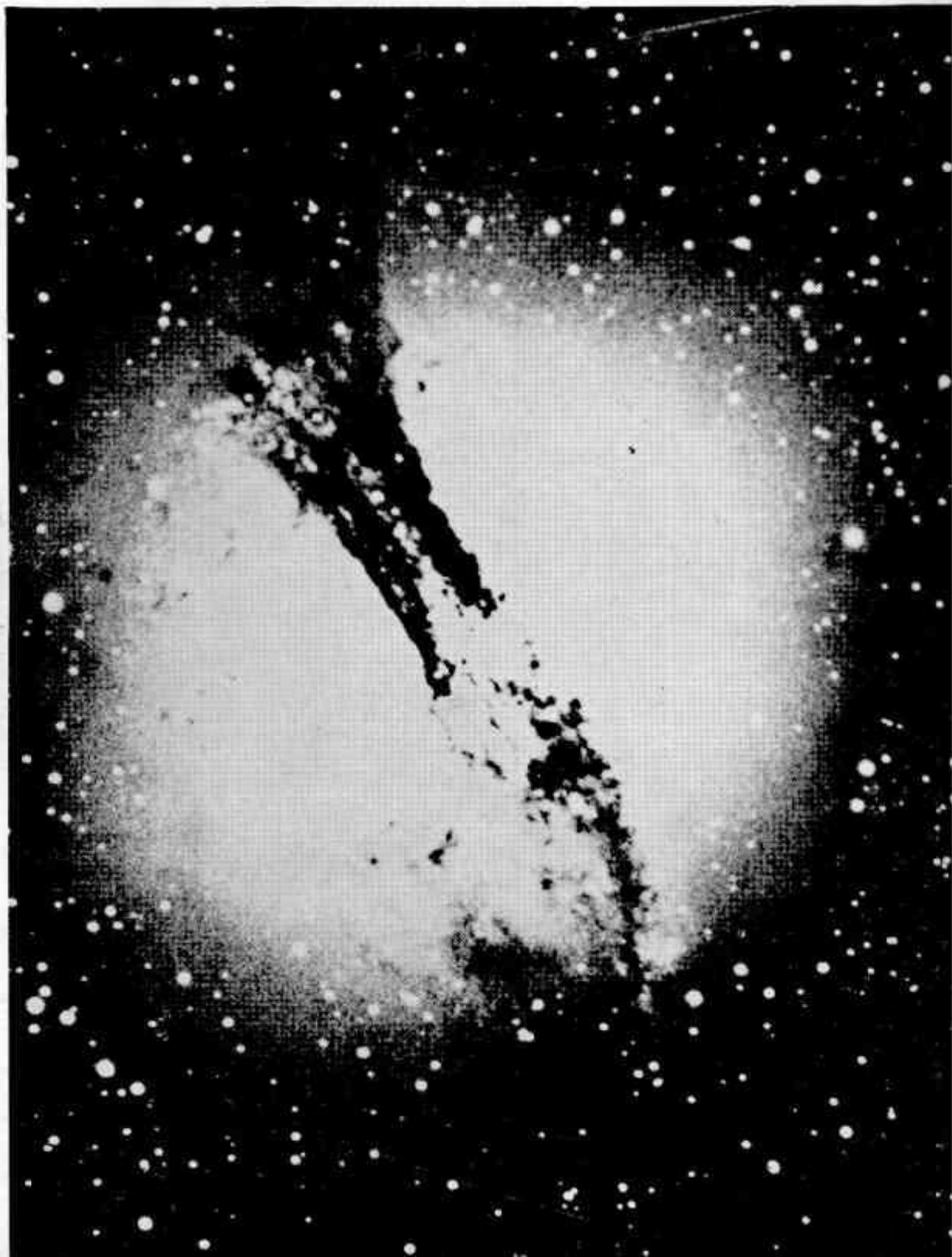


REVISTA ASTRONOMICA



OCTUBRE
DICIEMBRE
1980

N° 215



...Cuanto más comprensible parece el Universo, tanto más sin sentido parece también. Pero si no hay alivio en los frutos de nuestra investigación, hay al menos algún consuelo en la investigación misma. Los hombres no se contentan con consolarse mediante cuentos de dioses y gigantes, o limitando sus pensamientos a los asuntos cotidianos de la vida. También construyen telescopios, satélites y aceleradores, y se sientan en sus escritorios durante horas interminables tratando de discernir el significado de los datos que reúnen. El esfuerzo para comprender el Universo es una de las pocas cosas que eleva la vida humana por sobre el nivel de la farsa y le imprime algo de la elevación de la tragedia.

"Los Tres Primeros Minutos del Universo"
Steven Weinberg
Premio Nobel de Física 1979

**REVISTA
ASTRONOMICA
N° 215**

OCTUBRE-DICIEMBRE de 1980

TOMO LII

AG ISSN 0044 - 9253

**REGISTRO NACIONAL
DE LA PROPIEDAD
INTELLECTUAL N° 47103**

La dirección de la Revista no se responsabiliza por las opiniones vertidas por los autores de los artículos publicados o por los datos contenidos en ellos.

**DISTRIBUCION GRATUITA
A LOS SEÑORES ASOCIADOS**

Patricias Argentinas 550 (1405) Bs.
As. - T.E. 88-3366

DIRECTOR:

Sr. Alejandro Di Baja (h)

SECRETARIOS:

Sr. Carlos Rúa

Sr. Eduardo De Tommaso

REDACTORES:

Sr. Ambrosio Juan Camponovo

Sr. Alejandro Di Baja (h)

Dr. Angel Papetti,

Sr. Carlos Rúa

Sr. Mario Vattuone

TRADUCTORES:

Sr. Alejandro Di Baja (h)

Dr. Angel Papetti

Sr. Mario Vattuone

ASESOR ARTISTICO:

Sr. Jorge Luis Ferro

CANJE Y SUSCRIPCIONES:

Srta. Flora Clauré

EFEMERIDES:

Ing. Cristián Rusquellas

COMISION DIRECTIVA

PRESIDENTE

Dr. Fernando P. Huberman

VICE-PRESIDENTE

Ing. Cristián Rusquellas

SECRETARIO

Prof. Luciano Ayala

PRO-SECRETARIO

Sr. Jorge Luis Ferro

TESORERO

Sr. Eduardo De Tommaso

PRO-TESORERO

Ing. Benjamin Trajtenberg

VOCALES TITULARES

Sr. Carlos Antonioli

Sr. Claudio Apelbaum

Sr. Alejandro Di Baja (h)

Dr. Angel Papetti

Sr. José María Requeijo

Sr. Mario Vattuone

VOCALES SUPLENTE

Sr. Federico Friedheim Bustillo

Sr. Roberto Frommel

Sr. Guillermo Lücke

COMISION REVISORA DE CUENTAS

Sr. Carlos E. Gondell

Dr. Fernando Larumbe

Sr. César R. del Río

Impreso en

Agencia Periodística CID

Avda. de Mayo 666, 2°,

Tel. 30-2471 Bs.As.



REVISTA ATRONOMICA

REVISTA ASTRONOMICA



Fundador: CARLOS CARDALDA

**Organo de la Asociación Argentina
Amigos de la Astronomía**

SUMARIO

Editorial:

1980, UN AÑO DE CAMBIOS

pág. 2

EL DESTINO FINAL DEL UNIVERSO

por Jamal N. Islam

pág. 3

EL AFICIONADO Y EL SISTEMA SOLAR

por la Subcomisión de Planetas

pág. 8

NOTICIAS DE LA ASOCIACION

pág. 10

EFEMERIDES 1981

compaginadas por el Ing. Cristián Rusquellas

pág. 11

NUESTRA PORTADA:
*NGC5128, galaxia peculiar
de la constelación del Centauro,
la radiofuente más intensa
del firmamento*



Octubre - Diciembre 1980 • 1

1980, Un año de cambios

Un año atrás, en Revista Astronómica N° 211, titulamos nuestro editorial "Un primer balance". En él describimos brevemente los cambios metodológicos introducidos en aquel año en la preparación de nuestra revista, y concluimos con la enunciación de propósitos para 1980.

El lector habrá notado que no hemos vuelto a tocar estos temas desde entonces, no obstante haberse producido cambios notables en la presentación de Revista Astronómica. En rigor, con la excepción del editorial del número 212 acerca de la lamentable desaparición de quien fuera hasta ese entonces nuestro director, José María de Feliú, no hemos incluido editoriales en los siguientes números de 1980.

La razón de esto es que 1980 fue un año de pruebas, cambios constantes, y adaptación a nuevas técnicas. Creimos oportuno reseñar para el último número del año esta "rendición de cuentas" tal como lo hicimos en 1979.

Si 1979 significó un año de cambios organizativos, 1980 en cambio fue un año de cambio de tecnología. Tal como lo adelantáramos en el editorial del número 211, hemos adoptado las modernas técnicas de fotocomposición electrónica para la preparación de nuestra revista. Razones técnicas obligaron a un cambio de formato, debiéndose optar entre uno ligeramente más pequeño que el anterior y el definitivamente adoptado, sensiblemente más grande. La decisión no fue sencilla ya que implicaba una gran responsabilidad para nuestro equipo. Optamos finalmente por el mayor, y se adoptó una cantidad de 24 páginas como valor estándar con lo que se mantenía aproximadamente la cantidad de información del formato anterior de 48 páginas.

La adopción del nuevo formato y la tecnología de fotocomposición electrónica demandó un esfuerzo de adaptación considerable por nuestra parte. Surgieron simultáneamente infinidad de problemas y alternativas que requerían soluciones y decisiones rápidas, ya que no deseábamos que estos cambios fueran una excusa para nuevos atrasos en la aparición de nuestra revista. Dentro de los problemas menores podemos comentar la necesidad de un nuevo formato de sobre para el envío por correo; la existencia en "stock" de una gran cantidad (varios miles) de sobres del viejo formato nos decidió a aprovecharlos mediante una solución de emergencia que consistió en cortar y pegar dos sobres pequeños para formar uno grande. En el aspecto más técnico, debimos elegir el tipo y tamaño de letra dentro de una variedad enorme ofrecida por un copioso catálogo, debimos también adoptar los tipos de letras adecuados para los títulos, los epígrafes, y las notas al pie de página. Se presentó además la alternativa de realizar la revista a una, dos, tres, o cuatro columnas, y finalmente de-

bieron adaptarse los diseños de la tapa, la página del sumario y las propagandas comerciales.

Pero quizás el esfuerzo mayor fue amoldarnos al empleo de la nueva tecnología, y más específicamente a la "corrección de textos en pantalla". La técnica consiste en almacenar en la memoria magnética de la máquina el texto de los artículos y luego se procede a pasarlos por una pantalla de TV pudiéndose introducir las correcciones necesarias pulsando los controles apropiados. De esta forma el texto es regrabado incorporándose al mismo las correcciones realizadas. Esta etapa de corrección es realizada "en pantalla" por miembros de nuestro equipo de Revista Astronómica. Si bien el proceso descrito parece sumamente sencillo, no lo es tanto, ya que —y esto nos lo confirmó el Director de la imprenta— se tiende a leer lo que se quiere leer y no lo que realmente está escrito. Por esta razón consideramos aún muy elevado el número de errores tipográficos que aparecen en la revista. Si bien hemos notado una notable mejoría entre el número 212 y los posteriores, creemos que aún debemos mejorar más en la detección y eliminación de errores tipográficos. Es ciertamente frustrante comprobar cómo errores que han pasado evidentemente inadvertidos en la corrección "en pantalla", son detectados inmediatamente al recibir la revista impresa.

En lo referente a la tapa, hemos probado varios tipos de papeles de diferente gramaje y textura, considerando actualmente que el aparecido en el número 214 es el más satisfactorio. El diseño de la tapa lo consideramos también definitivo (al menos mientras estemos limitados a una tapa blanco y negro). Finalmente consideramos que una estructura híbrida con artículos a tres columnas o otros a dos, permite aprovechar en forma más eficiente la cantidad de páginas disponibles. Artículos con numerosas ilustraciones resultan más apropiados para una diagramación a tres columnas, así como también secciones de notas cortas como el noticiero astronómico, en tanto que aquellos que incluyan fórmulas matemáticas conviene imprimirlos a dos columnas.

Finalmente es de destacar que todos estos cambios han sido adoptados sin ocasionar un atraso extra en la aparición de nuestra revista. Consideramos que este número será distribuido aproximadamente a fines de enero de 1981 a más tardar, con lo que virtualmente habremos logrado la tan ansiada puesta al día.

Como metas para 1981 podemos mencionar una mejora constante en los aspectos aún insatisfactorios como ser el número de errores tipográficos, y la afirmación de los logros ya alcanzados, así como la normalización definitiva en la aparición de nuestra revista puntualmente en fecha.

El Director

REVISTA ASTRONÓMICA

El Destino final del Universo

por Jamal N. Islam

Department of Mathematics, The City University, London EC1V OHB, England

Department of Applied Mathematics and Teoretical Physics, Cambridge CB3 9EW, England.

Traducido de Sky an Telescope de enero de 1979 con autorización de Sky Publishing Corporation y conformidad del autor, los que retienen los derechos de autor.

¿Qué le ocurrirá finalmente al Universo? ¿Cuál es el destino último de la tierra y de la humanidad? De una manera u otra, las mentes especulativas se han hecho estas preguntas desde tiempos inmemoriales. Empero, solamente en las últimas décadas la cosmología (el estudio del Universo como un todo) ha avanzado lo suficiente como para al menos sugerir algunas respuestas plausibles. Lo que sigue es una imágen aproximada, basada sobre nuestros conocimientos presentes, de lo que sería el futuro del Universo si éste durara eternamente (una buena posibilidad). Puede ocurrir que esta imágen cambie gracias a nuevos descubrimientos.

Los constituyentes básicos del Universos, a gran escala, son las galaxias, conglomerados de típicamente unas 100 mil millones (10^{11}) de estrellas, mantenidas juntas por su atracción gravitatoria recíproca. Las galaxias usualmente se agrupan en cúmulos desde unas pocas hasta unos cuantos miles.

Las observaciones indican que estos cúmulos están distribuidos muy uniformemente a través del Universo para cualquier época considerada, si bien esto es una extrapolación; la luz que vemos desde las galaxias lejanas fue emitida hace millones de años y no representa el estado actual de las mismas.

NUESTRA CONCEPCION ACTUAL

En los años veinte Edwin Hubble y otros astrónomos realizaron el extraordinario descubrimiento de que el Universo parecía expandirse. Todas las galaxias (con la posible excepción de aquellas pertenecientes al mismo cúmulo) se alejan de entre sí a velocidades proporcionales a su distancia —cuanto más lejos se halla una galaxia de nosotros, más rápidamente parece alejarse.

Pensemos en un globo esférico cubierto de manchas. A medida que el globo se expande, las manchas se alejan unas de otras a velocidades proporcionales a sus distancia medida sobre la superficie del globo. La analogía del globo muestra; cómo las galaxias pueden alejarse unas de otras pero mantener aún la misma configuración global. Si bien todas las manchas se alejan unas de otras, ninguna tiene una posición central privilegiada; alternativamente, cualquier mancha puede ser considerada como el centro de la expansión. Mientras que el globo es sólo una superficie bidimen-

sional, las galaxias en cambio, están distribuidas en un espacio tridimensional, el que puede ser infinito o finito —no lo sabemos. (Ver Sky & Telescope, Septiembre de 1977, pág. 180.)

El ritmo al cual las galaxias se están alejando unas de otras implica que toda la materia del Universo estuvo fuertemente comprimida hace unos 10 mil millones de años. Actualmente se acepta que el Universo comenzó en una violenta explosión, el "Big Bang", en la que la materia y la energía irrumpieron violentamente. Posteriormente la materia se agrupó en unidades que eventualmente se transformaron en galaxias. Aun siguen alejándose unas de otras por el ímpetu de la explosión original.

¿Continuará el Universo expandiéndose para siempre, o eventualmente se detendrá y comenzará a contraerse? Esta es una de las preguntas más cruciales en cosmología, aún sin respuesta. El destino final de la vida y la materia en el Universo depende de esta respuesta. Se puede tratar de calcular cuánto se está frenando la expansión midiendo las velocidades (por el corrimiento al rojo) y las distancias de objetos muy distantes, y consecuentemente muy antiguos, como los "cuasares". Otro camino está basado en la densidad media de materia en el Universo, la que ejerce una fuerza gravitacional que se opone a la expansión. Si la densidad es superior a un valor crítico, esta fuerza podrá eventualmente detener la expansión y llevará a las galaxias a juntarse nuevamente. Finalmente, la edad del Universo puede estimarse a partir de las edades de ciertos elementos radioactivos o de estrellas de los cúmulos globulares, y luego puede compararse con el tiempo que le hubiera demandado al Universo alcanzar su tamaño actual si siempre se hubiese expandido al ritmo actual.

Luego, la meta de los cosmologistas modernos es determinar cuatro valores: el ritmo de expansión actual (la constante de Hubble), el cambio en el ritmo de expansión (el parámetro de desaceleración), la densidad de masa presente, y la edad del Universo. Algunos de estos valores están interrelacionados. Por ejemplo, en un modelo sencillo, el parámetro de desaceleración es exactamente igual a la mitad de la densidad (numéricamente) cuando ambos son expresados en ciertas unidades convenientes. En la actualidad, estos cuatro valores son todos inciertos. En 1974, empero, J.R. Gott, III, y otros tres astrónomos analizando la evidencia disponible encontraron que la densidad actual del Universo parece ser solamente un décimo del valor crítico. Su estudio, y otro por Allan Sandage y G. A. Tamman sugieren que el

Universo se continuará expandiendo para siempre, si bien la cuestión no está totalmente decidida.

TRES MODOS DE MORIR

Si el Universo se expandirá por siempre, ¿qué le ocurrirá a él y a las estrellas y galaxias que lo constituyen? Los primeros cambios significativos le ocurrirán a las estrellas.

Debido a la gravedad la materia de todo agregado tiende a colapsar hacia su centro de masa. En una estrella esta fuerza resulta balanceada por el calor y la radiación liberados en su núcleo en la conversión nuclear de hidrógeno en helio y a su vez el helio en elementos más pesados. Cuando, después de miles de millones de años, la estrella ha agotado su combustible nuclear, su gravedad ya no será balanceada y la estrella comenzará a contraerse. Si su masa es menor que 1,4 masas solares, la estrella puede llegar a un equilibrio convirtiéndose finalmente en una enana blanca, compuesta de núcleos de hierro (el hierro tiene el núcleo más estable) de los cuales las intensas presiones gravitacionales han despojado todos los electrones. Estos electrones se mueven libremente a través de la estrella y en su conjunto ejercen una presión que evita una posterior contracción. Una enana blanca de aproximadamente una masa solar es del orden del tamaño de la Tierra. A medida que irradian su energía residual, las enanas blancas se enfrían gradualmente y se hacen menos brillantes, transformándose al final en enanas "negras".

Las estrellas más pesadas pueden terminar en un estado aún más compacto, las estrellas neutrónicas. En una explosión de una supernova, la súbita presión hacia adentro supera aún la presión de los electrones descrita arriba. Los electrones son incrustados en los núcleos y se combinan con los protones para formar neutrones; todos los núcleos a su vez son "apretujados" formando un único y gigantesco núcleo de neutrones el que constituye prácticamente toda la estrella. La presión de los neutrones y las fuerzas nucleares prevendrán entonces que la estrella colapse aún más si es que es menor que tres soles. En ese punto la estrella original se habrá comprimido a un radio de sólo 10 kilómetros, y una "cucharada" de su material pesaría en la Tierra mil millones de toneladas.

Si, empero, luego de despedir cierta masa en una explosión de supernova, la estrella resulta con una masa superior a tres masas solares, de acuerdo a las leyes de la relatividad general, ni la presión de los neutrones ni de los electrones resulta suficientemente fuerte para aguantar la enorme gravedad de la estrella. Ninguna fuerza conocida puede evitar que la estrella colapse literalmente a un punto. El resultado será un agujero negro, una región del espacio alrededor de la estrella completamente comprimida de la que nada, ni siquiera la luz podrá escapar. Habría, empero, radiación proveniente de la materia que cae hacia el agujero, calentada a altas temperaturas justo antes de que desaparezca hacia la región sin retorno. Podemos detectar un agujero negro por esta radiación (usualmente rayos X) o debido a su influencia gravitatoria sobre estrellas cercanas. El radio de un agujero negro es proporcional a la masa dentro de él, y para la masa del Sol es de alrededor de tres kilómetros, un tercio del tamaño de una estrella neutrónica.

Estos tres estados son el destino de los objetos no mucho más masivos que el Sol. En los cuerpos más pequeños como la Tierra y la Luna, la gravedad puede resultar balanceada indefinidamente por la presión que ejerce la materia ordinaria al ser comprimida.

GALAXIAS OSCURAS

Al ritmo al que las estrellas normalmente irradian energía, todas las estrellas en una galaxia como la nuestra alcanzarán su estado final en aproximadamente 100 mil millones de años. En ese entonces la galaxia será un sistema de agujeros negros, estrellas neutrónicas, enanas blancas, y otros cuerpos pequeños y fríos como planetas, asteroides, y polvo. Estos aún se influirán gravitatoriamente entre sí, de modo que aún estarán ligados en una galaxia, pero no se emitirá prácticamente nada de luz ni radiación electromagnética de ningún tipo. A partir de ese momento el cielo sería absolutamente negro para ojos del tipo humano en todo lugar del Universo, excepto quizás por ocasionales "fuegos de artificio" cuando se produzca un choque entre estrellas muertas cerca del centro de la galaxia.

Por billones de años después de la muerte de las estrellas las galaxias no cambiarán apreciablemente. Aquellas que no se encuentran en el mismo cúmulo continuarán alejándose unas de otras. A medida que las estrellas (de aquí en más por estrellas entendemos enanas negras, estrellas neutrónicas, o agujeros negros de masas estelares) giran en la galaxia, eventualmente formarán un denso núcleo central rodeado de una envoltura extensa de densidad moderada. El comportamiento a largo plazo de este tipo de sistema es difícil de predecir exactamente.

Algunas estrellas, si se involucran en un encuentro cercano de tres estrellas, pueden resultar despedidas fuera de la galaxia. Este tipo de colisión es tan raro que deben ocurrir sólo unas pocas en mil millones de años, pero en un millón de billones (10^{11}) o en un millón de trillones (10^{27}) de años podría escapar de este modo un 99% de las estrellas de una galaxia. Las restantes, habiendo transferido sus energías a las estrellas despedidas, serán atrapadas en un núcleo central cada vez más denso, hasta finalmente aglutinarse en un gigantesco agujero negro, de una masa de mil millones de soles (1% de la masa original de la galaxia), y alrededor de tres mil millones de kilómetros (unas pocas horas-luz) de radio.

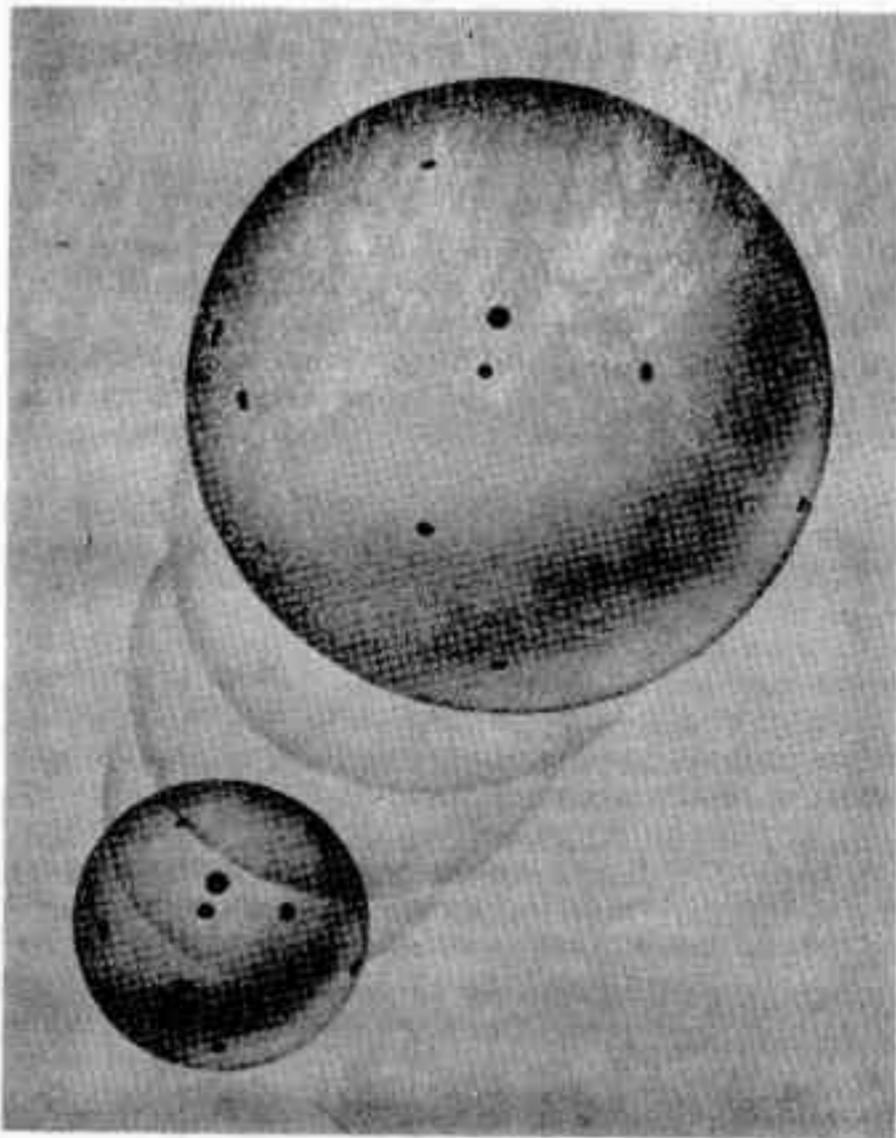
En un cúmulo de galaxias, cada galaxia finalmente se transformará en un único agujero negro "galáctico". Estos tenderán a congregarse alrededor de un núcleo central de modo análogo a como lo hacen las estrellas en una galaxia y muchas escaparán del cúmulo debido a encuentros de a tres galaxias. Eventualmente las "galaxias" que queden se agruparán y se fundirán en un agujero negro supergaláctico de 10 a 1000 veces más masivo que un agujero negro galáctico.

Así, en alrededor de un millón de trillones (10^{27}) de años el Universo consistirá de agujeros negros galácticos y supergalácticos alejándose entre sí, mientras que solitarias estrellas de neutrones, frías enanas blancas, y pequeños agujeros negros navegarán solitarios en el vasto y creciente espacio entre ellos.

UN AGUJERO NEGRO NO ES ETERNO

De acuerdo a las leyes de la física clásica y de la relatividad general, un agujero negro sería eterno, haciéndose cada vez mayor a medida que "devora" toda materia suelta que se pone en su camino. La mecánica cuántica, la que incorpora leyes que gobiernan los fenómenos microscópicos, conduce a una imagen más precisa. Stephen W. Hawking ha demostrado que cuando tenemos en cuenta estos fenómenos cuánticos los agujeros negros no resultan totalmente negros, sino que despiden radiaciones tales como ondas electromagnéticas o

neutrinos (partículas sin masa ni carga que viajan a la velocidad de la luz). De esta manera un agujero negro puede perder masa, hacerse más pequeño, y eventualmente ¡desaparecer! Empero, la escala de tiempo para esta "evaporación" de la masa del agujero negro, es extremadamente grande para agujeros negros de masas estelares y mayores. (ver *Sky & Telescope*, Agosto 1977, página 84).



En una analogía bidimensional podemos pensar al Universo como un globo expandiéndose, con manchas en su superficie. A medida que el globo se expande, el espacio entre cada par de manchas aumenta proporcionalmente a la distancia entre ellas. En todo punto de la superficie del globo las manchas parecen alejarse a velocidades proporcionales a su distancia mutua, tal como las galaxias en el Universo real

Un agujero negro irradia como si fuera un **cuerpo negro** con una temperatura inversamente proporcional a su masa —cuanto más masivo un agujero negro, menor su temperatura. "Cuerpo negro" es el nombre técnico para un cuerpo que se encuentra en equilibrio térmico con el medio que lo rodea; irradia energía con un espectro característico que depende solamente de la temperatura y no de la naturaleza del cuerpo. Se piensa que un espectro de este tipo debe haber caracterizado la radiación de la "bola de fuego" inicial inmediatamente después del Big Bang, cuando la materia y la radiación en el Universo estaban a la misma temperatura. Se salieron de equilibrio cuando la temperatura del Universo fue de alrededor de 4.000° Kelvin, y los protones fueron capaces de combinarse con los electrones para formar átomos de hidrógeno, lo que dejó al Universo súbitamente transparente a la radiación. A medida que el Universo se fue expandiendo la radiación se enfrió, pero retuvo su espectro de cuerpo negro y actualmente inunda el Universo con una temperatura de 3° K. Este remanente de la explosión inicial fue descubierto en 1965 por Ar-

REVISTA ASTRONOMICA

no Penzias y Robert Wilson como una radiación cósmica de microondas.

La temperatura de un agujero negro supergaláctico sería de solo 10^{-10} ° K. Si la temperatura del fondo cósmico fuera mayor que esto, el agujero negro absorbería más energía de la que emite. Pero a medida que el Universo se expande, la radiación de fondo continuará enfriándose, y en 10^{27} años tendrá una temperatura de alrededor de 10^{-18} ° K. Luego para cuando se hallan formado los agujeros negros galácticos y supergalácticos, o algún tiempo después, los agujeros negros serán más calientes que el fondo del cielo, y comenzarán a irradiar más de lo que absorben.

La vida media de un agujero negro resulta proporcional al cubo de su masa. Un agujero negro galáctico típico durará aproximadamente 10^{60} años. Un agujero negro supergaláctico durará aproximadamente diez mil millones de veces más, o unos 10^{100} años.

Después de entonces, los agujeros negros de todos los tamaños habrán desaparecido. El Universo estará poblado de estrellas neutrónicas, enanas negras, y planetas y pedazos de materia más pequeños que fueron despedidos de las galaxias eones y eones en el pasado. Juntos navegarán a la deriva a través de un "casi imperceptible murmullo de radiación" cuya temperatura ira descendiendo inexorable e indefinidamente hacia el cero absoluto.

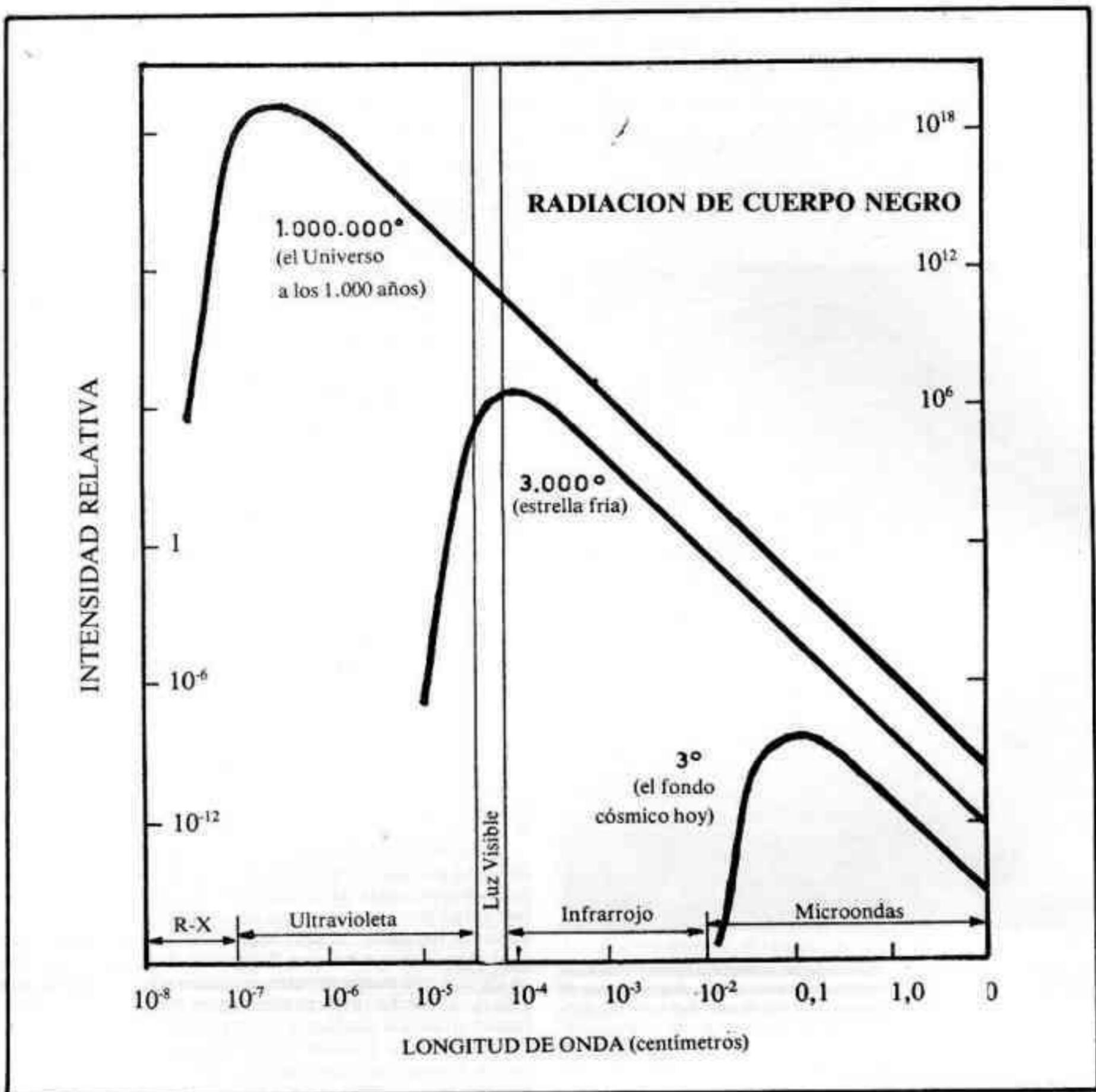
PEQUEÑOS CAMBIOS

Habrán algunos cambios lentos y sutiles en la materia restante. Tal como hemos visto, procesos que no tienen un efecto significativo aún en periodos de mil millones de años, pueden en cambio resultar factores dominantes sobre un periodo de tiempo indefinidamente largo.

En la mecánica cuántica resulta que fenómenos que resultan prohibidos en la física ordinaria (tal como el escape de partículas de un agujero negro) tienen una probabilidad pequeña pero real de ocurrir mediante un mecanismo llamado "efecto túnel", por el que una partícula atraviesa una barrera "clásica". Luego, todo pedazo de materia puede ser considerado radioactivo, ya que debido al efecto túnel pueden tener lugar reacciones de fusión o fisión nucleares en ella. Dado un tiempo suficiente, toda la materia salvo las estrellas neutrónicas habrá decaído de este modo a hierro, el que tiene el núcleo más estable (ver *Sky & Telescope*, Octubre 1976, pág. 236). En este caso "tiempo suficiente" significa 10^{500} años.

¿Que le ocurrirá a las estrellas neutrónicas y a las enanas blancas? Si una enana blanca resulta comprimida por alguna fuerza exterior colapsará hacia una estrella neutrónica, pero no existirá una tal fuerza exterior para comprimirla en el Universo casi vacío de ese lejano futuro. En un periodo de tiempo largo, empero, la "compresión" puede ocurrir en forma espontánea debido al efecto túnel mencionado antes. Freeman J. Dyson ha calculado la escala de tiempo para este colapso espontáneo; es de 10^{107} años! El número resultante de escribir la palabra billón un billón de veces, es pequeño comparado a este valor, al que podemos llamar la **edad de Dyson**. En un periodo de tiempo comparable, una estrella neutrónica colapsará igualmente en forma espontánea a un agujero negro y luego se habrá evaporado por el proceso de Hawking. Aún las enanas blancas y las estrellas neutrónicas, entonces, desaparecerán finalmente.

Resulta muy difícil predecir que le ocurrirá even-



Este diagrama de Sky & Telescope, compara el espectro de la radiación de cuerpo negro, o térmica, de objetos diferentes temperaturas. La forma de la curva en sí es independiente de la temperatura o composición del objeto; empero, a medida que el objeto se calienta, la radiación total aumenta y el pico de emisión se corre hacia longitudes de onda más cortas. Luego, cuando el Universo tenía solo 1.000 años de vida, el fondo cósmico era más de 10^{27} veces más intenso que ahora, y consistía principalmente de radiación ultravioleta extrema

tualmente a pedazos menores de materia. Las partículas elementales, tales como electrones y protones, podrían resultar estables ellas mismas más allá de la edad de Dyson. Toda la materia podría decaer de modo que todo el Universo terminara finalmente con un vasto y débil mar de radiación.

El concepto del paso del tiempo pierde algo de su significado cuando es aplicado a estos estados remotos del Universo. El tiempo es usualmente medido con respecto a algún fenómeno que cambie de forma constante. Quizás el único modo por el que el pasaje del tiempo se ponga de manifiesto será a través de la densidad y la temperatura decrecientes de la radiación de fondo, las que se aproximarán al cero absoluto aunque nunca lo alcancen.

¿Cesarán eventualmente todos los procesos físicos? De acuerdo a las leyes de la mecánica cuántica el espacio "vacío" resulta en realidad no totalmente vacío, sino que está lleno de partículas "virtuales" de todo tipo, las que constantemente son creadas y destruidas. La energía requerida para producir estas partículas proviene del principio de incertidumbre, el que afirma, entre otras cosas, que si un sistema existe por un período de tiempo muy corto, su energía resulta necesariamente incierta en un cierto valor que depende de la duración de su existencia. Es como si las partículas virtuales, debido a su duración extremadamente corta, fueran capaces de tomar la energía para su existencia de un fondo provisto por el principio de incertidumbre. Este fenómeno es conocido como fluctuación del vacío, y su efecto ha sido observa-

do realmente como un pequeño corrimiento en los niveles de energía del átomo de hidrógeno, conocido como el corrimiento Lamb.

Hawking y otros han sugerido que el vacío puede estar lleno de pequeñísimos agujeros negros virtuales, sólo 10^{-13} cm. de diámetro, y estos podrían devorar partículas reales como electrones y protones, haciendo que éstos decaigan. La escala de tiempo necesaria para este decaimiento sería muy larga. No hay razón para que la fluctuación del vacío no continúe indefinidamente, por lo que parece probable que siempre haya actividad en el Universo, aún en el caso de que sólo sea microscópica.

EL FUTURO DE LA VIDA Y CIVILIZACION

Independientemente de la forma que adopten los organismos vivientes (suponiendo que sobrevivan) durante los eones que hemos estado discutiendo, ellos necesitarán una fuente de energía. El Sol proveerá energía adecuada mientras continúe irradiando, lo que probablemente ocurrirá durante unos pocos miles de millones de años más, antes que se le agote el combustible y termine como una enana blanca. La civilización puede entonces intentar mudarse a una estrella diferente, manteniéndose mientras tanto mediante energía nuclear artificial.

En unos cien mil millones de años, todas las estrellas habrán quemado sus combustibles. Cualquier civilización que quede deberá ser capaz de vivir de la energía rotacional que puede extraerse de un agujero negro rotante (formado del colapso de una estrella rotante) mediante un mecanismo sugerido por Roger Penrose. (Ver *Sky & Telescope*, Julio 1975, pág. 20). En el curso de sus travesías por la galaxia mientras ésta evoluciona hacia un único y enorme agujero negro, las diferentes civilizaciones probablemente entren en contacto entre sí. Una estrella puede sufrir un encuentro cercano y ser despedida fuera de la galaxia, en cuyo caso la civilización correspondiente podría decidir abandonar la estrella y encontrar alguna otra en la galaxia.

Al final, todas las civilizaciones de la galaxia que hayan sido capaces de sobrevivir 10^{27} años se agruparían alrededor del agujero negro central galáctico, a los efectos de extraer su energía rotacional. Dado que el radio de un agujero negro galáctico promedio es probablemente menos que un día-luz, resultará posible para estas diferentes civilizaciones comunicarse entre sí. Por supuesto deberán resolverse numerosos problemas técnicos y sociales.

En principio este arreglo tranquilo podría continuar por 10^{100} años, siempre que existan los agujeros negros galácticos y supergalácticos y tengan energía rotatoria —esta última podría agotarse mucho antes que el agujero negro se evaporara. La radiación de Hawking de los agujeros negros estelares o galácticos sería indudablemente muy débil para soportar una civilización. De todos modos, no quedarán agujeros negros después de 10^{100} años.

Para sobrevivir indefinidamente, una civilización deberá resolver el difícil problema de vivir con una dosis fija y finita de energía. La conservación se tornará muy importante. Por ejemplo, en un tiempo del orden de mil millones de años, aún una pequeña pérdida de radiación hacia el espacio exterior significará una enorme pérdida de energía. La desintegración de protones y electrones en caso de que estos resulten inestables, deberá ser evitada, o superada. Si la vida puede sobrevivir indefinidamente en un Universo en continua expansión es una cuestión aún sin respuesta.

REVISTA ASTRONOMICA

UN UNIVERSO COLAPSANTE

La imagen anterior sólo es válida si el Universo, tal como lo sugiere la evidencia actual, continúa expandiéndose eternamente. Resulta interesante describir brevemente las consecuencias radicalmente diferentes que resultarían si el Universo no se expandiera para siempre. En este caso, conocido como Universo cerrado (el eternamente en expansión se llama abierto), la gravedad frenará la expansión tan fuertemente que en cierto momento, determinado por la actual densidad de masa del Universo, la expansión de las galaxias cesará. Luego las galaxias comenzarán lentamente a acercarse nuevamente.

*Supongamos que la presente densidad de masa fuera el doble del valor crítico mencionado anteriormente. El Universo se expandiría entonces hasta haber duplicado su presente tamaño, y tendría unos 40 a 50 mil millones de años luz de diámetro, y luego comenzaría a contraerse. La radiación cósmica de fondo se habrá enfriado hasta $1\frac{1}{2}$ K y luego se comenzaría a calentar a medida que el Universo se contrae de nuevo.

Este punto de inflexión tendría lugar unos 50 mil millones de años en el futuro —excepto por su mayor tamaño, el Universo no resultaría muy diferente a como es ahora. Posteriormente todos los grandes cambios que han venido ocurriendo desde el Big Bang comenzarán a revertirse. Será casi como si se hubiera tomado una película del Universo hasta el punto de inflexión y luego fuera pasada al revés. Unos 110 mil millones de años en el futuro, el Universo se habrá decontraído a un centésimo de su tamaño actual y la radiación de fondo cósmico se habrá elevado a 300° K; el cielo nocturno resultará tan cálido como el diurno (si es que el Sol aún brilla). El cielo se tornará demasiado caliente para las criaturas vivientes en menos de otros 100 millones de años. Sólo 700.000 años después, la intensa radiación, de 10 millones de grados, habiendo ya desplazado los electrones de sus átomos, disolverá las estrellas. Cuando la temperatura alcance 10 mil millones de grados tres semanas después, los núcleos atómicos se descompondrán en neutrones y protones.

A medida que todo el Universo se continúa colapsando, la temperatura y la densidad se aproximarán al infinito. En este punto todos nuestros cálculos y predicciones se detienen, unos 110 mil millones de años en el futuro. La física, y los mismos conceptos de espacio y tiempo sucumben en el llamado "Big Crunch" (Gran Compresión). No resulta del todo sin sentido preguntarse que pasa "después" del colapso final, tanto como preguntarse que pasó "antes" del Big Bang.

Ciertamente no existe modo en que la vida pueda sobrevivir al Big Crunch. Quizás la vida recomience si se repitieran ciclos de gran explosión y gran colapso, y si las galaxias renacieran de alguna manera y pudieran albergar nuevamente la evolución de la vida.

Hay una teoría del Universo en la cual sus características a gran escala permanecen constantes para siempre, si bien las estrellas y las galaxias pueden nacer y morir individualmente. Este es el Universo Estacionario propuesto por Herman Bondi, Thomas Gold, y Fred Hoyle en los últimos años de la década de 1940. En su teoría, la materia es creada continuamente (en pequeñas cantidades desde el punto de vista terrestre) para llenar el espacio dejado por el aparente alejamiento de las galaxias. La vida podría sobrevivir eternamente en un tal Universo. Empero, el descubrimiento de la radiación cósmica de fondo en 1965 ha desacreditado el modelo estacionario, y actualmente este no es apoyado, pero la situación podría conceviblemente cambiar en el futuro.

El Aficionado y el Sistema Solar

conducido por la Subcomisión de Planetas

Craterización en el Sistema Solar:

La Subcomisión de Planetas de la Asociación Argentina Amigos de la Astronomía ha realizado un trabajo vinculado al estudio de la craterización en el Sistema Solar, iniciando el mismo a partir de los cráteres lunares. Las condiciones ambientales y el instrumental de observación con que cuenta nuestra asociación impiden desarrollar ese trabajo por medio de sucesivas observaciones, ante esta realidad para poder llevar adelante el trabajo que nos habíamos propuesto nos valimos de un conjunto de mapas lunares que integran el Moon Atlas de Olbers-Gesellschaft Bremen.

Antes de introducirnos en la exposición de los trabajos realizados consideramos conveniente hacer una referencia al relieve físico de nuestro astro lunar.

Cuantas veces en una noche despejada hemos levantado nuestra mirada hacia el cielo estrellado y notado en él un astro dominante, nuestro conocido satélite natural. Quienes han tenido la oportunidad de usar un telescopio para observar la Luna, habrán notado las características de su relieve físico. Ante sus ojos se ofrece un espectáculo maravilloso: cráteres, mares, montañas, etc.; pero no todos (fundamentalmente los observadores ocasionales) saben como se formó esa orografía.

Los cráteres, recintos circulares con paredes escarpadas que presentan una depresión en su parte central y a veces en su interior uno o varios picos de montaña, tienen un origen en su mayor parte meteórico, pero también algunos de ellos se han originado a partir de una actividad volcánica primitiva. Los cráteres presentan diferentes dimensiones y profundidades diversas, la mayoría de ellos ofrece laderas muy escarpadas y un fondo muy accidentado en el que pueden observarse cráteres secundarios de menores dimensiones, picos aislados y también agrupados; pero otros cráteres, como por ejemplo Ptolomeo, ofrecen a nuestra vista un fondo cuya superficie es lisa sin mayores alteraciones geográficas.

Al considerar el origen y formación de los cráteres lunares debemos tener en cuenta que nuestro satélite dada sus pequeñas dimensiones carece de una envoltura atmosférica y por ende de la protección que esto brinda a la superficie de los planetas y satélites frente a los impactos meteóricos.

La energía cinética y potencial que adquiere el meteorito se transforma en su mayor parte (en el choque casi inelástico con la superficie lunar) en energía calorífica con la consiguiente deformación del terreno, provocada por la expansión de la materia lunar, lo que da origen al cráter, cuyas dimensiones estarán dadas por la masa del meteorito. Así nos encontramos con que las dimensiones de los cráteres varía desde los 225 Km., del mayor de ellos Clavius, hasta pequeños cráteres análogos al de Arizona de 200 metros, e incluso en las placas fotográficas transmitidas por la sonda Ranger 7 pudieron distinguirse cráteres minúsculos de alrededor de 50 cm. provocados por micrometeoritos o polvo meteórico.

En cuanto a los cráteres formados por la actividad volcánica lunar, éstos tuvieron su origen por procesos volcánicos análogos a los terrestres, transcurridos hace

3.000 millones de años, siendo los cráteres volcánicos de dimensiones muy inferiores a los debido a la acción meteórica. Se considera que los llamados pozos de cráteres que se observan en las proximidades de los circos Copérnico y Eratostenes, en el Mar Imbrium, tienen un origen volcánico; lo mismo podemos decir de los pequeños cráteres que se encuentran en el interior de otros más grandes, sobre todo si estos presentan un fondo liso, por cuanto se considera que la lava desprendida del volcán alisó el terreno circundante.

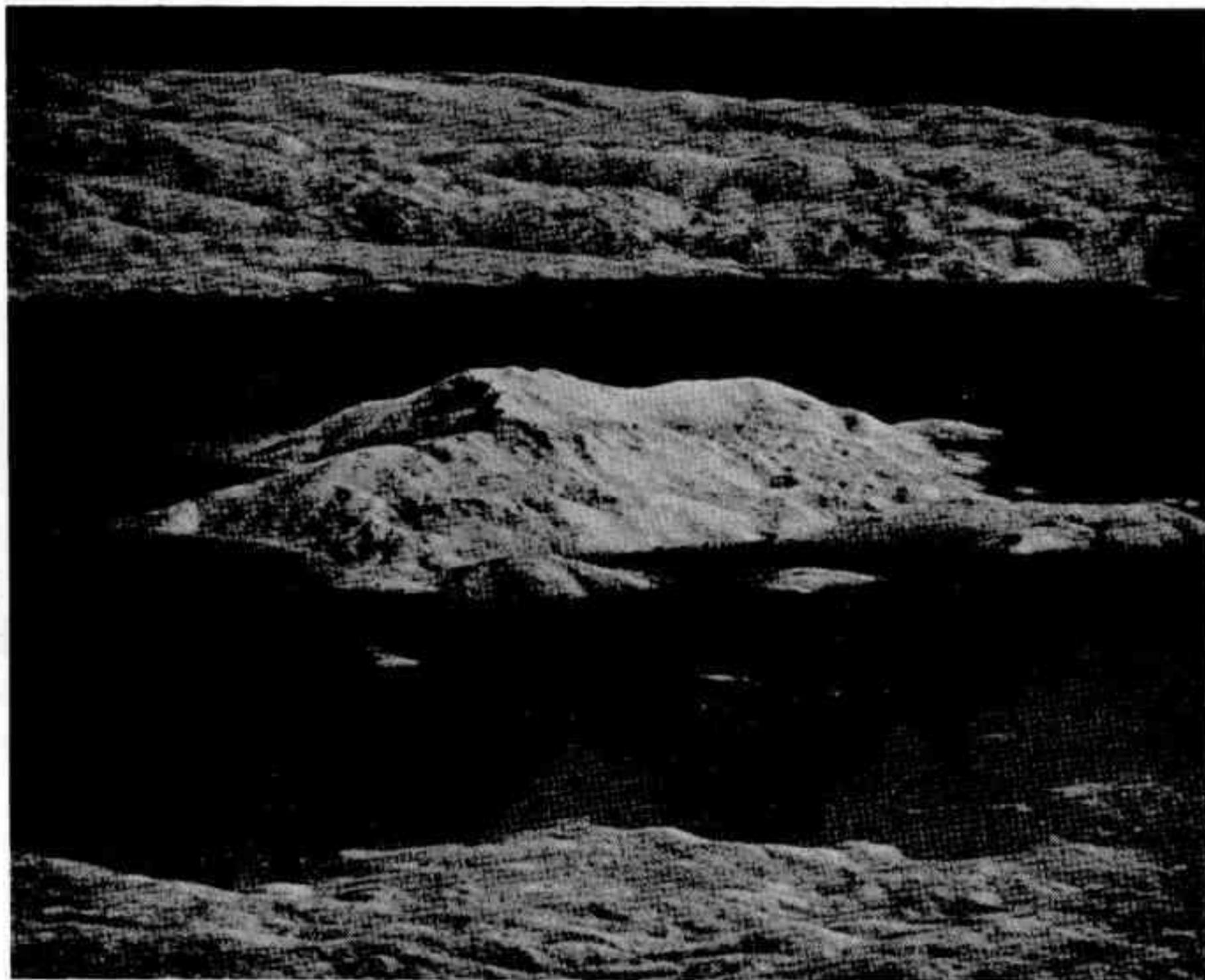
La inmensa cantidad de meteoritos que han caído sobre la superficie de nuestro satélite ha borrado la primitiva corteza lunar formando un terreno constituido por material meteórico, sobre el que nuevos impactos originaron nuevos cráteres borrando los anteriores y de esta manera se conformaron varias capas de terreno meteórico. Todo lo cual nos permite afirmar que el terreno lunar atravesó en varias oportunidades por la saturación de cráteres, aunque la posterior formación de grandes zonas de superficie lisa a las que denominamos mares disminuyó el nivel de craterización, de manera tal que actualmente el terreno lunar no se encuentra saturado. Se calcula que en el hemisferio lunar visible el número de cráteres es superior a los 300.000, siendo la craterización de este hemisferio muy superior a la presentada por la cara oculta de nuestro satélite, tal como se revela en las fotografías que de aquella zona transmitieron diversas sondas.

Otros detalles visualmente importantes del relieve lunar son los mares, que no se trata de grandes extensiones de agua como en la Tierra sino de planicies de lava formadas por la actividad volcánica que cubrió las zonas bajas. Los mares se pueden clasificar en circulares e irregulares. Los primeros presentan contornos marcadamente circulares y se encuentran rodeados casi completamente por cadenas montañosas, presentando un interior liso, prácticamente sin ningún cráter. Se supone que estas formaciones se deben al impacto de algún cuerpo astronómico de grandes dimensiones, como podría ser el caso de un asteroide o un núcleo cometa. Ejemplos de mares circulares son el Mar Imbrium, Mar de la Serenidad, etc.

En cambio los mares irregulares no están rodeados de cordilleras y en su interior se observan cráteres con bordes parcialmente hundidos en el suelo. Como ejemplos están el Mar de las Nubes y el Mar del Frío.

En la cara oculta la ausencia de mares es notable, solamente se identificó uno con seguridad, llamándosele Mar de Moscú; no se tiene ninguna teoría aceptable para explicar este hecho.

La topografía lunar también ofrece al observador numerosas cordilleras montañosas, como los Apeninos y Cáucagos, que se formaron como resultado del plegamiento de la superficie; asimismo existen acantilados producidos por distintas fallas lunares. Tenemos picos aislados que alcanzan alturas considerables como el caso de Piton, situado cerca del borde del Mar Imbrium, que llega a los 2.300 metros, y Pico, cercano al anterior, que alcanza los 2.700 metros.



Interior del crater Tsiolkovsky, apreciándose la elevación central. Fotografía tomada por la nave Apolo XV (Foto NASA)

Otros detalles del terreno lunar son los Golfos, cuyo ejemplo más característico es Fracastorius, que son cráteres que presentan partes de sus bordes derrumbados dando el aspecto de un Golfo; y las grietas cuyos ejemplos más demostrativos son la de Hyginus y la de Ariadaeus, situadas al este del Mar de la Tranquilidad.

En el próximo número comenzaremos el análisis de los mapas para la realización de las tablas y gráficos que nos permitirá sacar conclusiones sobre la evolución de la craterización ocurrida en la superficie de la luna.

Miguel Ruffo y Carlos Rúa

FE DE ERRATAS

Artículo: LA OBSERVACION DEL SOL: 8ª parte R.A. N° 214

Pág. 13: 5ª línea	dice	debe decir
Pág. 13: 11ª línea	coordenadas,	coordenadas.
Pág. 14: 22ª línea	(gráficos c y g de la fig.12)	(gráficos c y f de la fig.12)
Pág. 15: 23ª línea	cooredenas	coordenadas
Pág. 16: 13ª línea	encuentran	cuentan
Pág. 16: Bibliografía	+ 7° (0°, -7°)	+ 7° (ó, -7ó)
	Amaterus	Amateurs

Además:

- 1) En todos los casos en que se lee: disco de Stonghurst, debe leerse: disco de Stonyhurst.
- 2) Al pie de la figura en la página 14 debe leerse: Figura 12

CORRECCION

Lamentablemente en el número anterior 214 de REVISTA ASTRONOMICA de deslizó un error tipográfico, que pasamos a corregir. El autor del artículo LINEAS DE RECOMBINACION EN RADIO, el Lic. J.C.Cersosimo, pertenece al INSTITUTO ARGENTINO DE RADIOASTRONOMIA, y no al de RADIODIFUSION como figuraba en el encabezamiento.

Noticias de la Asociación

Delegación de la Asociación Entrerriana de Astronomía

El sábado 11 de octubre pasado recibimos la visita de una nutrida delegación de la Asociación Entrerriana de Astronomía. Los simpáticos visitantes, que venían a bordo de un ómnibus especialmente fletado para conocer centros especializados, recorrieron las instalaciones de nuestro local social y efectuaron observaciones con nuestros telescopios, siguiendo con interés las explicaciones que recibieron de los socios que actuaron de guías. Finalmente, asistieron con estoicismo a una abundante proyección de diapositivas en nuestro Salón de Actos (ver foto).

A pesar de ello, parece que se fueron contentos, ya que prometieron volver a visitarnos el año que viene, y por cierto que los recibiremos con mucho gusto.



Federico Friedheim Bustillo

El 17 de Junio próximo pasado la Asociación ha experimentado una vez más la dolorosa pérdida de uno de sus socios más queridos, don Federico Friedheim Bustillo, quien supo afrontar serenamente hasta su fin los embates de un duro mal.

Fue mucho más que un aficionado a la astronomía. Persona amable y mesurada, abrigaba no obstante un sereno entusiasmo por los misterios del Cosmos. Supo granjearse la estima y el respeto entre nuestros asociados, y especialmente en el seno de la Comisión Directiva, a la que dedicó su tiempo trabajando con mucho empeño.

Desde 1925 a 1931 realizó el bachillerato en el Colegio Internacional de Olivos, cuyo Director fue el Dr. Chelía. A partir de 1935 cursó estudios de Ciencias Económicas. Actuó en el Ministerio de Hacienda (Sector Impuestos) y en varios estudios contables e impositivos, fue secretario privado del Dr. Prebisch.

Más tarde se desarrolló como asesor económico de Peuser S.A. donde luego de organizar la parte administrativa de la empresa estructuró un sistema de costos. En 1951 asumió el cargo de Administrador General de Longvie S.A. en circunstancias en que la empresa se encontraba en proceso de reestructuración por la cual fue propuesto como candidato a la distinción de "El Ejecutivo del Año" en 1963 por el Semanario Económico Financiero "El Economista". Fue también asesor-financiero de Ronchetti, Razzeti y Cia. S.A., Metalúrgica Necochea S.A. y Síndico de Martín Munster S.A. También fue redactor de la sec-

ción económica de la revista "Renta".

Luego de jubilarse ingresó como corresponsal naval en la Armada Argentina representando a la revista Yachting Argentino donde realizó artículos de geopolítica, función que desempeñó conjuntamente con la de tesorero de la Asociación Argentina Amigos de la Astronomía hasta su deceso.

Agregando a sus múltiples actividades sin perder su carácter afable y comprensivo, fue piloto de yate con brevet expedido por la prefectura Naval Argentina, entusiasta de la navegación deportiva, propietario de 3 embarcaciones, y, aún en sus últimos años ya sin barco propio, no desperdició ocasión de embarcarse siempre que las circunstancias lo permitían, en diversos buques de la Armada Nacional entre ellos la fragata "Libertad" en la que participó en uno de sus periplos anuales.

En cuanto a su labor en la A.A.A.A. siempre con sus miras amplias teñidas de humanismo tuvo una actuación destacada como tesorero por dos periodos consecutivos en la que hizo un exhaustivo ordenamiento administrativo y contable de la Asociación, basado en su profunda experiencia en el tema. Logró que se utilizaran durante su gestión las técnicas contables más modernas, obteniéndose así un conocimiento exacto de la situación financiera de la Asociación, permitiendo encarar gastos que de otra manera no se hubiesen realizado dado los escasos recursos, lo cual influyó también grandemente en la normalización de la publicación de la Revista Astronómica.

Su dedicación a las labores administrativas hizo que tuviera que reducir grandemente el tiempo que dedicaba a la Astronomía lo que comentaba risueñamente a menudo en esas amables conversaciones en las que mezclaba con los temas astronómicos recuerdos de sus viajes y anécdotas de su otra pasión, la navegación.

De sus innumerables servicios que sería largo enumerar, la Revista Astronómica, en nombre de todos los socios de la A.A.A.A. le rinde tributo con esta modesta y respetuosa recordación.

OFERTA ESPECIAL

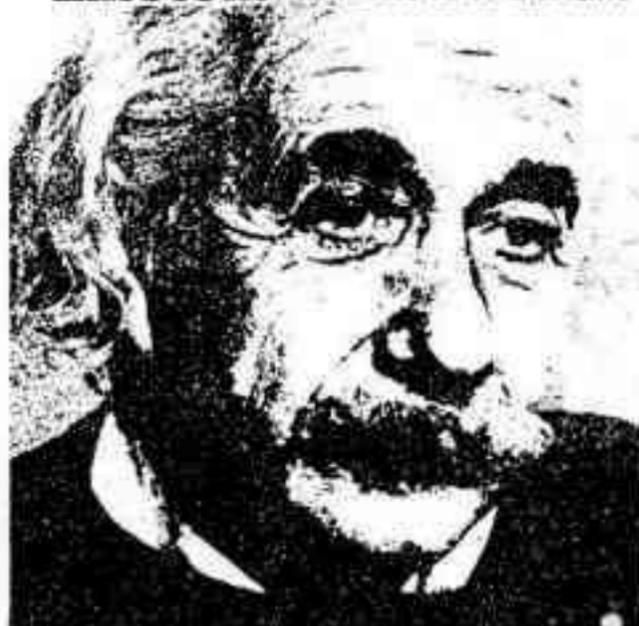
NUMERO DEDICADO A LA MEMORIA DE ALBERT EINSTEIN

Actualmente contamos con gran stock extra del número 209/10 de Revista Astronómica dedicado a celebrar el centenario del nacimiento de Albert Einstein. Consta de 72 páginas, en el formato anterior de la revista, y a través de excelentes artículos se brinda una imagen de la rica personalidad del genio y su influencia en la ciencia moderna. Si usted es un socio o un suscriptor reciente y no recibió por lo tanto este ejemplar, simplemente envíenos un cheque o giro postal a nombre de la ASOCIACION ARGENTINA AMIGOS DE LA ASTRONOMIA por un monto de \$ 7.000 y a vuelta de correo recibirá su ejemplar.

REVISTA ASTRONOMICA



Einstein CENTENARIO DE SU NACIMIENTO



N° 209/10

ABRIL -
SEPTIEMBRE
1979

ESTIMADO CONSOCIO

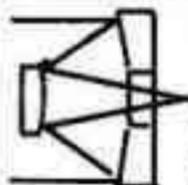
*REVISTA ASTRONOMICA debe
reflejar las actividades de los
aficionados*

*Háganos llegar su colaboración
en artículos, fotografías, dibujos
y resúmenes de observaciones
sistemáticas*

*Contribuirá a que nuestra revista
sea realmente su revista*

LUDOVICO HORDIJ

Optica Instrumental
y Astronómica



Luis Viale 23 (1706) HAEDO

Buenos Aires

T.E. 659-6609

Envíos al Interior

OCULARES: Montura \varnothing 23 mm - Tratamiento anti
reflejo en todas las superficies ópticas construidos
con cristales ópticos especiales que disminuyen
aberraciones y aumentan el campo

RAMSDEN: $F = 4\text{mm}$ $F = 7\text{mm}$ -
 $F = 14\text{mm}$ $F = 24\text{mm}$

ERFLE: Superior a cualquier ocular conocido, cam-
po 85°

$F = 6\text{mm}$ $F = 12\text{mm}$

ESPECTROSCOPICO: Con red de difracción de
400 líneas por mm

$F = 24\text{mm}$

ESPEJOS PARABOLICOS STANDARD:

\varnothing 75 mm 100 mm 150 mm 200 mm

f 900 mm 900 mm 1200 mm 1200 y 1600 mm

**OBJETIVOS REFRACTORES,
ANTEOJOS BUSCADORES
PORTACULARES**

Discos de vidrio de 100-150 y 200 mm - Meta-
lizado de espejos planos con instrucciones para
construir su propio telescopio