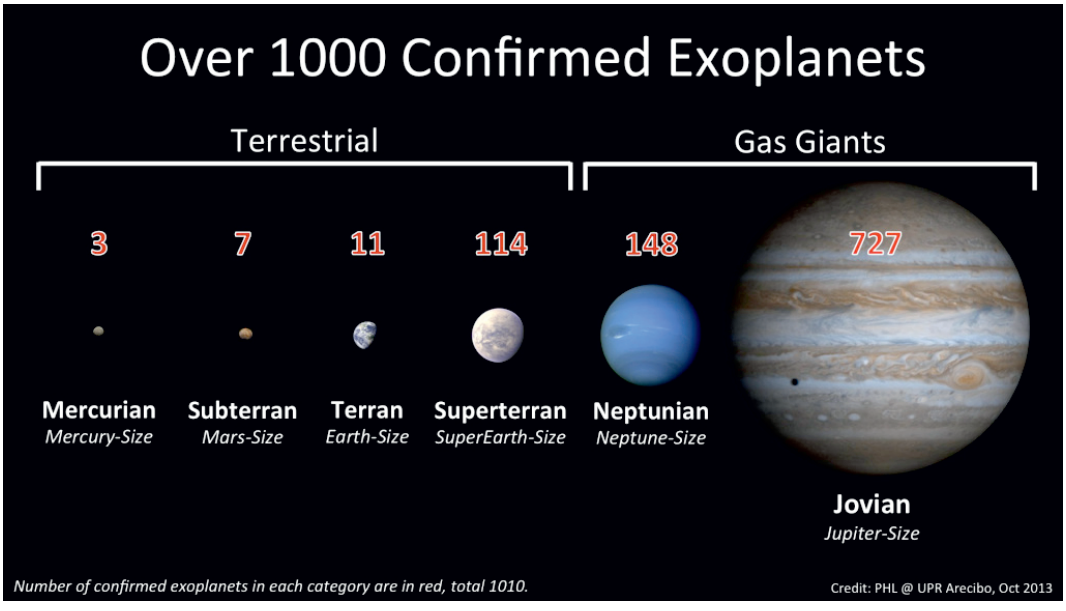

Figura 2. Algunos tipos de exoplanetas y número de confirmados en octubre de 2013. (Fuente: PHL@UPR Arecibo).

Actualmente se han catalogado los exoplanetas en dos grandes grupos, los llamados de tipo joviano, gigantes gaseosos que pueden ser mayores que Júpiter, con algunos subtipos, como los denominados "neptunos fríos" o superjupíteres, por ejemplo, y los de tipo terrestre, planetas sólidos, similares a los planetas terrestres del Sistema Solar, de menor tamaño que los anteriores por regla general y con atmósferas similares a las de Venus o la Tierra y posiblemente con agua líquida superficial, y que también presentan subclases como supertierras, subtierras, o mercurianos (figura 2).

Cuando se leen noticias acerca de los planetas extrasolares, se encuentran denominaciones poco intuitivas, raras, y lo que desconcierta más, diferentes, pero que realmente obedecen a convenios internacionales dentro del ámbito científico y fáciles de comprender. El esquema fundamental para la nomenclatura de exoplanetas es el nombre de la estrella alrededor de la cual orbitan seguido de una letra minúscula del alfabeto normal occidental excluyendo la primera letra "a" (b, c, d, e, f, ...); y ¿cómo se denominan las estrellas?, pues las estrellas empezaron a denominarse con nombres propios, sobre todo las más brillantes, en tiempos de la antigua Grecia y Roma, y también por culturas anteriores como la mesopotámica, por ejemplo: Castor, Pollux, Sirius, Capella, Canopus, Regulus o Polaris.

Con el declive de la cultura clásica, ya en la Edad Media, los árabes dominaron las ciencias, y en particular la astronomía, dando nombres como Aldebarán, Mizar, Alcor, Rigel, o Algol a brillantes e importantes estrellas; y en el Renacimiento se cartografió el firmamento con un mayor nivel de detalle, y con un número de estrellas tan alto que ya no era práctico el uso de nombres propios, estableciéndose una nueva nomenclatura para las estrellas, ideada por el astrónomo alemán Johann Bayer y utilizada en su famoso atlas estelar *Uranometria* publicado en el año 1603, y que consistía en denominar a las estrellas con las letras del alfabeto griego, empezando por la letra alfa para la más brillante, y seguido del genitivo del nombre latino de la constelación en que se encuentran, como por ejemplo Sirius (Alfa Canis Maioris) o Rigel (Beta Orionis).

Sin embargo, muy pronto, este sistema quedó pequeño para denominar a un número cada vez mayor de estrellas catalogadas, y se establecieron otros sistemas, como el ideado por John Flamsteed en 1712 que utilizaba números en lugar de las letras griegas (por ejemplo, 51 Pegasi o 70 Virginis) en orden a la ascensión recta de la estrella y no del brillo. Después se establecieron catálogos cada vez más extensos de estrellas en los que se denominaban con números precedidos por el nombre o abreviatura del nombre del catálogo, como por ejemplo Lalande 21185 para el catálogo de Lalande, HD 160691 para el catálogo de Henry Draper, o Gliese 436 para el de Wilhelm Gliese (figura 3).

Por tanto, ahora ya se sabe que HD189733b es la identificación de un planeta extrasolar que orbita alrededor de la estrella HD189733, o que Qatar-1b corresponde al nombre del proyecto o misión seguido por un número de su catálogo de objetos localizados, como los catalogados por la misión Kepler, Kepler-16b o Kepler-10c por ejemplo. Como dato curioso, en el año 2015 la Unión Astronómica Internacional aceptó denominar oficialmente y tras una votación popular internacional, al sistema planetario de la estrella Mu Arae como Cervantes, a propuesta del Planetario de Pamplona y de la Sociedad Española de Astronomía, con la colaboración del Instituto Cervantes.

La estrella de este sistema planetario es una estrella similar al Sol, y se han descubierto cuatro planetas, tres de ellos del tipo gigante gaseoso, tipo Júpiter, y el cuarto algo más pequeño que podría ser un neptuno caliente. A estos cuatro exoplanetas se les ha denominado Quijote (Mu Arae b), Dulcinea (Mu Arae c), Rocinante (Mu Arae d), y Sancho (Mu Arae e), todos ellos girando alrededor de Cervantes, estrella que se ve a simple vista

Figura 3. Gliese 581. (Fuente: ESO).

desde la Tierra, en el límite de visión directa sin instrumentos, con una magnitud aparente de +5,2, y situada a 50 años luz de distancia en la constelación Ara (el Altar).

2. MÉTODOS DE DETECCIÓN

Para la detección de planetas extrasolares se vienen utilizando diferentes herramientas y procedimientos, encuadrados en más de 40 misiones y proyectos de varios organismos y entidades científicas, entre los que destacan la NASA (Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio), la ESA (Agencia Espacial Europea), y los mayores y más avanzados complejos astronómicos como los ubicados en Hawái, Chile y Canarias.

Una de las misiones más emblemáticas puestas en marcha para la búsqueda de planetas extrasolares ha sido la misión Kepler de la NASA, que en el año 2009 puso en órbita un telescopio con un espejo primario de 1,4 metros, un fotómetro Schmidt de 0,95 metros de apertura y una cámara CCD de 95 millones de pixeles de resolución, monitorizando, mediante el método del tránsito, a más de 150 000 estrellas simultáneamente cerca de la constelación del Cisne, en el ecuador galáctico.

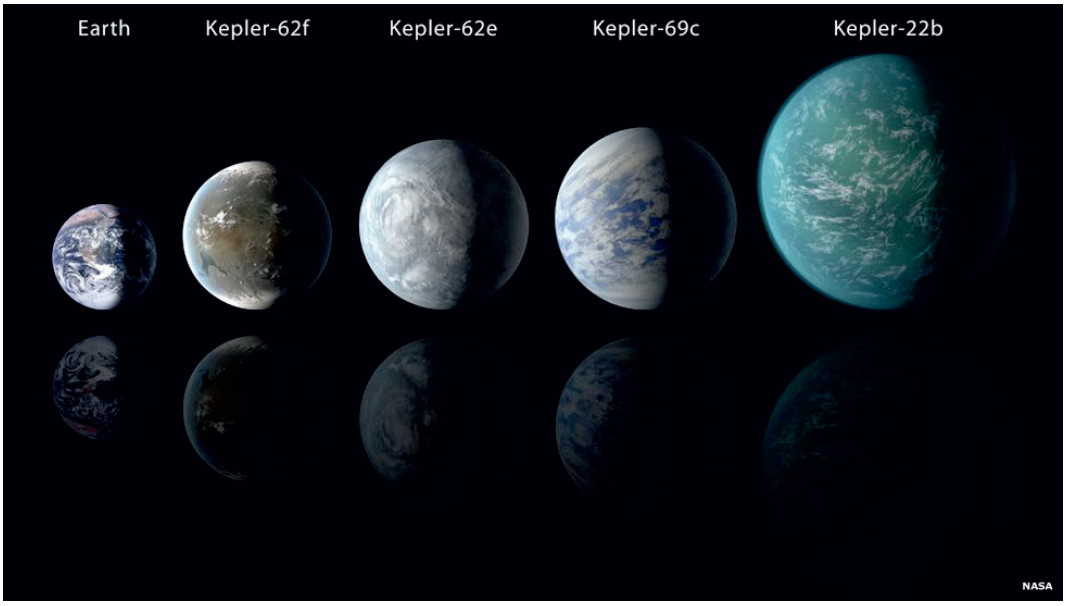

Figura 4. Tamaño relativo de la Tierra y cuatro exoplanetas. (Fuente: NASA).

El proyecto tenía una duración prevista de 3 años y medio, que se amplió hasta el 30 de septiembre de 2016 sin embargo, en el año 2013 falló el sistema de orientación del equipo (fallaron dos de los cuatro giróscopos que llevaba). Hasta ese momento, la misión Kepler confirmó la detección de más de 2330 exoplanetas, solamente en esa zona reducida del firmamento, 21 de los cuales con un tamaño similar al de nuestro planeta (figura 4) y girando alrededor de su estrella en una zona habitable (hoy ya están catalogados más de 55).

A partir de ese momento, la NASA desarrolló una nueva misión, denominada K2 (*Second Light*), utilizando el mismo telescopio orbital, pero variando las zonas a estudiar y el tipo de estrellas a analizar. El número de exoplanetas confirmados durante la misión K2 fue de 145. Una vez que la misión Kepler de la NASA, y otras como la Spitzer o la COROT de la ESA, han completado su vida útil o han dejado de funcionar por averías, todos los ojos están puestos en el telescopio espacial James Webb que es un proyecto internacional en el que participan la NASA, la ESA, el CNES (Centro Nacional de Estudios Espaciales), y la CSA/ASC (Agencia Espacial Canadiense) entre otros importantes organismos, y que estará equipado con diversos instrumentos entre los que destaca el telescopio de 6,5 metros, y del que se esperan importantes descubrimientos en los próximos años (figura 5).

Entre las estrategias seguidas para detectar planetas extrasolares está la observación visual directa, el intento de ver exoplanetas a través de un telescopio, de forma similar a como puede hacerse con Júpiter, Marte, o Saturno; observación que tropieza con importantes dificultades, siendo la mayor de ellas su cercanía relativa a la estrella alrededor de la cual giran, que brilla miles de millones de veces más que los planetas que la acompañan, y que por tanto los enmascaran con su deslumbrante luz (sería como localizar la luz de una cerilla situada junto a un potente foco en la oscuridad de la noche a gran distancia).

Para la observación directa se utilizan los más avanzados complejos astronómicos como el *Very Large Telescope Project,* del Observatorio Europeo del Sur ubicado en el desierto

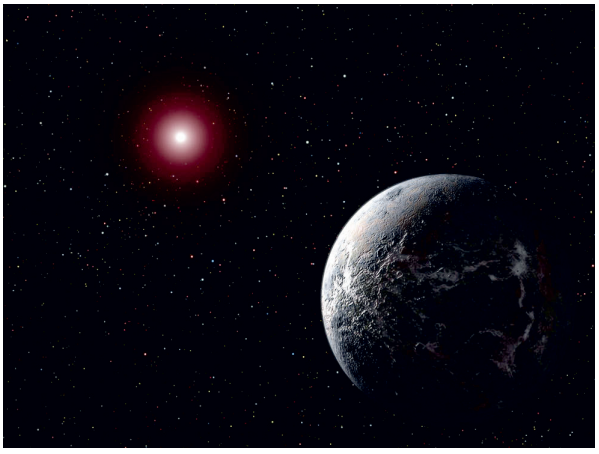

Figura 5. Imagen artística del planeta extrasolar OGLE-2005-BLG390Lb. (Fuente: NASA/JPL-Caltech).

de Atacama (Chile), basado en cuatro telescopios de 8,2 metros que pueden trabajar como uno solo con una resolución y capacidad de acumulación de luz muy altas, el observatorio norteamericano W. M. Keck de Hawái con dos telescopios de 10 metros que también pueden operar como un único instrumento, o el GTC (Gran Telescopio Canarias) con un espejo primario segmentado de 10,5 metros, situado en el Roque de los Muchachos (La Palma).

Otros procedimientos para detectar planetas extrasolares son el tránsito, utilizado por la misión Kepler (figura 6) por ejemplo, que mide la variación en el brillo de las estrellas cuando un planeta pasa por delante de ella (figura 7), este método presenta algunas variantes para el caso de la existencia de varios planetas y de estrellas binarias aunque el fundamento es el mismo.

Figura 6. Recreación artística del exoplaneta Kepler186f. (Fuente: NASA Ames/SETI Institute/JPL Caltech).

Y por último, otro grupo de técnicas que analizan los efectos gravitatorios que los planetas provocan en su estrella, como el método de la velocidad radial que detecta el corrimiento de las líneas espectrales (efecto Doppler) de la estrella hacia el azul o hacia el rojo según el tirón gravitacional que el planeta ejerce radialmente sobre la estrella, o el método de astrometría, que detecta las pequeñas variaciones de posición de la estrella respecto al fondo de estrellas fijas, que oscila alrededor del centro de masas del sistema que forma junto a los planetas que la acompañan.

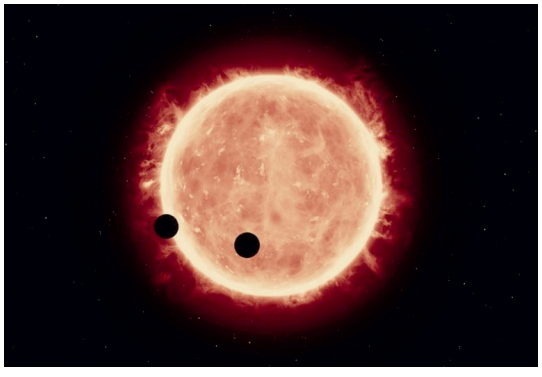

Figura 7. Tránsito de dos exoplanetas rocosos. [Fuente: NASA, ESA y G. Bacon (STScI)].

Existen también otros métodos de detección de exoplanetas, como el denominado de microlentes gravitacionales, pero

que suelen tener un carácter complementario a los otros métodos señalados, dada la dificultad y el escaso número de casos que permiten utilizarlo.

3. SISTEMAS PLANETARIOS DE ESTRELLAS CERCANAS

La información recibida hasta el momento permite describir una enorme y muy diversa cantidad de ambientes exoplanetarios, y no es ciencia ficción o fantasías, sino el resultado de rigurosas investigaciones que van haciendo cada vez más nítidos los escenarios en los que se desarrollan los sistemas planetarios. Ya se han identificado planetas gigantes, mayores que Júpiter y algunos con bajas densidades como Saturno o con temperaturas muy altas (de varios miles de grados), otros con un albedo muy bajo (muy oscuros) o con coloraciones muy marcadas, también los hay en entornos muy diferentes a la Tierra, algunos situados en cúmulos estelares abiertos, orbitando a púlsares, o a sistemas binarios-múltiples en los que los planetas giran alrededor de varios soles, y en ocasiones con órbitas muy excéntricas. Igualmente se ha detectado alguna situación catastrófica como la del exoplaneta WASP-12b situado a 870 años luz y que parece estar siendo engullido por su estrella, arrancándole continuamente masa y generando una espiral de materia planetaria que acaba formando parte de la estrella.

Con el desarrollo de las técnicas de detección se está consiguiendo identificar un número cada vez mayor de planetas extrasolares de tipo terrestre, rocosos, y con tamaños similares a los de la Tierra, y a distancias (en términos astronómicos) relativamente cercanas (decenas o cientos de años luz), y lo que es más sugerente, a distancias de su estrella que permitirían unas condiciones de temperatura y luminosidad compatibles con la vida y su desarrollo, tal y como tuvo lugar en el caso de la Tierra. El descubrimiento de este tipo de planetas extrasolares ha dado lugar a un nuevo término en la clasificación de los mismos, "planeta Goldilocks", que se refiere a planetas similares a la Tierra y cuya órbita está situada en la

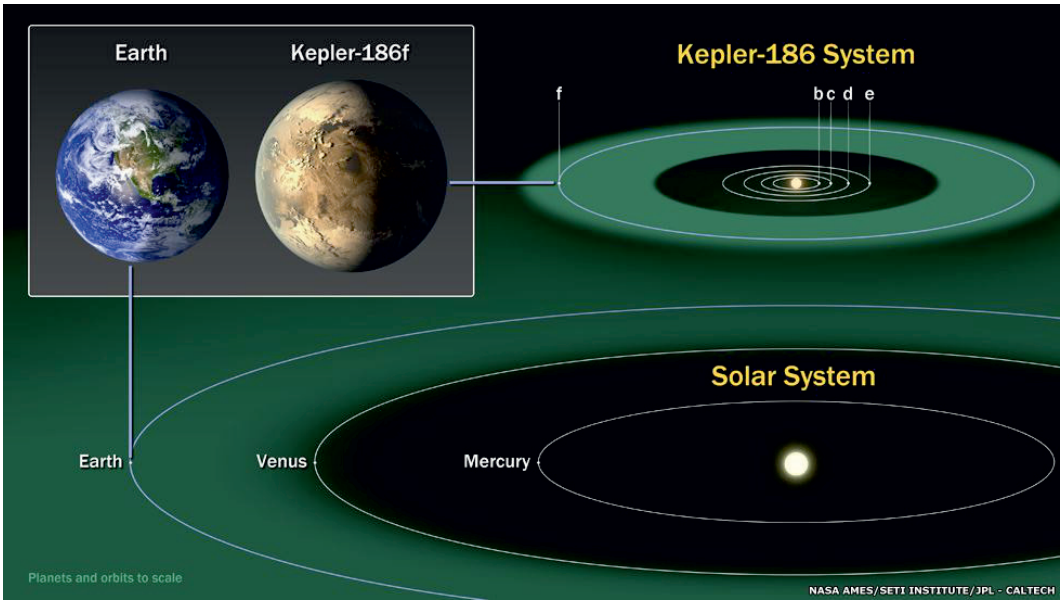

Figura 8. Zonas Goldilocks del Sistema Solar y del Sistema Kepler186. (Fuente: NASA Ames/SETI Institute/JPL Caltech).

zona de habitabilidad de su estrella, escenario ideal para los proyectos SETI (búsqueda de vida inteligente extraterrestre), "afinando" algunos términos de la ecuación de Drake mencionada anteriormente, e incluso para la estimación de futuros hogares para la humanidad; a este respecto conviene recordar que pase lo que pase (guerras nucleares, autodestrucción por cualquier medio, agotamiento de recursos, etc.) dentro de 5000 millones de años el Sol empezará a agonizar y la vida en la Tierra, si es que existe en ese momento, tendrá los días contados.

El término "Goldilocks" (Ricitos de Oro), extraído del cuento infantil escocés del siglo XIX *Ricitos de Oro y los tres osos*, da nombre a la zona habitable que rodea a una estrella, ni demasiado fría ni demasiado caliente como para impedir el origen o el mantenimiento de la vida tal y como se conoce (figura 8). En el caso del Sistema Solar esta zona se encuentra aproximadamente entre las órbitas de Venus, que está en el límite caluroso, y la de Marte en el límite frío. Hay que matizar que la vida quizá pueda desarrollarse fuera de estas zonas en determinadas circunstancias (océanos por debajo de la superficie planetaria, por ejemplo), pero se habla de habitabilidad para el ser humano y en condiciones ambientales similares a las de la Tierra.

Los científicos han establecido un índice denominado "índice de similitud con la Tierra" (IST, en inglés ESI), para establecer el grado de similitud del planeta con los exoplanetas y exolunas que pudieran ser habitables. Ese índice puede tener valores entre 0 y 1; planetas extrasolares con valores de IST elevados (por encima de 0,8) son Kepler-438b (0,88) y Kepler-296e (0,85), superiores al de Venus que cuenta con el IST (0,78) más alto de los planetas del Sistema Solar. Todavía no se ha establecido un IST para uno de los descubrimientos recientes que ha despertado más interés, el exoplaneta Proxima Centauri b, en órbita a la estrella más cercana a la Tierra, a tan solo 4 años luz de distancia, detectado mediante el procedimiento de la velocidad radial desde los instrumentos HARPS y UVES de los telescopios ubicados en el Observatorio Europeo del Sur (Chile) en agosto de 2016,

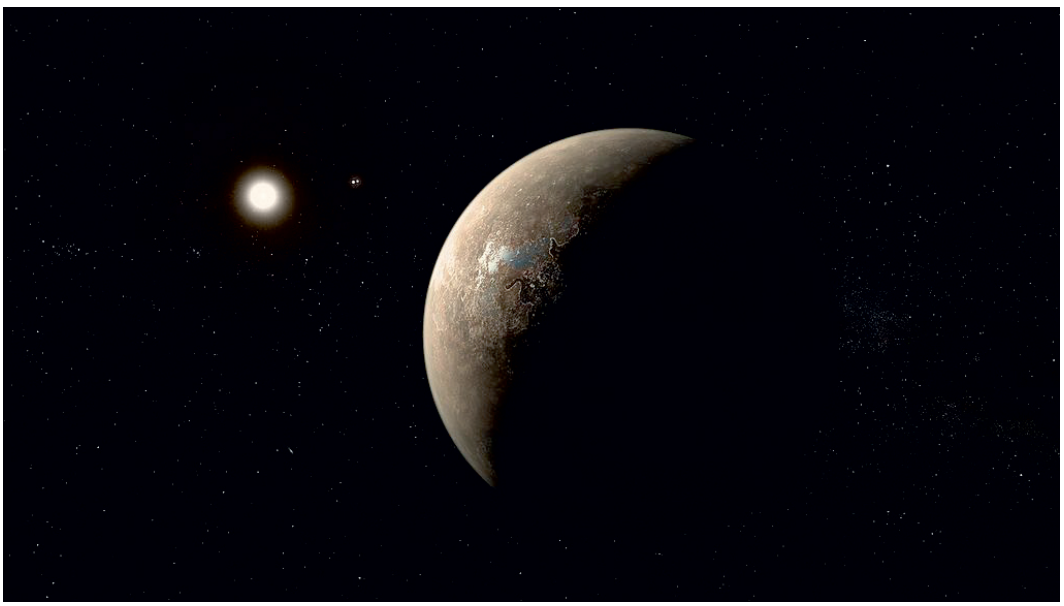

Figura 9. Recreación artística del exoplaneta Próxima Centauri b. (Fuente: ESO / M. Kornmesser).

que ha conseguido centrar la atención de los científicos para determinar en qué grado este planeta extrasolar es similar a la Tierra o reúne unas condiciones de habitabilidad suficientes para intentar su exploración.

Los astrónomos manejan unas magnitudes que muchas veces hacen perder la perspectiva de lo que en realidad se está estudiando; hablan de estrellas que están a 100 años luz, 1000 años luz, o 30 000 años, tan lejos como el centro de la Vía láctea, y por eso, cuando la estrella más cercana está a 4 años luz, parece que está al alcance de la mano; y si encima ese sistema estelar tiene planetas, como recientemente se ha descubierto, puede parecer que llegar hasta ellos es una misión relativamente accesible, casi como ir a Marte o a Júpiter.

Sin embargo, pensando en algo que se conoce bien como la duración de un viaje en un avión comercial moderno, que tarda unas 6 horas en cruzar el océano Atlántico, si ese avión pudiera volar fuera de la atmósfera y pusiera como destino la Luna, tardaría en llegar en línea recta más de 15 días, y si pusiera rumbo al Sol más de 17 años.

Considerando que la Luna está a algo más de un segundo luz y el Sol a 8 minutos luz, es fácil imaginar la distancia hasta la estrella más cercana que está a 4 años luz (figura 9), y el tiempo que podría tardarse en llegar hasta ella con la tecnología presente, o incluso con aquella que se puede imaginar a corto o medio plazo. Los viajes interestelares quedan fuera del alcance de la humanidad, de momento.

Alfa Centauri es un sistema estelar compuesto por tres estrellas, dos de las cuales forman un sistema binario (Alfa Centauri a y Alfa Centauri b), girando ambas estrellas alrededor del centro de masas común, sobre el que orbita a su vez la tercera estrella, Próxima Centauri, que es una pequeña estrella variable, enana roja, poco luminosa y con un tamaño muy inferior al del Sol, apenas el doble del de Júpiter. Próxima b (o Alfa Centauri b) es un planeta algo mayor que la Tierra, aunque todavía no se ha podido determinar con seguridad si es de tipo rocoso, su año dura solamente 11 días terrestres y le separan de su estrella algo más de 7 millones de kilómetros, muchísimo menos que la distancia entre Mercurio y el Sol; sin embargo, está en la zona de habitabilidad de la estrella, al ser tan pequeña y tan fría.

Todavía se desconocen muchos factores de este planeta próximo, demasiados como para saber si tiene atmósfera y de qué tipo, o agua superficial, aunque parece lógico suponer que dada la proximidad a su estrella tenga rotación capturada (presentando siempre la misma cara a su sol), lo que conferiría al planeta unas características climáticas radicalmente diferentes de las de la Tierra, sobre todo si tiene atmósfera y ríos, lagos o mares, todo ello sin contar con el carácter poco amistoso de su estrella con sus fulguraciones energéticas periódicas y su alta emisión de rayos X, de los que el planeta solamente podría defenderse mediante una notable magnetosfera y una densa atmósfera.

Por tanto no parece que Proxima b se vaya a parecer mucho a la Tierra, aunque no por ello deja de resultar del máximo interés para su estudio. Lo bueno es que a esta estrella (Próxima Centauri) le queda una vida muchísimo más larga que al Sol a pesar de ser de la misma edad, lo que le permitiría mantenerse en las mismas condiciones actuales cuando la Tierra no sea más que cenizas. Noticias recientes, de hace unos meses, muy inquietantes, indican que Próxima Centauri ha experimentado una erupción estelar masiva que ha podido tener consecuencias catastróficas para el planeta Próxima b, pudiendo haber quedado arrasadas su atmósfera, su superficie, y lo que pudiera encontrarse en ella (figura 10).

A finales del mes de febrero de 2017 la NASA confirmó la existencia de siete exoplanetas en el sistema TRAPPIST-1 (*Transiting Planets and Planetesimals Small Telescope*, pequeño telescopio belga de 60 centímetros ubicado en el Observatorio de La Silla, Chile, utilizado

Figura 10. Tamaños relativos entre la Tierra y Próxima b. (Fuente: PHL@UPR Arecibo. NASA EPIC Team).

para su descubrimiento), denominación de una pequeña estrella enana roja ultrafría (clase m8v) situada en la constelación de Acuario a 40 años luz de distancia. Desde mayo de 2016 se conocía la existencia de este sistema planetario, pero ha sido recientemente cuando el telescopio espacial Spitzer de la NASA, asistido por varios telescopios terrestres como el VLT del Observatorio Europeo del Sur (Atacama, (Chile) ha completado el número de exoplanetas identificados hasta la cifra de siete, ofreciendo información importante acerca de los mismos (figura 11).

El Sistema Solar es mucho más grande que TRAPPIST-1, que casi tiene más semejanza en cuanto a tamaño al sistema formado por Júpiter y sus satélites, su sol es muy pequeño y genera poco calor, pero ofrece unas condiciones muy favorables de habitabilidad a sus siete planetas, que orbitan todos ellos en órbitas que, en el Sistema Solar quedarían dentro de la órbita de Mercurio, y tres de ellos claramente dentro de la zona habitable del sistema

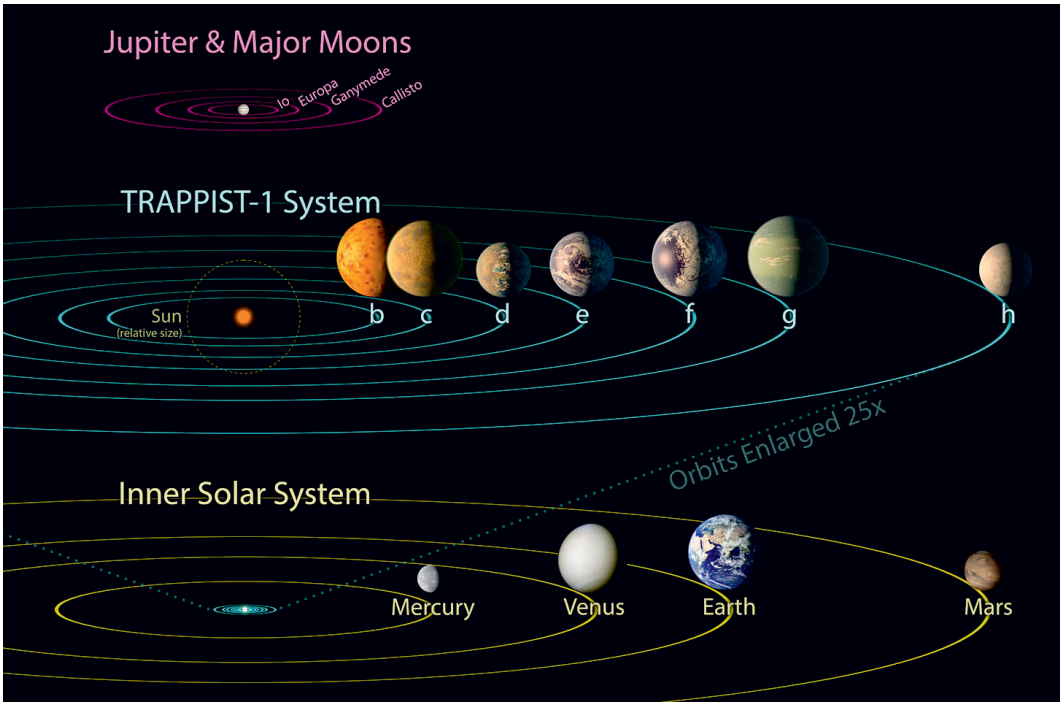

Figura 11. Tamaños relativos del sistema TRAPPIST-1 y del Sistema Solar interior. (Fuente: NASA / JPL-Caltech).

planetario (e, f y g). Se ha detectado una alta probabilidad de existencia de agua líquida en el planeta f.

Los datos ofrecidos indican que al menos seis de los siete exoplanetas son rocosos, similares a la Tierra y con parámetros no muy distintos de tamaño y densidad (figura 12), quedando aún por determinar la naturaleza del séptimo y más alejado de su sol, que podría ser un mundo helado. Los planetas más interiores tienen órbitas muy próximas entre sí y muy próximas a la estrella, lo que podría dar lugar a rotaciones capturadas, intensas fuerzas de marea y periodos orbitales resonantes.

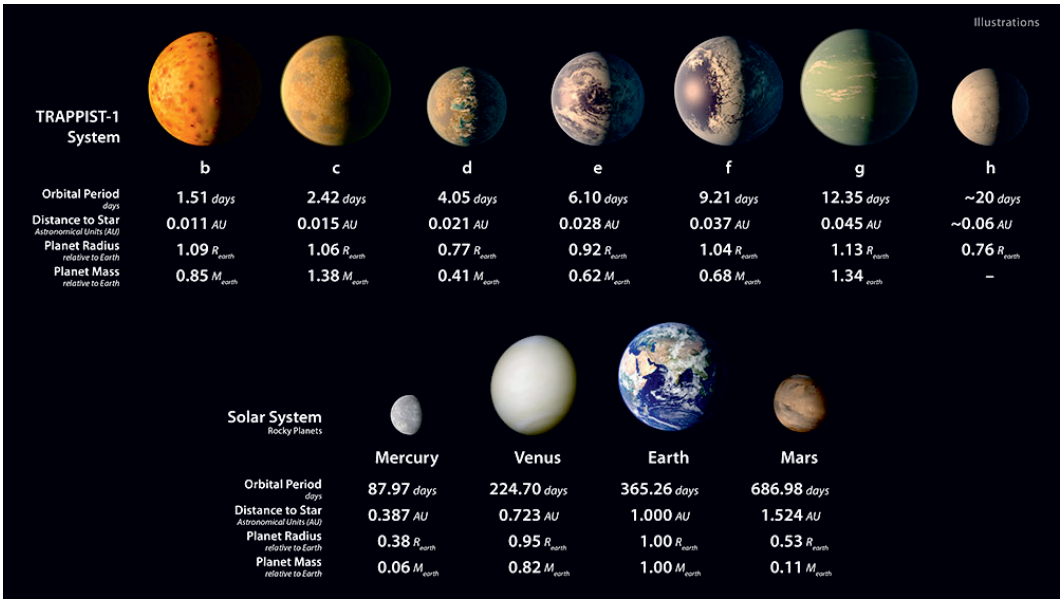

Figura 12. Datos comparados entre los planetas terrestres del Sistema Solar y los exoplanetas del sistema TRAPPIST-1. (Fuente: NASA / JPL-Caltech).

Los telescopios espaciales Spitzer, Hubble y Kepler K2 (que concluirá sus observaciones en el mes de marzo de 2017) establecerán las bases para el futuro plan de seguimiento del sistema TRAPPIST-1 (figura 13), que se efectuará con el telescopio espacial James Webb, que la NASA tiene previsto situar en órbita en 2019, y que será capaz de detectar agua, metano, oxígeno, ozono y otros elementos y compuestos químicos presentes en las posibles atmósferas de estos exoplanetas de

Figura 13. Imagen artística de lo que podría ser la superficie del exoplaneta TRAPPIST-1f. (Fuente: NASA / JPL-Caltech).

tipo terrestre descubiertos, y podrá medir también las temperaturas y presiones superficiales de los mismos.

4. ¿EXOMETEOROLOGÍA?

Ahora sí que se entra en el terreno especulativo, porque apenas se tienen datos de las atmósferas de los planetas extrasolares como para ni siquiera intuir su dinámica y su comportamiento, y tampoco hay un conocimiento suficiente de sus parámetros físicos como la masa, la densidad, la rotación, la inclinación de los ejes, y decenas de factores más que pueden determinar el comportamiento de sus atmósferas. Precisamente la mayor cantidad de datos viene de la estrella anfitriona, de la que se tiene mucha más información en general, y un conocimiento más completo de su evolución y desarrollo (figura 14).

Figura 14. Recreación artística de la superficie del exoplaneta Próxima Centauri b, con la estrella Próxima en el horizonte y un poco arriba a la derecha el sistema binario Alfa Centauri A/B. (Fuente: ESO / M. Kornmesser).

Como se ha visto, el abanico de posibilidades es muy grande. Se tendrán que estudiar casos de supertierras con océanos globales y atmósferas densas, e incluso con oxígeno, aunque no sea consecuencia de posibles metabolismos biológicos, como es el caso del planeta extrasolar Gliese 1132b situado a 39 años luz de la Tierra y que gira alrededor de una estrella enana roja; los últimos estudios científicos señalan que este planeta podría tener una atmósfera ligera y caliente (+230 °C) con presencia de vapor de agua y que, al estar sometida intensamente a radiación ultravioleta, las moléculas de agua quedarían rotas, permitiendo que el hidrógeno escapara al espacio y que parte del oxígeno pudiera quedar en la atmósfera interactuando con la extremadamente caliente superficie (debido al fuerte

efecto invernadero causado por el vapor de agua) que podría contener zonas de ambiente magmático.

Otros casos que pueden resultar frecuentes serán los de planetas con un hemisferio en la oscuridad permanente y el otro que no conozca la noche: ¿qué tipo de vida podrá desarrollarse en esos ambientes?, ¿cómo será el clima en un planeta en el que su sol ocupa siempre la misma posición en su cielo?, ¿cómo se comportará la atmósfera de un planeta con rotación acoplada o capturada?, ¿cómo afectará la composición de la atmósfera, su presión, la gravedad del planeta, las reacciones químicas con los líquidos superficiales y con las rocas, a la dinámica geológica, a la erosión, a los vientos, a las nubes, a la precipitación, a sus exóticos meteoros…?, ¿cómo se verá el cielo estrellado desde su superficie? (figura 15).

Figura 15. El cielo que se observaría desde el planeta extrasolar Próxima b, donde podría apreciarse el Sol como una estrella de primera magnitud en la constelación de Casiopea, el resto del cielo variaría poco respecto al familiar, salvo algunos detalles como ver a Sirio al lado de Betelgeuse en la constelación de Orión. (Fuente: David Charbonneau).

Todas esas preguntas encontrarán respuestas en las próximas décadas. Se irán contestado algunas de ellas e irán surgiendo otras nuevas sobre situaciones desconocidas. El horizonte alcanzará los confines del Sistema Solar y las estrellas más próximas (con sus sistemas planetarios), pero eso solamente son los primeros pasos, porque apenas se está descubriendo una pequeña parte de la galaxia, que no es más que una entre millones repartidas por todo el Universo…

5. CONCLUSIONES

Los exometeorólogos van a encontrarse en un futuro inmediato con escenarios muy diferentes a los de la Tierra, con mundos exóticos radicalmente distintos a los conocidos hasta ahora, y una cantidad innumerable de atmósferas que estudiar y analizar.

Se encontrarán casos de planetas gaseosos gigantes con unas atmósferas similares a las de Júpiter, con órbitas muy próximas a su estrella, girando alrededor de ellas en pocos días, posiblemente con rotación capturada dejando permanentemente un hemisferio en la oscuridad y el otro sometido siempre al calor y radiación de su sol. También son posibles supertierras con océanos globales y atmósferas densas; el abanico de posibilidades es muy grande, y experiencias como Venus o Marte, o la catástrofe descubierta recientemente en Próxima centauri, que podrían servir e incitar a cuidar la Tierra y su medio ambiente, dada su fragilidad, y la exposición cierta a potenciales situaciones dramáticas para la existencia y supervivencia del ser humano.

El estudio comparado de cientos de millones de exoplanetas, y de sus atmósferas, va a permitir comprender mucho mejor el comportamiento de la atmósfera terrestre, y de los efectos de la contaminación y de la sobreexplotación de los recursos naturales y sin duda dará lugar a nuevas disciplinas científicas como la exometeorología.

Sin querer la curiosidad innata del ser humano ha puesto ante sus ojos este maravilloso universo, con cada avance tecnológico se han conseguido descubrir otros mundos, compañeros de viaje en el Sistema Solar, y más allá, en las estrellas cercanas, con sus sorprendentes y espectaculares características más allá del estudio astrofísico y astroquímico, entrando de lleno en el terreno de la cosmología, del principio antrópico, ¿está solo el ser humano en el Universo?, ¿hay vida en otros planetas?, si la hay ¿ha alcanzado un grado tecnológico?, ¿es posible la comunicación entre posibles civilizaciones cósmicas?, ¿se podrá viajar entre estrellas y galaxias?, ¿las posibles civilizaciones pueden sobrevivir a sí mismas y a las catástrofes cósmicas? El estudio de los exoplanetas es solamente un peldaño más en esta escalera que el hombre va ascendiendo, desde su aparición sobre la Tierra hasta hoy en día, persiguiendo el conocimiento del entorno y las respuestas al sentido de su existencia…

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

Bachiller, R. (2010). La eclosión de los planetas extrasolares. Anales de la Real Academia de Doctores de España, volumen 14, págs. 9-24.

Bachiller y otros, (2017). Cuestiones de Astronomía. Real Observatorio Astronómico de Madrid. Instituto Geográfico Nacional, Ministerio de Fomento.

Quirantes, A. (2016). Los exoplanetas, otras tierras en torno a otros soles. RBA.

Solís, J. (2017). Planetas Extrasolares. Anuario del Real Observatorio 2018. Instituto Geográfico Nacional, Ministerio de Fomento.

Solís, J. (2018). Planetas extrasolares, descripción de las atmósferas conocidas en el Sistema Solar. Editorial Académica Española.

Sitios web

Blog de Daniel Marín, (NAUKAS), http://danielmarin.naukas.com/

Blog Milesdemillones, https://milesdemillones.com/category/exoplanetas/

Ciencia beta (página web) (NASA), https://ciencia.nasa.gov/science-at-nasa/2009/20feb_kepler

Centro de investigación AMES, https://www.nasa.gov/centers/ames/spanish/research/exploringtheuniverse/exploringtheuniverse-kepler.html#

EcuRed, https://www.ecured.cu/Telescopio_Espacial_Kepler#Caracter.C3.ADsticas

ESO (nota de prensa) (eso1629), http://www.eso.org/public/spain/news/eso1629/?lang

Exoplanet archive (NASA), http://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/docs/counts_detail.html, http://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/cgi-bin/TblView/nph-tblView?app=ExoTbls&config=planets&constraint=pl_kepflag%20%3E0

Exoplanet exploration (NASA), https://exoplanets.nasa.gov/trappist1/

Kepler y K2 (página web) (NASA), https://www.kepler.arc.nasa.gov/

Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), misiones NASA, https://www.mdscc.nasa.gov/index.php?Section=Junio_2012_Descubriendo_nuevos_mundos_Profundizacion_Misiones

Laboratorio de Propulsión a Reacción (Instituto de Tecnología de California, NASA), http://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/details.php?id=PIA21422

Planeta Ricitos de oro, https://es.wikipedia.org/wiki/Planeta_Ricitos_de_Oro

Telescopio espacial Kepler (NASA), número de candidatos descubiertos y confirmados, https://kepler.nasa.gov/Mission/discoveries/index.cfm

Telescopio espacial Spitzer (NASA), https://www.nasa.gov/mission_pages/spitzer/main/index.html