



# Boletín Eclipse

Departamento de Ciencias Físicas

Facultad de Estudios Generales

## De parte del editor

**Editor:**

**Prof. Mario Lanza Amaro**

**Arte y diseño: Pertenecen al Departamento de Ciencias Físicas**

**Colaboración en corrección de prueba:**

**Prof. Mario Lanza Amaro**

He aquí un nuevo número del *Boletín Eclipse*. Revista publicada por el Departamento de Ciencias Físicas, de la Facultad de Estudios Generales, y concebida como parte de un esfuerzo mayor, dirigido a contribuir con la importante tarea de la divulgación científica, siempre dentro del área de las Ciencias Físicas, y desde el Recinto de Río Pie-

dras de la Universidad de Puerto Rico. En este número hallarán artículos que ubican dentro de alguna de las distintas disciplinas de las Ciencias Físicas, y que versan sobre temas de gran interés. En los últimos años el público en general, tanto en Puerto Rico como en el exterior, ha sido impactado por muchas noticias

de carácter científico que han llamado mucho la atención: muchas de ellas se relacionan con descubrimientos asociados con la constante labor investigativa que se lleva a cabo dentro de las Ciencias Físicas. En estas páginas hallarán información sobre algunos de éstos que resultan de gran interés. Sabemos les agradecerá.

## Índice

De parte del editor	1
Artículo: <i>Turismo Externo Cósmico</i> Por Mayra Lebrón Santos	1-3
Artículo: <i>¿Primera ley de Newton axioma?</i> Por Luis Acevedo Gómez	4-6
Artículo: <i>Mapas escala del Sistema Solar</i> Por Mario Lanza Amaro	6-8

## Turismo Externo Cósmico *Por: Mayra Lebrón Santos*

### La galaxia de Andrómeda: una invitación a un baile cósmico

En nuestro artículo anterior nos concentramos en lo que llamamos *Turismo Interno Cósmico*. Esta vez, los invito a visitar nuestra galaxia hermana: la Galaxia de Andrómeda. Si pudiéramos salir de nuestra galaxia la Vía Láctea, en un viaje por el universo, nos convertiríamos en representantes de ella. O sea, ante la pregunta: ¿dónde vives?, deberíamos contestar: “La Vía Láctea,” y quizá dar algunas referencias de las galaxias menores vecinas. La Vía Láctea es parte de lo que los astrónomos

La galaxia de Andrómeda es una galaxia de tipo espiral similar a la Vía Láctea. Su diámetro estimado es de alrededor de 200,000 años luz; el doble del tamaño de la Vía Láctea.

llaman el *Cúmulo de Galaxias Local* (o *Local Group*). Este grupo, o cúmulo, está compuesto de tres galaxias espirales de tamaño y forma más o menos normal, y alrededor de otras 20 galaxias enanas e irregulares. La Vía Láctea, la galaxia de Andrómeda y la galaxia del Triángulo, son las galaxias principales del grupo, siendo Andrómeda y la Vía Láctea las más grandes y prominentes de este grupo local. Si fuéramos a visitar a Andrómeda, ¿qué debe-

mos saber antes de emprender el viaje?

### ¿Cómo es la galaxia de Andrómeda?

La galaxia de Andrómeda es una galaxia de tipo espiral similar a la Vía Láctea. Su diámetro estimado es de alrededor de 200,000 años luz; el doble del tamaño de la Vía Láctea. Contiene gran cantidad de estrellas, gas y polvo distribuido en un disco.

Cuando visitemos Andrómeda nos sentiremos algo así como en nuestra propia casa. Tiene brazos espirales en su disco y un gran bulbo central. Debido a su inclinación respecto de nosotros no ha sido fácil determinar la estructura espiral de sus brazos. Al igual que la Vía Láctea, contiene cúmulos globulares alrededor de su disco, pero estos cúmulos son mucho más numerosos que en la Vía Láctea. Contiene además un tipo de cúmulo estelar que no está presente en la Vía Láctea, son los llamados cúmulos globulares extendidos. Las estrellas de estos cúmulos globulares extendidos están distribuidas en un volumen más grande de espacio pero contienen un número total de estrellas muy similar a los cúmulos globulares normales, con lo cual su densidad de estrellas es menor que en los cúmulos normales. Se cree que, a través de su existencia, Andrómeda ha asimilado varias galaxias menores de su entorno inmediato.

### ¿Dónde está localizada?

La galaxia de Andrómeda está localizada en la dirección de la *Constelación de Andrómeda* cerca de la constelación del *Cuadrado de Pegaso*. Estas constelaciones son visibles desde Puerto Rico, durante el verano y el otoño. Andrómeda es la galaxia más prominente visible a simple vista desde el hemisferio Norte. Otras galaxias visibles a simple vista son las Nubes de Magallanes, pero sólo son visibles desde el Hemisferio Sur terrestre. Aunque no son visibles desde Puerto Rico, son unos objetos muy interesantes que también podríamos visitar. Pero de ellas hablaré en otra ocasión.

Andrómeda se encuentra a una distancia de 2.5 millones de años luz, aproximadamente, de la Vía Láctea. Esto significa, que si nosotros fuéramos luz y aclaro, si fuéramos luz y no personas, nos tomaría 2.5 millones de años en llegar a Andrómeda, si partimos desde la Tierra. ¡Eso sí que es mucho tiempo! Pero sabemos que, por las leyes de la Física, nada que tenga masa puede moverse tan rápido,



Figura 1: Galaxia Andrómeda. Imagen en luz ultravioleta tomada por la nave GALEX. NASA

por lo que el viaje a Andrómeda sólo sería posible (dado el conocimiento de esas leyes de la física) si viajamos en forma de luz. Esta gran distancia también significa que cuando en la noche observamos a Andrómeda, la luz que vemos, salió de la galaxia hace 2.5 millones de años y apenas ahora nos llega. Por tanto, sólo podemos tener una idea sobre cómo era Andrómeda hace 2.5 millones de años, y no como es en la actualidad. Esto me hace preguntarme, cuando la luz que veo ahora de Andrómeda apenas salía de la galaxia hace 2.5 millones de años, ¿cómo era la Tierra?

### ¿Cuántas estrellas tiene?

Actualmente se estima que contiene cerca de 1 trillón de estrellas (1,000,000,000,000, o mil billones, de estrellas). Poco más del doble de las estrellas que se estima contiene la Vía Láctea.

### Andrómeda y la Vía Láctea: una invitación al baile

Se espera que Andrómeda, en unos 3.75 mil millones de años aproximadamente, choque con la Vía Láctea. Este encuentro no será uno violento

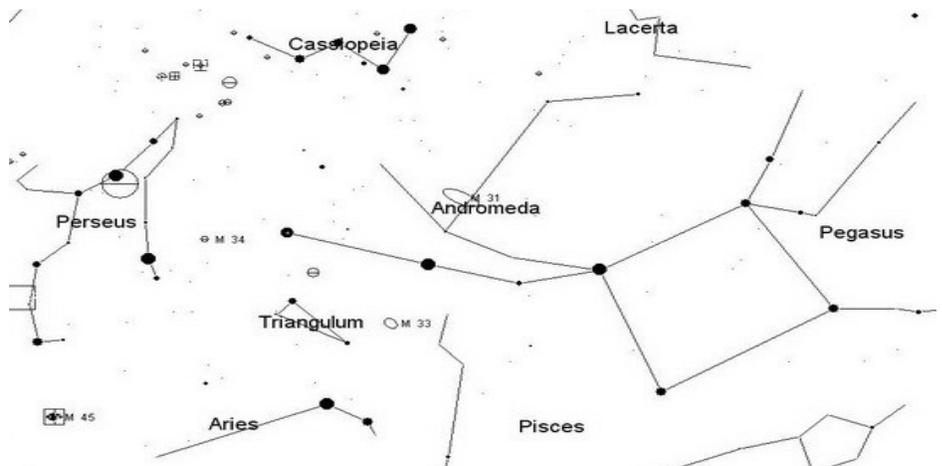


Figura 2: Constelación de Andrómeda y localización de Andrómeda en ella.



Figura 3: La Vía Láctea vs Andrómeda. Simulación del encuentro de las dos galaxias. (APOD Junio 4, 2012. NASA, ESA, Z. Levay and R. van der Marel (STScI), and A. Mellinger)

como parece, sino que la Vía Láctea y Andrómeda iniciarán su encuentro como un gran baile donde los brazos espirales se tocan como dándose la mano y luego comienzan a moverse girando lentamente una alrededor de la otra. En esos giros, parte del gas, polvo y estrellas se alejarán del sistema como faldas que se alzan con el viento al bailar. Al final de esta danza las estrellas, gas y polvo de ambas galaxias quedarán fundidas en una sola estructura, que con el pasar de los años cósmicos sólo será distinguible como una gran galaxia elíptica. Durante la unión o choque entre dos galaxias, normalmente, las estrellas individuales no chocan unas con otras. Esto es así, porque en realidad hay mucho espacio vacío entre las estrellas y, aunque a veces muy brillantes, las estrellas son muy pequeñas comparadas con el tamaño de una galaxia; además el tiempo en que ocurre el encuentro es muy largo. Todo ocurre muy lentamente. Así que es muy difícil que cuando dos galaxias se acercan y chocan las estrellas individuales se encuentren unas con otras, frente a frente, y choquen también. ¿Y qué pasará con el Sol (y sus planetas)? Pues nada. Dentro de 3.75 mil millones de años se estima que el Sol todavía estará como lo vemos ahora, aun-

que acercándose a su fase de gigante roja. De todas maneras, lo que sí será diferente es el cielo nocturno. Con el pasar del tiempo la galaxia de Andrómeda se verá más grande (porque se está acercando) y aparecerá como un objeto más extendido y brillante, y ocupará una porción significativa de nuestro cielo nocturno durante el verano y el otoño.

### Dos lugares de interés

**Agujero negro supermasivo en su centro** – Esta es una zona muy peligrosa para visitar, pero a la vez interesante. Quién no quisiera aventurarse y visitar un hoyo negro. Claro, sin acercarnos demasiado, pero sí lo suficiente para ver cómo giran las estrellas en su entorno y ver cómo sale emisión de altas energía desde ahí. Esto es lo que llamaríamos *Turismo Extremo*. (Figura #4.)

**Cúmulo globular Mayall II** – Es el cúmulo globular más grande en el grupo local de galaxias. Se cree que es en realidad una galaxia enana que fue asimilada por Andrómeda. Se estima que este cúmulo contiene alrededor de 300,000 estrellas. Aunque parece que está lejos de Andrómeda este cúmulo la órbita propiamente. (Figuras #5 y #6.)

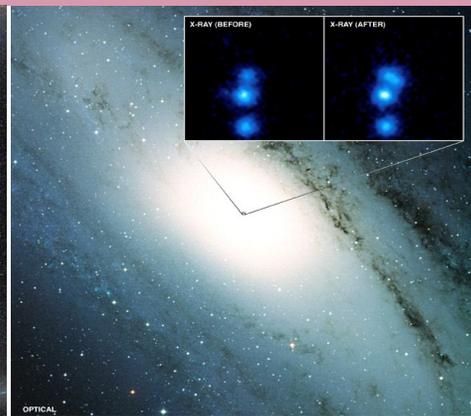


Figura 4: Imagen óptica de la galaxia de Andrómeda (DSS). En los recuadros se muestra la emisión en rayos X de las regiones más cercanas al hoyo negro supermasivo que se encuentra en el centro de la galaxia (Chandra). Las imágenes aquí mostradas son de antes del 2006 y después del 2006.



Figura 5: Cúmulo globular Mayall II. Es el más grande de todo el grupo local de galaxias. Imagen del Telescopio Espacial Hubble.

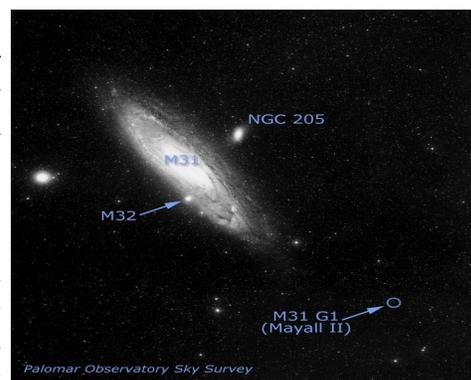


Figura 6: Localización del cúmulo globular Mayall II en la galaxia de Andrómeda.

## ¿Primera ley de Newton axioma?

Por: Luis Acevedo Gómez

Desde su planteamiento en el *Principia* en 1687 la primera ley de Newton, la famosa *Ley de la Inercia*, ha sido aceptada como uno de los axiomas o hipótesis fundamentales de la mecánica. Y aunque los científicos han revisado el estatus de la veracidad de lo que plantea dicha ley desde el punto de vista científico, desde el punto de vista epistemológico, específicamente lógico, no ha resultado así. En esta columna trataré de esbozar de manera breve los argumentos por los cuales considero que dicha ley de la inercia no posee las características para ser considerada como un axioma de la teoría de la mecánica, considerada o representada en términos de enunciados relacionados lógicamente.

El modelo lógico de la teoría científica fue promovido principalmente por el positivismo lógico durante el primer tercio del siglo XX. Dichos planteamientos fueron presentados en las obras de Karl Popper, Karl Hempel y otros miembros del denominado *Círculo de Viena*. El modelo considera a las teorías científicas como conjuntos de enunciados hipotéticos relacionados por la deducción. Aparte de que este modelo ha sido criticado por sus deficiencias, y han surgido alternativas mejores para la representación de las teorías científicas, lo consideraré en este escrito para demostrar por qué esta primera ley de Newton no cumple con los requisitos para catalogarla como un axioma. Debo aclarar que el análisis que se expone en este escrito se hace desde el marco de la teoría de Newton según planteada en su *Principia* sin consideraciones de otras teorías anteriores o posteriores, como por ejemplo la de la *Relatividad General*.

Los argumentos que se presentan en favor de considerar la primera ley como un axioma se encuentran en los libros de texto de física. De manera resumida, dichos argumentos plantean que dicha ley sirve para confirmar o asegurar que el marco de referencia escogido para describir el movimiento de los objetos físicos es uno apropiado ya que lo identifica como un marco de referencia inercial con respecto al cual la teoría debe cumplirse. Una vez identificado el marco de referencia inercial, cualquier contrastación que se haga debe ser favorable para la teoría. En algunos libros de texto de física el planteamiento va más allá de la identificación del marco de referencia inercial, planteando que la primera ley se puede tomar como una definición de marco de referencia inercial.

Para analizar el planteamiento hay que reconocer primero o, al menos aclarar, en qué sentido se está tomando la primera ley. Son dos los sentidos en los que se puede considerar: En términos empírico metodológicos o en términos

formales. El primer sentido estaría relacionado con el hecho pragmático de poder identificar el marco inercial para realizar experimentos de contrastación de la teoría. El segundo sentido se refiere más bien al papel que juega el enunciado de la ley en un sistema formal que estaría incompleto o que estaría degradado sin ella. Procederé a demostrar que en el primer caso, la confirmación de la primera ley no garantiza que el marco de referencia es inercial y que, por lo tanto, no provee información confiable para la contrastación de la teoría. En cuanto al segundo planteamiento demostraré que en términos formales, la ley de la inercia es innecesaria.

Para investigar si la contrastación de la primera ley permite identificar sin lugar a dudas a los marcos inerciales para propósitos pragmáticos, podemos considerar el siguiente *Gedankenexperiment*. Se supone un cuarto cerrado sin vista al exterior en el cual unos físicos se encuentran con aparatos para contrastar la teoría de la mecánica de Newton. El experimento de pensamiento consiste en investigar qué ocurre si se contrastan la primera y la segunda ley<sup>1</sup> de Newton dentro de tal cuarto cuando éste se encuentra, primero, en un estado de movimiento uniforme y rectilíneo<sup>2</sup> debido a la ausencia de fuerzas externas que actúen sobre él; y, segundo, cuando se encuentra en un estado de caída libre debido a la acción de la fuerza de la gravedad. Los resultados de estas contrastaciones son los siguientes. Cuando el cuarto se mueve con velocidad constante tanto la primera ley de Newton como la segunda ley se confirman. Para el caso en el que el cuarto se encuentra en caída libre los físicos repetirían los experimentos anteriores y, estando imposibilitados de conocer lo que hay fuera, no considerarían la fuerza de gravedad que actúa sobre ellos. Pero aún así los experimentos dentro del cuarto confirmarían tanto la primera ley como la segunda. O sea, los experimentos llevarían a concluir que, en ambos, casos los marcos de referencia son inerciales, aun cuando uno de ellos, el acelerado en caída libre, no lo es. En otras palabras, el planteamiento de que la primera ley sirve para identificar empíricamente si el marco de referencia es inercial no es cierto, según demuestra el *Gedankenexperiment*. Otra conclusión que se obtiene

de estos experimentos es que la primera ley no provee ninguna información adicional, en términos empíricos, a la que provee la segunda ley acerca de los marcos de referen-

1. Ley de la fuerza.

2. Velocidad constante.

cia. Cuando una se confirma la otra también. Más adelante en el escrito comentaré algo más relacionado con este aspecto empírico de la primera y la segunda ley de Newton. Consideremos ahora el aspecto formal de la teoría de la mecánica. ¿Puede servir el enunciado de la primera ley como definición de marco de referencia inercial? Una primera respuesta sencilla apunta a la diferencia entre lo que es una hipótesis y lo que es una definición. De hecho en los cursos de Ciencias Físicas se establecen las características distintivas que poseen los enunciados hipotéticos sujetos a contingencia y cargados de contenido fáctico, versus las de las definiciones que apuntan al aspecto formal. Pero hay más que decir en torno a esto: ¿Podríamos decir que se puede considerar, al menos en términos formales, como una definición adecuada de lo que es un marco de referencia inercial? En el *Principia* Newton escribe acerca de los movimientos reales de los objetos para los cuales exclusivamente su teoría es válida. Nunca escribió acerca de marcos de referencia inerciales. De acuerdo con Newton “*Rursum motus verus a viribus in corpus motum impressis semper mutatur; at motus relativus ab his viribus non mutatur necessario.*”<sup>3,4</sup> En esta cita del *Principia* Newton presenta dos enunciados lógicamente equivalentes considerando que el movimiento real es la negación del movimiento relativo:

$$\forall F, F \rightarrow a = \neg \exists F / F \rightarrow \neg a$$

Identificando **F** como la aplicación de una fuerza sobre el objeto, y **a** con el hecho de que ocurre un cambio en su movimiento, esto lee así: Para toda F, si F entonces a, es igual a decir que no existe F tal que si F entonces no a. En otras palabras: Un movimiento real es uno en el que para toda fuerza aplicada existe un cambio en el estado de movimiento o, uno en el que no existe una fuerza aplicada para la cual no exista una aceleración. Y aunque Newton estaba hablando en términos de movimientos reales y movimientos relativos, esto con el tiempo se ha traducido a los términos de marcos de referencia inerciales y no inerciales, respectivamente. Pero lo que se debe notar aquí en estas definiciones que presenta Newton es que alude a la relación causal que existe entre la fuerza y la aceleración estipuladas en su segunda ley. O sea, es la segunda ley la que subyace a la definición de Newton de movimiento real y no la primera en acuerdo con la definición de Newton.

De hecho, si se sabe que cuando la primera ley es válida también la segunda ley tiene que serlo, ¿por qué no definir de entrada que un marco de referencia inercial es uno en el que se cumple la segunda ley de Newton? En términos formales la primera ley es innecesaria. Este es un resultado

que hubiera resultado obvio si de entrada se hubiese aceptado que la primera ley se puede deducir de la segunda ley por ser un caso especial. Y se han presentado objeciones a que esto sea así. Se ha dicho, por ejemplo, que en el caso de la teoría de Newton, se necesita la primera ley ya que no se puede poner a prueba la segunda ley sin antes asegurarse de que el marco de referencia es inercial, algo que se logra con la primera ley. Esto resultaría aceptable si no fuese porque la primera ley se encuentra en el mismo estatus. O, ¿cómo vamos a asegurarnos de que la confirmación de la primera ley es indicio de que se halló un marco de referencia inercial sin conocer antes su validez?

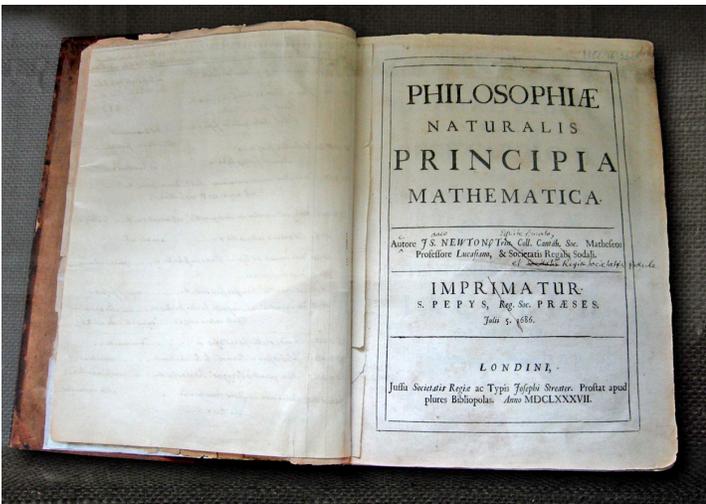
Finalmente aludiré a la historia de la mecánica newtoniana en términos del uso que se le ha dado a esta primera ley. A pesar de que la planteó como uno de los axiomas de su teoría, Newton nunca volvió a hacer referencia a dicha ley en el contenido de todo su texto del *Principia*. Aparte de Newton me parece que no ha habido un solo físico en la historia de la mecánica newtoniana que se haya dedicado a contrastar dicha ley para algo.

De hecho, cuando se examina el *Principia* se puede ver cómo Newton, cuando considera la demostración matemática de las primeras dos leyes de Kepler, hace los siguientes planteamientos: “*HYPOTHESIS I. Centrum systematis mundani quiescere. ... PROPOSITIO XI. THEOREMA XI. Commune centrum gravitatis terra, solis & planetarum omnium quiescere. ... PROPOSITIO XII. THEOREMA XII. Solem motu perpetuo agitari, sed numquam longe recedere a communi gravitatis centro planetarum omnium*” ... *PROPOSITIO XIII. THEOREMA XIII. Planetæ moventur in ellipsis umbilicum habetibus in centro solis, & radiis ad centrum illud ductis areas describunt temporibus proportionales*”.<sup>5</sup> Lo primero que hace Newton es suponer como hipótesis el estado de reposo del centro de gravedad del sistema solar. En otras palabras, no se da a la tarea de investigar si el marco de referencia mencionado es inercial. Y no es que esta teoría de la mecánica posea alguna deficiencia epistemológica respecto de su confirmación. Es como toda teoría científica que no garantiza nada acerca de la realidad. Lo único que podemos asegurar, en caso de

3. Newtono, Isaaco; *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*; Editio tertia aucta & emendata; Apud Guil. & Joh. Innys, Regiæ Societatis typographos; Londini; MDCCXXVI.

4. “... true motion suffers always some change from any force impressed upon the moving body; but relative motion does not necessarily undergo any change by such forces.” In Isaac Newton, *The Principia* (Trans. Andrew Motte, Prometheus Books, N.Y., 1995).

obtenerla, es la consistencia de la misma, esto es, que sus planteamientos no sean contradictorios entre sí y, en la medida de lo posible, que sea también consistente respecto de la red de teorías que constituyen el conocimiento científico. La primera ley solo ha sido presentada en discusiones acerca de las leyes de Newton y, según ya se ha mencionado, ha sido utilizada en los libros de texto y en la pedagogía de la física, para aclarar el concepto de inercia y de marco de referencia inercial. La razón ha sido, probablemente, porque resulta más intuitiva para aclarar dicho concepto que la segunda ley. Pero el hecho de que se utilice como un recurso educativo, no le proporciona a la primera ley las características lógicas necesarias para ser reconocida como un axioma, al menos en esta teoría, según la planteó Newton.



Portada del libro de Isaac Newton *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* (*Principios Matemáticos de Filosofía Natural*), publicado en Londres con fecha de 5 de Julio de 1686. (Foto tomada de la página electrónica [esacademic.com](http://esacademic.com).)

5. Hypotheses I. That the center of the system of the world is immovable. ... Proposition XI. Theorem XI. That the common centre of gravity of the earth, the sun, and all the planets, is immovable. ... Proposition XII. Theorem XII. That the sun is agitated by a perpetual motion but never recedes far from the common centre of gravity of all the planets. ... Proposition XIII. Theorem XIII. The planets move in ellipses which have their common focus in the centre of the sun; and, by radii drawn to that centre, they describe areas proportional to the times of description". In Isaac Newton, *The Principia* (Trans. Andrew Motte, Prometheus Books, N.Y., 1995).

## Mapas a escala del Sistema Solar

Por: Mario Lanza Amaro

Hoy día, al menos en el mundo occidental, existe tanto acceso a casi cualquier tipo de información, a través de las llamadas *redes informáticas*, que se hace relativamente fácil para casi cualquier persona, proveerse con información sobre casi cualquier tema, en cuestión de segundos. El acceso directo y rápido a todo tipo de información que las redes informáticas nos permiten es, en verdad, asombroso. Si una persona desea obtener información sobre lo último que se conoce sobre un tema particular, con sólo hacer una búsqueda en Internet, en cuestión de fracciones de segundo, tendrá a su disposición miles (y a veces millones) de páginas electrónicas que pueden brindarle parte de la información deseada.

En un área del conocimiento como lo es la Astronomía, por ejemplo, una persona puede obtener tal cantidad de información que, incluso, podemos con seguridad afirmar que humanamente no dispondrá de tiempo suficiente para siquiera leerla o revisarla toda, aunque solo sea someramente.

Por ejemplo, si usted hace una búsqueda en Internet, utilizando para ello el localizador *Google*, y la hace bajo el rubro *sistema solar*, notará que casi inmediatamente el buscador le informa que ha hallado unos 7,140,000 de "hits" aproximadamente. O sea, el buscador le informa sobre más de siete millones de páginas electrónicas existentes que contienen información que posee alguna relación, de mayor o menor relevancia, con la rúbrica usada para hacer la búsqueda. Si desea hacer la búsqueda más restrictiva, y utiliza para ello la rúbrica *sistema solar a escala*, notará que el número de "hits" se reduce a menos de un millón: *i.e.*, aparecen (en nuestra búsqueda particular) sólo 982,000 páginas electrónicas que poseen información relacionada con ese tema.

En cualquiera de ellas que usted revise notará que, si bien se brinda información interesante sobre el tema solicitado, no encontrará ningún *Mapa a Escala del Sistema Solar*, por más que busque. Y no lo encontrará, sencillamente, porque un mapa del sistema solar a escala, no existe. Y no existe porque es extremadamente difícil dibujar o construir un *Mapa a Escala del Sistema Solar*. No es que éste no pueda dibujarse o construirse. En principio, siendo honestos, debe admitirse que es posible hacerlo. Sólo que (también debe admitirse), en la práctica, es muy difícil. ¿Por qué? Veamos.

Si para dibujar (o construir) un *Mapa a Escala del Sistema Solar* tomamos en cuenta sólo sus objetos principales: es decir, el Sol, como figura central; los ocho planetas que giran en torno del Sol; el cinturón de asteroides entre los planetas Marte y Júpiter; y los planetas enanos como Plutón, Ceres, Eris, etcétera; y si tomamos en cuenta el tamaño de estos objetos, y también las distancias a las que se encuentra del Sol, en el susodicho mapa a escala habría que representar las siguientes dimensiones:

Tomando el diámetro de la Tierra, unos 12,756 Km, como representado por una pulgada:

Cuerpo	Diámetro (Km)	Diámetro Equivalente (Pulg.)
Sol	1,392,000	109.1251
Mercurio	4,878	0.3824
Venus	12,100	0.9486
Tierra	12,756	1.0000
Marte	6,787	0.5321
Júpiter	142,984	11.2092
Saturno	120,536	9.4494
Urano	51,108	4.0066
Neptuno	49,538	3.8835
Plutón	2,302	0.1805

O sea, si en nuestro *Mapa a Escala del Sistema Solar* representamos al planeta Tierra como una esferita cuyo diámetro es de una pulgada, en el mismo mapa, el Sol sería representado entonces por una esfera enorme de 109.1251 pulgadas. Que sería equivalente a unos 9.0938 pies, o 2.7557 metros. En el mapa, el Sol sería una esfera de casi tres (3) metros de diámetro, mientras que la Tierra sería apenas una esferita de sólo una pulgada. El planeta Mercurio sería una esferita de sólo 0.3824 pulgadas de diámetro. O sea, Mercurio mediría poco más de un tercio de pulgada; unos 5/16 de pulgada. Venus sería representado en el mapa por una esferita de casi una pulgada de diámetro: 0.9486 pulg., para ser más exactos. La Tierra, como ya dijimos, sería representada por una esferita de 1.0000 pulgada. El planeta Marte, en la misma escala, sería una esferita de poco más de media pulgada: 0.5321 pulg. Júpiter estaría representado por una esfera de unas 11.2092 pulgadas. O sea, Júpiter sería una esfera de casi un pie de diámetro en ese mapa a escala. Saturno tendría unas 9.4494 pulgadas de diámetro, usando la misma escala. Urano, unas cuatro pulgadas: 4.0066 pulgadas. El planeta Neptuno sería una esfera de casi cuatro pulgadas, con 3.8835 pulgadas. Y Plutón, aunque no sea ya considerado como un planeta, sería representado en un mapa con esa escala por una esfe-

ra de sólo 0.1805 pulgada. O sea, por una esfera de sólo 0.4585 centímetros o menos de medio centímetro.

Ahora, si a la vez tratamos de representar en ese mapa a escala las distancias a las que se encuentran tales objetos a partir del Sol, los números serían los siguientes: Mercurio lo deberíamos colocar a unos 115.3411 metros de la esfera que representa al Sol. Ya dijimos que en este mapa el Sol estaría representado por una esfera de unos 2.76 metros, y que Mercurio lo estaría por otra de sólo un tercio de pulgada. En el mapa a escala tendríamos al Sol, con sus casi tres metros de tamaño, y a Mercurio, una esferita de poco más de un tercio de pulgada, colocada a 115.34 metros del Sol. O sea que, mirando desde el punto en donde se encuentra el Sol, no podríamos ver a Mercurio, porque sería una esfera diminuta, de menos de media pulgada, y estaría a 115.34 metros del Sol.

La esferita que representa a Venus debería ser colocada a unos 215.5051 metros alejada de la del Sol. La Tierra, con sólo una pulgada de diámetro, habría que colocarla a 297.9628 metros de distancia, a partir del Sol, si es que deseamos mantener la escala. O sea, la Tierra, con solo una pulgada de diámetro, estaría a casi trescientos metros. El planeta Marte estaría a 453.9949 metros alejado de la esfera solar. Es decir, la esfera que representa a Marte en el mapa, de sólo media pulgada, estaría a casi medio kilómetro de la que representa el Sol. No habría forma de ver a Marte, parado uno en la posición en donde se encuentra el Sol. Sería intentar ver una esferita, de poco más de media pulgada, desde una distancia de casi 500 metros. ¡Imposible verlo!

El planeta Júpiter, que sería representado en nuestro mapa a escala por una esfera de casi un pie de diámetro, ¡habría que colocarlo a 1,550.2230 metros! A más de kilómetro y medio de distancia, a partir de la esfera que representa al Sol. Eso es casi una milla de distancia (ya que una milla equivale a 1,609 metros). Le falta muy poco, para la milla. El planeta Saturno, representado en el mapa por una esfera de unas nueve pulgadas y media (9.5 pulg.) estaría colocado a 2,846.9784 metros. O sea, la esfera que representa a Saturno estaría a casi tres kilómetros alejado de la esfera que representa al Sol.

Urano, representado en el mapa por una esfera de sólo cuatro pulgadas, estaría colocado a 5,718.2361 metros desde el Sol. (Más de cinco kilómetros y medio; casi seis.) Y Neptuno, representado en el mapa por una esfera de casi cuatro pulgadas (*i.e.*, 3.8835 pulg.), estaría a 8,971.3481 metros de distancia a partir de la esfera del Sol; o sea, estaría a unos ocho punto noventa y siete kilómetros. No habría manera de verlos desde la posición del Sol. Habría que

utilizar binoculares para lograrlo.

Plutón, en el mismo mapa, y a la misma escala, estaría representado por una esferita, pequeñita, de menos de medio centímetro de diámetro, colocada a la increíble distancia de 11,763.9045 metros a partir de la esfera que representa al Sol. Imagínese eso. Tengo la esfera del Sol aquí, al lado mío, y la esfera de Plutón a casi doce kilómetros de lejos. Eso es más de siete millas. ¡Qué mapita!

Y así sucesivamente.

Habría ya usted visto por qué no puede hacerse, de manera práctica, un *Mapa a Escala del Sistema Solar*. Simplemente, no es algo práctico. Si en ese mapa la Tierra está representada por una esfera de una pulgada de diámetro, el mapa a esa escala tendría una longitud de unos doce kilómetros. ¿Quién va a utilizar ese mapa? Y, ¿dónde habrá de colocarlo para estudiarlo?

Claro, cualquiera podría decir: "Bajemos la escala aún más, de manera que el mapa resultante quede de tamaño más razonable, comparable al de los mapas de ciudades que usualmente compramos en las tiendas o los puestos de gasolina." Y, a quien diga eso, habría que contestarle: Bueno, si deseamos que el *Mapa a Escala del Sistema Solar* quede de un tamaño parecido al de los mapas de ciudades que ya conocemos, tendríamos que escoger una escala tal, que la órbita de Plutón (que es la más grande entre las de los ocho planetas y la de él) aparezca dentro del mapa, y no se salga fuera. Para eso, suponiendo que el mapa (plegable) mida unos cuatro (4) pies, la órbita de Plutón tendría más o menos unos cuatro pies de diámetro (i.e., casi igual al tamaño del mapa) pero todas las otras órbitas serían menores que la de Plutón. Por ejemplo, la de Neptuno tendría (en esa nueva escala) un diámetro de unos 3.0505 pies. Pero, cuando vayamos a dibujar la órbita de la Tierra por ejemplo, a la misma escala, sería un círculo de sólo 1.2158 pulgadas; y eso, en un mapa de cuatro pies de ancho. Y la órbita de Venus, y la de Mercurio serían, respectivamente, círculos con diámetros de 0.8793 pulgada, y 0.4706 pulgada. O sea, en un mapa de unos cuatro pies de ancho, estas dos órbitas tendrían menos de una pulgada de diámetro.

Pero todo eso es respecto del diámetro de las órbitas planetarias. ¿Qué diríamos del diámetro de los planetas mismos, expresados en esa nueva escala? Aquí, tendríamos que el diámetro que representaría al Sol sería de sólo 0.0113 pulgada. Es decir, en un mapa de cuatro pies de ancho, el Sol aparece con un tamaño de poco más de una centésima de pulgada, en el medio del mapa. O sea, en ese mapa, con esa nueva escala, habrá que dibujar al Sol (si queremos el mapa a escala) con un tamaño casi microscópico. Y eso sería el caso del Sol nada más, que es el objeto más grande en tamaño, de todos los objetos que componen el Sistema

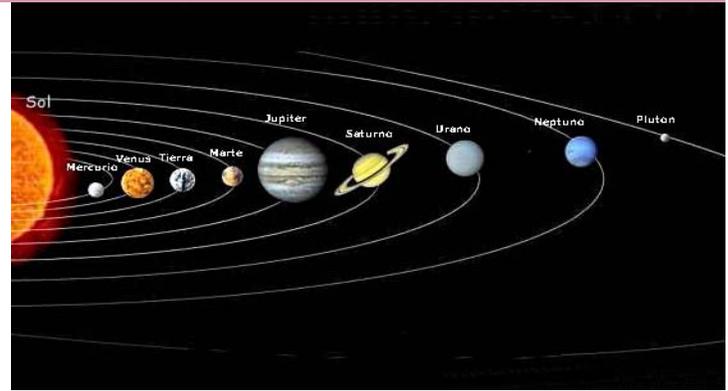


Imagen esquemática, no a escala, del Sistema Solar.

Solar.

Si deseamos dibujar en tal mapa, usando la misma escala, las esferitas que representen a los otros planetas, los tamaños serían: 0.000039651 pulgadas, para el planeta Mercurio; 0.000098367, para Venus; 0.00010367 pulgada, para la esfera de la Tierra; 0.00005523 pulgada, para el planeta Marte; 0.001162 pulgada, para representar a Júpiter; y 0.0009796 pulgada, la esfera de Saturno. La de Urano sería de 0.0004154 pulgada, y la de Neptuno tendría sólo 0.0004025 pulgada de diámetro. Y, la esfera que representaría a Plutón tendría un diámetro de sólo 0.000018692 pulgada.

Como podrá ver, serían esferitas casi microscópicas. Haría falta un microscopio para poder verlas en ese mapa, construido con esa escala. De hecho, si miramos bien el mapa, y si tomamos el Sistema Solar como un objeto cuyo dimensión mayor la representa la órbita de Plutón, sería difícil evitar que nos venga la idea a la mente de que el Sistema Solar está, para todos los efectos prácticos, vacío. Casi totalmente vacío. Vería usted una elipse dibujada que tiene unos cuatro pies en su longitud más larga (i.e., la órbita de Plutón) y que dentro de ella, prácticamente, no hay nada. Notaríamos que casi todo su interior está vacío.

Si dibujáramos el Sistema Solar a una escala tal que la órbita de Plutón fuera representada por un círculo de unos cuatro pies de diámetro (sabemos que las órbitas de los planetas son, en realidad, elípticas y, especialmente la de Plutón, es la más elíptica de todas) notaríamos que no hay nada en el interior de ese sistema. Veríamos las órbitas dibujadas en el mapa, pero no podríamos veríamos ningún objeto en el mapa. Aun estando dibujados en el mapa, no podríamos verlos, por lo pequeño que serían, si es que están dibujados con esa escala.

Así que ya sabe. No existe un mapa impreso y a escala del Sistema Solar. Por tanto, después de haber leído este escrito, dese por informado o informada, y, no lo busque. Ahórrese el tiempo.