

Nuevos Mundos

Planetas gigantes Enanas marrones

Faustino García



Conocer el origen de nuestro mundo terráqueo ha sido y será una intelequia para el hombre desde los albores de la humanidad.

Desde la antigua Grecia, la idea de que la Tierra no está sola en el Universo quedaba patente por la inclusión en éste de los restantes planetas conocidos hasta la fecha y que fueron asignados a diferentes esferas concéntricas en las que el Sol y la Luna sólo eran otros astros en orden de distancia, modelo de Universo y sistema planetario que Ptolomeo asentó durante siglos.

Esta idea de sistema Universo mantenía a la Tierra como centro privilegiado; no tardaría en cambiar para ser reemplazado por el Sol, pasando la Tierra a su lugar real correspondiente entre los distintos planetas, cinco conocidos en total. El descubrimiento de los restantes aún tardaría, pero se asentaba la idea de un sistema planetario centrado en el Sol y un complejo fondo de estrellas que a su vez tomaban también peso como soles lejanos.

Tan próximo en el tiempo como las primeras décadas de este siglo que termina, data la comprensión de que existían otros sistemas de estrellas diferentes y lejanos del que correspondía a nuestro propio Sol, sistemas con el genérico nombre de galaxias en extensión del dado al sistema en el que está integrado el Sol y sus particulares, en cierto sentido, "hijos".

Completado el sistema solar con nueve grandes planetas reconocidos y miles de pequeños cuerpos, y perteneciendo el Sol a la Vía Láctea como galaxia genérica y miles de millones de galaxias lejanas, el universo dio un vuelco conceptual drástico e irreversible; se comprendía la trascendencia y las implicaciones de la nueva forma de entender su aspecto y dimensión, y por primera vez las piezas encajaban mejor



Fig. 1.- Disco protoestelar y chorros de materia.

que con anteriores patrones y modelos. Las distantes galaxias, al igual que la nuestra están formadas por miles de millones de soles con diferentes características intrínsecas, pero soles o estrellas (como mejor se prefiera llamar) al fin y al cabo, aunque ciertamente "estrella" tiene un sentido más amplio y general.

De esta variedad de estrellas se puede establecer un patrón de tipos en virtud de sus características y aquellas más abundantes son precisamente las que tienen similitud con el Sol. Dicho de otra manera, el Sol es una estrella común como la mayor parte de las estrellas de la Vía Láctea. Inmediatamente surge una pregunta que además puede ser tan antigua

como la misma humanidad. Si la mayor parte de las estrellas son del tipo solar, ¿También tienen estas planetas orbitando a su alrededor?. O, por contra ¿Es el Sol una excepción?.

Tan solo en los últimos años los avances técnicos han permitido escudriñar estas estrellas para comprobar esta posibilidad, por otra parte estimada de forma estadística como algo más que real.

La detección de cuerpos orbitando a estrellas que formen un sistema planetario en estrellas semejantes al Sol dentro de la galaxia, es una tarea harto dificultosa, como es fácil de comprender: los tamaños relativos exigüos y las distancias enormes. Constatar su presencia de visu es una labor extremadamente difícil que debe ser realizada con tecnologías realmente avanzadas y siempre en límite de las posibilidades. Además requiere de unas condiciones también extremadamente favorables y el apoyo de técnicas indirectas.

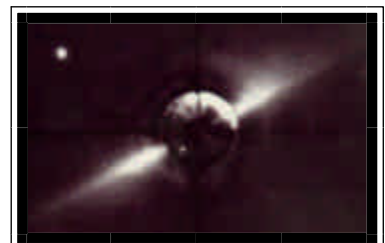


Fig. 2.- Imagen de Beta Pictoris con un disco de polvo en torno a la estrella.

Una imagen real aún no es posible y dependerá del avance tecnológico de los próximos años el poder obtener tal hito.

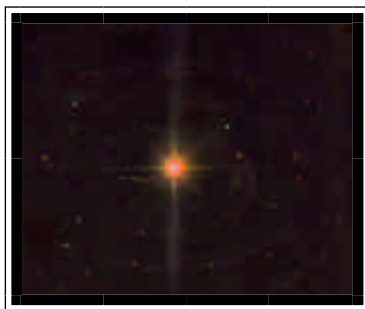


Fig. 3.- Esquema representando planetesimales en formación.

Es necesario hacer un breve repaso de lo que actualmente se admite como teoría de formación planetaria, para entender la posibilidad que existe de encontrar sistemas planetarios más o menos simples en torno a estrellas. Un primer condicionante es la misma estrella, pues ciertos tipos en su fase de formación, presentan tales fuerzas en sus "vientos" de partículas que forzosamente barren todo vestigio de material circundante si lo hubiera, por lo cual no tienen posibilidad de albergar en su madurez nada que no sea otra estrella formada a la par en el mismo proceso, formadas ambas a la vez.

Parece pues necesario hablar también brevemente de la evolución estelar. Es más, la creación de planetas sería en buena lógica una fase más de su evolución desde la formación misma.

Cuando una estrella se forma, lo hace a expensas de una nube de gas, básicamente hidrógeno con trazas de otros elementos. A mayor riqueza de elementos distintos del hidrógeno menor antigüedad se le podrá asignar a la estrella, es decir, sabremos que pertenece a sucesivas generaciones y no a estrellas de primera generación. Este dato es conocido en astrofísica como índice de metalicidad. El crecimiento de la bola inicial que formará el núcleo de la estrella crea un pozo de gravedad al que va a parar la masa de gas circundante. Esto acrecienta el núcleo inicial aumentando su masa hasta que las reacciones termonu-

cleares son posibles debido a la alta temperatura alcanzada por la presión ejercida por toda la masa que se compacta sobre el punto central.

Cuando comienzan estas reacciones, las partículas producidas salen eyectadas a gran velocidad, ejerciendo una presión contra la ejercida por la gravedad, equilibrando la esfera así formada y apareciendo una estrella como tal. La masa total alcanzada hasta llegar a ese punto definirá que tipo de estrella es, si es como el Sol, más grande o más pequeña.

Aquellas varias veces mayores que el Sol, las llamadas gigantes y supergigantes, son estrellas muy calientes. Por contra, las muy pequeñas que son sólo una fracción del total solar son llamadas enanas y su bajísima temperatura superficial hace que su brillo sea de tan difícil detección como la de un planeta grande. Emiten más energía en el infrarrojo que en

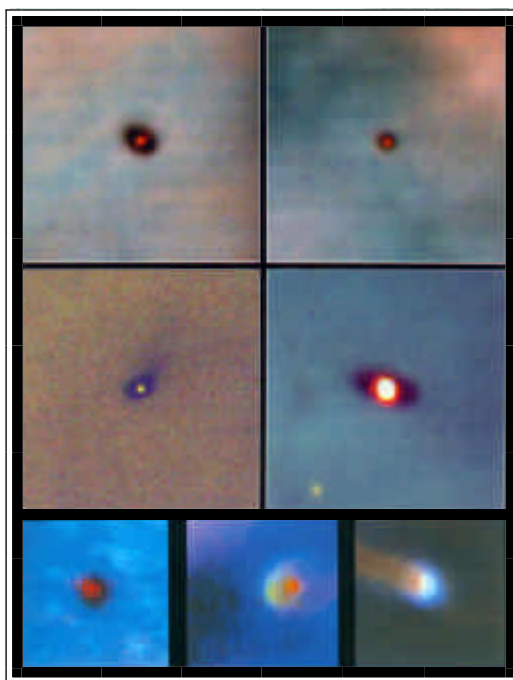


Fig.4.- Imágenes del Hubble de estrellas que tienen discos protoplanetarios en la Nebulosa de Orión.

otras radiaciones. Así pues su color debería de ser un rojo tan oscuro que se califica de "marrón", por lo que se conocen con el nombre común de enanas marrones.

Mientras la masa de la nube inicial se precipita hacia su centro en una caída libre vertiginosa a la que se da el nombre de colapso, se forma un disco de materia que alimenta el creciente y flamante núcleo y que gira en espiral cual gigantesco torbellino en torno a su ecuador, donde se conecta con la parte externa de la estrella en formación. A ese lugar llega todo el gas que se está precipitando a grandísima velocidad y al frenarse cede su energía cinética para transformarse en calor, alcanzando grandes temperaturas donde se fricciona el gas del disco y el que está cayendo a la estrella. Entonces ésta brilla con gran intensidad aún antes de estar completamente formada como estrella. No ha nacido y ya brilla intensamente.

Anteriormente mencionamos como las reacciones termonucleares eyectan partículas de alta energía a altas velocidades desde el interior estelar. A estas partículas se les da el nombre de "viento estelar" y son las responsables de limpiar los alrededores de la estrella recién formada con su presión, su empuje. Razonablemente pues, si la estrella formada es mucho mayor que el Sol, las reacciones nucleares también serán más abundantes y el empuje del viento mayor, despojando por completo a la estrella formada de todo su manto de material residual. Por contra, siendo como el Sol o menores, las posibilidades de mantener restos del disco material que se forma en torno a su ecuador aumentan, y una vez alcanzada su estabilidad y madurez en curso, mantienen esos restos. (Fig. 1 y 2)

La importancia de este fenómeno es crucial, ya que las teorías en boga otorgan a ese disco material el origen de futuros y posibles planetas. Igual que el colapso de la nube originó la o las estrellas, individuales o formando sistemas múltiples o cú-

mulos, también el propio disco protoplanetario, como se le llama, tiende a fragmentarse y condensar, al enfriar, en un número indeterminado de pequeños núcleos semejantes a grumos en una masa. A su vez estos grumos servirán de semilla para que se sobre ellos condense el material formando planetesimales. (Fig. 3)

Según pasa el tiempo y la estrella se enfría externamente, su medio circundante también lo hará y esto resultará en la formación de planetoides más o menos gaseosos o sólidos según su composición y distancia a la estrella progenitora. La posterior interacción gravitatoria entre los innumerables planetesimales y la propia estrella harán un fantástico billar cósmico en donde las colisiones resultantes causarán, bien la compactación de varios cuerpos en uno, o la disgregación por fragmentación, saliendo vencedores aquellos que por azar hayan ganado suficiente masa y corpulencia para resistir los embates y a su vez reordenado su posición, su órbita, respecto a la estrella a la que pertenece.

El resultado puede ser uno o varios planetas que ocuparán órbitas estables entre sí y respecto a la estrella, lo que permite en la práctica una configuración ilimitada de posibilidades. Planetas gigantes y minúsculos, lejos y cerca de la estrella, sólo existe la condi-

ción de ocupar un lugar posible, ni tan cerca ni tan lento como para que su estrella madre lo evapore, ni tal lejos que su gravedad no sea capaz de retenerlo; además de ese punto de equilibrio orbital estable, ya que de otro modo caería lentamente en una espiral sin retorno hacia la estrella o en una espiral que lentamente lo alejaría hasta que no tuviera control la gravedad alejándose permanentemente hasta perderse en el espacio interestelar.

Este es a grandes rasgos el marco que dibuja el conocimiento actual, siempre en renovación merced a los nuevos y acelerados descubrimientos que se hacen día a día, y que describe el origen de sistemas planetarios de índoles diferentes en su configuración final.

Ahora la cuestión es ¿Es posible su detección? La respuesta, aunque afirmativa, requiere matizar algunos aspectos.

Con la técnica actual sólo es posible de *manera indirecta* determinar su existencia y sólo acotando ciertos valores; en otras palabras, es posible detectar un planeta en torno a estrellas de tipo solar que estén relativamente próximas y dentro de un grado de incertidumbre que depende en gran medida no sólo del sistema de detección empleado, sino del instrumental y por supuesto del planeta encontrado.

Basándose en una selección de estrellas por su tipo y distancia dentro de los cuadros que las estadísticas enumeran, los investigadores tratan de detectar los tirones que esos planetas ejercen sobre la estrella en sus revoluciones. Las leyes del movimiento dicen que ambos cuerpos describen órbitas elípticas

sobre un centro común, por eso la estrella central se moverá en torno a ese punto común. Como ejemplo en nuestro sistema solar ese punto está dentro de la estructura del Sol; de esta manera no es posible ver como el Sol se desplaza sobre un punto trazando una



Fig. 6.- Imagen de Teide 1, la primera enana marrón descubierta por el IAC.

órbita: esa órbita queda dentro de su radio, por lo que visto desde fuera, lo que se puede apreciar es una especie de "bamboleo".

Eso es lo que detectan los actuales medios, más que suficiente para comprender que ese pequeño movimiento contemplado desde miles de años luz resulte una tarea extremadamente complicada y a menudo en el límite de la resolución instrumental, mezclada con el ruido del propio sistema detector: pero posible. (Fig. 4)

Lo que es posible medir, una vez restado el ruido instrumental, son las desviaciones que la estrella tiene en la misma dirección de la visual, es decir, en sentido radial desde nuestra posición de observador. El movimiento transversal no se puede detectar, ya que la técnica basada en el efecto Doppler mide las desviaciones espectrales debidas al alejamiento y aproximación. La magnitud de esa desviación está relacionada con la masa del cuerpo orbitante y ésta a su vez está relacionada con la distancia a la que orbita (Fig. 5). Como la detección está limitada a movimientos relativamente grandes para que puedan ser registrados, los planetas detectados también. Como resultado, la mayor parte de los anuncios de descubrimientos de planetas extra-



Fig. 5.- Esquema de la detección de planetas y enanas marrones orbitando estrellas.

solares están en el rango de los planetas gigantes.

Extremando las posibilidades de detección y aplicando modelos teóricos, aún es posible detectar modulaciones en estas mediciones y de esa manera intuir la presencia de un mayor número de planetas o de compañeros satélites. De ahí los anuncios de sistemas más complejos que comprenden más de un planeta.

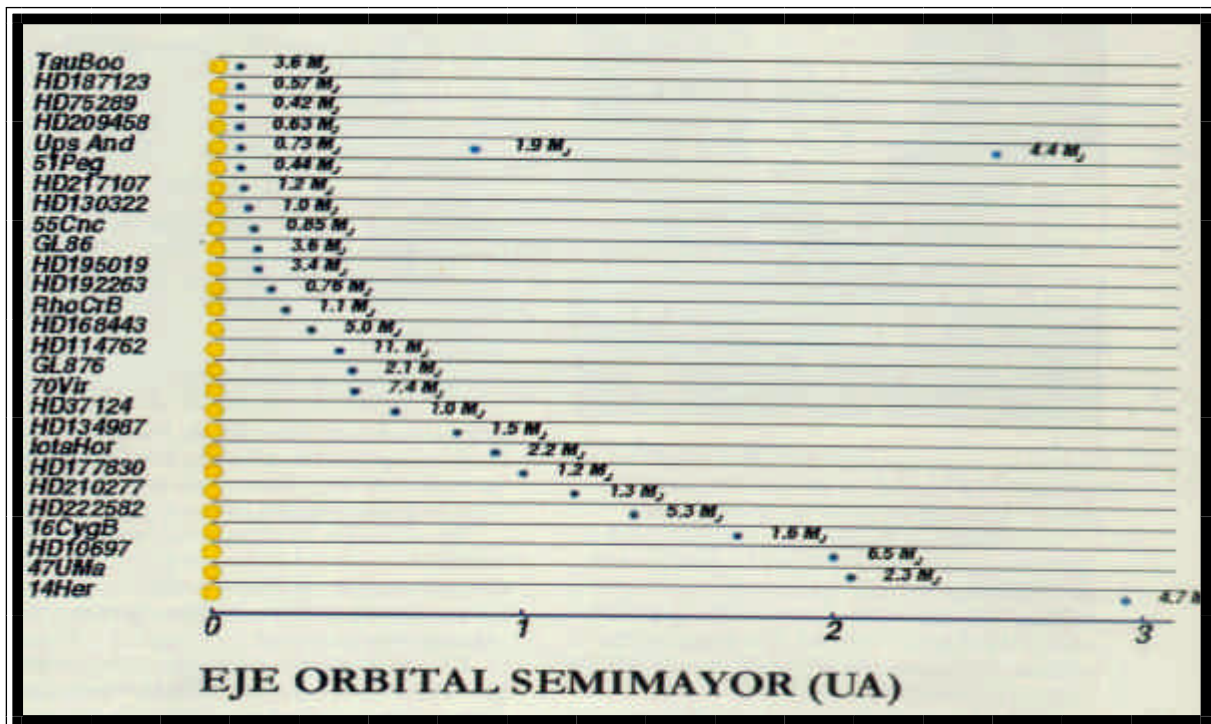
Como en nuestro sistema solar el mayor planeta es Júpiter, al referirse a la masa de los planetas gigantes de otras estrellas se hace en masas jovianas, al igual que las estrellas se describen en ma-

Por eso una gran mayoría de los planetas reconocidos como tal, en principio y hasta que mejores resultados no confirmen otra cosa, están en órbitas muy cercanas a las estrellas y pertenecen a la familia de los gigantes, casi siempre como ya se dijo, de varias veces la masa de Júpiter. Los otros candidatos son tremendamente más dudosos y afectados de una mayor incertidumbre donde de por sí es ya grande.

Un planeta típico extrasolar parece tener un retrato robot que lo sitúa a distancias equivalentes dentro de nuestro sistema a la de Mercurio hasta la de la Tierra y varias veces mayor que Júpiter. Tan grande y tan cerca *menea*

ten la detección de planetas más pequeños y más alejados de sus estrellas, para encontrar semejanza, aunque de lejos, con la Tierra.

Una técnica de vanguardia en la detección de planetas, es la de observar las variaciones en el brillo de la estrella. En un eclipse de Sol, la Luna tapa por completo o parcialmente el disco solar. Si hicieramos una curva de la luz obtendríamos una brusca caída de ésta durante el tiempo que durara el eclipse. Ese mismo tiempo informa del cuerpo interpuesto, en este caso la Luna, y nos daría información sobre su tamaño. Imaginar un eclipse por un planeta sobre una estrella parece que cuesta algo, pero en realidad deben de



sas solares. Los gigantes detectados suelen estar cifrados en varias masas de Júpiter, es el resultado no de su abundancia, que puede serlo, sino de que es más fácil detectar esas grandes masas bamboleando a sus estrellas que a otras menores. Solamente el refinamiento tecnológico y teórico en virtud de la experiencia acumulada podría acceder a menores masas y con ello a planetas más pequeños, los que podríamos llamar "terrestres".

de manera importante a la estrella central y eso es de detección ya habitual con la experiencia obtenida. Este retrato no parece pues un lugar ideal para pensar en vacaciones junto al mar.

Especular con planetas habitables es más fácil que encontrarlos. Combinar tamaño, distancia y composición al azar, para que aparezcan Tierras por doquier es algo quizá excepcional. Es necesario esperar a que los medios alcancen mejor detalle y posibili-

producirse y el porcentaje de luz ocluida estará directamente relacionado con su tamaño y distancia como el caso de la Luna.

Valores tan exigüos como un 0.002% en la variación de la luz recibida de una estrella es en lo que trabajan algunos equipos de científicos, que permiten detectar planetas inferiores al tamaño de Júpiter. Cuando esa variación tiene un patrón determinado de recurrencia, es síntoma de que su regularidad esta ejercida por un cuerpo orbitante.

También se abre la posibilidad de rastrear planetas en sistemas de dos estrellas; este sistema doble implica unas restricciones importantes a la hora de poseer estos compañeros, pero existen indicios para investigar tal eventualidad, pues debe dirigirse la mirada a regiones concretas del espacio en torno a ellas. Sólo es necesario rastrear la región posible.

En la actualidad, el anuncio del descubrimiento de nuevos planetas está empezando a dejar de ser noticia por su asiduidad. Es raro el mes en el que no se detectan más cuerpos, engrosando la lista día a día, no por ello menos importante.

Una aclaración: la diferencia entre planetas gigantes y los cuerpos cuasiestelares llamados enanas marrones por su bajo nivel de temperatura está un tanto difuminado. No hay una separación tajante entre ambos cuerpos, sino más bien una transición. ¿Cómo decir entonces si es planeta o enana marrón? Habría que recurrir de nuevo a la evolución estelar. Como se dijo anteriormente, las enanas marrones (Fig. 6) son estrellas que por su baja masa, del orden de decenas la de Júpiter y por debajo de 0.6 masas solares, no pueden producir reacciones termonuclea-

res en su interior, de tal manera que su energía se debe a ciertas desintegraciones nucleares y a la contracción gravitatoria, pero con origen común al estelar: el colapso de una nube original de gas. Un planeta difiere en cierta forma, como vimos en su génesis, a pesar de que ciertas tasas de masa se solapan y tengan en común la emisión de energía en forma de calor por la contracción provocada por la gravedad que comprime la masa.

Hace pocos meses se publicaba el descubrimiento de 18 planetas aislados: no pertenecen a una estrella y eso cambia muchas de las cosas aceptadas en la teoría vigente antes esbozada. Podría acercarse los planetas al rango de las enanas o argüir que son planetas expulsados del entorno de alguna estrella y que errantes se amontonan en esa región del espacio donde han sido descubiertos. La confirmación fotográfica fehaciente está aún lejana, sólo los métodos indirectos y por ello sujetos a una gran incertidumbre que deja amplio margen a especular con posibilidades de un gran rango de tipos planetarios -que quizá no lo sean en el fondo-, permitirán salir de dudas y decir "ahí está" y así es, pero hasta entonces es posible hacer una ya larga lista de candidatos con cierto carácter de

privilegio frente a los demás menos prometedores y en la que el tamaño, lentamente, pero con paso decidido, va afinando en sus detalles. Se acotan tamaños y masas, distancias y detalles de su órbita; incluso se adelantan condiciones de su composición o de su posible atmósfera, y en el límite, por el nuevo método de la curva de luz, aspectos sobre su rugosidad. Incluso la de posibles satélites de estos como lunas lejanas que hagan más románticos esos mundos desconocidos e intrigantes a miles de años luz de nosotros y donde con toda probabilidad dentro de pocos años las nuevas técnicas y posibilidades de observación desde el espacio por nuevas naves espaciales, desmentirán lo que ahora se dijo de ellos y confirmarán la presencia de cortejos planetarios más semejantes al nuestro y en ocasiones totalmente diferentes y ajenos.

De momento sólo nos queda la imaginación y representar los datos observacionales de manera artística, dejando volar la fantasía sin que ello rebaje la calidad de su trabajo. Añadimos una galería de imágenes (ver contraportada de este boletín) que muestran la que podrían ser los planetas en torno a otras estrellas y unas tablas con sus datos. En la actualidad son cerca de 50 los candidatos encontrados.

Primera detección de una atmósfera en torno a un planeta:

Los astrónomos han empleado el Telescopio Espacial Hubble para observar un planeta gaseoso que se encuentra en torno a la estrella HD 209458 (a 150 años luz de la Tierra) y detectar una atmósfera en torno al mismo. El planeta no fue observado directamente por el Hubble: la presencia de sodio en su atmósfera fue detectada en la luz filtrada a través de la atmósfera del planeta cuando éste -visto desde la Tierra- pasaba por delante de la estrella en torno a la cual gira.

Descubierto en 1999, este mundo tiene solamente cerca de un 70% de la masa de Júpiter y gira a una distancia de 0.045 U.A. de su estrella. Si pudiésemos situarnos sobre su superficie gaseosa, veríamos que la estrella en torno a la cual gira tendría un diámetro aparente 23 veces mayor que la luna llena y un brillo 500 veces mayor que el del Sol. A esta distancia, la atmósfera del planeta es calentada hasta los 1100°C, pero ésta no llega a escaparse, ya que el planeta tiene suficiente masa para retenerla.



Imagen artística de HD 209458 en torno a su estrella.

Tabla de Planetas Extrasolares

Estrella	Masa (1)	Periodo	Eje semimayor (UA)	Excentricidad	K (m/s)
HD 187123	0.52	3.097	0.042	0.00	72
Tau Bootis	3.64	3.3126	0.042	0.00	469
HD 75289	0.42	3.508	0.047	0.00	54
51 Pegasi	0.44	4.2308	0.051	0.01	56
Upsilon Andromedae (b)	0.69	4.617	0.059	0.04	73
Upsilon Andromedae (c)	2.0	241.3	0.82	0.23	54
Upsilon Andromedae (d)	4.1	1280.6	2.4	0.31	67
HD 217107	1.28	7.11	0.07	0.14	140
Rhol 55 Cancri	0.85	14.656	0.12	0.03	75.8
Gliese 86	3.6	15.8	0.11	0.04	379
HD 195019	3.43	18.3	0.14	0.05	268
Rho Corona Borealis	1.1	39.6	0.23	0.1	67
HD 168443	5.04	58	0.28	0.54	330
Gliese 876	2.1	60.9	0.21	0.27	239
HD 114762	11.0	84	0.41	0.33	619
70 Virginis	7.4	116.7	0.47	0.40	316.8
HD 210277	1.36	437	1.15	0.45	41
16 Cygni B	1.74	802.8	1.70	0.68	52.2
47 Ursae Majoris	2.42	1093	2.08	0.10	47.2
14 Herculis	4	aprox. 2000	aprox. 3	aprox. 0.35	80
Iota Hor	2.26	320	0.91	0.16	80
HD 130322	1.08	10.7	0.103	0.03	115
HD 192263	0.76	24.1	0.18	0.12	68
HD 10697	6.59	1083	2.0	0.12	123
HD 37124	1.04	155	0.585	0.19	43
HD 134987	1.58	260	0.78	0.24	50
HD 177830	1.28	391	1.00	0.43	36
HD 222582	5.4	576	1.35	0.71	187
HD 209458	0.63	3.5238	0.045	0.00	81

(1) Masas de Júpiter.

Nota:

Naturalmente, el número de planetas se va incrementando semana a semana... Si deseas obtener datos actualizados de los planetas extrasolares descubiertos hasta el momento, puedes consultar las siguientes páginas web:

<http://exoplanets.org/>

<http://www.obspm.fr/encycl/encycl.html>