

# Panorama histórico del estudio de los planetas del sistema solar

HISTORICAL OVERVIEW OF THE STUDY OF THE SOLAR SYSTEM PLANETS\*

FERNANDO FRANCISCO LÓPEZ-GÓMEZ\*

**Resumen:** Se presenta un recorrido por los momentos más significativos de la historia de la astronomía. Se señalan los descubrimientos trascendentales que han modificado la visión que se tenía de los planetas, las estrellas y otros cuerpos celestes. A partir de un recuento de los retos más significativos a los que se enfrenta la astronomía, se argumenta en favor de hacer estudios historiográficos sobre esta ciencia. Finalmente, se subraya la necesidad de acercar estos conocimientos al público no especializado.

**Palabras clave:** historia de las ciencias; ciencias del espacio; universo; tecnología espacial; exploración espacial

**Abstract:** We introduce a journey through the most important moments of Astronomy history. We pinpoint the transcendental discoveries that have modified the ancient vision of planets, stars and other celestial bodies. From a recount of the most significant challenges faced by Astronomy, we argue in favour of undertaking historiographical studies on Astronomy. Finally, we underline the need of approaching this knowledge to the general public.

**Key words:** history of science; space sciences; universe; space technology; space exploration

\* Escuela Preparatoria Oficial Núm. 172, México

Correo-e: alicsoyuz72@gmail.com

Recibido: 5 de mayo de 2016  
Aprobado: 23 de agosto de 2016

El hombre ha observado el firmamento desde la Antigüedad hasta los tiempos actuales, de ahí que el estudio de los planetas del sistema solar sea parte importante de la historia de la astronomía. Al percatarse del fenómeno de las estrellas errantes<sup>1</sup> y preguntarse por las luces que se movían en el cielo nocturno, los griegos creyeron que se trataba de dioses. En el siglo III a. C. Aristarco propuso la teoría heliocéntrica,<sup>2</sup> misma que el astrónomo polaco Nicolás Copérnico retomaría siglos después. Con la introducción de esta tesis, se reconoció que el Sol constituía el centro del sistema solar y que las estrellas errantes eran en realidad planetas que, junto con la Tierra, realizaban un movimiento de traslación alrededor del astro rey. Además, se descubrió el orden en el que se encuentran estos cuerpos celestes. Con el transcurrir de los siglos, la tecnología fue transformando la percepción sobre las luces que recorrían el firmamento con movimientos aparentes hacia adelante y hacia atrás. La observación minuciosa, así como la propuesta de teorías y distintos modelos permitieron comprender a cabalidad la estructura del sistema solar y el lugar que ocupa la Tierra dentro del conjunto.

Actualmente, el conocimiento sobre los cuerpos celestes ha aumentado gracias a la exploración del planeta enano Plutón por la sonda espacial New Horizons (Nuevos Horizontes), perteneciente al programa New Frontiers (Nuevas Fronteras) de la National Aeronautics and Space Administration (NASA). Cada planeta ha sido estudiado por sondas espaciales diseñadas para sus respectivos objetivos. Los únicos cuerpos celestes que no han sido explorados hasta este momento por ningún vehículo terrestre son los que se encuentran en el llamado cinturón de Kuiper, ubicado en la zona externa del sistema solar. Cabe esperar que en el futuro sea posible realizar un amplio reconocimiento de esa remota zona,

1 Objetos puntuales que desarrollan un movimiento aparente en el cielo respecto a las estrellas fijas.

2 El heliocentrismo es un modelo astronómico donde el Sol es el centro del sistema solar y la Tierra y los demás planetas giran en torno a él.

#### GENERALIDADES DEL SISTEMA SOLAR

El sistema solar se encuentra ubicado en el brazo de Orión, es decir, a cerca de veinticinco mil años luz del centro de la Vía Láctea. Su estrella principal es el Sol, cuya masa es 333 400 veces la de la Tierra y constituye el 99.86 por ciento de la masa total del sistema solar. El astro rey está compuesto por 71 por ciento de hidrógeno y 26 por ciento de helio. Su energía proviene de la conversión de cuatro átomos de hidrógeno a uno de helio, bajo una temperatura de 15 millones de grados centígrados. Galileo fue el primero en observar manchas sobre su superficie. El resto de cuerpos celestes lo constituyen los planetas —que son los objetos más grandes—, sus lunas y anillos, los cometas, los asteroides, el cinturón de Kuiper y la llamada nube de Oort. Existen fenómenos asociados con este sistema planetario, como las conjunciones, las oposiciones, el paso de cometas, el tránsito de Mercurio y Venus por delante de la superficie del Sol —el cual se puede ver desde la Tierra—, los eclipses lunares y las explosiones solares, entre otros.

Los cuerpos mayores del sistema solar se han agrupado en tres categorías: planetas terrestres o rocosos, por su similitud en tamaño y composición con la Tierra; planetas jovianos o gaseosos, por su semejanza con Júpiter, el más grande del conjunto, y planetas enanos, los cuales comparten características con Plutón. El nombre de este último grupo fue decidido por la Unión Astronómica Internacional (IAU, por sus siglas en inglés) en la ciudad de Praga, en 2006:

La trascendencia histórica de este periodo en la vida de la humanidad, tal vez sea apreciada plenamente sólo por nuestros descendientes, lo mismo que nosotros, acaso, sólo ahora podemos valorar en plena medida las hazañas científicas de Copérnico, Galileo, Newton.

Casi veinte centurias separan la cosmología de Aristóteles de la teoría de Copérnico; cerca de tres siglos, la creación de la teoría refinada del movimiento de los planetas del comienzo de los vuelos de vehículos espaciales hacia ellos. Las investigaciones del sistema solar vienen practicándose durante menos de dos decenios, y el torrente de descubrimientos es verdad que pasma (Márov, 1985: 12).

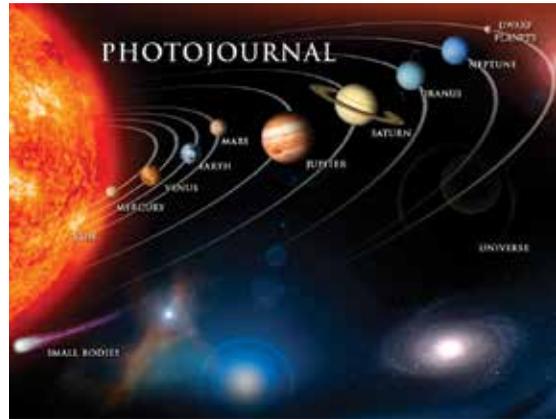
Históricamente, el estudio de los cuerpos celestes que conforman el sistema solar ha sido enriquecido con las aportaciones de teóricos y descubridores que se ayudan de la tecnología.<sup>3</sup> Estas contribuciones y los datos obtenidos por las diversas sondas espaciales han permitido comprender la naturaleza, estructura y funcionamiento de los cuerpos que integran el universo. Debido a su cercanía, es más fácil entender el sistema solar al que pertenece la Tierra que otros conjuntos de astros de la galaxia. De ahí la importancia de este tipo de investigaciones.

#### LOS PLANETAS DEL SISTEMA SOLAR

Los planetas que integran el sistema solar presentan características que han sido descubiertas a lo largo de su historia. A continuación se presentan algunos de esos rasgos distintivos.

El nombre de Mercurio proviene del mensajero de los dioses en la mitología romana. Es el más próximo al Sol, separado de él por tan sólo 57.8 millones de kilómetros. Tiene un periodo rotacional de 58.6 días terrestres y un diámetro de 4878 km. Su inclinación orbital es de 7.004° y su velocidad orbital de 47.88 km/s. Presenta una masa de 3.303 x

3 Para mayor información sobre las misiones que ha llevado a cabo la NASA en los diferentes planetas del sistema solar, se pueden consultar los trabajos del Laboratorio de Propulsión a Chorro (JPL) del Instituto de Tecnología de Pasadena, California. Algunas páginas al respecto son: <http://photojournal.jpl.nasa.gov/> y <https://solarsystem.nasa.gov/>. También resulta útil [www.astroscu.unam.mx/](http://www.astroscu.unam.mx/), página del Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).



Sistema solar (2004). Foto: NASA  
Prohibida su reproducción en obras derivadas.

10<sup>25</sup> kg y un albedo<sup>4</sup> de 0.10. Su temperatura es de 467° C en el lado diurno y de -183°C en el nocturno. El cráter conocido como la cuenca Caloris es la depresión topográfica más grande de su superficie. En 1639, el astrónomo italiano Giovanni Zupus descubrió que como Mercurio tiene una órbita inferior a la de la Tierra presenta fases al igual que la Luna, siendo nueva en conjunción inferior<sup>5</sup> y llena en conjunción superior.

Nicolás Copérnico nunca pudo observar este planeta, que sólo ha sido explorado por dos vehículos orbitales: el Mariner 10 y el Messenger, vehículo que envió miles de fotografías antes de estrellarse en la superficie del astro al final de su vida útil. Para explicar el movimiento orbital de Mercurio, el astrónomo francés Urbain Le Verrier postuló la existencia de un planeta intramercurial al que llamó Vulcano. Jamás lo encontró, pero el fenómeno se pudo explicar después con la aplicación de la teoría de la relatividad de Albert Einstein.

El planeta Venus lleva el nombre de la diosa romana del amor y la belleza. Se le conoce como la estrella matutina o vespertina debido a que por su gran brillo los griegos creyeron que se trataba de dos cuerpos celestes distintos. Su temperatura oscila entre los 400 y los 600° C. Tiene una presión

4 Se conoce como 'albedo' al poder de reflexión de la luz solar que posee un cuerpo celeste, ya sea un planeta, una luna o un asteroide. Su valor está dado por la proporción existente entre la energía luminosa que incide en una superficie y la que se refleja.

5 Se le llama 'conjunción' a la configuración de un planeta, cuando dicho cuerpo celeste se encuentra alineado con el Sol y la Tierra.

atmosférica muy alta y una gruesa capa de nubes compuestas de ácido sulfúrico que provoca un intenso efecto invernadero. Hay evidencias de la existencia de volcanes y cráteres de impacto. El Sol aparece por el oeste y desaparece por el este. No se ha detectado un campo magnético. Posee grandes montañas como el monte Maxwell, y cráteres como Cleopatra e Isabella. Su atmósfera está constituida de bióxido de carbono. Tiene un diámetro de 12 100 km y está separado del Sol por 108.2 millones de kilómetros. Su velocidad orbital es de 35.02 km/s. Presenta una masa de  $4.869 \times 10^{26}$  kg, una inclinación orbital de  $3.394^\circ$  y un albedo de 0.65. Su periodo de rotación es de 243 días terrestres en forma retrógrada.<sup>6</sup> En 1761, la atmósfera de Venus fue avistada por el científico ruso Mikhail Lomonosov, quien analizaba la traslación del astro. Este descubrimiento fue crucial para que Edmund Halley pudiera medir la distancia de la Tierra al Sol.

La Tierra es el tercer planeta del conjunto, separado del astro rey por casi 150 millones de kilómetros de distancia, es decir, una unidad astronómica.<sup>7</sup> Tiene un diámetro de 12 756 km, y presenta actividad geológica y volcánica. Su periodo de traslación dura 365 días, y el de rotación, 24 h. Su atmósfera se compone de 70 por ciento de nitrógeno, 20 por ciento de oxígeno y 10 por ciento de otros elementos. Posee un albedo de 0.37, una masa de  $5.976 \times 10^{24}$  kg y una velocidad orbital de 29.79 km/s. La gravedad en su superficie es de  $9.78 \text{ m/s}^2$ . Cuenta con un satélite natural, la Luna, que presenta fases y eclipses por su movimiento de traslación alrededor de la Tierra. Este satélite es el único cuerpo celeste que el hombre ha visitado en las misiones Apolo. El planeta Tierra se encuentra en la llamada 'zona de habitabilidad',<sup>8</sup> contiene dos zonas heladas —el

Ártico y el Antártico— y cinco continentes —América, Europa, Asia, África y Oceanía—. En cada uno de ellos se ha suscitado una infinidad de acontecimientos históricos particulares y generales, como las guerras mundiales.

Marte tiene el nombre del dios romano de la guerra. Ha despertado la imaginación del hombre respecto a la posibilidad de que exista vida en él. Es un planeta frío y desértico que cuenta con agua en algunas partes, información que se ha obtenido gracias a las exploraciones recientes. Aquí se localizan el cañón más largo y el volcán más grande del sistema solar: el valle Marineris —cuya longitud es igual a la distancia que separa a Nueva York de Los Ángeles— y el monte Olimpo, respectivamente. Marte presenta tormentas de arena que en ocasiones cubren toda su superficie. Entre la Tierra y el Sol la distancia oscila de 249 251 000 a 206 615 600 km. Tiene una atmósfera compuesta de bióxido de carbono. Posee un periodo de rotación de 24.6 h y uno orbital de 686.98 días. Cuenta con un diámetro ecuatorial de 6 786 km, una inclinación orbital  $1.850^\circ$ , una masa de  $6.421 \times 10^{23}$  kg, y un albedo de 0.15.

Marte posee dos lunas: Fobos y Deimos, de 21 y 12 km de diámetro, respectivamente. Quizá por su cercanía con la Tierra se ha escrito mucho sobre este planeta en la ciencia ficción. Entre las obras que lo retoman encontramos las novelas *Crónicas marcianas* (1950), de Ray Bradbury; *La guerra de los mundos* (1898), del inglés H. G. Wells; *Una princesa de Marte* (1917), del estadounidense Edgar Rice Burroughs (2002); así como las películas *Vuelo a Marte* (1951), de Lesley Selander; *Marte, el planeta rojo* (1952), de Harry Horner; *Invasores de Marte* (1953), de William Cameron Menzies; *La furia del planeta rojo* (1960), de Ib Melchior; *Planeta sangriento* (1966), de Curtis Harrington; *Misión a Marte* (2000), de Brian de Palma; *Planeta rojo* (2000), de Antony Hoffman; y *Fantasma de Marte* (2001), de John Carpenter.

Júpiter lleva el nombre del padre de los dioses en la mitología romana y es el planeta más grande del sistema solar. Posee una enorme magnetósfera

6 La 'rotación retrógrada' es el movimiento de rotación de un astro en sentido antihorario visto desde el Polo Norte solar. Sólo Venus y Urano presentan este tipo de movimiento.

7 La 'unidad astronómica' es una medida de longitud que equivale a la distancia que existe entre el Sol y la Tierra.

8 Se le llama 'zona de habitabilidad' a aquella región en donde un planeta se encuentra a una distancia media de la estrella principal, como en el caso de la Tierra. Se toma en cuenta el potencial geofísico, geoquímico y astrofísico de los cuerpos celestes para sostener formas de vida. En esta área se incluyen lunas de exoplanetas más grandes que nuestro mundo.

generada por la rápida rotación del astro que llega casi hasta la órbita de Saturno e interactúa con los satélites de Júpiter y el viento solar. El núcleo del planeta está rodeado de hidrógeno metálico líquido. Su distancia al Sol es de 778.3 millones de kilómetros. Posee un periodo de traslación de 11.86 años terrestres, un diámetro ecuatorial de 143 200 km, y un albedo de 0.52. Su brillo en oposición<sup>9</sup> es de una magnitud de -2.9. Tiene una inclinación orbital de 1.308°, una masa de  $1.9 \times 10^{27}$  kg y un periodo rotacional de 9.9250 h. En Júpiter se encuentra la Gran Mancha Roja, una tormenta anticiclónica. Posee anillos, al igual que Saturno. Su atmósfera está compuesta de 81 por ciento de hidrógeno y 17 por ciento de helio. En la órbita del planeta se encuentran numerosas lunas que hacen que parezca un pequeño sistema solar: Ío, Europa, Ganímedes, Calisto, Amaltea,Adrastea, Elara, Pasifae, Sinope, Ananké, etc. Las cuatro primeras fueron descubiertas por Galileo en 1610. Se espera que próximas misiones, como Juno, puedan ayudarnos a comprender más sobre este astro. Una novela de ciencia ficción relacionada con Júpiter y sus lunas es *2001: A Space Odyssey* (1968), de Arthur C. Clarke. En opinión de Carl Sagan, gracias a los hallazgos científicos en el campo de la astronomía:

Júpiter ya no volvería a ser el mismo, ya nunca sería un simple punto de luz en el cielo nocturno, sino que se había convertido para siempre en un *lugar* para explorar y conocer. Júpiter y sus lunas son una especie de sistema solar en miniatura compuesto por mundos diversos y exquisitos que tienen mucho por enseñarnos (1987: 159).

En 1994, los astrónomos presenciaron el choque del cometa Shoemaker-Levy 9 contra Júpiter. Fue la primera vez en la historia moderna que el hombre pudo observar la colisión de dos cuerpos de este tipo. Cabe aclarar que Júpiter es el responsable de influir

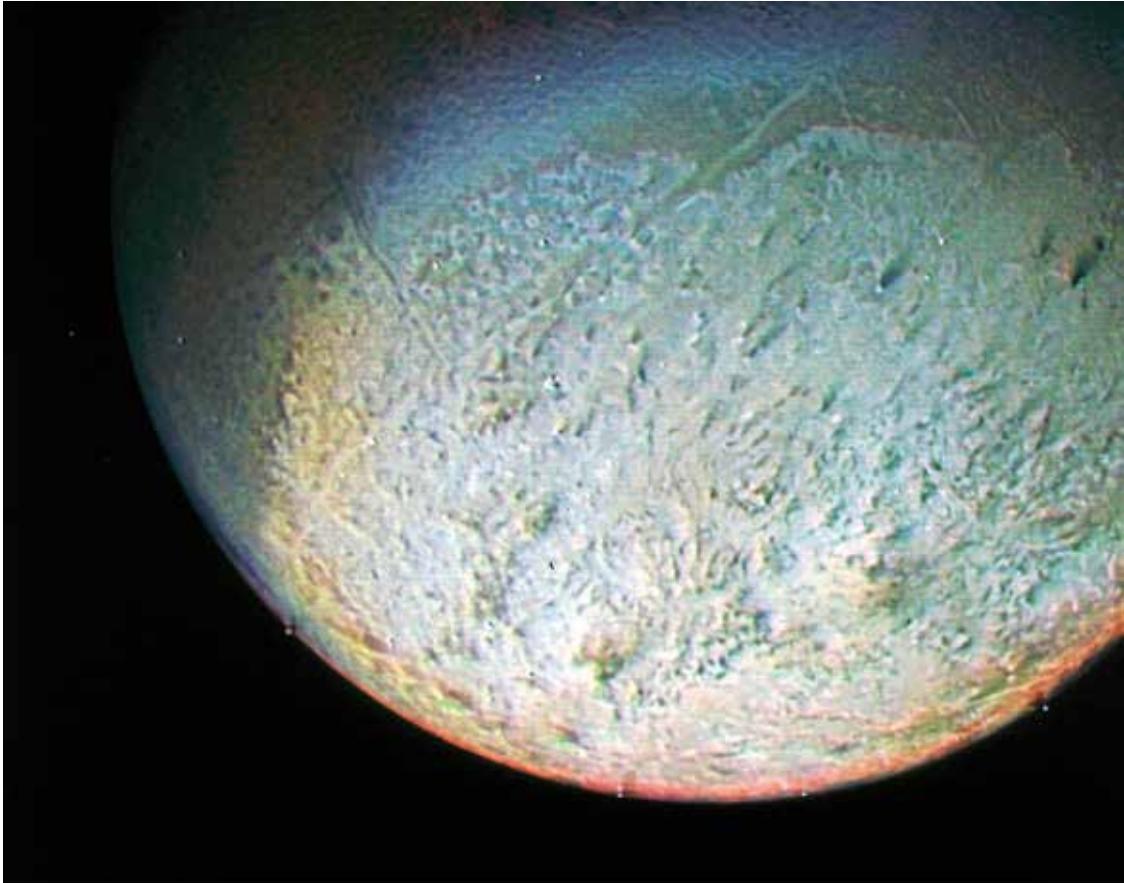
<sup>9</sup> Se define como 'oposición' la configuración de un planeta exterior que se encuentra opuesto al Sol y en línea recta con éste y la Tierra.

gravitacionalmente sobre los cometas cambiando sus órbitas, ya sea para expulsarlos del sistema solar o para provocar que choquen contra los planetas interiores o contra el Sol mismo.

Saturno constituye la joya del sistema solar. Su traslación tarda cerca de treinta años terrestres, y su rotación, 10 h 40 min. Posee anillos muy brillantes, un albedo de 0.47 y un brillo en oposición de una magnitud de -0.3. Su inclinación orbital es de 2.488°, tiene una masa de  $5.688 \times 10^{26}$  kg y un diámetro ecuatorial de 120 536 km. Su inclinación respecto a la eclíptica es de 2.5°. Entre sus lunas destacan Encélado y Titán. Ésta última fue descubierta por el holandés Christiaan Huygens en 1655.

Al igual que Júpiter, la atmósfera de Saturno está compuesta por hidrógeno y helio. Sus anillos fueron descubiertos por Galileo, quien los confundió con astros que formaban parte del planeta. Sin embargo, Huygens comprendió su verdadera naturaleza. Jean-Dominique Cassini fue el primero en observar una división entre los anillos de Saturno, la cual lleva su nombre. Por su parte, James Clerk Maxwell dedujo que los anillos en realidad no son sólidos, sino que están compuestos por innumerables fragmentos de roca y hielo. En 1672 Cassini también descubrió Rea, y en 1684 localizó las lunas Tetis y Dione. Saturno presenta tormentas, como Júpiter, y un fenómeno de auroras.

Urano, un planeta de color aguamarina, fue descubierto mediante la observación. Cuenta con una rotación inclinada y cinco lunas principales. En 1787, William Herschel localizó Titania y Oberón; en 1851, William Lassell descubrió Ariel y Umbriel, y en 1948, Gerard Kuiper encontró Miranda. Los once anillos de Urano fueron hallados en 1977. En 1986, la Voyager 2 encontró otras diez pequeñas lunas y confirmó la existencia de anillos. El diámetro ecuatorial del planeta es de 51 118 km y su albedo es de 0.51. Presenta un brillo de magnitud +5.65 cuando se halla en oposición, una inclinación orbital de 0.774°, una masa de  $8.686 \times 10^{25}$  kg y un periodo rotacional de 17.2344 h. La distancia de Urano al Sol es de 2871 millones de kilómetros, es decir,



Tritón (1989). Fotografía: NASA / Jet Propulsion Laboratory - Caltech

19.1914 unidades astronómicas que podrían recorrerse en ochenta y cuatro años terrestres. Desde que el planeta fue descubierto, distintos astrónomos se dedicaron a estudiar su movimiento. Alexis Bouvard encontró que éste no seguía los cálculos orbitales, lo que lo hizo sospechar de la existencia de otro planeta más, descubierto más tarde y al cual se le llamó Neptuno.

Neptuno lleva el nombre del dios romano de los mares. Fue descubierto mediante cálculos matemáticos antes de comprobar su existencia con telescopios. Posee un color azul muy intenso y su atmósfera presenta los vientos más rápidos de todo el sistema solar. Se cree que posee una fuente interna de calor, como Júpiter y Saturno. En Neptuno se descubrió una Gran Mancha Oscura, parecida a la Gran Mancha Roja de Júpiter. Además, en Tritón, una de sus lunas, se detectó vulcanismo activo y atmósfera.

La distancia que separa a este planeta del Sol es de 4501 millones de kilómetros, es decir, 30.0611 unidades astronómicas. Tiene una inclinación orbital de  $1.774^\circ$ , un albedo de 0.41, y una velocidad de escape de 23.50 km/s. El brillo que presenta en oposición es de magnitud +7.66. Su periodo rotacional es de tan sólo 16.1088 h y recorre su órbita en 164.79 años terrestres. Su diámetro ecuatorial es de 49 528 km, con una masa de  $1.024 \times 10^{26}$  kg. Sus componentes atmosféricos son hidrógeno, helio, metano y amoníaco. Sobre los últimos tres planetas descritos, Littman menciona:

En el siglo y medio transcurrido desde el descubrimiento de Urano y Neptuno, con frecuencia habían sido descritos en los libros de texto como gemelos porque a menudo explicaban sus similitudes en masa, tamaño y

composición. A medida que los científicos aprenden más sobre los dos, habían sido cada vez más capaces de discriminar a los gemelos entre sí, sus inclinaciones axiales, sus sistemas de satélites, sus densidades, sus características en sus nubes visibles (2004: 224).

Los hallazgos de Urano y Neptuno llevaron a los astrónomos a creer en la existencia de un planeta transneptuniano. Su búsqueda la inició el estadounidense Percival Lowell. En consecuencia, Plutón fue descubierto por Clyde Tombaugh en 1930. La búsqueda de un décimo planeta ha continuado desde entonces.

#### OTROS CUERPOS EN EL SISTEMA SOLAR

Plutón, designado planeta enano por la IAU, lleva el nombre del dios romano del inframundo. Junto con su luna Caronte ha sido explorado recientemente por la misión New Horizons —antes Pluto Kuiper Express—, todo un hito para la historiografía científica. Antes de 2015 era el único planeta que ninguna astronave había visitado, pero gracias a la misión antes mencionada se ha podido completar la exploración de los cuerpos mayores del sistema solar. La distancia de Plutón al Sol es de 6 000 millones de kilómetros, es decir, 39.5294 unidades astronómicas. Su brillo en oposición es de magnitud +13.6. Posee un periodo de traslación de 248 años terrestres, un albedo de 0.30, y una inclinación orbital respecto a la eclíptica de 17.2°. Su masa es de  $1.290 \times 10^{22}$  kg, y su velocidad de escape, de 1.22 km/s. Tarda 6 387 días en rotar sobre sí mismo. No presenta campo magnético.

Los cometas son otros cuerpos que integran el sistema solar. Están compuestos por hielo, polvo y rocas. De acuerdo con su periodo de traslación, pueden clasificarse en dos tipos: cometas de periodo corto y cometas de periodo largo. Los primeros tardan menos de veinte años en describir una órbita completa alrededor del Sol, por lo que podemos observarlos

cada poco tiempo. Los segundos requieren siglos o miles de años y debido a esto sólo podemos avistarlos una vez. Algunos cometas son: Halley, Kohoutek, Ikeya-Seki, Crommelin, Encke y Giacobini-Zinner.

Los asteroides son pequeños cuerpos celestes que orbitan alrededor del Sol, en un cinturón ubicado entre Marte y Júpiter. Se cree que se trata de los restos de un planeta que no se llegó a formar. Entre los más conocidos encontramos a Vesta, Palas, Juno, Ida, Gaspra, Hermes, Eros e Hidalgo, descubiertos en el siglo XIX. En 1977, el astrónomo Charles Kowal halló un asteroide entre las órbitas de Saturno y Urano al que llamó Quironte. El cinturón de Kuiper constituye una zona externa del sistema solar donde se encuentran miles de pequeños objetos transneptunianos, como Sedna y Varuna. Esta región, estudiada por Jane Luu y David Jewitt, está a punto de ser explorada por la sonda New Horizons. Finalmente, encontramos la llamada nube de Oort, el área más lejana del sistema solar. Se piensa que de ahí provienen los cometas que entran al interior:

En los últimos años hemos descubierto que el Sistema Solar externo es más complejo de lo que imaginábamos. Ha sido descubierta una población de objetos menores: el Cinturón de Kuiper, que ha desdibujado la frontera entre los conceptos de planeta, asteroide y cometa. Plutón, hoy considerado como el mayor de los objetos conocidos del Cinturón de Kuiper, ha resultado ser menor que la Luna y apenas mayor que objetos como Varuna y Quaoar, descubiertos en los albores del siglo XXI y que no han sido reconocidos como 'planetas' (Carrasco Licea y Carramiñana Alonso, 2005: 12).

La heliósfera es una zona dominada por el viento solar que se extiende más allá del planeta enano Plutón y llega hasta la heliopausa, región donde el viento solar interactúa con el espacio interestelar. Las sondas espaciales Voyager 1 y 2 viajaron ahí en 2004 y 2007, respectivamente.

Todas las características de los cuerpos celestes que conforman el sistema solar han sido descubiertas a lo largo de la historia de la astronomía. Desde hace siglos, estos datos se han obtenido principalmente gracias a las mediciones hechas por científicos en observatorios, así como por el uso de sondas no tripuladas que orbitan o descienden en los planetas y crean así una vasta biblioteca de información sobre sus atmósferas, parámetros orbitales, lunas y anillos:

Vivimos en un momento emocionante en la historia de nuestro sistema solar. Desde la antigüedad, tres planetas adicionales han sido descubiertos. Grandes telescopios han estudiado las nubes y las características de la superficie de todos los planetas. Sus posiciones y movimientos se han calculado para una precisión increíble (Bakich, 2000: VII).

El estudio del sistema solar en los tiempos actuales ha permitido llevar a cabo una comparación entre su estructura y la configuración de otros sistemas que se han descubierto mediante el uso del telescopio espacial Kepler. Las características de cada planeta deben servir para elaborar una clasificación de dichos astros, designando con letras a cada uno de ellos. Lo anterior servirá de base o modelo para los planetas extrasolares que se puedan localizar en el futuro. También contribuirá a lograr mejoras en los equipos instrumentales astronómicos, el perfeccionamiento de técnicas de observación y los modelos teóricos sobre la formación de los planetas que existen en la Vía Láctea.

#### TEÓRICOS Y DESCUBRIDORES DEL SISTEMA SOLAR

Si bien el número de científicos que han dedicado su vida a la astronomía es bastante numeroso, sólo se hará una breve mención de algunos, dada la influencia de sus contribuciones. Resulta interesante el hecho de que, desde tiempos inmemoriales, el

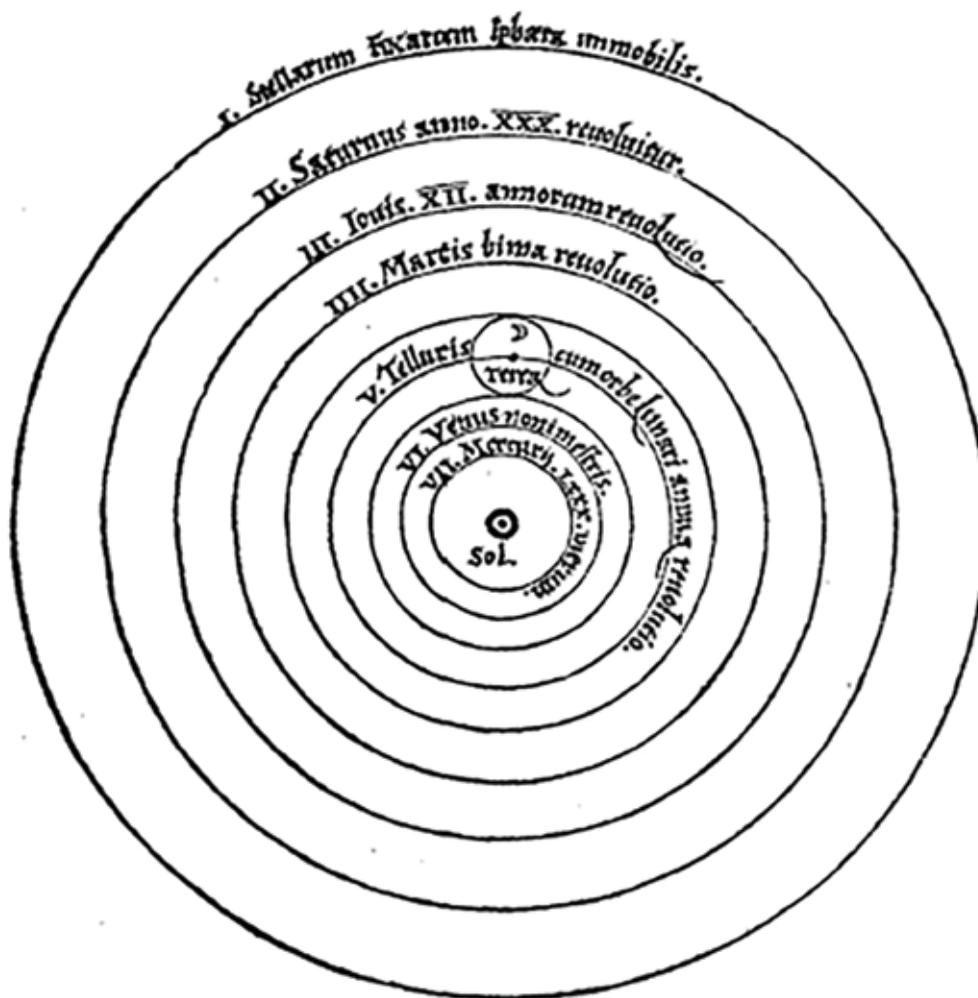
hombre empezó a observar el cielo y los astros, y se preguntó qué pasaba con ellos. En la antigua Grecia, por ejemplo, surgieron teóricos importantes que dieron las primeras explicaciones sobre el sistema solar y la forma de la Tierra.

Tales de Mileto afirmaba que nuestro planeta era un disco plano que flotaba sobre el agua; Aristarco de Samos propuso la teoría heliocéntrica. Para Heráclides del Ponto, la Tierra rotaba sobre su propio eje una vez cada veinticuatro horas. Parménides aseguraba que nuestro mundo era esférico y estático. Platón creía que la Tierra era el centro inmóvil del universo y que a su alrededor giraban todos los planetas y la esfera de estrellas fijas. Aristóteles dividió el universo en dos: el mundo celestial, que representaba lo incorruptible, y el mundo sublunar, al que correspondían los acontecimientos de carácter mutable y corruptible. Apolonio de Perge desarrolló un modelo matemático para explicar el movimiento planetario, aplicando un pequeño círculo llamado epiciclo.<sup>10</sup> Hiparco registró las posiciones y magnitudes de algunas estrellas, derivó la distancia entre la Tierra y la Luna y descubrió la 'precesión de los equinoccios'<sup>11</sup>; finalmente, Ptolomeo elaboró el sistema geocéntrico con epiciclos y deferentes, modelo que predominó por varios siglos.

La libertad de pensamiento entre los griegos cimentó las bases de la ciencia y abrió el camino a seguir a otros pensadores que se preocuparon por saber más sobre los cuerpos celestes. A pesar de que enfrentaron una diversidad de disturbios políticos, sociales, militares y económicos, estos hombres no cejaron en su intento por buscar la verdad. Los griegos legaron su conocimiento a nuevas generaciones de sabios, como los árabes, que destinaron sus esfuerzos a traducir las obras de los helenos y a desarrollar su propio pensamiento. Entre las figuras científicas que destacaron en la Edad Media encontramos al persa Abd al-Rahman Al Sufi, quien se

10 El 'epiciclo' es un elemento que no tiene que ver con la realidad, pero que fue utilizado por los antiguos astrónomos para explicar la velocidad y movimiento de los planetas. Se trata de un círculo dentro de otro círculo.

11 Movimiento retrógrado de los puntos equinociales o de intersección del ecuador con la eclíptica, en virtud del cual se van anticipando las épocas de los equinoccios.



Versión simplificada del sistema heliocéntrico de Copérnico.  
 Imagen extraída de la obra *De revolutionibus Orbium Coelestium* (2005). Ilustración: Copérnico

basó en el *Almagesto* (1984) de Ptolomeo para escribir *El libro de las estrellas fijas* (1874), y al árabe Al Battani, que estudió el avance del apogeo del Sol. Otra importante herencia árabe fue una serie de palabras para nombrar algunas estrellas brillantes, como Aldebarán, Altair, Mizar, Betelgeuse, etc. En Europa, en la misma época, el geocentrismo dominaba el ambiente intelectual, lo cual impidió una apertura hacia otras ideas durante muchos años.

A inicios de la Edad Moderna, el Renacimiento significó un momento de transición y cambio histórico que trajo consigo el empuje que muchos pensadores necesitaban. En Lidzbark, Nicolás Copérnico desarrolló sus ideas sobre el heliocentrismo. Su propuesta apareció en un pequeño texto titulado *Commentariolus* (2002), antecedente de la obra *De*

*revolutionibus orbium caelestium* (1965). En este último libro plasmó su idea central sobre la posición que ocupa el Sol en el sistema solar, y explicó que la Tierra gira en torno a él:

La idea fundamental del trabajo de Copérnico, la que habría de asegurarle un lugar entre los inmortales fue la sustitución de la Tierra por el Sol como centro del Universo, ‘degradando’ a la primera a la categoría de simple planeta. Cabe señalar, sin embargo, que su pretensión no era, ni con mucho, la de originar una revolución; conservador hasta la médula de sus huesos, buscaba simplemente una disposición geométrica del Sistema Solar que permitiese una explicación del

movimiento observado de los planetas en términos exclusivamente de movimientos circulares 'puros', cuyo abandono en aras de 'excéntricas' y 'deferentes' criticaba acerbamente (Fierro y Herrera, 2003: 62-63).

El planteamiento de Copérnico desató fuertes polémicas entre los estudiosos de la astronomía y los religiosos. Durante esta pugna, que duró bastante tiempo, algunos pensadores fueron víctimas de persecución, censura y en ocasiones perdieron la vida. Sin embargo, toda revolución requiere un hombre con visión. La obra de Copérnico inspiró el trabajo de muchos hombres que cimentaron las bases del conocimiento científico sobre la naturaleza, la estructura y el funcionamiento del sistema solar:

El trabajo copernicano no pretendía un enfrentamiento, sino que buscaba explicar los problemas que a lo largo de mucho tiempo se habían acumulado en la astronomía tradicional, referentes a los movimientos celestes, sin embargo para hacerlo, había que enfrentarlos en forma radical, pues sólo de esa manera podrían resolverse las contradicciones existentes, así que sin proponérselo, pero sí consciente de ello, Copérnico produjo un texto revolucionario, que por la complejidad de su lenguaje matemático fue leído y comprendido por muy pocos, pero la idea central del movimiento terrestre sí llegó a sectores más amplios de la población y fue eso precisamente lo que se atacó (Moreno Corral, 2014: 37).

Entre los pensadores que rescataron los postulados de Copérnico para esbozar sus propias teorías destaca Galileo Galilei, científico italiano cuyo interés por la ciencia lo llevó a realizar hallazgos de gran importancia. El astrónomo nacido en Pisa derrumbó las bases de la escuela aristotélica y encontró que la Vía Láctea está compuesta por miles de estrellas. A él debemos el descubrimiento de las cuatro lunas de Júpiter, cráteres y montañas en la Luna, las fases de

Venus y los anillos de Saturno, hallazgos que reforzaron la propuesta de Copérnico:

Galileo pasó gran parte de su vida en defensa y polémicas. No sólo decidió defender y explicar el sistema copernicano con vigor y claridad sino que, aún más, enérgicamente defendió el papel de la ciencia al descubrir la verdad en el mundo natural. Desde 1604 hasta el decreto de 1616 enseñó y escribió sobre la teoría copernicana y utilizó alguno de sus descubrimientos astronómicos, incluso el de las manchas del Sol en apoyo de sus argumentos (Durham y Purrington, 1989: 156).

A causa de su lucha en favor de la ciencia, Galileo fue castigado por la Iglesia católica, que defendía las tesis aristotélicas. Otro fiel seguidor del modelo copernicano fue Kepler, quien tuvo la idea de que el universo estaba formado por figuras geométricas y para comprobarlo recurrió a los cinco sólidos pitagóricos. El pensador alemán plasmó sus primeras investigaciones en su obra *Mysterium cosmographicum* (1992). Posteriormente, comenzó a estudiar a Marte por consejo de Tycho Brahe. De sus observaciones llegó a deducir que la verdadera forma de las órbitas planetarias es elíptica. Asimismo, formuló las leyes del movimiento de estos cuerpos celestes, las cuales mencionamos a continuación: 1) El Sol ocupa uno de los focos de la elipse, 2) Un planeta barre áreas iguales en tiempos iguales, y 3) Los cuadrados de los periodos de los planetas son proporcionales a los cubos de sus distancias medias al Sol. El astrónomo publicó *Harmonices mundi* (1619) ocho días antes de la defenestración de Praga, episodio que inició la guerra de los Treinta Años (1618-1648). Kepler también dialogó con Galileo. En 1655, Christiaan Huygens observó Titán, la luna más grande de Saturno, estudió la naturaleza de los anillos de este planeta que tanto intriguaron a Galileo, e incluso distinguió la región llamada Syrtis Major Planum en la superficie de Marte. Estos hallazgos reforzaron el heliocentrismo.

A partir de la segunda mitad del siglo XVII, la astronomía se ha visto fortalecida con nuevas teorías sobre la configuración, estructura y funcionamiento del sistema solar. Esto ha permitido dejar de lado las explicaciones de tipo teológico y estático. En el siglo XVIII, por ejemplo, en medio del surgimiento de la Revolución Industrial y de los disturbios ocasionados durante la Revolución francesa, William Herschel descubrió Urano. En la Nueva España, Jean-Baptiste Chappe d'Auteroche y Joaquín Velázquez de León observaron el tránsito del planeta Venus por el disco del Sol (1769), y José Antonio Alzate y Ramírez estudió el movimiento de traslación de Mercurio (hacia 1780).

La actividad astronómica en el siglo XIX fue más intensa: Piazzi descubrió los asteroides a partir del análisis de Ceres. John C. Adams y Urbain Le Verrier examinaron Neptuno mediante cálculos matemáticos derivados de las irregularidades en la órbita de Urano. El astrónomo alemán Johann Gottfried Galle identificó a Neptuno desde el observatorio de Berlín, y el inglés William Lassell descubrió Tritón en octubre de 1846. Bajo la dirección del contraalmirante Mouchez, del observatorio de París, se inició el mapa fotográfico conocido como la Carta del Cielo.

A instancias de su esposa y teniendo como antecedentes la obra *Micromegas* (2011), de Voltaire y *Los viajes de Gulliver* (2005), de Jonathan Swift, Asaph Hall continuó analizando Marte y dio con sus lunas. Los astrónomos mexicanos también hicieron importantes aportaciones: Francisco Díaz Covarrubias observó el tránsito de Venus frente al disco solar en 1874, y Francisco Javier Escalante Planarte estudió el planeta rojo. En 1877, el astrónomo italiano Schiaparelli reportó haber visto canales en su superficie, y el estadounidense Percival Lowell publicó dos libros sobre este planeta: *Marte* (1895) y *Marte y sus canales* (1906). Además, Schiaparelli postuló la hipótesis de la existencia de un noveno planeta más allá de Neptuno. En 1892, Edward Emerson Barnard descubrió Amaltea.

Ya en el siglo XX, Clyde Tombaugh, del observatorio Lowell, descubrió Plutón en 1930. En 1976, un

análisis espectrográfico reveló la presencia de meta-no sobre la superficie del planeta enano. Este periodo de la historia se ha caracterizado por el desarrollo de la era espacial, la exploración a gran escala del sistema solar y el arribo del hombre a la Luna entre 1969 y 1972. En 1977, los astrónomos descubrieron los anillos del planeta Urano, y al año siguiente, Caronte, luna de Plutón. Sin embargo,

En la actualidad todavía no se cuenta con una teoría que explique satisfactoriamente la existencia de los diferentes objetos que forman el Sistema Solar. Éste es un problema que sigue vigente, y en la búsqueda de soluciones seguramente se irán encontrando datos novedosos sobre el sistema planetario y su estrella (Moreno Corral, 2003: 161).

Observaciones y teorías son la base para el estudio de la naturaleza del universo. La eliminación de ideas religiosas ha contribuido al avance de la astronomía. Ya en los siglos XVI y XVII esta ciencia comenzó a desarrollarse y alcanzó su auge en los siglos XX y XXI, gracias al uso de nueva tecnología. Esto ha permitido una mejor comprensión del lugar que tiene la Tierra en el sistema solar:

Pero el espacio no es tan solo un horizonte territorial, también lo es intelectual y científico, pues condiciona la comprensión del universo que habitamos. El espacio plantea un reto tecnológico porque impulsa el desarrollo de sensores e instrumentos, sistemas de tratamiento de información, sistemas de cálculo, sistemas de comunicación, navegación, automatización, robótica y una serie de tecnologías capaces de aumentar la calidad de vida en este planeta (Terzian y Bilson, 1999: 17).

La comunidad científica ha sido la clave para entender la estructura y funcionamiento del sistema solar.

La curiosidad por saber cómo se movían los planetas llevó a algunos de estos hombres a reformar las matemáticas y, por consiguiente, la astronomía, con lo cual rompieron una serie de paradigmas religiosos. El descubrimiento de cuerpos celestes cambió la percepción que hasta entonces se tenía del universo y de las dimensiones del sistema solar. En el siglo XXI, la llegada a Plutón de la sonda espacial New Horizons constituyó un hito en la era de la exploración humana del espacio. Sin embargo, todavía quedan muchas interrogantes respecto a algunos astros, como Europa, luna de Júpiter, y Encélado y Titán, lunas de Saturno.

Los antecedentes arriba mencionados son indispensables para tener un conocimiento integral sobre la historia de la astronomía. Estos avances científicos bien pueden ubicarse en una cronología porque en cada época han existido pensadores que han propuesto teorías sobre la naturaleza del sistema solar y han intentado comprenderlo cualitativa y cuantitativamente. Sus postulados han sido reforzados con los resultados de las diversas misiones espaciales, las investigaciones y los hallazgos hechos con ayuda de máquinas. Estos conocimientos deben ayudar a corregir las confusiones que se generan entre el público no especializado. Por ejemplo, se debe elaborar una explicación respecto a la clasificación de los planetas del sistema solar que la IAU acordó en Praga en 2006. En ella se estipuló que estos cuerpos celestes podían tipificarse como terrestres, jovianos o enanos, y tanto Plutón como otros objetos transneptunianos quedaron incluidos dentro del último grupo.

#### FLOTA DE EXPLORACIÓN INTERPLANETARIA Y LUNAR

A partir de la segunda mitad del siglo XX, el hombre dispuso de una nueva tecnología que le permitió acercarse más a los astros del sistema solar. Son- das espaciales no tripuladas fueron enviadas a la Luna —único cuerpo al que hemos podido visitar en

persona— y, posteriormente, al resto de los planetas. Al inicio, dos naciones contaban con los recursos necesarios para tales empresas: Estados Unidos y la Unión Soviética. Actualmente se han desarrollado programas de exploración espacial en la Unión Europea, Japón, China y recientemente India, país que ha logrado colocar una sonda artificial en la órbita de Marte. Al momento existe una gran y rica variedad de misiones robóticas que han sido enviadas a los planetas, a sus lunas, asteroides y cometas.

La exploración es el resultado de una creciente curiosidad del hombre por saber y conocer el entorno en el que vive, empezando por su propio hogar planetario. Los descubrimientos geográficos contribuyeron a desterrar ideas como que la Tierra era plana o que los mares tenían un límite. Se ampliaron las rutas comerciales y el intercambio cultural se hizo cada vez más intenso. Incluso la actividad bélica se extendió a lugares que anteriormente no se conocían, como en la conquista de América. En un determinado momento, la Tierra ya había sido explorada por completo, y entonces se confeccionaron mapas del globo terráqueo.

Los siglos quince al diecisiete representan un gran momento decisivo de nuestra historia. Empezó a quedar claro que podíamos aventurarnos a cualquier lugar de nuestro planeta. Naves intrépidas de media docena de naciones europeas se dispersaron por todos los océanos. Hubo muchas motivaciones para estos viajes: la ambición, la codicia, el orgullo nacional, el fanatismo religioso, la remisión de penas, la curiosidad científica, la sed de aventuras, la imposibilidad de encontrar un buen empleo [...] Estos viajes hicieron mucho mal y también mucho bien (Sagan, 1987: 139).

En el siglo XX se exploraron las regiones inhóspitas del Ártico y el Antártico, y se empezó a investigar el fondo de los mares. Entre 1960 y 1990 se dio una época dorada en la exploración interplanetaria,

lunar y solar. A continuación se mencionan algunos de los vehículos no tripulados que llevaron a cabo dichos viajes. A Mercurio se enviaron las sondas Mariner 10 y Messenger. Venus fue visitado por las sondas Pioneer Venus y Magallanes (Estados Unidos), las naves Venera y Vega en los años sesenta (Unión Soviética), y la sonda Venus Express (Unión Europea). A la Luna se dirigieron las sondas Ranger, Surveyors, Lunar Prospector, Lunar Reconnaissance Orbiter, Clementine, y las misiones tripuladas Apolo (Estados Unidos), las naves de la serie Lunik y el astromóvil Lunokhod (Unión Soviética), la sonda Chang'e 2 (China, 2010), y la Chandrayaan 2 (India, 2013). A Marte llegó la serie estadounidense de las sondas Mariner (1965-1971) y Viking (1975 y 1976) —que realizaron diversos experimentos científicos, como la medición de densidad, presión y temperatura de la atmósfera marciana, análisis de las propiedades físicas del suelo y la velocidad del viento, e incluso pruebas de tipo biológico para determinar la existencia de vida microbiana—, la Mars Pathfinder, la Mars Observer, la Mars Global Surveyor, la Mars Polar Lander, la Mars Odyssey, la Mars Reconnaissance Orbiter, y los robots Spirit y Opportunity. Por su parte, Rusia envió las naves de la serie Marsnik y las Fobos I y II. La sonda Mangalyaan (2014), procedente de India, fue puesta en la órbita de Marte para determinar la cantidad de metano en su atmósfera.

Al sistema solar exterior fueron lanzadas las sondas estadounidenses Pioneers 10 (1973) y 11 (1979), que se aproximaron a Júpiter y Saturno, respectivamente, además de las Voyager 1 y 2 (1977). Estas misiones dieron inicio a una revolución del conocimiento astronómico sobre los planetas ubicados en esta región de la galaxia. Júpiter, así como sus lunas más grandes, fueron explorados por las Voyager 1 y 2 en 1979. La Voyager 1 captó la presencia de un anillo en torno al planeta. Lo mismo fue



Lanzamiento del Voyager II (1977).  
Fotografía: NASA / Jet Propulsion Laboratory -Caltech

observado por la nave espacial Galileo a mediados de los noventa. En este último viaje de exploración también se llevaron a cabo algunos experimentos y mediciones del campo magnético, la composición atmosférica, las propiedades físicas y dinámicas de las lunas más grandes del sistema joviano, la temperatura y densidad de la atmósfera, y la velocidad de los vientos. También se detectaron partículas energéticas. A Saturno llegaron las sondas Voyager 1 y 2 en 1980 y 1981, y la sonda Cassini, que no ha dejado de trabajar desde su arribo en 2004. En este planeta se han llevado a cabo algunos estudios de su estructura tridimensional, el comportamiento dinámico de sus anillos y su atmósfera. Se han determinado las propiedades físicas de las lunas saturnianas, la dinámica de la magnetósfera, la actividad geológica de Encélado, y se realizó la cartografía de Titán.

También se encontraron grandes cantidades de agua que posiblemente esté congelada. La sonda Galileo liberó unas pequeñas cápsulas en la atmósfera de Júpiter, y Cassini hizo lo mismo sobre Titán, la luna más grande del sistema saturniano.

Los planetas exteriores Urano y Neptuno fueron visitados por la sonda Voyager 2 en 1986 y 1989, respectivamente. En Urano, la Voyager 2 encontró que la temperatura de Miranda es de  $-187^{\circ}\text{C}$ , y descubrió nuevas lunas jamás vistas desde la Tierra, como Cordelia y Ofelia. También envió imágenes de sus anillos. En Neptuno, la misma nave descubrió la Gran Mancha Oscura y determinó que la velocidad de los vientos que soplan es de cerca de 2000 km/h. Además, captó la presencia de anillos que confirmaron las sospechas de los científicos. Plutón y Caronte, su luna más grande, ya han sido explorados por la nave New Horizons, que ya está rumbo a otros objetos, revolucionando el escaso conocimiento que se tenía sobre estos astros. A la exploración del astro rey se encuentra abocado el Solar Dynamics Observatory (SDO) (Observatorio Solar Orbital) y la sonda Ulysses, que fue enviada a Júpiter para llegar a una órbita polar alrededor del Sol.

Otros cuerpos celestes han sido explorados por la sonda Giotto, de la Agencia Espacial Europea. Vega fue enviada por la Unión Soviética hacia el cometa Halley en 1986, y la sonda Near Earth Asteroid Rendezvous (NEAR) hizo un descenso sobre el asteroide Eros en 2001. Cada una de estas naves forma parte de toda una flota de exploración interplanetaria, lunar y solar que ha cumplido perfectamente los objetivos para los que fueron diseñadas:

La verdadera exploración de los planetas comenzó hasta la era de los viajes espaciales, especialmente a partir de 1970, con ocasión del lanzamiento de sondas. Desde entonces han aumentado en gran medida los conocimientos sobre los planetas. Son tantos los científicos de diversos países que han participado y participan en estos programas de investigación que por motivos de espacio

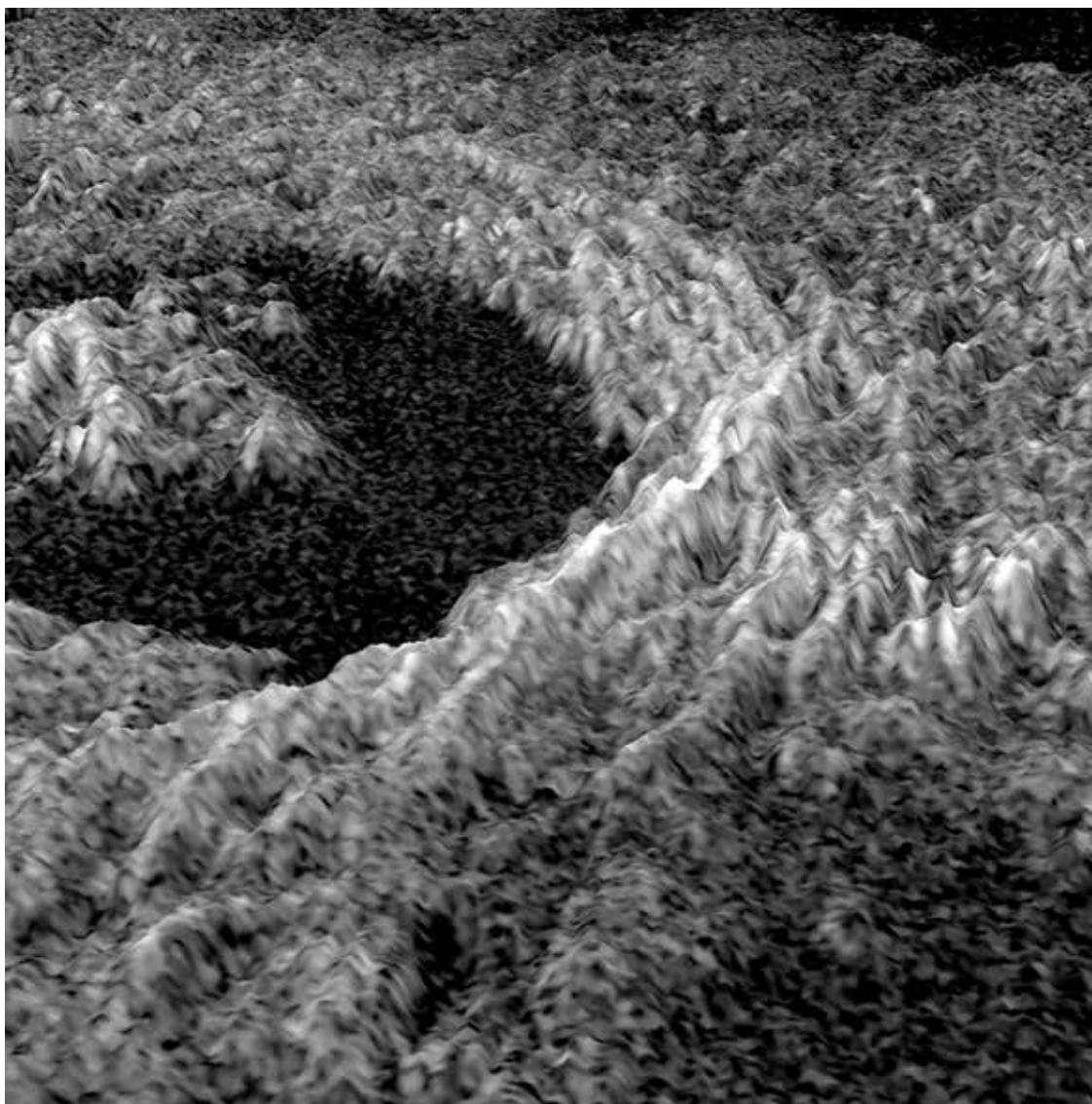
resulta imposible citar sus nombres (Keppler, 1986: 20).

La reestructuración teórica y metodológica y los conocimientos que han adquirido astrónomos, físicos y matemáticos a lo largo de siglos han permitido crear naves espaciales no tripuladas con las que se ha tenido acceso a lugares distantes e inhóspitos, como los planetas del sistema solar. Se han invertido millones de dólares en el diseño, construcción y lanzamiento de estos vehículos. La exploración de los diferentes astros en busca de recursos naturales que pueden ser explotados para satisfacer las necesidades humanas básicas e impulsar la industrialización en los lugares que pueden ser factibles de establecimiento humano, como la Luna y Marte, parece ir en el camino correcto. Los hallazgos conseguidos hasta hoy se asemejan en importancia y envergadura al descubrimiento y conquista de América. Paso a paso, el hombre llegará a los planetas más cercanos a la Tierra.

#### HACIA EL FUTURO: PLANETAS EXTRASOLARES

En el siglo XVI, Giordano Bruno tuvo la sospecha filosófica, pero carente de toda base científica, de la existencia de planetas en otras estrellas. Por proponer esta teoría fue ejecutado por la Iglesia católica tras acusarlo de herejía y de contradecir las Sagradas Escrituras. Tuvieron que pasar algunos siglos para corroborar las conjeturas de Bruno, juzgadas en su época como impías.

Los resultados de las investigaciones sobre la naturaleza del universo han permitido conocer las características e historia de cada planeta y objeto que existe en el sistema solar. El conocimiento adquirido ha sido mucho mayor en los casos en que las naves han orbitado o descendido en estos cuerpos. Antes del primer descubrimiento de un sistema planetario, la ciencia ficción ya había tocado el tema de los viajes a otros planetas y a sus respectivas lunas. Desde su



Perspectiva tridimensional del cráter Golubkina (1996).  
Imagen de radar: NASA / Jet Propulsion Laboratory - Caltech

instalación, los telescopios espaciales Hubble y Kepler han sido empleados para escudriñar las profundidades del espacio y ubicar posibles sistemas solares que haya en otras partes de la galaxia:

Un descubrimiento reciente de extraordinaria importancia, y muy afortunado por lo casual, es el hallazgo de un sistema planetario auténtico alrededor de una estrella remota, a unos 1300 años luz de distancia, realizado mediante una técnica de lo más inesperada: el púlsar designado como B 1257 + 12 es una estrella de neutrones en rotación rápida,

un sol increíblemente denso, un residuo de una estrella masiva que sufrió una explosión de supernova (Sagan, 1996: 146).

El hallazgo narrado por Sagan ocurrió en 1992. A partir de entonces se localizaron objetos que circundaban esta estrella de neutrones. De este modo comenzó la búsqueda sistemática de planetas con el telescopio Kepler, procedimiento que ha dado buenos resultados. De acuerdo con sus características, los astrónomos han clasificado en dos grupos los objetos encontrados en otros soles: superjúpiteres y supertierras. También les han dado designaciones,

como Gliese y Kepler, y han añadido la distancia que los separa de sus estrellas, lo que ha permitido la comparación estructural del sistema solar. Ejemplo de esto son 51 Pegasi y HD 83443. La colocación de observatorios espaciales ha contribuido a detectar cuerpos celestes que se encuentran a cientos de años luz del Sol:

El trabajo ha sido muy fructífero y desde 1995 hasta la fecha, los múltiples grupos dedicados a esta labor han encontrado planetas alrededor de 67 estrellas (hasta abril de 2001), y en varias de ellas se han detectado más de un planeta. Todos los planetas descubiertos alrededor de estrellas parecidas al Sol tienen masas entre 0.5 y 15 veces la de Júpiter, todos son enormes (Arellano Ferro, 2003: 103).

Hay trabajo por hacer. Se deben analizar características como la masa, el tamaño, los parámetros orbitales, la atmósfera, el diámetro ecuatorial, el tipo de sistema estelar y la cercanía que tienen los planetas descubiertos con sus respectivas estrellas. Es decir, hay que elaborar una tabla clasificatoria parecida al diagrama de Hertzsprung-Russell, y designar una letra para cada uno de estos cuerpos. También se debe analizar la composición atmosférica de dichos exoplanetas y sus lunas, que bien podría estar constituida por las combinaciones oxígeno-nitrógeno, oxígeno-argón, oxígeno-metano, oxígeno-bióxido de carbono, o hidrógeno-helio, como en los casos de Júpiter y Saturno. Esto se puede deducir mediante un análisis espectrográfico de la luz que proviene de dichos astros. Con base en estos datos se podría establecer un cuadro de categorización de planetas similar al manejado en la serie de ciencia ficción *Star Trek* (1966), según el cual la Tierra es un planeta clase M por su atmósfera de nitrógeno-oxígeno.

Es posible que existan lunas en las órbitas de los planetas extrasolares descubiertos, y que en ellas haya condiciones físicas favorables para el sostenimiento de vida. Esto dependerá de que la distancia que las separa de sus estrellas sea similar a la que

hay entre la Tierra y el Sol. También se encontrarán lunas masivas y enormes, otras poco masivas y pequeñas, e incluso simples asteroides. Algunas veces, los planetas extrasolares se ubican en sistemas binarios o múltiples de estrellas, por lo que sus parámetros orbitales son muy difíciles de determinar. Esto se debe a que las fuerzas gravitacionales inciden en la trayectoria de los planetas y provocan que choquen contra las estrellas principales o sean expulsados de sus sistemas originarios. En caso de coincidir con cuerpos masivos, los planetas pequeños podrían o no sobrevivir.

Así como Copérnico comprobó que el geocentrismo era una teoría incorrecta, Harlow Shapley demostró que el Sol y todo su sistema no estaban en el centro de la galaxia, sino casi en sus afueras, en el llamado brazo de Orión. Antes de 1992 se creía que el sistema solar era el único en su tipo, sin embargo, se sospechaba la existencia de planetas que giraban en torno a otras estrellas. Alexander Wolszczan confirmó dicha hipótesis, y a partir de ese momento grupos de astrónomos empezaron a ubicar un gran número de planetas. La búsqueda se ha intensificado aún más con el perfeccionamiento de las técnicas de observación y el uso de telescopios orbitales. Actualmente, el progreso en las teorías y el adelanto tecnológico han establecido una relación simbiótica en la que el hombre es el centro tanto de la actividad social como de la creación de saberes. La exploración del cielo y los astros forman parte de la historiografía científica, y por tanto, deben enmarcarse en la historiografía general:

El Hombre dispone de un ámbito de decisión y libertad que, en último análisis, depende de su capacidad para manejar de diferentes maneras los equilibrios más o menos flexibles entre instancias coactivas diversas que además están sujetas a un constante cambio (Elias, 2013: 55).

La astronomía es una creación humana sujeta a constante dinamismo. Ejemplo de ello es el

descubrimiento de planetas extrasolares, lo que constituye un hito en la historiografía científica y un cambio de velocidad en la historiografía general. Hablar de estos cuerpos implica un cambio en la percepción del hombre respecto al universo y al lugar que ocupa en el mismo.

Las sondas Pioneer 10 y 11, y Voyager I y II son los vehículos más veloces que se han fabricado. Sin embargo, por su lejanía del sistema solar alcanzarán las estrellas más próximas a él en unas decenas de miles de años. En algún momento de la historia, el hombre desarrollará naves espaciales lo suficientemente rápidas para llegar hasta los planetas de su propio sistema solar y, posteriormente, a otros soles, como Próxima Centauri, Sirio, Vega o la estrella de Barnard. Lo único que se puede hacer con la tecnología actual es diseñar una nueva generación de sondas automáticas que continúen la exploración de los planetas, sus lunas y anillos, así como asteroides y cometas. También se debe planear un viaje con tripulación, al menos a un planeta cercano a la Tierra, como Marte.

Respecto a los planetas extrasolares, se deben perfeccionar las técnicas de análisis en observatorios de superficie, mejorar los dispositivos electrónicos de los observatorios orbitales y ampliar su campo visual de exploración. La visita de estos cuerpos es por el momento sólo competencia de la ciencia ficción, como sucede en las series *Viaje a las estrellas* (1966-1969), del finado Gene Roddenberry; *Babylon 5* (1994-1998), de J. Michael Straczynski, y en las cintas cinematográficas *Interestelar* (2014), dirigida por Christopher Nolan, y *Avatar* (2009), de James Cameron, entre otras.

Finalmente, podemos concluir que el hombre siempre ha tratado de conocer el sistema solar. Primero lo hizo mediante las fantasías que tuvo sobre los astros que se mueven por la bóveda celeste. Luego, pensadores dedicados a la observación rompieron paradigmas tanto religiosos como filosóficos que habían permanecido durante miles de años en la mente humana. La aplicación de elementos tecnológicos, como el telescopio, los astrolabios y los

sextantes, permitió conocer con más detalle las características de los cuerpos celestes. Con el tiempo, el hombre encontró la forma de enviar dispositivos hacia aquellos puntos de luz en el espacio y se dio cuenta de que eran lugares distintos a la Tierra. Su curiosidad aumentó considerablemente y lo llevó a crear una gran flota de sondas de exploración interplanetaria y lunar. Así, resolvió algunos misterios del sistema solar, pero encontró otros. A raíz de esto se han planeado nuevas misiones y en el futuro se espera poder llegar a Marte. La observación sistemática del firmamento llevó a los astrónomos a encontrar nuevos astros a los que designó como planetas extrasolares. Dicho descubrimiento amplió aún más el panorama que se tenía sobre el universo. La astronomía tiene una gran labor por delante, y los historiadores deben cumplir con la ardua tarea de historiografiar estos logros y hallazgos. El tiempo será testigo de las nuevas aportaciones y exploraciones hechas por nuevas generaciones de científicos y sondas espaciales.

## REFERENCIAS

- Al-Rahman, Abd (1874), *Description des étoiles fixes*, San Petersburgo, Academia Imperial de las Ciencias.
- Arellano Ferro, Armando (2003), *Por qué no hay extraterrestres en la Tierra*, México, Fondo de Cultura Económica.
- Bakich, Michael E. (2000), *The Cambridge Planetary Handbook*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Bradbury, Ray (1950), *The Martian Chronicles*, Nueva York, Doubleday.
- Burroughs, Edgar Rice (2002), *Una princesa de Marte*, Traducción de Román Goicochea Luna, Madrid, Pulp Ediciones.
- Cameron, James (dir.) (2009), *Avatar*, cinta cinematográfica, Estados Unidos, 20th Century Fox.
- Cameron Menzies, William (dir.) (1953), *Invaders from Mars*, cinta cinematográfica, Estados Unidos, 20th Century-Fox.
- Carpenter, John (dir.) (2001), *Ghosts of Mars*, cinta cinematográfica, Estados Unidos, Screen Gems / Storm King Productions / Animationwerks.
- Carrasco Licea, Esperanza y Alberto Carramiñana Alonso (2005), *Del sol a los confines del sistema solar*, México, Fondo de Cultura Económica.
- Clarke, Arthur C. (1968), 2001: *A Space Odyssey*, Londres, Hutchinson.
- Copérnico, Nicolás (1965), *Las revoluciones de las esferas celestes*, Buenos Aires, Eudeba.

- Copérnico, Nicolás (2002), *Commentariolus. Pequeño comentario sobre Nicolau Copérnico sobre suas próprias hipótesis acerca dos movimentos estelares*, Sao Paulo / Río de Janeiro, Editora Livraria da Física.
- De Palma, Brian (dir.) (2000) *Mission to Mars*, cinta cinematográfica, Estados Unidos, Walt Disney Productions.
- Durham, Frank y Robert D. Purrington (1989), *La trama del universo. Historia de la cosmología física*, México, Fondo de Cultura Económica.
- Elias, Norbert (2013), *Sobre el tiempo*, México, Fondo de Cultura Económica.
- Fierro, Julieta y Miguel Ángel Herrera (2003), *La familia del sol*, México, Fondo de Cultura Económica.
- Harrington, Curtis (dir.) (1966), *Queen of Blood*, cinta cinematográfica, Estados Unidos, Cinema West Productions.
- Hoffman, Antony (dir.), (2000), *Red Planet*, cinta cinematográfica, Estados Unidos, Warner Bros / Village Roadshow Pictures.
- Horner, Harry (dir.) (1952), *Red Planet Mars*, cinta cinematográfica, Estados Unidos, Melaby Pictures.
- Kepler, Johannes (1619), *Harmonices mundi*, Linz, Godofredi Tampachii.
- Kepler, Johannes (1992), *El secreto del universo*, Madrid, Alianza Editorial.
- Kepler, Erhard (1986), *Sol, lunas y planetas*, Barcelona, Salvat Editores.
- Littman, Mark (2004), *Planets Beyond. Discovering the Outer Solar System*, Massachusetts, Courier Corporation.
- Lowell, Percival (1895), *Mars*, Boston, Houghton Mifflin.
- Lowell, Percival (1906), *Mars and Its Canals*, Londres, Macmillan Company.
- Márov, M. (1985), *Planetas del sistema solar*, Moscú, Editorial Mir.
- Melchior, Ib (dir.), (1960), *The Angry Red Planet*, cinta cinematográfica, Estados Unidos, American International Pictures/Sino Productions.
- Moreno Corral, Marco Arturo (2003), *La morada cósmica del hombre. Ideas e investigaciones sobre el lugar de la Tierra en el universo*, México, Fondo de Cultura Económica.
- Moreno Corral, Marco Arturo (2014), *Copérnico y el heliocentrismo en México*, Guanajuato, Universidad de Guanajuato.
- Nolan, Christopher (dir.) (2014), *Interstellar*, cinta cinematográfica, Estados Unidos, Legendary Pictures / Syncopy Films / Lynda Obst Productions.
- Ptolomeo (1984), *Ptolemy's Almagest*, Nueva York, Springer Verlag.
- Roddenberry, Gene (productor) (1966), *Star Trek: The Original Series*, serie de televisión, Estados Unidos, NBC.
- Sagan, Carl (1987), *Cosmos*, Barcelona, Editorial Planeta.
- Sagan, Carl (1996), *Un punto azul pálido. Una visión del futuro humano en el espacio*, Barcelona, Planeta.
- Selander, Lesley (dir.) (1951), *Flight to Mars*, cinta cinematográfica, Estados Unidos, Monogram Pictures Corporation.
- Straczynski, J. Michael (productor) (1994), *Babylon 5*, serie de televisión, Estados Unidos, Prime Time Entertainment Network.
- Swift, Jonathan (2005), *Los viajes de Gulliver: viajes a varios países remotos del mundo, en cuatro partes, por Lemuel Gulliver (médico, primero y después, capitán de varios barcos)*, Barcelona, Editorial Juventud.
- Terzian, Yervant y Elizabeth Bilson (1999), *El universo de Carl Sagan*, México, Ediciones Akal.
- Voltaire (2011), *Micromegas*, México, Ediciones Sin Nombre.
- Wells, H. G. (1898), *The War of the Worlds*, Nueva York, Harper & Brothers.

FERNANDO FRANCISCO LÓPEZ GÓMEZ. Es profesor de la Escuela Preparatoria Oficial No. 172 del Estado de México, México, en la comunidad de Jiquipilco el Viejo, Municipio de Temoaya, donde imparte las asignaturas de Historia Universal, Economía y Proyectos Institucionales II. Licenciado en Historia y Maestro en Estudios Latinoamericanos por la Facultad de Humanidades de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), México. Impartió cursos intersemestrales sobre Historia de la Ciencia, Astronomía e Historia de la Astronomía en México en la misma institución. Elaboró una línea del tiempo para el Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México, que se encuentra en revisión.