

ASTROFISICA Y LITERATURA. EL CANTICO COSMICO DE ERNESTO CARDENAL

M.^a Begoña de Luis Fernández
UNED (España)

Desde la década de los setenta venimos trabajando en la relación Ciencia-Humanismo, porque veíamos que cada vez más, en este siglo, se iban separando estas vertientes del conocimiento. Posteriormente fuimos trabajando en la interconexión de las distintas ramas de la Ciencia y su proyección histórica, social, filosófica, literaria y artística. Es decir, tratamos de dar una visión global científica-humanística de la realidad.

En este contexto, en 1983, comenzamos a impartir cursos de Formación del Profesorado con el ICE de la Universidad Complutense de Madrid y en 1987 emprendimos la experiencia en la UNED, con un curso de Astrofísica.

Recientemente, y dentro de la programación de los cursos de verano de la Universidad Nacional de Educación a Distancia, hemos podido llevar a cabo en Avila nuestros proyectos de muchos años de trabajo a través del curso: ASTROFISICA, proyección Filosófica y Literaria (dirigido por M.^a Begoña de Luis Fernández) en el que han participado Astrofísicos, Filósofos y Escritores de prestigio internacional*.

* Francisco Sánchez Martínez (Fundador y director del Instituto de Astrofísica de Canarias). José M.^a Quintana González (Fundador del Instituto de Astrofísica de Andalucía y Prof. de Investigación del CSIC en dicho Instituto). Manuel López Arroyo (Ex-Director de Observatorio Astronómico Nacional). Telmo Fernández-Castro (Subdirector del Planetario de Madrid). Eloy Rada García (Prof. Titular de Filosofía de la Ciencia en la UNED). José Luis López Aranguren (Catedrático de Ética en España y Estados Unidos). Carmina Casala Díaz-Alejo (Escritora). Pilar de Vega Martínez (Profesora Titular de Lengua Española en la UNED). M.^a Begoña de Luis Fernández (Profesora Titular de Física en la UNED, y Directora de dicho curso).

Trabajo presentado al «Primer Taller Iberoamericano de Poesía en Holguín» (Cuba).

El trabajo que aquí vamos a tratar de sintetizar es una experiencia para alumnos de Formación del Profesorado, llevada a cabo por M.^a Begoña de Luis Fernández (Astrofísica) como directora del curso de F.P. Introducción a la Astrofísica, y María Rimblas Mira (Humanística del campo de la Literatura) como alumna de dicho curso.

Los objetivos a conseguir fueron los siguientes:

- Ver la necesidad de adquirir un conocimiento astrofísico, tanto para escribir como para comprender obras literarias.
- Mostrar cómo se puede iniciar un estudio sistemático de Astrofísica a través de una determinada obra literaria.
- Llegar a comprender el significado real y metafórico de términos y conceptos del lenguaje astrofísico, en la Literatura.

En este caso, y por razones de espacio, nos limitaremos a la obra poética «Cántico Cósmico», de Ernesto Cardenal, que nos ha parecido un ejemplo muy valioso para realizar nuestros principales objetivos.

Un acercamiento a la Ciencia partiendo de la Literatura no es a veces fácil; dos disciplinas aparentemente tan dispares como son la investigación científica y la Literatura han estado frecuentemente aisladas, y delimitados sus campos de acción. Sin embargo, y buen ejemplo para este acercamiento puede ser el libro que nos ocupa, que nos hará ver que una y otra pueden estar no sólo relacionadas sino complementarse entre sí.

Son numerosos los escritores cuyas preocupaciones por el mundo astrofísico les han llevado a estudiar los fenómenos o simplemente a describirlos en su obra literaria. El mundo de los astros interesa desde siempre al individuo y al artista, ya que la investigación sobre el «origen del Universo», y por tanto del Hombre como realidad, es parte de los objetivos del ser humano desde el inicio de los tiempos.

Ernesto Cardenal es uno de ellos. Como aficionado, escritor y además hombre de profundas concepciones religiosas, se ha acercado con esta obra al mundo de la Ciencia, en general, y muy particularmente al de la Astrofísica.

Nos hemos ocupado del análisis detallado de CANTICO COSMICO, en el que se mezclan temas humanos, políticos, religiosos, filosóficos, míticos y científicos. Nos centraremos, no obstante, en el ámbito científico, aunque justo es señalar que, a lo largo de las cuarenta y tres cántigas, se suceden alusiones a temas más personales y a sus creencias en conexión con los datos puramente científicos.

El trabajo se ha estructurado de la siguiente forma:

En primer lugar, es necesario conocer algunos datos sobre la biografía del autor, algo necesario para poder entender su obra en toda su complejidad. Sobre todo en este caso la vida, creencias y programa político de Ernesto Cardenal influyen decisivamente en el resto del contenido. La Astrofísica es una afición y preocupación del autor, y los modelos que proporciona en este libro se corresponden, generalmente, con las teorías científicas más aceptadas en la época en que lo escribió, aunque a veces hay extrapolaciones, y conceptos confusos.

En segundo lugar, hemos realizado un registro de los términos físicos y además hemos separado los puramente astrofísicos, lo cual proporciona un primer acercamiento al verdadero carácter de la Astrofísica. Se han excluido las cántigas 13, 14, 16, 18, 21, 23, 24, 27, 33 y 39 por no tratar directamente temas de Astrofísica, aunque a veces, como en la 39, hable del Universo, la tierra, el sol y el cielo, pero en un contexto mítico-filosófico.

A continuación se desarrolla la investigación sobre los temas puramente astrofísicos. Esta es la parte central del trabajo y para conseguirlo se orienta con bibliografía específica y con un material de apoyo expresamente diseñado a tal fin.

El libro está constituido por un total de 410 páginas, y en él se encuentran casi todos los conceptos fundamentales de la Física y Astrofísica en relación con las preocupaciones del autor. Sin embargo, las que a nosotros nos concierne se podrían estructurar de la siguiente forma:

- El Origen del Universo: El Big Bang.
- El Futuro del Universo y su significado para el Hombre.
- Las leyes fundamentales de la Física: Mecánica, Termodinámica, Electromagnetismo, Cuántica y Nuclear.
- La Tierra: Su Formación, el Hombre y la Vida en otros posibles mundos.
- Grandes nombres de la Física: Historia y Conocimientos básicos.

Por último, se dedica un apartado a conclusiones: las conexiones ciencia-literatura, la Astrofísica, el Hombre, la Metafísica y la Filosofía.

Las referencias bibliográficas cierran este trabajo. Son sobre todo libros de fácil acceso a nivel divulgativo, aunque para profundizar en la Astrofísica son necesarios libros y revistas de gran complejidad que también hemos utilizado.

Pensamos que esta estructura es una forma interesante y aconsejable para unir Ciencia y Literatura y para proporcionar una formación completa y multidisciplinar a los alumnos que nos ocupan, sobre todo en un momento en el que se tiende a especializar y delimitar la formación personal del Hombre.

«El propósito de mi Cántico es dar consuelo, dar consuelo.
También para mí mismo este consuelo.
Tal vez más».

(Ernesto Cardenal)

1. ERNESTO CARDENAL: BREVE INTRODUCCION BIOGRAFICA

«Junto en mi canto triste astrofísica y amor».

(Ernesto Cardenal, en «Cántico Cósmico»)

Ernesto Cardenal nació en Nicaragua en 1925. Desde su juventud participó activamente en la lucha contra la dictadura de Somoza y en el año 1956 tuvo su conversión religiosa, ingresando después en un monasterio trapense en los Estados Unidos, donde fue novicio del célebre contemplativo norteamericano Thomas Merton. Del monasterio marchó a Colombia para hacer sus estudios sacerdotales y tras su ordenación, por consejo del propio Merton, fundó una comunidad contemplativa en una isla del archipiélago de Solentiname, en el Lago de Nicaragua. Esta comunidad se incorporó a la lucha de liberación del Frente Sandinistas, lo que hizo que la destruyera el ejército de Somoza. Tras el triunfo de la revolución, Ernesto Cardenal pasó a ser Ministro de Cultura del Frente Sandinista.

En la actualidad ha abandonado la política activa dedicándose, nuevamente, a escribir.

Entre sus libros más importantes se encuentran: *Epigramas*, *Hora Cero*, *Salmos*, *Vida en el Amor*, *El Evangelio de Solentiname*, *Oración por Marilyn Monroe* y otros poemas, y *Cántico Cósmico*. Recientemente ha sido publicado su libro: *Los Ovnis de oro. Poemas indios*.

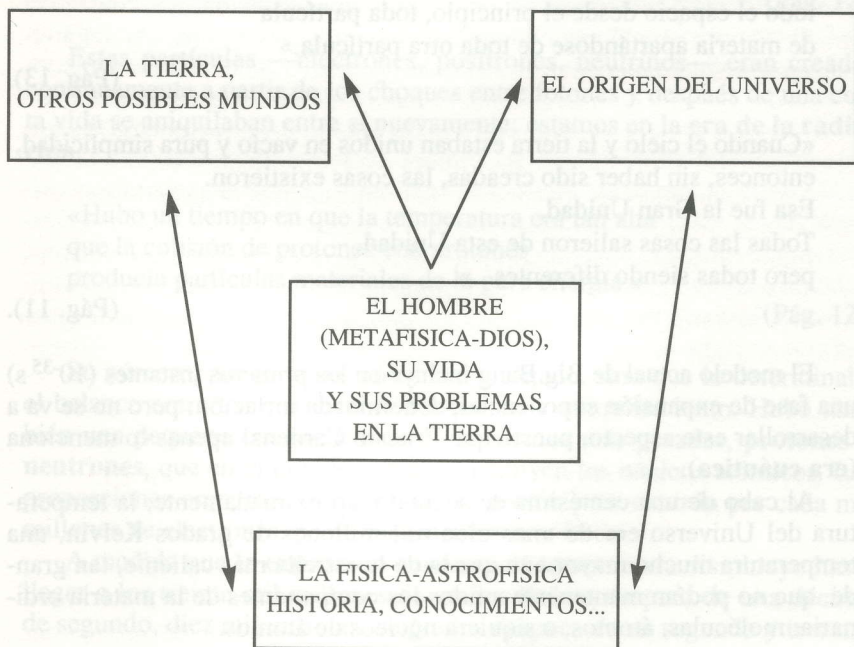
2. EL CANTICO COSMICO: LA PREOCUPACION POR EL HOMBRE

El siguiente esquema pretende resumir la estructura que, a nuestro juicio, Ernesto Cardenal ha seguido para elaborar este libro. El hombre, des-

de su posición en el mundo, se relaciona con el resto del cosmos que le rodea. Como individuo en sociedad tiene una serie de problemas que le afectan directamente, pero además tiene otra dimensión que le relaciona con el más allá y con Dios: tiene una serie de preocupaciones que le llevan a preguntarse por el origen del Universo y por tanto por el origen del hombre mismo. Este es un tema intemporal que ha ocupado al hombre desde siempre y aún le sigue preocupando, tal y como podemos observar en los medios de comunicación.

Ernesto Cardenal, desde su propia consideración religiosa del mundo, plantea la posibilidad de existencia de otros mundos y de una participación divina en el origen del Universo, antes del Big Bang científico, un instante previo en el que Dios probablemente habría intervenido.

Hay que considerar también que el autor conoce y afirma con bastante precisión una serie de datos del campo de la física general, de la astrofísica en particular, de la filosofía y la historia. El siguiente esquema intenta resumir la organización de todo este libro, un resumen de las grandes unidades temáticas.



3. INVESTIGACION SOBRE ALGUNOS DE LOS TEMAS ASTROFISICOS QUE APARECEN EN NUESTRO REGISTRO

3.1. *La teoría del Big Bang: Los tres primeros minutos*

El **Big Bang** o **Gran Explosión** es una de las teorías desarrolladas por los físicos para entender el origen y formación del Universo, y tal vez su futuro, en la actualidad la más aceptada, aunque siga siendo controvertida en algunos de sus aspectos. Según esta teoría, en el comienzo hubo una explosión. Una explosión que se produjo simultáneamente en todas partes, llenando todo el espacio desde el comienzo y en la que toda partícula se alejaba rápidamente de toda otra. En realidad, en esa explosión se generó el **espacio** y el **tiempo**, siendo el propio espacio el que se expande desde ese momento inicial.

«En el principio fue una explosión,
pero no una explosión desde un centro hacia afuera,
sino una explosión simultánea dondequiera, llenando
todo el espacio desde el principio, toda partícula
de materia apartándose de toda otra partícula.»

(Pág. 13).

«Cuando el cielo y la tierra estaban unidos en vacío y pura simplicidad,
entonces, sin haber sido creadas, las cosas existieron.
Esa fue la Gran Unidad.
Todas las cosas salieron de esta Unidad,
pero todas siendo diferentes...»

(Pág. 11).

El modelo actual de Big Bang incluye en los primeros instantes (10^{-35} s) una fase de expansión exponencial, denominada inflación; pero no se va a desarrollar este aspecto, puesto que Ernesto Cardenal apenas lo menciona (**era cuántica**).

Al cabo de una centésima de segundo, aproximadamente, la temperatura del Universo era de unos cien mil millones de grados Kelvin, una temperatura mucho mayor aún que la de la estrella más caliente, tan grande, que no podían mantenerse unidos los componentes de la materia ordinaria: moléculas, átomos, o siquiera núcleos de átomos.

«Una centésima de segundo después la temperatura era de 100.000 millones de grados centígrados, aún tan alta que no podía haber ni moléculas, ni átomos, ni núcleos de átomos, sólo partículas elementales: electrones, positrones y neutrinos fantasmales sin carga eléctrica y sin masa.»

(Pág. 13).

La materia separada en esta explosión consistía en diversos tipos de las llamadas partículas elementales: el **electrón**, la partícula con carga negativa que constituye las partes exteriores de todos los átomos; el **positrón**, una partícula con carga positiva con la misma masa que el electrón (su antipartícula) y **neutrinos**, partículas que carecen de masa y carga eléctrica. Finalmente el Universo estaba lleno de luz; la luz consiste en partículas de masa probablemente nula y carga eléctrica cero, llamadas **fotones**.

«Por lo que a pesar de la rápida expansión el universo estaba en un estado de equilibrio térmico, y la temperatura era de 10^{11} K.»

(Pág. 12).

Estas partículas —electrones, positrones, neutrinos— eran creadas continuamente a partir de los choques entre fotones y después de una corta vida se aniquilaban entre sí nuevamente; estamos en la **era de la radiación**.

«Hubo un tiempo en que la temperatura era tan alta que la colisión de protones con protones producía partículas materiales de la pura energía.»

(Pág. 12).

Su número, por lo tanto, no estaba prefijado, sino que lo determinaba el balance entre los procesos de formación y aniquilamiento. Hubo también una pequeña contaminación de partículas más pesadas, **protones** y **neutrones**, que en el mundo actual constituyen los núcleos atómicos. Las proporciones eran, más o menos, de un protón y un neutrón por cada mil millones de electrones, positrones, neutrinos y fotones.

A medida que la **expansión** continuó, la temperatura disminuía hasta llegar a los treinta mil millones de grados Kelvin después de una décima de segundo, diez mil millones de grados después de un segundo y tres mil

millones de grados después de unos catorce segundos. Esta temperatura era suficientemente baja como para que los electrones y positrones comenzaran a aniquilarse más rápidamente. La energía liberada en este aniquilamiento de materia hizo disminuir temporalmente la velocidad a la que se enfriaba el Universo, pero la temperatura continuó cayendo. La temperatura fue entonces suficiente para que los protones y neutrones comenzaran a formar núcleos complejos, comenzando con el núcleo de hidrógeno pesado (o **deuterio**), que consiste en un protón y un neutrón. Estos núcleos ligeros pudieron unirse rápidamente en el núcleo y ligero más estable, el del helio, que consiste en dos protones y dos neutrones.

«Al final de los tres primeros minutos
protones y electrones comenzaron a formar núcleos,
primero los núcleos de hidrógeno,
de 1 protón y 1 neutrón.»

(Pág. 13).

Después de doscientos segundos el Universo contenía principalmente fotones, neutrinos y **antinuetrinos**. Había también una pequeña cantidad de material nuclear, cuya composición era un 73% de hidrógeno y un 27% de helio aproximadamente y con un número semejante de electrones (el Universo en la actualidad es eléctricamente neutro). Esta materia siguió separándose y se volvió cada vez más fría y menos densa. Después de trescientos mil años esta materia se enfrió lo suficiente como para que los electrones se unieran a los núcleos para formar átomos de **hidrógeno** y de **helio**; esto permitió que los fotones pudiesen escapar de la materia, dando lugar al **fondo de radiación cósmica** (que fue detectado por primera vez en 1965 y que ahora estudia el IAC y el satélite COBE): entramos en la **era de la materia** que dura hasta la actualidad. El gas resultante comenzaría a formar agrupaciones que finalmente se condensaría para formar **galaxias** y **estrellas**. En este modelo, sin embargo, hay una vaguedad con respecto al comienzo mismo, los primeros instantes.

«...y este gas, por la gravitación, se fue juntando, juntando más,
y después apretándose más en forma de galaxias y estrellas
del presente Universo.»

(Pág. 15).

Hay una teoría alternativa que puede parecer filosóficamente más atractiva: la propuesta en 1940 por Hermann Bondi, Thomas Gold y Fred Hoyle. El **Universo** ha sido más o menos igual a como es ahora. A medi-

da que se expande se crea nueva materia que llena los espacios vacíos entre las galaxias. Se elimina el problema del Universo primitivo; no hubo Universo primitivo: es infinito y eterno. Sin embargo, las pruebas que proporcionan «el corrimiento hacia el rojo en el espectro» de las galaxias lejanas, y la «radiación de fondo de microondas», hace que se acepte la teoría del Big Bang.

Perspectivas futuras (Dentro de la Cantiga 1: El Big Bang):

Este apartado, que parte de la primera cantiga de Ernesto Cardenal, hace referencia a una mera hipótesis sobre el futuro de la expansión del Universo. Hipótesis que no es la única ni siquiera la más posible, pero sí la que al autor parece atraerle más como suposición.

El modelo actual de Big Bang preve que el Universo seguirá expandiéndose por un tiempo. Si la densidad cósmica de materia es menor que la **densidad crítica** (valor mínimo de la densidad del Universo para que la gravedad pueda detener su expansión completamente), entonces el Universo es de extensión infinita y seguirá expandiéndose eternamente; si son iguales, la expansión seguirá indefinidamente, pero cada vez más lentamente tendiendo en el límite a alcanzar una aceleración nula de expansión, **Universo crítico** (es esta posibilidad la que los cosmólogos creen más probable). En cambio, si la densidad cósmica es mayor que el valor crítico entonces el Universo es finito y su expansión cesará alguna vez, dando origen a una concentración acelerada. El tiempo de la contracción es el mismo que el de la expansión: el desarrollo de esta idea puede llevar a la teorización de un Universo de eterno retorno, donde después de 50.000 millones de años el Universo volvería a tener su tamaño actual; y es posible que un Universo semejante, **preuniverso**, haya ya existido con anterioridad al Big Bang.

«El Universo comenzará de nuevo a concentrarse lentamente.

La concentración será una expansión al revés.»

(Pág. 16)

En la Cantiga 1, E. Cardenal desarrolla esta última posibilidad, extendiéndose en detalles sobre la muerte del Universo. Durante la primera parte de la fase de concentración, los astrónomos podrían observar tanto

desplazamientos hacia el rojo (consecuencia de la expansión del Universo que se manifiesta mediante un desplazamiento de las líneas espectrales de las galaxias lejanas por efecto Doppler) como desplazamientos hacia el azul.

«Dentro de diez mil millones de años los astrónomos
verán empezar a desplazarse
del rojo al azul a las lejanas galaxias.»

(Pág. 16).

Según este modelo, el Universo se contraerá a partir de ese instante aceleradamente, el fondo de radiación se calentará progresivamente y todas las etapas que se han descrito para desarrollar el Big Bang se producirán en sentido inverso hasta alcanzar un momento final de implosión de todo el Universo. Después de ese momento puede darse un nuevo Big Bang y de este modo se repetiría el mismo proceso infinitamente. Este hecho conecta con las corrientes filosóficas de un eterno retorno o reencarnación (metempsícosis), que parece coincidir con las ideas expresadas por el autor.

«Cuando el Universo sea una centésima de su tamaño actual
el ruido de fondo de la radiación dominará el cielo.
El cielo nocturno tan caliente como el del día en el presente.
Setenta millones de años después será más brillante que el sol.»

(Pág. 16).

«Después de otros 700.000 años
la temperatura será de diez millones de grados,
estrellas y planetas licuados en un cocktail cósmico
de electrones y núcleos y radiación.

La temperatura subirá a diez mil millones de grados
en los siguientes 22 días.

Los núcleos se quebrarán en protones y neutrones.

Muy pronto entonces electrones y positrones surgirán en gran número
de las colisiones de fotones con fotones,

y los fantasmales neutrinos con sus antineutrinos
harán de todo el cosmos una comunión térmica.»

(Pág. 16).

Hasta aquí se prolonga la primera cantiga del *Cántico Cósmico*, que finaliza con la perspectiva humana en este análisis.

«¿Y cuál es la importancia de nosotros?
Ningún monumento —piedra o metal— del presente universo.
Vos ser humano mirando en tu ventana las estrellas.
En ellas también lloran!»

(Pág. 17).

«Repitiéndose tras cada Big Bang este Universo
para ser cada vez mejor cada vez
hasta llegar a ser el cosmos perfecto,
presentes en él todos los tiempos pasados,
recapitulados todos los seres.»

(Pág. 17).

3.2. *La vida de las estrellas*

E. Cardenal está interesado en el hombre, y desde ese punto de vista indaga sobre la aparición del Sol y la Tierra que permiten su existencia. A lo largo de diversas Cantigas (sobre todo las 8, 10 y 11) menciona repetidamente la teoría astrofísica sobre la formación del sistema solar, y por extensión la de cualquier estrellas; por tanto, nos parece importante clarificar este tema en relación con las menciones del libro. Al mismo tiempo, al igual que el autor se ha interesado por el final de todo el Universo, también se interroga sobre el posible final del Sol y la Tierra que en un futuro lejano ocurrirá; por ejemplo, la fase de **gigante roja** en que se convertirá el Sol se cita en la Cantiga 36.

Las estrellas se forman en las grandes **nebulosas interestelares** a partir del **polvo** y **gas** que contienen. La existencia de turbulencias locales, colisiones con otras nubes, o la llegada de una onda de choque producida por una explosión de supernova pueden dar lugar a una perturbación gravitacional que se propaga como una onda, modificando la densidad y presión del medio. Cuando se alcanzan unas condiciones físicas determinadas se produce la fragmentación de la nube en coágulos. Estas regiones de mayor densidad recogen la materia circundante por acrecimiento gravitacional, incrementando su masa y su tamaño. El objeto así originado inicia una contracción gravitacional debido a su propio peso y recibe el nombre de protoestrella. Otra causa de perturbación inicial puede ser la presencia de ondas de densidad en los brazos **espirales** de galaxias de la misma clase que la nuestra. En ocasiones pueden actuar todos estos procesos simultáneamente.

«Las condensaciones se comprimieron en estrellas.
Llamaron «nova» y «supernova» a las que creyeron más nuevas.
Irónicamente, porque son la destrucción de una estrella.
Pero una supernova creó al menos una estrella nueva: el Sol.»

(Pág. 77).

«Condensación, unión, eso son las estrellas.
La Ley de la Gravedad
che muove il sole e l'altre stelle
es una atracción entre los cuerpos, y la atracción
se acelera cuando se acercan los cuerpos.»

(Pág. 57).

La protoestrella continúa disminuyendo de tamaño por contracción, y la energía gravitacional se invierte en excitar y destruir las moléculas de hidrógeno, principal constituyente de las nubes frías del **medio interestelar**. Progresivamente el material se va haciendo más denso y opaco a la radiación; en consecuencia se calienta. Cuando en el interior de la protoestrella la materia está totalmente ionizada, la presión y la temperatura vuelven a aumentar de nuevo, alcanzando esta última los 10^6 K (si la estrella no tiene suficiente masa no se alcanzan temperaturas tan elevadas, el objeto resultante será semejante a **Júpiter**, y se denominan **enanas marrones**). A partir de estas condiciones se desencadenan reacciones nucleares que liberan energía, la cual es transportada hasta la superficie escapando al exterior. La presión interna adquiere valores que son ya suficientes, para contrarrestar el peso de la estrella, deteniendo la contracción gravitacional y estableciendo un estado de equilibrio: en general, toda la evolución de la estrella es una lucha continua entre la gravedad, que tiende a colapsar la estrella, y la presión, que tiende a expandirla. La protoestrella deja de serlo y, se convierte en una estrella cuya evolución futura quedará condicionada por la masa que tenga en su nacimiento.

«Ellas engendradas por la presión y el calor.»

(Pág. 57).

«Ellas que son casi sólo hidrógeno.

100.000 millones de soles casi sólo hidrógeno.»

(Pág. 315).

Una vez establecido el equilibrio hidrostático, la estrella entra en la secuencia principal del diagrama H-R (Hertzsprung-Russell, diagrama de representación de la temperatura de las estrellas frente a su luminosidad) en un punto fijado por su masa. En esta fase permanece la mayor parte de

su vida realizando en su núcleo la fusión del hidrógeno en helio por reacciones nucleares. El tiempo de permanencia en la secuencia principal depende de su masa.

Las reacciones nucleares consumen el hidrógeno del núcleo y lo reemplazan por helio inerte. Cuando el hidrógeno esta agotado, disminuye su producción de energía nuclear y la estrella debe reorganizarse; la energía interior no es capaz de contrarrestar el peso de las capas interiores, y por ello el núcleo se contrae aumentando su temperatura, pero al mismo tiempo las capas exteriores se expanden, enfriándose y aumentando de tamaño. La estrella entra en la fase de **gigante roja**, son mayores y más luminosas, pero sus superficies son más frías. Cuando el Sol se halle en esta etapa, su radio se extenderá cuando menos hasta la órbita de Venus y la temperatura de la superficie terrestre será superior a la de fusión del plomo.

«El sol se convertirá en un gigante roja.»

(Pág. 70).

«Cuando al fin el sol empiece a ser un gigante roja...

¿Cómo poder mudarse a otro sistema estelar?

Cuando otras estrellas se están también consumiendo.»

(Pág. 315).

En la zona de las gigantes rojas, las estrellas permanecen durante un tiempo transformando el helio en carbono y oxígeno. La temperatura va aumentando y se produce la nucleosíntesis de elementos cada vez más pesados. Las estrellas más masivas alcanzan temperatura suficiente para fusionar el carbono y el oxígeno; la estrella tiene ahora una estructura de capas, constituidas por los elementos fabricados en los distintos períodos de fusión. En el núcleo se producen reacciones que desintegra el hierro acabando, de esta manera, con el equilibrio de la estrella. Como consecuencia de ello se produce una gran explosión que lanza una fracción importante de la masa de la estrella al medio interestelar. Las **supernovas** son el resultado de esta explosión, donde es tal la energía liberada que son fácilmente observables cuando se originan en otras galaxias. Después de la explosión el núcleo colapsa; dependiendo de la masa residual el producto será un agujero negro, un pulsar o una estrella de neutrones.

Las estrellas poco masivas no alcanzan la temperatura interna suficiente para fusionar el carbono. Dominan entonces las fuerzas gravitacionales que producen el colapso del núcleo y la expulsión de las capas externas. En esta fase se encuentran las llamadas nebulosas planetarias. La ma-

teria se expande dejando en su centro el núcleo colapsado que acabará evolucionando a enana blanca.

«El gas cada vez más denso y más caliente hasta que es una estrella.

¿Por que el interior de las estrellas se hizo caliente?

(El metabolismo de las estrellas).»

(Pág. 69).

También alude Ernesto Cardenal a un fenómeno al que frecuentemente denomina **hoyo negro**, es decir, un simple e interesante **agujero negro**: si después de la explosión de una **supernova** la masa del residuo estelar es superior a 3 M solares, su colapso continua, aumentando su densidad, reduciendo su tamaño y originando un intenso campo gravitacional en el que cae hasta la luz. En principio, dado que el agujero negro es muy masivo, producirá perturbaciones gravitacionales en el movimiento de las estrellas próximas. Aquellos sistemas en los que sólo se observe una estrella, pero que tengan una compañera invisible muy masiva, serán candidatos a poseer un agujero negro. Si después de la supernova el residuo no tiene suficiente masa para formar un agujero negro, el núcleo central de la antigua estrella queda como un núcleo atómico gigante (su densidad es igual a la de la materia nuclear); ese objeto se denomina **pulsar** o **estrella de neutrones** y únicamente se puede detectar en **ondas de radio**.

«Cuasares a billones de años luz de nosotros, separados por billones de años tiempo.

Tal vez del tamaño de nuestro sistema solar y más brillantes que cien billones de soles, más brillantes que galaxias.

Tanto que hay astrónomos que no quieren aceptarlo, y aún no se sabe qué son.

Si cadenas de supernovas explotando

o núcleos de galaxias desbocadas hacia hoyos negros, hacia centros insondables de oscuridad permanente.»

(Pág. 179).

Otros términos a los cuales alude el autor a lo largo de su libro y que tienen gran importancia a la hora de especificarlos y estudiarlos, son las **radiogalaxias** y los **cuásares**. Las radiogalaxias son galaxias activas que emiten en radiofrecuencias una energía igual o superior a la correspondiente al rango óptico. Su estructura detallada no pudo ser estudiada, por

razones instrumentales, hasta 1960, comprobándose entonces que la zona emisora predominante se concentraba en un núcleo de pequeñas dimensiones; aunque rodeando esas galaxias existen halos difusos también emisores.

Los cuásares fueron descubiertos en 1964. Recibieron este nombre porque su imagen fotográfica, prácticamente puntual, tiene apariencia estelar. Presentan excesos infrarrojos importantes y son emisores intensos en radiofrecuencias, lo que favoreció su identificación, mediante **técnicas radioastronómicas**, en los momentos iniciales. Las características de los cuásares, la interpretación de los mecanismos que dan origen a sus luminosidades, las más altas observadas en un objeto celeste, su formación y evolución, la naturaleza de sus grandes desplazamientos hacia el rojo, que marcan el límite del Universo observable, son algunos de los problemas que han atraído la atención de un gran número de astrofísicos. Debido a la expansión del Universo se encuentran a grandes distancias, convirtiéndose así en objetos de gran interés para el estudio de la estructura a gran escala de éste. Una de las teorías actuales sobre cuásares y galaxias activas explica sus características como consecuencia de la existencia de un agujero negro gigante en el núcleo de estas galaxias.

De esta forma hemos realizado un análisis completo de los términos más importantes que aparecen en este libro. Los hemos agrupado temáticamente con el objeto de, no sólo estudiar lo que eran en sí, sino de integrarlos en el tema correspondiente y así logramos tener una concepción mucho más global y, por tanto, más real de lo que es esta Ciencia. Todos los términos que aparecen en negrilla son términos que se encuentran en el registro que hemos señalado, al principio del trabajo, y a los que por tanto alude Ernesto Cardenal en su libro.

4. GRANDES NOMBRES DE LA ASTROFISICA

A lo largo de las cantigas, el autor menciona una serie de figuras importantes en la Historia de la Astrofísica, que merecen un capítulo aparte en este trabajo, pero que ahora sólo podemos citar (por falta de espacio):

NICOLAS COPERNICO: 1473-1543.

TYCHO BRAHE: 1546-1601.

GIORDANO BRUNO: 1548-1600.

GALILEO GALILEI: 1564-1642.

JOHANNES KEPLER: 1571-1630.

ISAAC NEWTON: 1642-1727.

ALBERT EINSTEIN: 1879-1955.

Además nombra a otras figuras importantes, del campo de la física, como pueden ser Maxwell (electromagnetismo), Boltzmann (termodinámica), Schrödinger y Heisenberg (cuántica).

5. CONCLUSIONES: CIENCIA Y LITERATURA

A lo largo de todo este trabajo hemos pretendido realizar un acercamiento desde el ámbito de la Literatura al de la Astrofísica. Tengamos en cuenta lo revelante que resulta saber sobre astrofísica para el individuo del siglo XX. Es quizás una afirmación que requiere alguna explicación: en este momento el Hombre tiene un ansia de saber y de conocer que, aunque ha existido siempre, ahora se ha generalizado y, sobre todo en la sociedad occidental, se ha fijado la atención en los astros. En España, sin ir más lejos, tenemos uno de los mejores Centros de Investigación Astrofísico del mundo, el Instituto de Astrofísica de Canarias. Son frecuentes las informaciones, la polémica sobre diferentes temas, que aparecen en los periódicos y en los medios televisivo y radiofónico, pero es minoritario el interés por conocer realmente, en profundidad, que es la astrofísica. Es precisamente esa falta de rigor científico lo que nos ha llevado a emprender este trabajo dirigido, en especial, a profesores de Enseñanzas Medias.

Ernesto Cardenal posee este interés. Como hombre de ámbito literario y político se acerca al mundo de la astrofísica y esto no deja de ser interesante. A través de su libro hemos seguido sus pasos y por tanto hemos puesto de manifiesto una experiencia: llegar a la ciencia de mano de la astrofísica. En este libro se mezcla astrofísica, filosofía, religión, política y experiencias personales del autor; pero se pueden delimitar perfectamente estos campos y analizar por separado cada uno de ellos.

El resultado ha sido este trabajo que no es más que una «introducción a la astrofísica». De todas formas consideramos que también es enormemente interesante para alguien del mundo de la investigación científica acercarse literariamente a esta obra. El lector que desconoce el significado de muchos términos ha de intentar descubrir lo que son en realidad. El científico sólo ha de dejarse llevar por el lenguaje y las ideas de Ernesto

Cardenal. En cualquier caso es una experiencia, recomendable a nuestro juicio.

El presente trabajo podría ser mucho más completo, como se comprueba a medida que se va leyendo, pero en algún lugar hemos tenido que poner el punto y aparte. Nuestro objetivo ha sido aunar Ciencia y Literatura, Astrofísica y el Cántico Cósmico. Esperamos haberlo conseguido.

El *Cántico Cósmico* no es un ejemplo único de la interacción astrofísica-literatura. Hay literatura de ciencia-ficción y obras de un escritor tan conocido como Italo Calvino: *Palomar* o *Las Cosmómicas* en las que la astrofísica es medio de pensamiento y tema literario. También ocurre con *Eureka* de Adgar Allen Poe, y otros autores que hemos analizado.

BIBLIOGRAFIA

- CARDENAL, Ernesto (1992): *Cántico Cósmico*. Editorial Trotta. Madrid.
- GONZÁLEZ ALVAREZ, Joaquín (1991): *Lo Científico de la Literatura*. Ediciones. Holguin. Cuba.
- LUIS FERNÁNDEZ, M.^a Begoña de: *Material de apoyo para el curso de Formación del Profesorado «Introducción a la Astrofísica»*. Ed. UNED. Madrid.
- LUIS FERNÁNDEZ, M.^a Begoña de (1988): *El Universo. Guía didáctica*. Ed. Equipo Sirius. Madrid.
- BAKULIN, KONONOVICH, MOROZ (1987): *Curso de Astronomía general*. Editorial Mir. Moscú.
- GEYMONAT, Ludovico (1985): *Historia de la Filosofía y de la ciencia. 1. Antigüedad. 2. Del Renacimiento a la Ilustración. 3. El pensamiento contemporáneo*. Editorial Crítica. Barcelona.
- NARLIKOS, Jayant (1987): *Fenómenos violentos del Universo*. Alianza Universidad. Madrid.
- REGO, M.; FERNÁNDEZ, M. José (1988): *Astrofísica*. Eudema. Madrid.
- SAGAN, Carl (1980): *Cosmos*. Editorial Planeta. Barcelona.
- WAGONER, Goldsmith (1985): *Horizontes cósmicos*. Editorial Labor. Barcelona.
- WEINBERG, Steven (1986): *Los tres primeros minutos del Universo*. Alianza Universidad. Madrid.