



www.astrosociety.org/uitc

**No. 59 - Fall 2002**

© 2002, Astronomical Society of the Pacific, 390 Ashton Avenue, San Francisco, CA 94112.

## Una buena definición de la palabra "planeta": ¿misión imposible?

por Gibor Basri, UC Berkeley  
traducido por Loreto Bascuñan

**Revisando el diccionario**

**El problema con Plutón**

**Planetas y enanos marrones**

**¿Nacido dentro de la clase correcta?**

**Enanos y fugitivas**

**Definición de la misión**

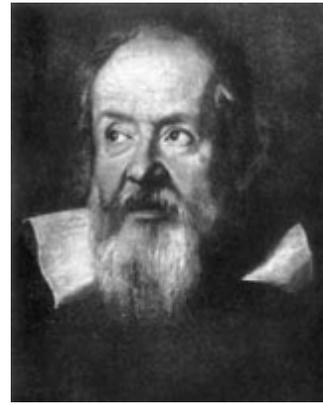
Pídale a quien sea en la calle que le dé un ejemplo de un planeta, y lo considerarán un tanto lerdo. Quizás le contestarán "la Tierra", o quizás otra de las otras opciones obvias como Venus o Marte. Si le pregunta "¿qué hay de plutón?", puede que hagan una pausa debido a que hayan escuchado que existe un cierto debate al respecto. Si preguntará cuál es la diferencia entre planetas y estrellas, el número de personas capaces de responder disminuye considerablemente, ya que sería un segmento con personas científicamente ilustradas (la cual quisiéramos que fuera mucho mayor). Finalmente, si pregunta ¿cuál es la definición científica exacta de "planeta"?, resulta que nadie puede responder, puesto que no existe realmente una.

### 1) Revisando el Diccionario

Por supuesto, usted puede buscar la definición de planeta en el diccionario (*pídale a sus alumnos que lo hagan*). El mío dice que planeta es: "cualquier cuerpo celeste que brilla debido a la reflexión de la luz solar y que orbita en torno al sol". También dice que "planeta" originalmente quiere decir cualquier cualquier cuerpo celeste que se mueve con respecto a las estrellas fijas, entre ellas el Sol y la luna. La palabra en sí quiere decir "viajero" en griego, y otras culturas generalmente tienen palabras para "planeta" con un significado similar. Así que ¿por qué razón no es esto suficiente para nosotros hoy en día? Supongo que podríamos culpar a Copérnico y a Galileo. El primero nos enseñó que basar todo en lo que vemos en la tierra es un error; el segundo nos demostró que al usar telescopios obteníamos mucha más información del cosmos que a través de la simple vista. Los descubrimientos luego de Galileo (especialmente en la última década) nos enseñan algo que vuelve obsoleta la antigua definición de "planeta".



Nicolás Copérnico (1473-1543) publicó "De Revolutionibus Orbium Coelestium Libri Sex" en el año de su muerte. En este trabajo propuso que la tierra no era el centro del universo, que en vez de ello gira en torno al Sol al igual que el resto de los planetas.

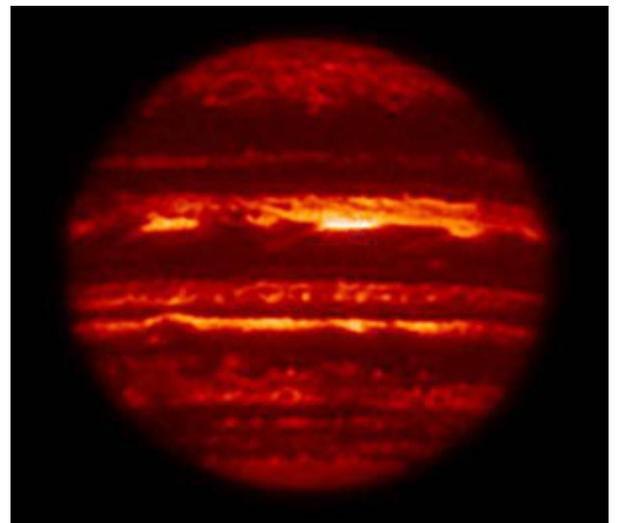


Galileo Galilei(1564-1642) usó su telescopio para hacer observaciones de los planetas que apoyaban las revolucionarias ideas de Copérnico.

¿Cuál es el problema? Primero que todo, ahora sabemos que *todos* los cuerpos celestes brillan. Es nada más que una cuestión de qué tan intensamente brillan y con qué clase de luz. Cualquier cosa con temperatura cero absoluto emitirá luz (más técnicamente: radiación electro magnética) ¡Incluso *usted* brilla! Los objetos que se encuentran a la temperatura de las personas o los planetas del sistema solar lo hace especialmente en la luz infrarroja (lo que llamamos "radiación calórica": lo que usan los lentes de visión nocturna). Es cierto que en la luz visible (con lo que funcionan sus ojos), los planetas son mucho más brillantes debido a la luz que reflejan que por su propia luminosidad. De hecho, Júpiter emite más radiación en total de fuente interna que de la que refleja, pero su radiación interna es en su mayoría infrarroja. En cualquier caso, eso no es algo fundamental, ya que también depende de la distancia que existe entre Júpiter y el Sol (*pregúntele a sus estudiantes ¿por qué?*) Y es ciertamente verdad que el Sol es más luminoso que cualquier otro planeta.



Los colores rojo y rosa indican los lugares en los que se emite más calor y el amarillo y el verde son áreas más frías. Nótese que esta persona estaba usando lentes de sol cuando esta fotografía fue tomada. Imágenes cortesía de "Teletherm Infrared", Florida



Las áreas brillantes en esta imagen infrarroja de Júpiter muestran cómo el calor se escapa a través de los agujeros en las nubes. Júpiter tiene una fuente de calor interna, y emite dos veces más calor que la que recibe del sol.

Este argumento puede parecer un embrollo, tal como el segundo problema, que se origina al decir que los planetas deben girar (orbitar) en torno al Sol. No había ningún problema con ello hasta que comenzamos a descubrir planetas alrededor de otras estrellas (en 1995). Hoy en día llegamos a la cantidad de 100 planetas extrasolares, y este número continuará creciendo rápidamente en el futuro cercano. (Vea <http://exoplanets.org/>) Por supuesto, podemos generalizar al decir que "giran en torno a una estrella" en vez de mencionar explícitamente al Sol. Entonces podemos cambiar la definición del diccionario por algo como "un

planeta es un objeto que tiene una luminosidad más tenue que la de la estrella alrededor de la que orbita." Esto parece mejorar la definición del diccionario y hacerla más acorde con la actual ciencia. Pero, qué lástima, es también completamente inadecuada.



## Una buena definición de la palabra "planeta": ¿una misión imposible?

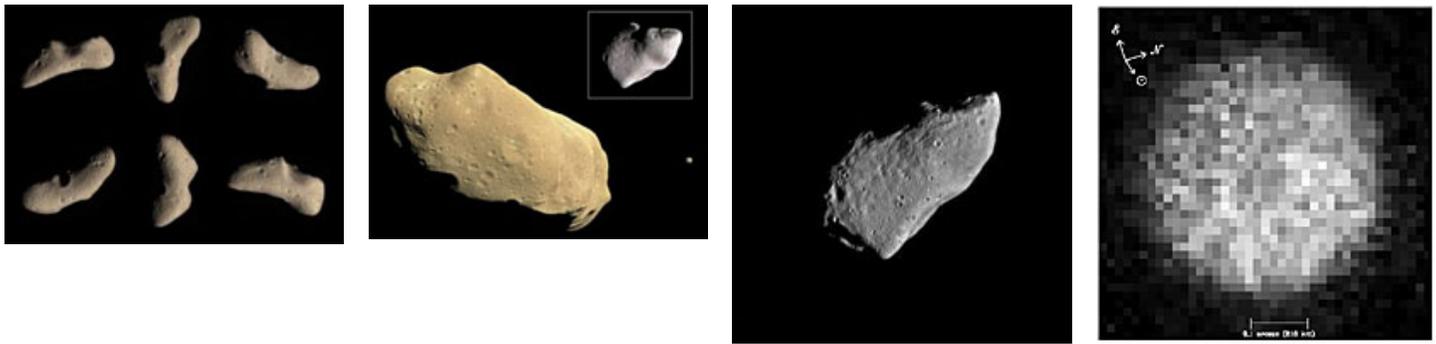
### 2) El problema con Plutón

Uno de los problemas que quedan se ilustra a través de la "controversia de Plutón". Durante los últimos años, hubo una acalorada discusión pública acerca de si nuestro noveno planeta realmente se merece tal nombre. Ya que Plutón orbita alrededor de una estrella y es mucho menos luminoso, satisface sin lugar a dudas la definición entregada anteriormente. El problema de hecho no atañe Plutón, pero un gran número de otros cuerpos en nuestro sistema solar que también cumplen con esa definición, pero que no se llaman planetas. Quizás el más notable de estos es Ceres, el asteroide más grande. Ceres fue descubierto a través de una búsqueda deliberada motivada por la Ley de Bode de espaciamentos planetarios (una ley que aún no comprendemos cabalmente y que, de hecho, no funciona con los nuevos descubrimientos). Los planetas que se conocían en el siglo XVIII cumplían todos con esta ley, pero el cuarto aparentemente faltaba (entre Marte y Júpiter). Cuando Piazzi encontró un objeto en la órbita derecha, este fue llamado el cuarto planeta. Era sorprendentemente chico, pero Mercurio tampoco es mucho más grande que nuestra Luna (y aún más pequeño que las lunas más grandes de Júpiter y Saturno).

Ley de Bodes		
Distancia según la Ley en U.A.	Distancia Real	Planeta
$(0 + 4) / 10 = 0.4$	.4	Mercurio
$(3 + 4) / 10 = 0.7$	.7	Venus
$(6 + 4) / 10 = 1.0$	1.0	Tierra
$(12 + 4) / 10 = 1.6$	1.52	Marte
$(24 + 4) / 10 = 2.8$	2.1-3.5	Asteroides
$(48 + 4) / 10 = 5.2$	5.2	Júpiter
$(96 + 4) / 10 = 10.0$	9.5	Saturno
$(192 + 4) / 10 = 19.6$	19.2	Urano
$(384 + 4) / 10 = 38.8$	30.1	Neptuno
$(768 + 4) / 10 = 78.0$	39.6	Plutón

Para saber más de esta relación, visite: <http://ourworld.compuserve.com/homepages/jbstoneking/jbspa4.htm> (se abrirá una nueva ventana.)

El estatus de Ceres como el cuarto planeta fue puesto en duda sólo unos cuantos años más tarde, cuando Vesta y Juno (asteroides más pequeños) se encontraron en orbitas similares. Herschel (quien anteriormente había sido el único que encontró un planeta (Urano) por casualidad) empezó por cuestionar si alguno de estos realmente era un planeta, ya que todos los planetas "verdaderos" tenían su propia orbita. Tal concepto, por supuesto, no había sido parte del acuerdo de lo que es "planeta" (y tampoco apareció en nuestra definición dada anteriormente). Sin embargo, ganó la disputa en la medida en que se descubrieron asteroides. Es de sospechar que esto se debía en gran parte a que era imposible que nuestro sistema solar tuviera cientos (e incluso miles) de planetas (*pregúnteles a sus estudiantes porqué no*)

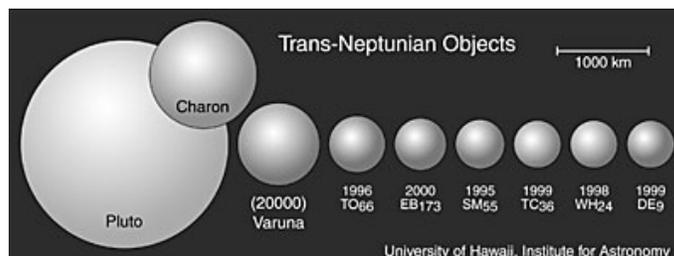


Asteroides (izq. A derecha) Eros, Ida (con su satélite Dactilo), y Gaspar: todos han sido fotografiados por naves espaciales y ninguno de ellos es redondo. Ceres (a la extrema derecha) es el asteroide más grande y es redondo.

Además, ninguno, salvo el asteroide más grande, es siquiera redondo: simplemente parecen rocas (hay que admitir que algunos son rocas extremadamente grandes). Esto se debe a que los planetas son redondos debido al hecho de que su auto-gravedad es lo suficientemente fuerte para anular cualquier fuerza material: el objeto debe adoptar su forma más eficiente (una esfera). Ceres se encuentra levemente por encima de este límite (por lo que adopta una forma redonda), mientras que la mayoría de los asteroides no son lo suficientemente macizos. Los cometas (que también cumplen con nuestra definición) se parecen a asteroides de hielo. Los cometas tienden a no tener órbita como los planetas; sus trayectorias no son circulares, pueden pasar por encima de varias órbitas de planetas y frecuentemente tienen planos orbitales que se encuentran lejos del plano del sistema solar (la eclíptica)

Plutón (al igual que Ceres) fue encontrado como resultado de una búsqueda deliberada. Era el mismo tipo de búsqueda que reveló la existencia de Neptuno. Esta búsqueda descansó en la observación de que un planeta exterior tenía bamboleos en su órbita que aparentemente fueron causados por un cuerpo más allá no descubierto. Los cuidadosos cálculos de los bamboleos de Urano habían dado indicios directos para ubicar a Neptuno. Ahora parecía que Neptuno también estaba bamboleando y se calculó la ubicación de Plutón. Este cálculo fue muy aproximado y Tombaugh (bajo la dirección de Lowell) tuvo que revisar una gran área antes de encontrarlo. Ahora sabemos que Plutón es demasiado pequeño para provocar algún bamboleo en Neptuno (no eran genuinos), y el descubrimiento de Plutón es más análogo al de Ceres que al de Neptuno. Tal como Ceres, Plutón es sorprendentemente pequeño en comparación con los otros planetas, y además resultó ser mucho más pequeño de lo que se había pensado en un principio. De hecho, es poco más grande que Ceres y más pequeño que muchas de las lunas más grandes. Su órbita también se parece al de un cometa (tal como su composición) ya que su trayectoria no es ni circular ni en la elíptica. Sin embargo, fue aceptado como el noveno planeta durante décadas.

Las quejas empezaron, tal como había ocurrido con Ceres anteriormente, cuando otros objetos empezaron a mostrarse en órbitas muy similares a Plutón. Todos estos son parte del Cinturón de Kuiper: lo que queda del disco exterior que originalmente formó el sistema solar. Se ha predicho su presencia, pero, ya que los Objetos del Cinturón de Kuiper son pequeños y se encuentran a distancias mucho mayores que los asteroides, hubo un vacío de seis décadas en vez de dos años entre el descubrimiento del ejemplar más grande y los más pequeños. Sin embargo, ahora conocemos más de 100 de estos Objetos y el segundo en tamaño es más que la mitad del tamaño de Plutón. Es bien posible que encontraremos un Objeto más grande en el futuro cercano. Una gran cantidad de astrónomos sostiene que si no vamos a llamar a Ceres un planeta, entonces tampoco deberíamos llamar Plutón como tal. La única verdadera diferencia entre ellos es que Plutón ha tenido un periodo de gracia mucho más largo antes de que se encontraran sus compañeros orbitales. Como alternativa deberíamos devolverle la categoría de planeta a Ceres. Todo el mundo está de acuerdo en que no deberíamos llamar planetas a todos los objetos que orbitan el Sol lo que nos permite un modo razonable para excluir objetos que son "demasiado pequeños" (o con masa demasiado reducida). Tal como ocurre con Godzilla, el tamaño importa, pero ¿dónde ponemos el punto final? Sería la "redondez" un buen criterio? (Para saber más acerca de estos Objetos, visite este sitio: <http://www.ifa.hawaii.edu/faculty/jewitt/kb.html>)





## Una buena definición de la palabra "planeta": ¿una misión imposible?

### 3) Planetas y Enanos marrones

Otros problemas fundamentales han surgido como resultado de los descubrimientos fuera de nuestro Sistema Solar. Todos los planetas extra solares encontrados hasta ahora han sido descubiertos gracias al método "wobble" (temblor), el cual observa la velocidad del campo visual (movimiento "doppler") de la estrella central, causado por un planeta que la órbita. Debido a su naturaleza, este método es sumamente sensible a los planetas de envergadura que orbitan cerca de sus estrellas. Una dificultad es que depende de la orientación de la órbita. Si ésta se encuentra frente a nosotros, el método falla por completo (no hay velocidad que se acerque o se aleje de nosotros). Esto causa que cada masa deducida sea de hecho la menor masa posible. Estas masa mínimas tienen un rango que fluctúa desde la aproximadamente la masa de Saturno hasta la de un enano marrón. Esto significa que algunos de los planetas extra solares de mayor masa podrían ser efectivamente enanos marrones (aunque las estadísticas de los hallazgos sugieren que la mayoría no lo son).

Un enano marrón es más bien una "estrella fallida" (en vez de un planeta) pero, ¿qué quiere decir esto? ¿Dónde se traza la línea que los separa? En este punto, los astrónomos difieren en sus opiniones. Las "estrellas" son objetos que brillan debido a la fusión nuclear, esta es la fuente de poder de las bombas de hidrógeno en la cual los núcleos de hidrógeno se fusionan para formar núcleos de helio, liberando así energía. Para brillar, la estrella debe tener suficiente masa de modo que su gravedad presiona el centro a tal extremo que adopta un estado extremadamente caliente y denso. El problema con los enanos marrones es que han acumulado suficiente masa como para comenzar la fusión, pero no suficiente como para mantenerla por mucho tiempo. La mayoría de las veces, la energía de un enano marrón se origina en que comienza a achicarse lentamente (proceso de liberación de energía potencialmente gravitacional). Esto funciona de la misma manera en que una piedra dejada caer daña su pie (la masa libera energía mientras cae). La misma fuente de energía funciona para planetas de envergadura (como Júpiter). Estos objetos no son ni remotamente capaces de generar la energía del sol, y, mientras se vuelven más compactos, su velocidad de encogimiento disminuye, haciéndolos desaparecer lentamente. Existe una línea divisoria entre los objetos con suficiente masa como para sostener fusión, y los que son tan pequeños que nunca lo harán: aproximadamente 13 veces la masa de Júpiter. La mayoría de los astrónomos concuerdan en trazar la línea entre enanos marrones y planetas en este punto. Para mayor información acerca de enanos marrones, sigue este enlace: <http://oposite.stsci.edu/pubinfo/PR/2000/29/index.html>)



Los enanos marrones son demasiado tenues para ser vistos en una imagen de luz visible, tomada por la cámara llamada "Wide field and planetary camera 2" del telescopio "Hubble" [imagen de la izquierda]. Esta imagen tampoco muestra la semejanza de las estrellas infantiles vistas en la imagen infrarroja de acercamiento. Ello porque las estrellas jóvenes se encuentran enclavadas en densas nubes de polvo y gas. La cámara infrarroja de acercamiento del telescopio "Hubble", la "near-infrared camera and Multi-object Spectrometer", penetran esas nubes para capturar una imagen de esos objetos. Los enanos marrones son los objetos más tenues en la imagen.

#### 4) ¿Nacido dentro de la clase correcta?

Otra posible diferencia entre enanos marrones y planetas de gran masa es como nacen. Nuestra visión más común de la formación de un planeta gigante con grandes masas de gas es que primero se forma un planeta más pequeño, debido a la unión de cuerpos incluso más pequeños de roca o de hielo, llamados "planetesimales" (estos son del tamaño de asteroides pequeños o cometas). El planeta en crecimiento debe alcanzar un tamaño diez veces superior al de la Tierra, mientras el disco protoplanetario (del cual se forman ambos estrella y planeta) aún contiene el gas primordial (hidrógeno y helio). En este caso, el planeta puede atraer este gas y convertirse rápidamente en un gigante gaseoso. No está claro cuánto puede crecer después de eso. Por supuesto si supera 13 masas de Júpiter, puede comenzar la fusión, y convertirse en un enano marrón, compañero de la estrella. Pero algunos astrónomos dirían que este sí es un planeta por el modo en que nace. Ellos basan la definición fundamental en el modo de formación: un planeta se forma a partir de planetesimales.

A pesar de que se creía que los acompañantes de los Enanos marrones se formaban de la misma forma en que se forman los acompañantes estelares (los cuales son bastante comunes). No pasan por el problema de formarse a partir de objetos pequeños. Una masa de gran tamaño y mayor densidad colapsa bajo su propio peso, y forma el objeto directamente. Vemos que los acompañantes estelares (que creemos se forman de esta manera) frecuentemente no tienen órbitas circulares, mientras que las órbitas circulares predominan en nuestro sistema solar. Eso se había interpretado como un resultado natural del anterior escenario de formación planetesimal. Por ello fue una sorpresa descubrir que la mayoría de los planetas extra solares no tienen órbitas circulares. Por esto algunos iconoclastas han sugerido que, por lo tanto, a los planetas extra solares no se les ha nombrado correctamente. De hecho, nuestras teorías de formación no se encuentran ni remotamente cerca de poder asegurar cuáles son los límites de masa para la formación (directa o emergente) ni de cómo se formarían las órbitas circulares. Es más, las órbitas que vemos hoy podrían no ser las originales. Tanto un disco sobrante como cualquier otro planeta con mayor masa en el sistema puede alterarlos durante su historia temprana.



## Una buena definición de la palabra "planeta": ¿una misión imposible?

### 5) Enanas y fugitivas

Efectivamente una alteración de las órbitas corresponde, sin lugar a dudas, a la eyección de un planeta. Cuando varios planetas de gran tamaño orbitan una estrella bajo influencia mutua, el sistema es inherentemente inestable. El resultado consiste en que casi inevitablemente el planeta más pequeño se ve expulsado del sistema. Lo veríamos como un objeto aislado, más pequeño que un enano marrón. Tales objetos se han, de hecho, encontrado en algunos cúmulos de estrellas jóvenes. El problema radica en que no estamos seguros de si los objetos pequeños pueden formarse por si solos, sin haberse encontrado antes en la órbita de una estrella. Originalmente los teóricos afirmaban que esto no era posible, pero se retractaron, en la medida en que se reunía más información. No sabemos de ninguna buena razón por la cual los objetos de menor tamaño con fusión debieran tener la misma masa que los objetos pequeños formados por si mismos. Por el momento parece más posible que lo que se ha descubierto no sean realmente planetas expulsado (pero es muy difícil estar seguros).

Surgió la controversia cuando algunos de los descubridores los llamaron "planetas de flotación libre". La pregunta es: ¿si el objeto no estuvo nunca en la órbita de una estrella, podemos llamarlo planeta? Algunos astrónomos sostienen que si nunca sostuvo fusión, no puede considerarse estrella (fallida o de otra forma). Como los objetos de flotación libre tienen la misma masa que algunos de planetas extra-solares aceptados, éstos también deberían llamarse planetas. Otros dicen que los planetas sólo pueden formarse y encontrarse alrededor de estrellas (dejando de lado el problema de la eyección), entonces los nuevos objetos, que se forman por si solos, deberían llamarse "enanos sub-marrones" o "enanos grises", pero ciertamente no "planetas".

Las más recientes simulaciones de la formación de estrellas en computador sólo aportan confusión al tema. Éstas muestran que en la formación de un cúmulo de estrellas, los objetos fetales frecuentemente interactúan entre si, formando alianzas flexibles, para luego ser expulsados del grupo, mientras que la formación aún esta en proceso. Los enanos marrones a veces se forman por si solos. Otras veces son parte de un sistema estelar múltiple en proceso de formación, cuando, de repente, se eyecten (quitándoles su "legítima" reserva de gas). Lo mismo podría aplicarse a los objetos que se encuentran en el rango de masa planetaria, en cuyo caso es difícil decir si se formaron o no en la órbita de una estrella. (Para mayor información acerca de estos modelos de computación, sigue este enlace: <http://www.astro.ex.ac.uk/people/mbate/Research/pr.html>)

### 6) Definición de la misión

Al llegar a este punto, podría por lo menos estar tan confundido como los astrónomos profesionales. Lo que parecía ser una pregunta sencilla ("¿que es un planeta?") se ha convertido en un pantano. Aún así, la palabra es de uso común, y sería bueno saber de qué estamos hablando. Una definición final debería ser aceptable para ambos científicos y público general. Tu misión, si es que la aceptas, es confeccionar dicha definición. Existen tres áreas de donde puede surgir la definición; no son necesariamente compatibles entre si, y puede que más de una no sea necesaria. Estas son: 1) las **características** de los objetos como tales; 2) las **circunstancias** en las cuales se encuentran; y 3) su **cosmogonía** (como se forman).

Aquí sugiero algunas de las propiedades con las que una definición quizás debería cumplir, eres libre de agregar y de quitar de esta lista a tu gusto. Una buena forma de comenzar es probablemente confeccionar tu propia lista. Mis sugerencias (sin ningún orden en particular) son que una definición debería 1) ser **física**: exponer algunas propiedades fundamentales del objeto; 2) ser **perceptible**: depender de indicaciones que sean factibles de realizar; 3) ser **corto** y preciso, sin dar lugar a ambigüedades; 4) ser **general**, más allá de

observaciones actuales: dejar espacio para nuevos descubrimientos; 5) tener **limites bien definidos**: excepto que justamente estos limites facilitan incluir un objeto dentro o fuera de la categoría; y 6) ser de **fácil comprensión** para el público, pero satisfactoria para los científicos.

Hasta el momento, la Unión Astronómica Internacional (el único cuerpo legal con autoridad para proporcionar una definición "oficial"), considera la tarea como problemática hasta el momento. A la naturaleza, por supuesto no le interesan las clasificaciones, y la verdad es que hay un continuo de características, circunstancias, y probablemente cosmogonías para los objetos existentes. Este artículo contiene los principios de muchos temas relevantes. Sería una buena tarea para los estudiantes extraerlos (y quizás ampliarlos a través de sus propias investigaciones), y organizarlos para ayudar a llevar a cabo la misión. ¿Pueden aportar claridad a la clasificación y evitar la confusión?; ¿pueden elaborar una definición de "planeta" que a otros estudiantes les parezca convincente y que puedan comprender, y que profesores y astrónomos también encuentren convincente? Debería, por lo menos, ser divertido e informativo intentarlo.

No creo que esta misión sea imposible, y sugeriré una definición en un futuro artículo de "Mercurio". O puedes ver una versión preliminar en mi sitio Web (<http://astro.berkeley.edu/~basri/whatsaplanet.htm>) luego de que hayas terminado tu propio proceso de razonamiento. Este documento no se autodestruirá en el corto plazo, y eres libre de darlo a conocer. ¡Buena suerte!