

2.01. William Herschel (1738 – 1822).

2.01.1. Introducción y boceto biográfico:

La revolución astronómica que se iniciara con la obra de Copérnico, en 1543, gracias a los aportes geniales de Kepler y Galileo, culminó con la obra monumental de Newton, en 1687. Ella es conceptualmente tan fértil que por espacio de más de un siglo sirvió de fuente de inspiración y trabajo a una pléyade de grandes genios como Euler, Clairaut, d'Alembert, Lagrange y Laplace. Con la obra de éste último, la mecánica celeste alcanzó su grado máximo de desarrollo. Es notable el gran talento intelectual de los mecánicos celestes del siglo XVIII y comienzos del XIX, que les permitió lograr grandes avances en los métodos analíticos y de cálculo; gracias a ellos la Astronomía se perfeccionó extraordinariamente, haciéndose más matemática. Sin embargo en ese período no se abrieron nuevos rumbos para la astronomía. Pareció estar cercano el momento en que el Universo pudiese ser descrito en forma total en un libro monumental del conocimiento astronómico. Debemos a William Herschel el haber desvanecido esa ilusión de las mentes de fines del siglo XVIII. Con Herschel volvió el hombre a constatar que lo que falta por conocer parece no disminuir, por rápido que avance el conocimiento; es como el horizonte, nunca llegaremos a él aunque nos desplazemos a gran velocidad.

Friedrich Wilhem Herschel, más conocido como **William Herschel**, nació en Hannover el 15 de Noviembre de 1738, once años después de la muerte de Newton, dos años después del nacimiento de Lagrange y nueve antes del de Laplace. Hannover, hoy ciudad alemana, pertenecía en esa época al Imperio Británico, siendo parte de él hasta 1837, año en que subió al trono la Reina Victoria. Herschel pertenecía a una familia de músicos. Era el tercero de seis hijos de Isaac Herschel, oboísta de la banda militar de la guardia Hannoveriana. Su padre llegó a ser director de la banda Hannoveriana y William y sus hermanos heredaron su talento musical. A la edad de catorce años William entró a la banda, junto con su hermano mayor, Jacobo, donde William tocaba el oboe.

La vida en el ejército no resultó de su agrado. Corrían los días de la guerra de los Siete Años que enfrentaron a Prusia y Austria, con Inglaterra de parte de Prusia y Francia y Rusia por el lado de Austria; la guerra se desarrolló entre 1756 y 1763. Después de una desagradable participación en la batalla de Hastenbeck, William abandonó la banda y se marchó a Inglaterra, en 1757, junto a su hermano Jacobo, para buscar nuevos horizontes como músico.

Después de algunos años en Yorkshire, Leeds y Halifax, en 1766 se trasladó a Bath, centro de la moda inglesa en ese tiempo. Allí fue oboísta en la orquesta Linley y organista en la nueva capilla octogonal. Tocaba el oboe, el violín, el clavecín y el órgano. Su popularidad como músico y profesor de música aumentó

considerablemente. Tocaba, dirigía y componía; sus alumnos particulares aumentaron a tal número que llegó a tener 35 clases particulares a la semana. Sus logros como compositor no son nada despreciables: compuso 24 sinfonías, dos conciertos para violín, dos conciertos para órgano y varias otras obras.

A pesar de la extraordinaria actividad de esa época, siempre se dio tiempo para leer libros de matemáticas, óptica y astronomía. El libro *"Astronomy explained upon Sir Isaac Newton principles"* de John Ferguson (1720–1766) lo maravilló y lo llevó a: *"no aceptar nada como verdadero sino ver y examinar todo lo que otros han visto antes que yo"*. Su interés por ver con sus propios ojos lo hizo comprar un pequeño telescopio refractor. Los refractores sufren de aberración cromática, que en esa época trataba de minimizarse haciendo telescopios de grandes distancias focales. Herschel de dio cuenta de lo difícil que resultaba manejar un refractor de grandes dimensiones. Construyó refractores de 1,2 3,6 4,5 y 9 metros de distancia focal pero terminó por abandonarlos. Entonces, hacia fines del 1773, William arrendó un pequeño



Sir William Herschel

telescopio reflector, del tipo que hacía sido propuesto por Newton. Lo encontró tanto más conveniente que de inmediato empezó a construir uno más grande dado que comprarse uno era prohibitivo para sus escasos ingresos. Empezó a construir un telescopio con sus propias manos en 1773. Recibió la ayuda en esa empresa de su hermano Alexander, de notables talentos mecánicos para quien William había conseguido un trabajo como músico en Bath. Además tuvo la constante ayuda de su hermana Caroline (1750–1848), que había sido llevada a Bath por William en 1772. Caroline llevó la casa de William por mucho tiempo y además lo ayudó constantemente en sus actividades astronómicas, llegando a ser una astrónoma por derecho propio: descubrió seis cometas.

El problema de la aberración cromática fue considerado un problema insoluble por todos los expertos, incluido el propio Newton que ideó un telescopio reflector para evitarlo. Sin embargo, en 1757 el inglés John Dollond puso una lente negativa de vidrio Flint, entre dos lentes positivas de vidrio Crown y con ello logró una corrección cromática considerable. Antes, en 1733 el también inglés Chester More Hall en Essex había descubierto que combinando flint y crown se podía manejar la aberración

cromática. Hall sin embargo no lo patentó, cosa que sí hizo Dollond. Afortunadamente para la historia de la ciencia, Herschel no había escuchado del invento de Dollond y abandonó los refractores, concentrándose en construir un buen reflector.

MINDING THE HEAVENS



Figure 4.3 Caroline Lucretia Herschel (1750-1848). (Credit: National Portrait Gallery, UK.)

La construcción de un telescopio reflector, tipo newtoniano, requiere pulir un espejo cóncavo con la forma de un paraboloide de revolución. La forma del espejo debe ser casi perfecta o producirá malas imágenes [un espejo de calidad no debe diferir de la forma perfecta en más de una cantidad equivalente a $1/20$ de la longitud de onda, esto es 250 \AA o 25 millonésimas de milímetro]. Además se requiere un pequeño espejo secundario plano, que presenta una dificultad menor. En esa época los espejos no se tallaban en cristal como ahora, sino en una aleación metálica (un tipo especial de bronce, aleación de cobre y estaño) que se conocía como **metal de espejos**, que contenía cobre, estaño, antimonio y plata.

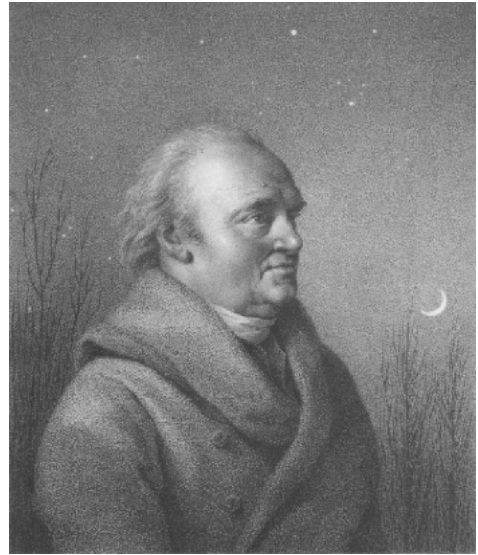
Después de un gran número de fracasos por fin logró William, en 1774, construir un espejo de 127 mm de diámetro que producía imágenes aceptables. La primera observación anotada por Herschel, un dibujo de la Nebulosa de Orión, la realizó el 4 de Marzo de 1774, cuando tenía 35 años. Este fue el comienzo de su carrera astronómica, pero que por varios años más la compartió con la música, que le proporcionaba el sustento. En sus horas libres se dedicó a la exploración sistemática del cielo. En una carta que escribiera en 1783 explica su actitud al empezar sus estudios astronómicos:

“Decidí no aceptar nada por simple creencia, sino ver con mis propios ojos lo que otros han visto antes que yo Finalmente tuve éxito con la construcción de un telescopio newtoniano de siete pies (213 cm) de distancia focal. De éste avancé a uno de diez pies (305 cm y finalmente a uno de 20 pies [610 cm]), porque estaba totalmente decidido a llevar a cabo el mejoramiento de mis

telescopios tanto como fuese posible hacer. Cuando había perfeccionado cuidadosamente y completamente el gran instrumento en todas sus partes, hice uso sistemático de él en mis observaciones del cielo, formándome primero la determinación de no pasar por alto ni la más pequeña parte del cielo sin la debida investigación”.

De acuerdo a esa resolución, realizó en cuatro ocasiones distintas, una revisión completa del cielo, cada vez con un instrumento mayor, empezando en 1775. Todo lo que le llamaba la atención era anotado y si era necesario, estudiado en detalle. Herschel aplicaba a los cielos los métodos de los naturalistas cuando estudiaban la flora y la fauna de lugares desconocidos.

En el curso de la segunda de estas revisiones, hecha con el telescopio de 7 pies de distancia focal, hizo un descubrimiento que cambió el curso de su vida. Observando el 13 de Marzo de 1781, entre las 10 y las 11 de la noche, descubrió la presencia de un objeto de apariencia no-estelar cerca de la estrella η Geminorum. Con el gran aumento que permitía su telescopio midió un diámetro para el objeto entre 3" y 5", tamaño angular muy superior al de una estrella. Herschel creyó haber descubierto un cometa y así lo anunció a la *Royal Society*, seis semanas después del hallazgo, en una memoria titulada: “*Account of a Comet*”. Al disponerse de varias observaciones del objeto se le pudo calcular una órbita. El astrónomo finlandés Anders Lexell (1740-1784), en esa época en San Petersburgo, calculó la órbita del supuesto cometa de Herschel, concluyendo que, por su órbita, no era un cometa sino un planeta que giraba en torno del Sol más allá de Saturno.



Con ese descubrimiento Herschel se hizo famoso en forma inmediata. Fue elegido miembro de la *Royal Society*, recibiendo una medalla. La Universidad de Oxford le confirió un título de Doctor y fue citado a presentarse con su telescopio en el Castillo de Windsor, ante el Rey Jorge III. Con un instrumento de su propia manufactura, mostró al monarca – como antes lo había hecho Galileo en Venecia y Florencia – las maravillas del cielo. El astrónomo Real Rev. Nevil Maskelyne (1732–1811) comparó el telescopio de Herschel con los de Greenwich, llegando a la sorprendente conclusión que el telescopio de ese aficionado superaba en calidad a los del Observatorio Real. Por sugerencia de Maskelyne, Herschel fue nombrado astrónomo de Jorge III, o más precisamente, constructor de telescopios de la corte, con un salario de 200 libras anuales. Gracias a ese nombramiento Herschel abandona la música como su forma de sustento, para dedicar todas sus energías a la Astronomía.

En gratitud a su protector, William Herschel trató de bautizar el nuevo planeta como “*Georgium Sidus*” (el astro de Jorge) pero los astrónomos del continente europeo

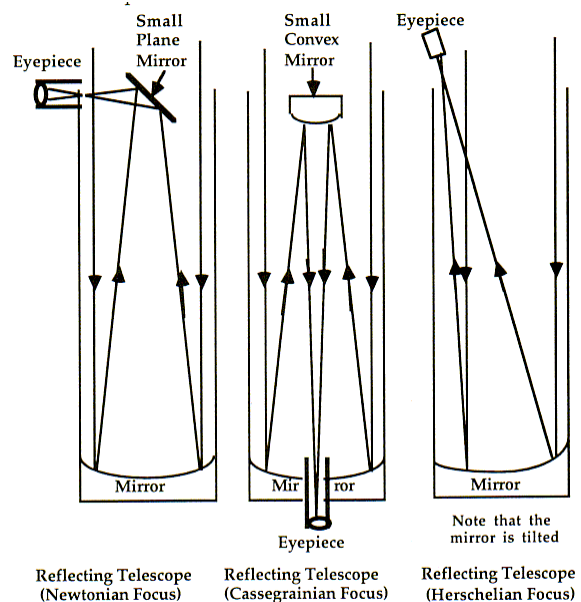
nunca aceptaron semejante nombre, adoptándose finalmente el nombre de **Urano**, propuesto por el astrónomo alemán Bode [ver Apéndice acerca de Mitología Griega].

En Agosto de 1782 los hermanos Herschel, William y Carolina, dejaron Bath para trasladarse, primero a Datchet y luego en 1786 a Slough, a una casa que se conoce como la Casa del Observatorio, cerca del Castillo de Windsor. Según el astrónomo francés Francisco Arago, *"Slough es, en todo el globo terráqueo, el lugar en que se realizó el mayor número de descubrimientos astronómicos"*.

El salario de William era apenas suficiente para la mantención de los hermanos pero no le permitía emprender la construcción de nuevos telescopios. Por eso, durante varios años, obtuvo ingresos adicionales mediante la venta de telescopios, tanto a miembros de la corte como a distinguidos astrónomos ingleses y extranjeros. En 1788 contrajo matrimonio con una viuda de considerable fortuna, Mary Pitt, lo cual le permitió dejar la construcción y venta de telescopios para consagrarse por entero a la Astronomía. William, a los cincuenta años de edad, mediante su matrimonio logró no tan sólo seguridad económica, sino también un hijo, John, nacido en 1792, que fue un distinguido científico inglés, químico y también astrónomo como su padre.

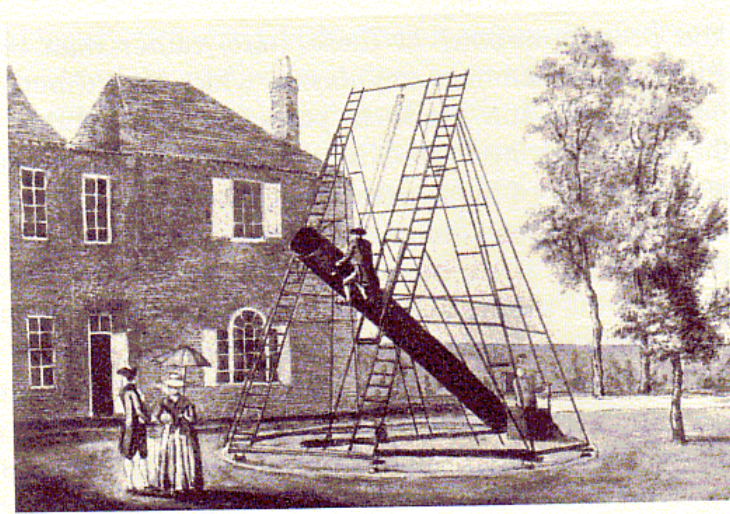
Hacia fines de 1783 William terminó la construcción de un telescopio de 20 pies de distancia focal (6,1 metros), que tenía un espejo primario de 18,7 pulgadas (47.5 cm). No satisfecho aún con el tamaño del telescopio, en 1785 inició la construcción de un telescopio de 40 pies de distancia focal con un espejo primario de 4 pies (48 pulgadas o 122 cm). Este telescopio lo financió con dinero que el Rey le diera para tal propósito. En la construcción de telescopios grandes Herschel ensayó un sistema óptico diferente del newtoniano, que fuera sugerido por Lemaire en 1732. El telescopio tipo herscheliano como se lo ha dado en llamar, consiste en inclinar el espejo primario lo suficiente para llevar el foco del centro al borde de la entrada del tubo. Allí se

pone un ocular y se observa directamente la luz estelar. Este montaje tiene la ventaja de ahorrar la reflexión en el espejo secundario lo que permite aprovechar mejor la luz recolectada por el espejo primario. Es un sistema entonces particularmente útil para observar objetos débiles, de bajo brillo superficial, pero la inclinación del espejo primario introduce un deterioro importante en la calidad de las imágenes, pues para recibir la imagen en el ocular el objeto debe estar casi tres grados fuera del eje óptico. Un paraboloide de revolución sólo produce buenas imágenes en el eje óptico. Por ello el sistema herscheliano no ha sido utilizado posteriormente. Las configuraciones más frecuentes han sido las newtonianas, cassegrain y ahora los focos Nasmyth en telescopios de montura azimutal.



El sistema herscheliano lo probó William por primera vez en su telescopio de 20 pies y eso le permitió descubrir, el 11 de Enero de 1787, dos satélites de Urano, **Oberón** y **Titania**. Después de afrontar varios problemas con el telescopio de 40 pies, la primera noche que lo utilizó, el 28 de Agosto de 1789, detectó un sexto satélite de Saturno, **Enceladus**, y días después, el 17 de Septiembre, detectó otro satélite de Saturno, aún más débil, **Mimas**. Ambos nuevos satélites se ubican entre Saturno y los cinco satélites que ya se conocían.

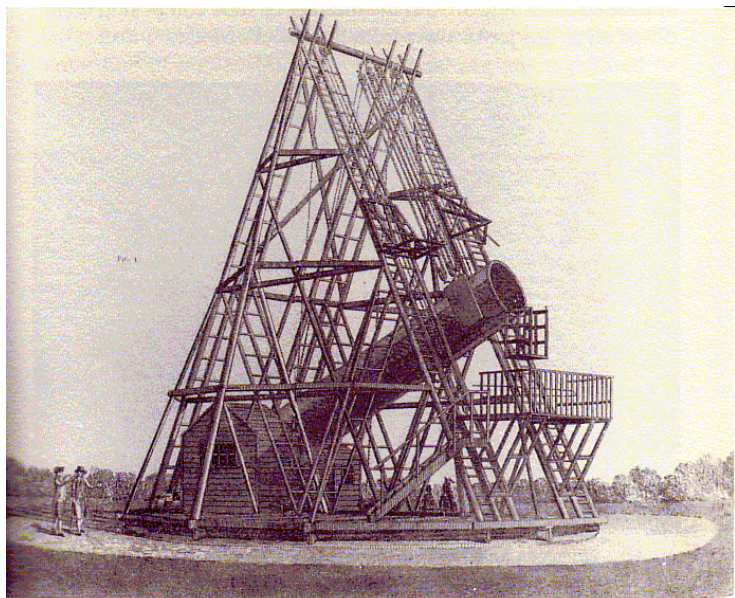
El gran telescopio de 40 pies, pese a ser lo mejor del mundo para objetos débiles, no fue utilizado mayormente por ser difícil y peligroso de usar (el observador debía trepar por escaleras que lo llevaban hasta una altura de 15 metros sobre el suelo). La mayoría de sus grandes trabajos los



Herschel's 18.7-inch-Aperture, 20-foot-Focal-Length Reflector

hizo William con el telescopio de 20 pies. El 40 pies de William, con sus 122 centímetros de diámetro no fue superado hasta 1845 cuando el irlandés William Parsons, Lord Rosse, hizo construir en su casa un telescopio de 1,83 metros de diámetro (72 pulgadas, equivalente a 6 pies de diámetro), con el cual se vio por primera vez la forma espiral de algunas nebulosas.

Herschel trabajó en Slough tanto como era posible, contando siempre con la valiosa ayuda de su hermana Carolina. Recibía en su casa una gran cantidad de visitantes que acudían a ver su observatorio. En 1801 fue a París donde conoció a Laplace y también vio a Napoleón, cuyo conocimiento astronómico situó muy por debajo del Rey Inglés Jorge III, mientras que *"su aire general trataba de fingir saber más de lo que realmente sabía"*. En 1807 tuvo una seria enfermedad, permaneciendo su salud delicada, lo que lo obligó a dedicar menos



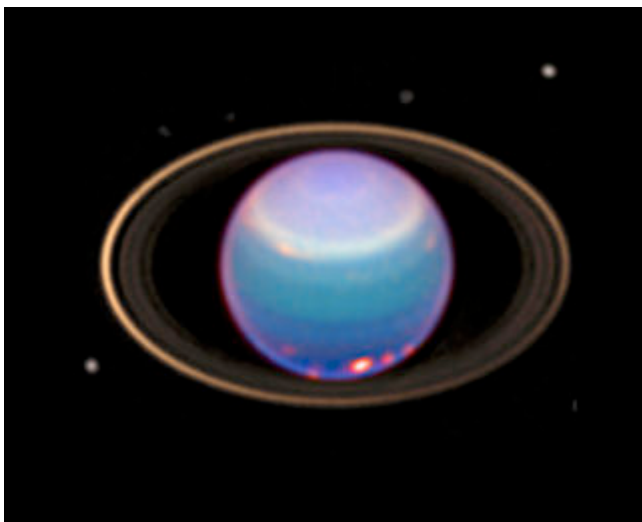
Herschel's 48-Inch-Aperture Reflecting Telescope

tiempo a la observación. Su último trabajo presentado a la Royal Society apareció en 1818, cuando tenía casi 80 años, aun cuando tres años después comunicó una lista de estrellas dobles a la recientemente creada Royal Astronomical Society. Murió un año después, el 21 de Agosto de 1822, cuando tenía casi 84 años.

Dejó un hijo, John, que llegó a ser un distinguido astrónomo y científico. A la muerte de William, Carolina regresó a Hannover con sus parientes, donde catalogó en debida forma la lista de nebulosas de su hermano. Durante los 26 años que Carolina sobrevivió a William siempre mantuvo un estrecho contacto con su sobrino John. Carolina murió en 1848, a los 98 años de edad.

2.01.2. Astronomía Planetaria de Herschel:

Tal como hemos ya explicado correspondió a William Herschel el privilegio de descubrir un nuevo planeta del sistema solar, Urano. Desde tiempos prehistóricos se conocían los planetas visibles a simple vista y se pensaba que constituían la totalidad del sistema solar. El descubrimiento hecho por Galileo de cuatro satélites de Júpiter con el posterior descubrimiento de cinco satélites de Saturno por parte de Huygens (Titán) y Cassini (cuatro más) había hecho crecer la familia solar en miembros pequeños. Transcurrieron 97 años entre el último descubrimiento de Cassini y el descubrimiento de Urano. Durante más de tres generaciones el número de objetos del sistema solar había permanecido fijo, por lo cual el descubrimiento de William Herschel asombró a todos. Urano está en el límite de visibilidad del ojo humano sin la ayuda de un telescopio, llegando a magnitud cinco en su máximo brillo [las estrellas visibles a simple vista van desde magnitud 1 para las más brillantes hasta la magnitud 6 para las más débiles, sólo perceptibles en lugares oscuros en noches sin Luna y por personas de gran agudeza visual]. Después de su descubrimiento se pudo establecer que Urano había sido observado con anterioridad. En efecto, Flamsteed lo observó en 1690, 1712, y 1715; Bradley en 1748, 1750 y 1753, Mayer en 1756 y Pierre Lemonnier, profesor francés, en 1750 lo observó cuatro veces, en 1768 dos veces, en 1769 seis veces y en 1771 una vez. Si este astrónomo hubiese transcrito con regularidad sus observaciones es indudable que le hubiese arrebatado a Herschel su descubrimiento, pero poseía tal desorden en sus notas y apuntes que se ha encontrado en el Observatorio de París una de las observaciones de Urano escrita en una bolsa de papel que había contenido polvo para pelucas.



Izq.: Imagen de Urano obtenido con el telescopio espacial Hubble; se aprecia un anillo débil que rodea al planeta, muy débil para ser visto desde la Tierra. Der. Satélite de Saturno Mimas, descubierto por Herschel. Mimas es el responsable de la división de Cassini.

Se encontró que Urano dista del Sol unos 2.871 millones de kilómetros en promedio (19,2 Unidades Astronómicas, U.A.), contra 1.427 millones de Saturno (9,54 U.A.). Esto amplió al doble el tamaño del sistema solar. Está tan alejado del Sol que demora 84 años en completar una revolución en torno a él. Es de gran tamaño, siendo su radio ecuatorial de 25.400 kilómetros unas 4,0 veces mayor que el radio terrestre. Su masa es sólo 14,5 veces mayor que la masa terrestre lo que lo hace un planeta de muy baja densidad ($1,3 \text{ gr/cm}^3$, mientras que la densidad media de la Tierra es de $5,5 \text{ gr/cm}^3$). Urano es un mundo extremadamente frío y donde el Hidrógeno es el elemento químico más abundante. Si en la Tierra 1 centímetro cuadrado recibe 2 calorías del Sol por minuto, en Urano recibe 368 veces menos, esto es 0,3 caloría por centímetro cuadrado, **por hora**, lo que determina una temperatura de unos 210 grados Celsius bajo cero.

Herschel descubrió posteriormente, en 1787, dos satélites de Urano: Oberón y Titania. Luego descubrió dos nuevos satélites de Saturno, en 1789 Enceladus y Mimas. Para algunos Herschel logró la inmortalidad gracias al descubrimiento de Urano. Efectivamente, Urano le trajo fama y fortuna. Sin embargo el gran mérito de la obra astronómica de William Herschel radica en sus estudios estelares. Estudiando la Vía Láctea Herschel abrió un área de investigación que ha ocupado posteriormente a cientos de astrónomos del siglo XIX y XX, y que continúa con vitalidad iniciándose el siglo XXI.

2.01.3. Estudio de la Vía Láctea:

En 1811, hacia el final de su carrera Herschel dijo: *“El conocimiento de la construcción del cielo ha sido siempre el fin último de mis observaciones”*.

Efectivamente, dedicó un gran esfuerzo a entender la estructura del sistema estelar que habitamos.

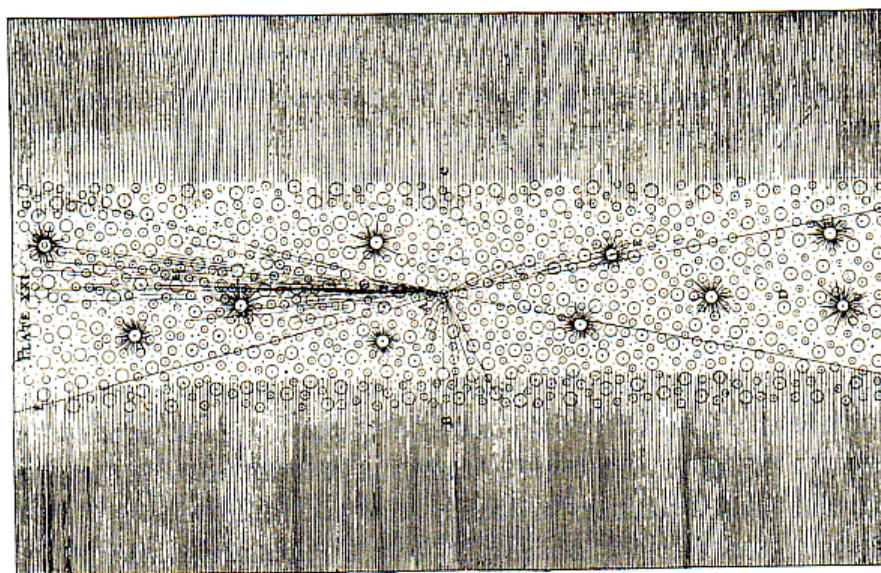
Por muchos siglos, desde tiempos prehistóricos, la preocupación del hombre por el cielo se centró en el conocimiento de la posición del Sol, la Luna y los planetas, contra ese telón de fondo que constituyen las estrellas. Los esfuerzos dirigidos a las estrellas fueron meramente para conocer su posición en la esfera celeste, para lo cual basta con suponer que todas las estrellas están a igual distancia de la Tierra. Flamsteed, Bradley y Lacaille habían determinado posiciones con gran precisión. Las estrellas eran consideradas hitos de referencia para calcular las posiciones precisas de los planetas y la Luna pero no constituían en sí mismas objetos de investigación astronómica.

Herschel hizo de la distribución espacial de las estrellas el objetivo principal de su investigación, iniciando una rama de la Astronomía que hoy se conoce como Estructura Galáctica. Para su estudio Herschel sabía que lo ideal era disponer del paralaje de cada estrella, es decir, su distancia al Sol. En vista de los fracasos en ese terreno tanto de Bradley como de él mismo, Herschel diseñó en 1784 un método de recuento de estrellas (star-gauging). Si miramos en dos direcciones distintas del cielo y contamos el número de estrellas visibles en áreas de una extensión angular fija, nos encontraremos con resultados muy distintos según donde dirijamos nuestro telescopio. En una región podemos contar diez veces más estrellas que en otra. Esto se puede interpretar de dos maneras: pensando que la densidad de estrellas es mayor en aquellas direcciones en que vemos más estrellas o suponer que la densidad espacial es aproximadamente la misma en todas direcciones pero el sistema estelar tiene una mayor extensión en la dirección que presenta mayor número de estrellas. Herschel adoptó este segundo punto de vista y suponiendo que en promedio todas las estrellas tienen un brillo absoluto similar, mediante el recuento de las estrellas se puede determinar la extensión de nuestro sistema estelar en esa dirección.

Utilizando su telescopio de 20 pies de distancia focal, Herschel contó estrellas en zonas de 15 minutos de arco en diámetro. Para evitar irregularidades accidentales, el contaba en varios campos vecinos y tomaba el promedio. En 1785 publicó el resultado de sus cuentas de 683 regiones del cielo, agregando luego otras 400 regiones que no pensó que fuese necesario publicar. Mientras en algunas regiones sólo veía una estrella en otras el número llegaba a las 600. El resultado general de su trabajo fue que las estrellas son mucho más abundantes cerca de la Vía Láctea, esa franja blanquecina que divide el cielo en dos partes. De acuerdo con eso Herschel encontró que el sistema estelar tiene la forma de un disco o una piedra esmeril (como una aspirina), en donde el diámetro es, según sus cifras, unas cinco veces su espesor. En una cierta porción del cielo encontró que la Vía Láctea se dividía en dos ramas, dejando entre ellas una zona relativamente libre de estrellas. Esto lo interpretó como una hendidura en su “*piedra esmeril*”.

La teoría de la piedra esmeril para representar a la Vía Láctea había sido propuesta por el inglés Thomas Wright (1711–1786) en su libro: “*An Original Theory or*

New Hypothesis of the Universe", en 1750. Allí Wright plantea que la distribución de estrellas está limitada por dos planos, estando el Sol en el centro del sistema. La idea fue desarrollada cinco años más tarde por el gran filósofo alemán Immanuel Kant (1724–1804) en su libro *"Historia Natural Universal y Teoría del Cielo"*, de 1755. Kant propuso que el Sol junto con miles de millones de estrellas constituyen un sistema estelar achatado, la Vía Láctea. La gravitación universal haría que un cuerpo semejante colapsara hacia su centro de masas a menos que el sistema se encontrara en rotación; dicha rotación estaría íntimamente ligada con el achatamiento (el eje menor correspondería al eje de rotación). Kant fue más lejos diciendo que la Vía Láctea sería una galaxia y que existirían en el Universo muchos miles de galaxias, sistemas estelares lejanos, que constituirían Universos-islas. La intuición de Kant era correcta, siendo necesarios 170 años para que su hipótesis fuera confirmada por las observaciones del astrónomo norteamericano Edwin Hubble. Por último, cabe citar a *Johann Heinrich Lambert* (1728–1777) como precursor de Herschel en su modelo de nuestra galaxia. Lambert escribió en 1761 en sus *Cartas Cosmológicas*, que cada estrella era un Sol, rodeado de planetas, constituyendo un sistema de primer orden. Un millón y medio de soles constituían un sistema de segundo orden, unidos por la fuerza gravitatoria. A su vez, un gran número de estos conjuntos constituyen la Vía Láctea, sistema de tercer orden, donde los sistemas de segundo orden se distribuyen en forma discoidal. Es posible, concluye Lambert, que un conjunto de "Vías Lácteas", constituya un sistema de cuarto orden. Esta es una anticipación notable a los cúmulos de galaxias, descubiertos en el siglo XX. Incluso Lambert anticipa por extrapolación los "super cúmulos" de galaxias, estructuras que agrupan varios cúmulos y que se cree que constituyen las estructuras más grandes del universo.



**Diagram Used by Wright in Explaining the Optical Principles
Involved in the Appearance of the Milky Way**

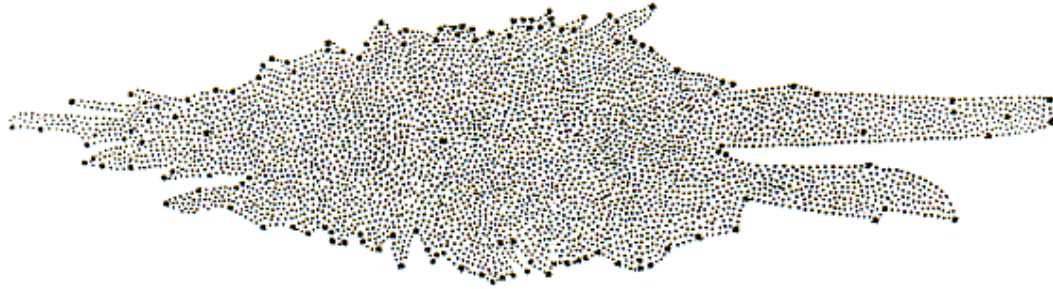
Grande es el mérito de Wright, Kant y Lambert por formular la hipótesis de la Vía Láctea, sin embargo fue William Herschel el primero que abordó el problema desde el

punto de vista cuantitativo y trató de obtener los detalles de la estructura de la Vía Láctea. Herschel estaba consciente de la limitación de la hipótesis de uniformidad en la distribución espacial de las estrellas. El mismo descubrió muchos cientos de cúmulos estelares que representan agrupaciones de estrellas con una densidad mayor que el promedio. La presencia de un cúmulo en una dirección, según su hipótesis de uniformidad se traduciría en una punta protuberante del sistema estelar en esa dirección para explicar el mayor número de estrellas. De igual modo un número más bajo de estrellas por unidad de volumen se vería reflejado como una hendidura en su modelo en esa dirección. Así, en 1811, admite ese problema:

“Debo confesar hidalgamente que continuando mis barridos del cielo mi opinión de la distribución de las estrellas ... ha experimentado un cambio gradual ... Por ejemplo, una dispersión uniforme de estrellas puede ser admitida en ciertos cálculos; pero cuando examinamos la Vía Láctea, o los cúmulos estelares más densos, de los cuales mis catálogos han registrado tantos ejemplos, esta supuesta igualdad de dispersión debe ser abandonada”.

Herschel empleó telescopios de distinto tamaño para contar estrellas. El límite de visibilidad en un telescopio depende del área recolectora de luz, es decir, es proporcional al cuadrado de su diámetro. Suponiendo que todas las estrellas brillan con igual intensidad, la luz que recibimos de una estrella dependerá del cuadrado de su distancia. Por ejemplo si a una estrella se le aumentase su distancia en un factor 2 recibiríamos 4 veces menos luz y necesitaríamos 4 veces más área de telescopio, es decir un telescopio del doble de diámetro. Así el diámetro se relaciona directamente con la distancia: un telescopio de 10 veces más diámetro verá, en principio, 10 veces más lejos. Con su telescopio de 20 pies de distancia focal hizo sus cuentas y creyó haber alcanzado el límite del sistema. Hacia el final de su vida se dio cuenta que con su telescopio de 40 pies de distancia focal podía ver estrellas que su telescopio menor no mostraba, por lo cual perdió la seguridad de haber llegado con sus observaciones al borde del sistema estelar. Estudios posteriores han mostrado que Herschel en verdad estaba examinando algo como un 10% de la galaxia.

Herschel expresó las dimensiones de la Vía Láctea en unidades de la distancia Sol–Sirio (Sirio es la estrella que se ve más brillante en el cielo y Herschel suponía la más cercana). La Vía Láctea de Herschel tiene la forma de una lenteja, 900 unidades en su diámetro y 200 en el espesor de su parte central; el Sol queda en ese modelo situado muy cerca del centro. Como la distancia a Sirio es de aproximadamente 10 años–luz, la Vía Láctea de Herschel tiene un diámetro de 10.000 años–luz, como un 10% del valor que hoy se considera válido.



A pesar de sus limitaciones el trabajo de William Herschel en materia de la estructura de la galaxia es pionero en un campo que un siglo más tarde fecundarían Kapteyn, Shapley, Lindblad y Oort.

2.01.4. Estrellas Dobles:

El problema de los paralajes estelares había preocupado a los astrónomos por mucho tiempo. Muchos intentos terminaron en el fracaso más rotundo; otros como el de Bradley y Herschel terminaron produciendo un gran resultado, pero muy distinto a lo que se buscaba. Ya vimos como Bradley descubrió la aberración de la luz y luego la nutación, procurando medir paralajes. Herschel intentó abordar el problema utilizando un método sugerido por Galileo hacía más de un siglo. Existen pares de estrellas que se encuentran angularmente muy juntas en el cielo (unos pocos segundos de arco separan las visuales dirigidas a cada estrella). En la hipótesis que esos son “*pares ópticos*”, es decir causados por mera coincidencia, pero en que una estrella está mucho más lejana que la otra, el movimiento paraláctico de las estrellas más cercana sería fácilmente detectable como un cambio en la distancia relativa entre ambas estrellas.

Con esa idea en mente, Herschel inició una búsqueda en el cielo de estos pares de estrellas, de los que se conocían sólo algunos ejemplos. Se limitó a pares cuya distancia angular no supere los dos minutos de arco. Ese ángulo es tal que esos pares, si son lo suficientemente brillantes para ser visibles a simple vista, se verán como una sola estrella, salvo para personas de extraordinaria agudeza visual. En 1782 publicó su primer catálogo de estos pares estelares, llamadas estrellas dobles, que contenía 296 pares, 227 de los cuales habían sido descubiertos por él. Un nuevo catálogo fue presentado a la *Royal Society* en 1784, con 434 pares de estrellas. Su último trabajo, presentado a la *Royal Astronomical Society* en 1821 y publicado en el primer volumen de la “*Memoirs*” contiene una lista con 145 pares nuevos. En esta lista Herschel presenta, además de la posición de los pares, su separación angular, el ángulo de orientación de la línea que une ambas componentes y una estimación de la magnitud de cada estrella. En algunos casos no sólo dos sino tres o cuatro estrellas se encontraron en una pequeña zona del cielo, constituyendo sistemas múltiples.

Herschel inició su búsqueda de estrellas dobles pensando que eran pares casuales de estrellas que no tenían ninguna relación física entre sí (pares ópticos). Sin embargo, ya en 1767, John Michell (1724–1793) había sugerido que los pares entonces conocidos hacían muy improbable que fuesen el resultado de una distribución de

estrellas al azar en el cielo. Por ejemplo, Castor, una de las estrellas de Gemini (los mellizos) es una estrella doble cuyas componentes distan entre sí 5". En el cielo hay sólo 50 estrellas tan brillantes como la más brillante del par y 400 estrellas como la menos brillante del par. Si se distribuyen al azar en el cielo las 50 estrellas brillantes y luego, sobre esta distribución se ubican en el cielo, al azar, 400 estrellas, la probabilidad a priori de que se forme un par como Castor es de 1 en 300.000. Esto muestra que es muy improbable que Castor sea producto del mero azar.

Herschel descubrió, como ya dijimos, una gran cantidad de estrellas dobles lo que hizo insostenible la tesis de pares ópticos, para sustentar que debían ser pares físicos, *estrellas binarias*. Sin embargo, en su primer trabajo sobre el tema Herschel se muestra cauteloso: *"es todavía muy pronto para hacer una teoría de estrellas pequeñas girando en torno a otras más grandes"*, lo que indica que esa idea ya deambulaba en su mente. En 1784 Michell vuelve al tema afirmando que las probabilidades a favor de una asociación física para los pares de estrellas eran abrumadoras. Después de veinte años de la publicación de su primer catálogo, Herschel era ya de la opinión de Michell pero mejor aún, podía apoyar la tesis con evidencias concretas. En trabajos publicados en 1803 y 1804 en las *Philosophical Transactions*, Herschel presentó observaciones de Castor que al ser combinadas con observaciones anteriores hechas por Bradley en 1759 no dejaban duda que las estrellas giraban en torno a su centro de masas. Presentó otros cinco casos que mostraban claramente la rotación del par de estrellas. Era evidente que las estrellas orbitaban una alrededor de la otra debido a la atracción gravitatoria mutua. Pese a que las observaciones de Herschel no eran suficientes para probar que esa fuerza gravitatoria obedecía la ley de Newton, fueron las primeras evidencias concretas de la validez de la gravitación universal más allá del sistema solar.

Estudios posteriores han demostrado que un gran porcentaje de las estrellas son sistemas dobles o múltiples. Las estrellas dobles son muy importantes para la astronomía pues son la única manera directa de medir las masas de las estrellas, utilizando la tercera ley de Kepler.

La asociación física de las estrellas dobles las descartó para el propósito que Herschel pensaba utilizarlas, esto es, para medir paralajes. Una vez más la búsqueda del paralaje estelar abrió un nuevo campo en astronomía: las estrellas binarias.

2.01.5. Movimiento del Sol:

Por muchos siglos se habló de la esfera de las estrellas fijas. A partir de Copérnico se fue desdibujando esa imagen. Primero porque muchos astrónomos empezaron a pensar que las estrellas eran soles y sus distintos brillos indicaban que se encontraban a distintas distancias del Sol. Luego fue Halley quien mostró que las estrellas no estaban fijas en la esfera celeste sino que se desplazaban muy lentamente en el curso del tiempo. Si las estrellas están distribuidas en el espacio y se desplazan en él, varios astrónomos, entre ellos Thomas Wright y Johann Lambert especularon con la idea que el Sol también se desplazara entre las estrellas. Tobías Mayer incluso mostró cómo buscar ese movimiento.

Si se observa el movimiento propio de una estrella este se deberá al movimiento relativo entre la estrellas y el Sol. Si se obtienen los movimientos propios de un grupo de estrellas, el promedio de esos movimientos debe reflejar el movimiento del Sol con respecto a ellas. Las estrellas hacia las cuales el Sol se está acercando parecerán alejarse del punto sobre la esfera hacia el cual se dirige el Sol, *el apex solar*. Por el contrario las estrellas cerca del punto opuesto al apex, *el antiapex*, tendrán movimientos propios que apunta hacia él. En general, el movimiento propio de cualquier estrella sobre la esfera celeste tenderá a apuntar en la dirección del círculo máximo que pasa por la estrella, el apex y el antiapex, en sentido de la estrella hacia el antiapex.

Herschel utilizó los movimientos propios publicados por Maskelyne y Lalande para 13 estrellas. Con su gran intuición percibió una uniformidad en los movimientos que le permitieron deducir que el Sol se dirige hacia la constelación de Hércules, un punto situado cerca de la estrella λ Herculis. Este resultado fue publicado en 1783. En 1805 Herschel retomó el problema usando un nuevo conjunto de movimientos propios más confiables que los anteriores pero sólo tomó 6 estrellas brillantes de una lista de 36 movimientos propios publicados por Maskelyne en 1790. Nuevamente encontró un resultado muy similar al anterior, el apex solar se encuentra en la constelación de Hércules. Estos resultados de Herschel han sido ampliamente confirmados por estudios posteriores.

2.01.6. Estrellas Variables:

En sus estudios acerca de la distribución de estrellas en la Vía Láctea, Herschel se interesó en medir el brillo relativo de las estrellas como una manera de estimar sus distancias. Además, el caso de varias estrellas prominentes en el cielo que muestran una conspicua variabilidad en su brillo, llamó desde temprano la atención de Herschel. Precisamente su primer trabajo publicado en las *Philosophical Transactions*, en 1780, se refiere a la estrella θ Ceti (omicrón Ceti) o Mira Ceti (la maravillosa estrella de la Ballena). Desde hacía ya tiempo se había notado que θ Ceti en ciertas oportunidades se hacía invisible a observaciones a simple vista. El astrónomo holandés Phocylides Holwarda (1618–1651) fue el primero en reconocer su variabilidad en 1639. Más tarde Ismael Bullialdus (1605–1694) en 1667 determinó el período de Mira Ceti en once meses, aunque reconoció que sus variaciones eran irregulares tanto en la amplitud de la oscilación como el período.

Otra estrella notable es Algol, (β Persei), que se encontró tenía fluctuaciones perfectamente regulares. Su variabilidad fue notada primero por Germiniano Montanari (1632–1687) en 1669, pero la regularidad de sus cambios de brillo fue detectada por John Goodricke (1764–1786) en 1783, fijando su período en 2 días 20 horas y 49 minutos. Algol en el mínimo brilla la cuarta parte que en el máximo, cambiando de máximo a mínimo en una pocas horas. Mira Ceti en cambio sufre variaciones de brillo superiores a un factor 500, pero en el curso de casi un año.

En los tiempos de Herschel se conocían éstas y otras pocas estrellas variables de menor interés. También se sabía de las estrellas “nuevas” o novas, que aparecen bruscamente, brillan por un período para hacerse invisibles nuevamente. Herschel midió la cantidad de luz emitida por un buen número de estrellas de distintas magnitudes pero no logró sistematizar sus mediciones. Para detectar futuros cambios de brillo ideó y desarrolló un sistema de *secuencias*. Si se observa un grupo de estrellas cercanas en el cielo y se las ordena de acuerdo a su brillo, en dos ocasiones distintas, cualquier cambio de brillo en una componente se detectará fácilmente por el cambio en la secuencia. Este método de secuencias es usado hoy por los astrónomos aficionados para hacer estimaciones visuales de la magnitud de una estrella variable. Herschel elaboró cuatro catálogos de brillos relativos para 3.000 estrellas, entre 1796 y 1799. En el curso de su trabajo encontró muchos casos de pequeña variabilidad. El resultado más interesante lo constituyó el hallazgo de α Herculis, anunciado en 1796. Esta estrella varía con un período de 60 días, constituyendo un caso intermedio entre Algol y otras que varían en pocos días y Mira Ceti y otras, que lo hacen en casi un año. Herschel intentó explicar las variaciones diciendo que las estrellas debían rotar y su superficie debía tener zonas de distintos brillos. Esa explicación, si bien es cierto que puede tener algo que ver con algunas estrellas variables muy especiales, hoy sabemos que la mayoría de las estrellas variables son estrellas pulsantes que aumentan y disminuyen su tamaño, o la otra gran familia es la de las estrellas binarias eclipsantes, de las cuales Algol es un excelente ejemplo.

2.01.7. Descubrimiento de la Radiación Infrarroja:

En 1800 William Herschel observaba el Sol y sus manchas utilizando filtros oscuros de diversos colores cuando notó que a través de alguno de ellos sentía una sensación de calor pero no veía luz. Para estudiar el fenómeno dispersó la luz del Sol en un prisma y y pudo un conjunto de termómetros para estudiar el aumento de temperatura en ellos al hacerles incidir la radiación solar. Para su sorpresa constató que más allá del espectro visible, más allá del rojo, donde no apreciaba luz solar el termómetro correspondiente aumentaba considerablemente su temperatura; había descubierto la **radiación infrarroja**. “El calor radiante debe consistir de luz invisible”, especuló Herschel en 1800.

La radiación de longitudes mayores que 700 nm, que hoy llamamos infrarrojo, incide en los telescopios y a pesar que no puede ser detectada por el ojo humano sí puede ser captada por otros detectores y actualmente constituye un área de investigación muy activa. Los cuerpos celestes muy calientes, como el Sol a 6.000 K, emiten radiación principalmente en la zona visible del espectro. Sin embargo un cuerpo a temperaturas de 3.000 K o menos emite muy poca luz y el máximo de su emisión se encuentra en el infrarrojo. Por ello la astronomía infrarroja es la herramienta a utilizar en el estudio de objetos celestes más fríos que las estrellas (por ejemplo, planetas, nubes de polvo, etc.). El año de 1800 marca el inicio de la investigación en esa área del conocimiento.



2.01.8. Nebulosas y Cúmulos Estelares:

En el curso de sus estudios de la Vía Láctea Herschel adquirió gran familiaridad con las nebulosas y cúmulos estelares que abundan en ella. En la época de Herschel se conocían alrededor de 100 nebulosas. La Nebulosa de Andrómeda era conocida desde tiempo de los árabes (Al-Sufi la describe); Peiresc en 1610 descubrió la nebulosa de Orión; Ihle encontró en 1665 la nebulosa de Sagitario; Halley en 1714 enumeró seis nebulosas; el astrónomo francés Lacaille elaboró un catálogo de 42 nebulosas australes; finalmente el astrónomo aficionado francés Charles Messier (1730–1817), quien se dedicaba con entusiasmo a la búsqueda de cometas, cansado de confundir ciertas nebulosidades permanentes del cielo con posibles nuevos cometas, elaboró una lista de estos objetos difusos para facilitarle el trabajo a los buscadores de cometas. En 1781 y los años posteriores presentó su lista que contiene 103 objetos. Entre ellos están los objetos más prominentes del hemisferio norte; hasta hoy se los conoce por el número que tienen en el catálogo de Messier. Por ejemplo M31 (objeto número 31 en el catálogo de Messier) es la famosa galaxia de Andrómeda.

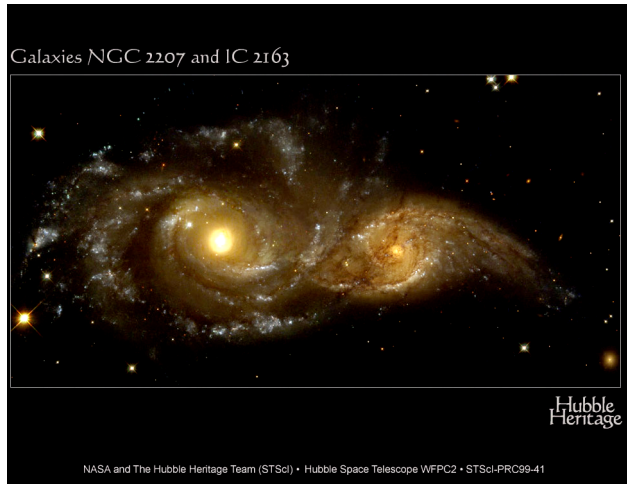
Las investigaciones de William Herschel en el campo de las nebulosas y cúmulos estelares sobrepasaron inmensamente todo lo anterior a él, tanto por la capacidad muy superior de sus instrumentos, como por la sistematicidad con que los llevó a cabo. En 1786 presentó a la *Royal Society* un catálogo de 1.000 nuevas nebulosas y cúmulos estelares; tres años después presentó un segundo catálogo de igual extensión y luego en 1802 un tercero que contiene 500 objetos. Junto a la posición de las nebulosas Herschel dio una descripción completa de su aspecto. Dividió las nebulosas en ocho

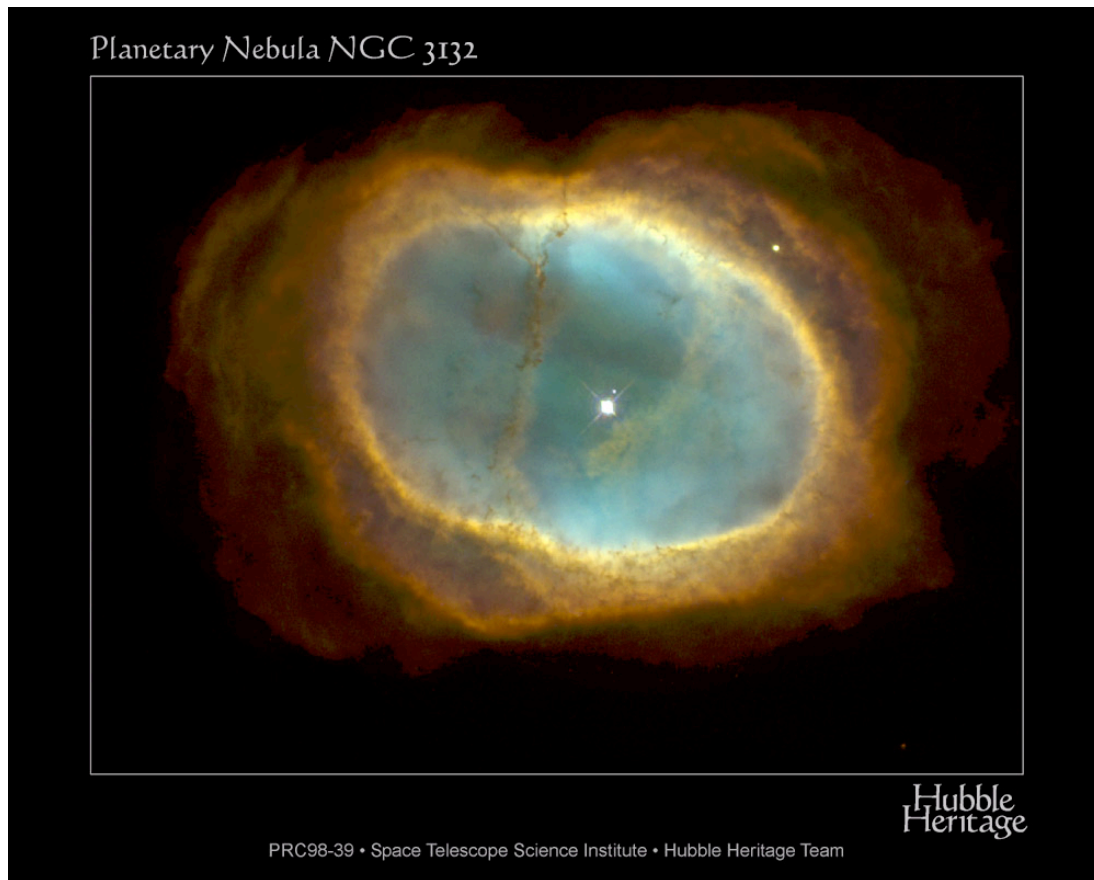
clases diferentes según su brillo y morfología. Para notar su distribución en el espacio presentó mapas celestes con la posición de las nebulosas.

Gracias a la potencia de sus telescopios Herschel fue capaz de resolver en estrellas un gran número de objetos que, según Messier, eran nebulosos y no cúmulos estelares. Efectivamente, un cúmulo de estrellas se ve como una mancha difusa en el cielo si se carece de la potencia necesaria para distinguir sus estrellas individualmente. Herschel pensó que los objetos que aparecían nebulosos en su telescopio eran objetos que podrían ser resueltos en estrellas con telescopio más potentes. Esta idea no era nueva pues había sido sugerida en 1755 por

Kant, quien propuso que las nebulosas eran Universos-islas, conglomerados de millones de estrellas que se encontraban muy lejanos y fuera de la Vía Láctea, nuestro Universo-isla. Herschel participó inicialmente de esa idea, diciendo en una oportunidad que él había descubierto 1.500 universos nuevos. Sus observaciones de la nebulosa de Andrómeda lo llevaron a anotar que la parte central de ella es de un color rojizo débil, notable observación que sólo se vino a establecer avanzado el siglo XX. La zona central de Andrómeda está dominada por estrella viejas y rojas en cambio sus brazos espirales contienen estrellas jóvenes azules. Un siglo y medio después de Herschel Walter Baade estableció claramente la diferencia.

Posteriormente Herschel cambió de opinión, diciendo que al menos algunas nebulosas eran intrínsecamente distintas de los cúmulos estelares. Observando una nebulosa planetaria con una estrella central, Herschel se dio cuenta que debía existir materia difusa en el espacio alrededor de la estrella, que él llamó *fluido brillante*, de naturaleza totalmente desconocida para nosotros. La nebulosas planetarias, así llamadas por Herschel pues presentan al telescopio un aspecto redondeado y de un tamaño angular que podría ser confundido con un planeta, son estrellas en su fase final de evolución. La estrella ha agotado su combustible para reacciones nucleares, su núcleo se ha concentrado alcanzando una densidad de una tonelada por centímetro cúbico y está dando origen a una *enana blanca*; las capas exteriores de la estrella han sido arrojadas al espacio y son “iluminadas” por el núcleo.





La distribución de las nebulosas que no podían ser resueltas en estrellas era tal que se encontraban preferentemente fuera del plano de la Vía Láctea, concentradas hacia los polos. Eso le pareció a Herschel prueba de que tenían una relación con la Vía Láctea y por ende no eran sistemas externos. Duró más de un siglo la controversia acerca de la naturaleza de las nebulosas blancas, hasta que finalmente Hubble demostró, en 1924, que eran objetos extragalácticos (externos a la Vía Láctea). Naturalmente también existen nebulosas gaseosas, como la nebulosas de Orión, nebulosas que son una gran nube de gas, de muy baja densidad, gas que es excitado (calentado) por una o más estrellas muy luminosas, que lo ionizan totalmente. La recombinación de los átomos de Hidrógeno ionizado (el 75% del material de la nebulosa) emite la luz de las nebulosas. En Orión y en Carina se encuentran nebulosas muy interesantes.

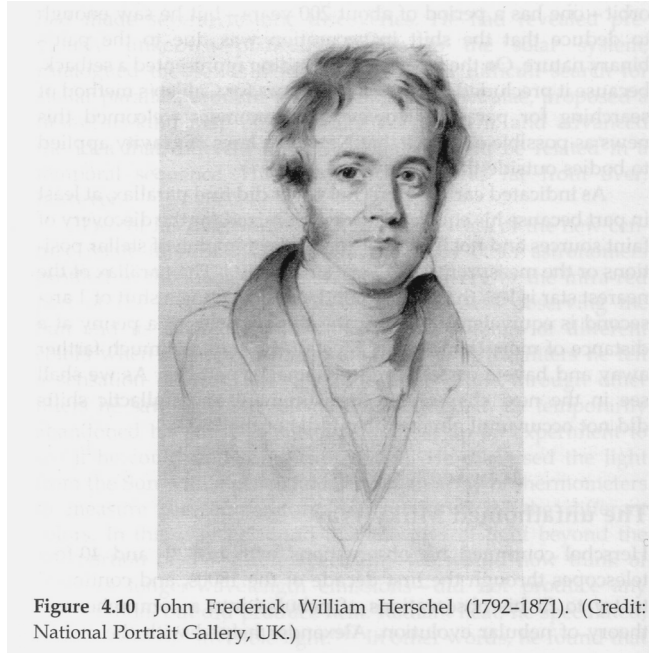
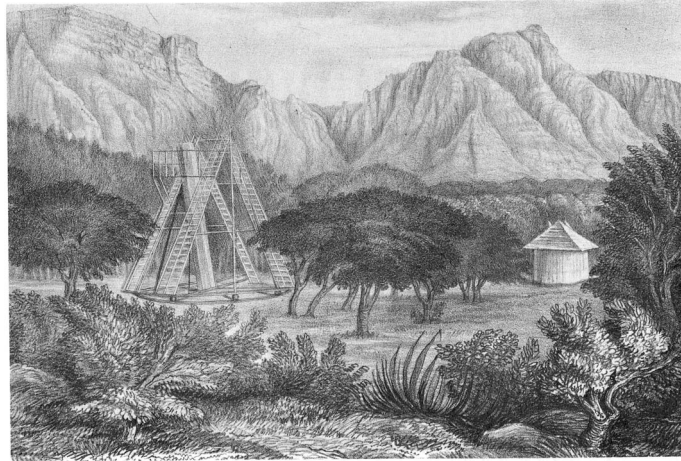


Figure 4.10 John Frederick William Herschel (1792-1871). (Credit: National Portrait Gallery, UK.)

El hijo de William Herschel, John Herschel (1793-1871) continuó la obra de su padre, descubriendo una gran cantidad de nebulosas y estrellas dobles, sobretodo en el hemisferio sur, en un viaje que hiciera a la Ciudad del Cabo en Sudáfrica, entre 1834 y 1837. En 1847 John publicó un gran catálogo de nebulosas conocido como **General Catalogue**, que contiene 5.079 objetos descubiertos principalmente por su padre y por él. Este catálogo sirvió de base a J.L.E. Dreyer para publicar en 1888 el **New General Catalogue**, que amplía el General Catalogue, y que se ha usado como el más importante catálogo de galaxias durante el siglo XX. Los objetos del **New General Catalogue**, abreviado como NGC, son identificados por un número de 4 cifras y que se los llama, por ejemplo: NGC5128, NGC1566, etc. En dos catálogos complementarios, que Dreyer llamó **Index Catalogue**, el número total de objetos nebulosos catalogados por Dreyer se acerca a los diez mil [los objetos de los **Index Catalogues** se los identifica como objetos IC más el número de catálogo]. La mayoría de las galaxias más brillantes del cielo fueron incluidas en el catálogo NGC y son referidas por dicho número.

John Herschel descubrió un gran número de estrellas dobles, llevando la cuenta a un número mayor que 10.000, que fueron publicadas en un catálogo aparecido después de la muerte de John, en 1871. William y su hijo John, junto a su hermana Carolina llenan un siglo de gloria para la astronomía inglesa y mundial. Al igual que Pitágoras, Herschel llega a Urania de la mano de Euterpe. La música de las esferas era escuchada por Pitágoras; William Herschel nos hizo oír la sinfonía de la Vía Láctea. Urano, la Vía Láctea, las nebulosas, las estrella binarias continúan interpretando en el cielo la música de Herschel.



The twenty-foot reflector erected by Herschel at "Feldhausen." Delineation by Sir John; lithograph by G. H. Ford

Telescopio de 20 pies de William Herschel, instalado por su hijo John en la cercanía de Ciudad del Cabo, Sudáfrica. Allí John descubrió más de 2.000 nebulosas australes.

Bibliografía:

- Belkora, Leila "Minding the Heavens", Institute of Physics Publishing, Bristol, 2003.
 Berry, A. "A Short History of Astronomy", Dover, N. York, 1961; pp.323-353.
 Crowe, M.J. "Modern Theories of the Universe, from Herschel to Hubble",
 Dover, N. York, 1994.
 Papp, D. Y Babini, J. "Panorama General de la Historia de la Ciencia", Vol. VIII;
 B. Aires, 1964; pp 55-67.
 "The Cambridge Concise History of Astronomy", M. Hoskin (Ed.), Cambridge
 University Press, Cambridge, 1999.

2.01.8. APÉNDICE: Mitología Griega.

De acuerdo a la mitología griega no fueron los dioses los que crearon el Universo sino todo lo contrario: el universo creó a los dioses. Antes que existieran los dioses se había formado el cielo y la Tierra. El cielo, Urano, y la Tierra, Gea, fueron los primeros padres. Los Titanes fueron sus hijos y los dioses sus nietos.

***Urano**, personificación del cielo era esposo de Gea, la Tierra, con quien tuvo varios hijos, los Titanes, de gran tamaño y de enorme fuerza. Entre ellos Océano (río que se suponía rodeaba a la Tierra), Coyo, Crío, Hiperión (padre del Sol, la Luna y los crepúsculos), Japeto, Mnemosina (que significa memoria), Febo, Tetis (esposa de Océano), Cronos, los cíclopes y los Hecatonguiros. Arrojó a varios de sus hijos al Tártaro (lugar subterráneo que quedaba debajo del Erebo, lugar donde pasaban los muertos al morir), por lo que Gea promovió una rebelión en su contra. Cronos lo desterró después de mutilarlo horriblemente. Antes de ser desterrado profetizó a su hijo que sufriría el mismo destino y acabaría siendo destronado por uno de sus descendientes.*

Cronos, arrebatándole a Rea sus hijos para devorarlos

Cronos es el más joven de los hijos de Urano (el cielo) y Gea (la Tierra), personificación del tiempo. Tiene como atributos la guadaña y el reloj de arena o la clepsidra (reloj de agua). Fue el único que ayudó a su madre a vengarse de Urano, y tras desterrar a su padre ocupó su trono, casándose con su



hermana, Rea. Reinó sobre los Titanes. Como le había sido profetizado que sería destronado por uno de sus hijos, los devoraba a medida que nacían. Al nacer Zeus, su esposa envolvió una piedra con pañales, dándosela a Cronos para que la devorara. Así, cuando Zeus fue adulto hizo a su padre un filtro que lo obligó a devolver todos sus hijos, quienes le declararon la guerra y tras diez años terminó con la victoria de Zeus; Cronos fue expulsado del Olimpo y se dirigió a Italia.

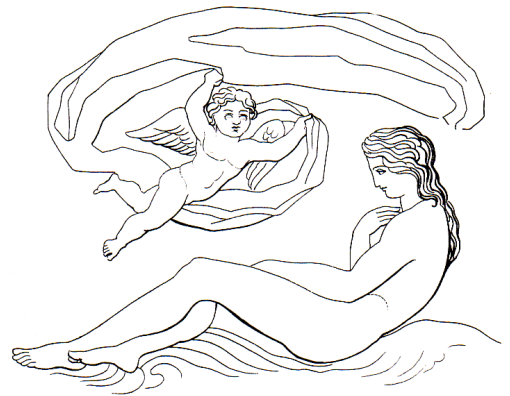
Zeus es el más grande de los dioses del Olimpo. Hijo de Cronos y Rea, hermano de Poseidón, Hades, Hestia, Deméter y Hera. El y sus hermanos se repartieron el gobierno del mundo, echándolo a la suerte: Poseidón obtuvo el mar, Hades el infierno, y Zeus el cielo y las regiones superiores; la Tierra quedó al dominio de todos ellos. Según el relato de Homero, Zeus habitaba en Tasalia, en el monte Olimpo, cuya cumbre más elevada, según creencia de los griegos, penetraba en el cielo mismo. Era el padre de los dioses y de los hombres, el más grande y poderoso de los inmortales y al que los demás obedecen. Es el árbitro soberano, cuya sabiduría regula todas las cosas, el fundador de la autoridad real, de las leyes y del orden. Todo emana de él, el bien y el mal, distribuyendo a su antojo los bienes y los males a los mortales y, hasta el destino le está sometido. Va armado con el trueno y el rayo y cuando agita su égida (escudo) produce los huracanes y las tempestades. De su hermana y esposa Hera tuvo a Ares y Hefestos y una hija, Hebe. Zeus no fue fiel a su mujer y ello causó los celos y deseos de venganza de ella, pues, sin poder evitarlo, las amantes de su hermano, sean diosas o mortales, excitan su ira, no sólo contra ellas sino también contra los hijos de éstas. Zeus es considerado como el dios del cielo y de los fenómenos celestes; era tenido por causa y principio de todos los fenómenos meteorológicos: era el dueño y señor de los vientos, que invocaban los navegantes. Era también el señor de las alturas, por lo cual había muchas montañas consagradas a él.

Hermes, hijo de Zeus y Maya, una de las Pléyades. [Las Pléyades son hijas de Atlante y Pleyone, llamándoselas Atlántidas o Pléyades; son siete: Maya, la mayor y más bella, (madre de Hermes), Electra y Taijete, que también se casaron con Zeus, Alciona y Celeno, que se casaron con Poseidón, Astéroe, que se casó con Marte y Merope, que se casó con un simple mortal, Sísifo.] Fue el mensajero de los dioses, especialmente de Zeus. Con su ingenio y astucia se ganó la confianza de las divinidades y a todas ellas prestó servicio. Como personaje secundario, siempre como agente de otros dioses, interviene en casi todos los hechos de la mitología. Poseía el don de la expresión fácil y clara, debido a lo cual se le consideró patrón de la elocuencia y la palabra. Era protector de los pastores y caminantes y también guiaba a los muertos hacia el mundo de las sombras.



Hermes, mensajero de los dioses.

Afrodita. Diosa de resplandeciente belleza, personificación del amor carnal y la más popular de todas las divinidades de la mitología griega. Según Homero, fue hija de Zeus y de Dione, mientras que para Hesíodo la diosa nació en el mar, cuando Cronos mutiló a su padre Urano. Los despojos de la virilidad de este último flotaron largo tiempo sobre las aguas produciendo una espuma de la cual nació una virgen: Afrodita Anadiomena. De la espuma pues brotó una doncella que llegó primero a la isla de Vitera y luego a Chipre rodeada de olas; allí saltó a tierra la venerada y bella diosa y bajo sus menudos pies florecía la mullida hierba.



Nacimiento de Afrodita



Afrodita, acompañada de los Amores y la Armonía.

Ares. Dios de la guerra. Normalmente se lo supone hijo de Zeus y Hera, como lo dice Homero. Ovidio sin embargo cuenta una historia más fantástica acerca de su origen, pues habría nacido de Hera sin la intervención de varón, del perfume de una flor. Hera entristecida porque su esposo Zeus había engendrado sin su concurso a Atenea, quiso contar su penas a Océano, deteniéndose en casa de Flora. Esta poseía una flor maravillosa cuyo contacto hacía quedar embarazadas a las mujeres estériles. Así habría nacido Ares de esta extraña fecundación. La *Iliada* presenta a Ares como un guerrero de estatura colosal, de gran fuerza física, impetuoso, armado con una lanza y un escudo de cuero y la cabeza cubierta por un casco brillante. Combate a pie pero en ocasiones monta en un carro tirado por dos o cuatro caballos; en los combates el dios parece poseído de una verdadera locura belicosa pues con los ojos extraviado, su voz ronca y el ademán altivo, ataca ciego de rabia a sus enemigos, destroza las murallas más sólidas y aniquila las máquinas de guerra mejor construidas. Ares no respeta las leyes y es indiferente a la justicia y es por esto y por su espíritu pendenciero que se hace antipático a todos los inmortales, afirmando su propio padre, Zeus, que era el más odioso de todos ellos.

Según la mitología romana Cronos es Saturno, Zeus es Júpiter, Hera es Juno, Hades es Plutón, Poseidón es Neptuno, Hermes es Mercurio, Afrodita es Venus y Ares

es Marte. Así, en el sistema solar tenemos a **Júpiter** (Zeus) el dios supremo, representado por el mayor de los planetas, y quinto en una secuencia de nueve. Además lo acompaña su padre, **Saturno** (Cronos) más distante del Sol y segundo en tamaño y esplendor. Más allá, su abuelo **Urano** y sus hermanos **Neptuno** (Poseidón) y **Plutón** (Hades) completan el sistema solar. En la cercanía del Sol están los hijos de Júpiter **Marte** (Ares), **Venus** (Afrodita) y **Mercurio** (Hermes). La Tierra, hoy sólo el tercer planeta, en los orígenes de la mitología era el centro y origen de todo, esposa de Urano (dios del cielo) y madre de todos los Titanes, incluido Cronos (Saturno), y abuela de los dioses y de los mortales.

Los dioses y diosas más importantes de la antigua Grecia, llamados olímpicos, pertenecían a la misma familia. Los dioses olímpicos vivían todos juntos en un gran palacio construido en la cima del monte Olimpo, la montaña más alta de Grecia. Unas inmensas murallas protegían el palacio. Los albañiles olímpicos habían sido los cíclopes, gigantes de un solo ojo en la frente. El palacio de los olímpicos era muy parecido a los palacios reales en la Tierra.

Zeus era el dios más importante. Tenía un gran trono de mármol egipcio adornado con oro. Era un dios fuerte, valiente, tonto, ruidoso, violento y engreído y siempre estaba alerta para que su familia no intentara deshacerse de él, lo mismo que él había hecho tiempo atrás con su padre Cronos. Zeus era el dios del cielo, su hermano Poseidón el dios del mar y su hermano Hades el dios del infierno; los tres reinaban en la Tierra.

Hera tenía un trono de marfil en el palacio del monte Olimpo. Era al igual que Zeus hija de Cronos y Rea. Zeus, su hermano, quiso casarse con ella pero Hera no quería y se resistió por más de trescientos años (recuérdese que eran inmortales). Finalmente Zeus, con un engaño, terminó convenciéndola. Hera era la Madre de los Cielos. Su emblema era la vaca y también utilizaba el pavo real y el león. Es la protectora de los matrimonios. No solamente persigue con odio a las amantes de su esposo sino también a los hijos que Zeus tiene con sus amantes.

Los tronos de Zeus y Hera presidían la sala de consejos. A los lados había diez tronos más, cinco en el lado de Zeus y cinco en el lado de Hera. Poseidón poseía el trono que seguía en tamaño a los dos primeros. Poseidón era el dios de los mares y ríos. Poseía un trono de mármol verde, con vetas blancas y adornos en coral, oro y madreperla. Poseidón se sentaba en una piel de foca. Zeus lo había casado con Anfítrite, la anterior diosa del mar. Su arma era un tridente, con el que podía agitar las aguas y hacer naufragar los barcos.

Frente a Poseidón se sentaba su hermana Deméter, diosa de todos los frutos, hierbas y granos de utilidad. Su trono era de malaquita verde. Nunca sonreía excepto cuando su hija Perséfone –muy desgraciada en su matrimonio con Hades, Dios de los muertos- venía a visitarla una vez al año.

Junto a Poseidón se sentaba Hefesto, hijo de Zeus y de Hera. Hefesto era el dios de los orfebres, de los joyeros, de los herreros, de los albañiles y de los carpinteros. El

había fabricado todos los tronos y el suyo era una obra de arte, que incluía todos los metales y piedras preciosas. El asiento era giratorio, los brazos subían y bajaban y el trono rodaba automáticamente. Hefesto había cojeado desde su nacimiento porque Zeus al verlo recién nacido le había gritado a Hera: “Un mocoso tan débil no es digno de ser hijo mío”, y lo había lanzado muy lejos, por encima de las murallas del Olimpo. Hefesto al caer se rompió una pierna, con tan mala suerte que tuvieron que ponerle una barra de oro para sujetarla. Tenía una casa de campos en Lemnos, la isla en la que había ido a caer y su emblema era la codorniz, un pájaro que en primavera baila cojeando.

Frente a Hefesto se sentaba Atenea, la diosa de la sabiduría. Era hija de Zeus pero de forma muy particular. Zeus un día sintió un fuerte dolor de cabeza. Con sus aullidos vino Hefestos y con un hacha le había abierto el cráneo y Atenea brotó de su cabeza, vestida con una armadura completa. Atenea era la diosa de las batallas pero nunca iba a la guerra si no la obligaban, pues era demasiado sensata para buscar pelea y cuando luchaba siempre ganaba. El búho sabio era su emblema y tenía una casa en la ciudad de Atenas.

Junto a Atenea se sentaba Afrodita, la diosa del amor y la belleza. Era hija de Urano y las olas. El trono de Afrodita era de plata con incrustaciones de berilos y aguamarinas. Para que no hiciera travesuras Zeus la casó con Hefestos pero Afrodita le pareció vergonzoso ser la esposa de un herrero con la cara sucia de hollín, manos callosas y además cojo e insistió en tener su propia alcoba. El emblema de Afrodita era la paloma.

Frente a Afrodita se sentaba Ares, el hermano alto, apuesto, fanfarrón y cruel de Hefesto, a quien le gustaba luchar por luchar. Ares y Afrodita estaban continuamente cogiéndose de las manos y riendo como tontos por los rincones, lo cual ponía muy celoso a Hefesto. El trono de Ares era de latón y era sólido y feo. Ares no tenía modales, ni conocimientos y tenía el peor de los gustos; sin embargo a Afrodita le parecía maravilloso. Los emblemas de Ares eran un jabalí salvaje y una lanza manchada de sangre.

Junto a Ares se sentaba Apolo, el dios de la música, de la poesía, de la medicina, del tiro al arco y de los hombres jóvenes solteros. Era hijo de Zeus y Leto, una de las diosas menores con quien Zeus se emparejó para disgustar a Hera. Tenía un trono de oro pulido. El emblema de Apolo era el ratón. Se suponía que los ratones conocían los secretos de la tierra y se los contaban a Apolo; éste prefería a los ratones blancos.

Frente a Apolo se sentaba su hermana gemela Artemisa, la diosa de la caza y de las muchachas solteras. Artemisa no soportaba el matrimonio. Ella prefería cazar, pescar y nadar a la luz de la Luna en las lagunas de las montañas. Si algún mortal la veía desnuda lo transformaba en ciervo y luego lo cazaba hasta matarlo.

El último en la fila de los dioses era Hermes, hijo de Zeus y Maya. Hermes era el dios de los mercaderes, de los banqueros, de los ladrones, de los adivinos y de los

heraldos; había nacido en Arcadia. Su trono era una sólo pieza sólida de roca gris esculpida. Hermes inventó el alfabeto y su emblema era la grulla, pues vuela formando una "V", la primera letra que escribió. Otro emblema de Hermes era una vara de avellano que llevaba unas cintas blancas.

La última de la fila de las diosas era Hestia, hermana de Zeus, diosa del hogar. Se sentaba en un trono de madera lisa sin tallar, sobre un cojín tejido de lana sin teñir. Hestia era la más bondadosa y pacífica de todos los dioses olímpicos.

Referencias:

- *Francisco Caudet Yarza, Diccionario de Mitología, Edimat Libros S.A., 1989.*
- *Robert Graves, "Dioses y Héroes de la Antigua Grecia", Editorial Lumen, Barcelona, 2000.*
- *Enciclopedia Espasa-Calpe, Madrid.*
- *Edith Hamilton, "Mythology", Little, Brown and Company, Boston.*