

## **RAFAEL VERA MEGE**

Se tituló de Ingeniero Químico en la Universidad de Concepción el año 1960.

Se especializó en diferentes temas de la física en la Universidad de Chile, en el Instituto de Física de San Carlos de Bariloche, Argentina, y en The Pennsylvania State University, Estados Unidos.

Ha sido profesor de diferentes asignaturas del Instituto Central de Física de la Universidad de Concepción, dedicándose preferentemente a investigación. Formó una "Sección de Espectrografía y Cristalográfica por Rayos X", en la que ha realizado numerosos trabajos de investigación y publicaciones. Actualmente es Jefe del Departamento de Física del Estado Sólido de dicho Instituto.

Ha ideado nuevos métodos en los campos de cristalográfica y espectrografía por rayos X que han sido reconocidos por su simplicidad de aplicación y por su universalidad. ("A Method for the Estimation of the Transmision Factors in Crystals of Uniform Cross Section". Acta Crystallographica, 6,465-469, 1953) ("A Standardized Inert Dilution Method in X-Ray Fluorescence Analysis". Analytical Chem. 41, 42-45, 1969).

Ha presentado numerosos trabajos en Congresos de Cristalográfica y de Física. Las principales ideas expuestas aquí fueron presentadas en la décima reunión de la Sociedad Chilena de Física en 1970.

# teoría sobre evolución isoentrópica del universo.

Rafael Vera Mege.

## INTRODUCCION

Las teorías sobre la evolución del universo y de las estrellas se han abultado excesivamente tratando de explicar cientos de fenómenos aparentemente misteriosos, cayendo sucesivamente en incongruencias que indican claramente que las piezas iniciales del puzzle universal están mal ubicadas o simplemente colocadas al revés.

Muchas de estas teorías se apoyan incondicionalmente en las teorías del "gran bang" o de la aparente "expansión del universo", que podría explicar el corrimiento hacia el rojo de la luz emitida por estrellas extraordinariamente lejanas muchos miles de años atrás. Sin embargo existe confusión al respecto y dichas hipótesis aún están en tela de juicio. Porque de haber existido una explosión real, las galaxias deberían estar convergiendo o divergiendo hacia su centro de masa, lo cual no ocurre. Por otro lado, si la expansión es homogénea —como ocurre en un pan que se expande bajo la acción de la levadura— todas las distancias relativas, incluso las dimensiones interatómicas, permanecerían invariables, lo cual nos conduce a un universo constante en su promedio. Se tendría un corrimiento hacia el rojo equivalente si las constantes del espacio que gobiernan la velocidad de la luz variaran con el tiempo. Así, los fotones distantes después de mucho tiempo se encontrarían con átomos que emiten a frecuencias diferentes. Pero aun después de muchos años la situación promedio en el universo no debería variar y el corrimiento hacia el rojo sería idéntico, y las distancias relativas también.

Por otro lado, también se tendría un corrimiento hacia el rojo de la luz debido a interacciones de los fotones con cualquier tipo de cuerpo en su viaje a través de regiones en donde podrían existir muchas cosas que "no se pueden observar" con el telescopio, como se verá más adelante.

Actualmente no existe constancia exacta alguna de que las distancias relativas promedio del universo varíen con el tiempo, lo cual es una clara indicación que éste, en su promedio, permanece inmutable en sus distancias relativas medidas en unidades contemporáneas. Por lo tanto, el promedio integrado de las diferentes variables físicas fundamentales del universo debiera permanecer constante. La masa total, independientemente de la ener-

gía, debería mantenerse constante, al igual que la energía misma. También debiera conservarse la cantidad de momentum angular, la que referida a cualquier eje del universo, es probablemente igual a cero. Por último, la "entropía" del universo también debería mantenerse constante a través del tiempo. Lo anterior exigiría que la evolución de las estrellas o de las galaxias, o del conjunto de ellas, se realizaría según "ciclos" o procesos periódicos que permitan regenerar las condiciones iniciales. Sólo así la entropía del universo no tendería a un máximo como lo exige la termodinámica.

Como punto de partida, es necesario estudiar cuidadosamente cuál es el verdadero "sentido" de la evolución de las estrellas y de los planetas.

### La familia del Sol

Normalmente se postula que las estrellas pierden masa y que su temperatura disminuye con el tiempo hasta transformarse en cuerpos fríos, como ser planetas. En esta forma las estrellas mayores serían las más nuevas, y los planetas más antiguos que las estrellas.

Sin embargo, la experiencia indica que los cuerpos libres tienen mayores probabilidades de caer que de subir en un campo gravitacional. Los planetas se encuentran todo el tiempo con partículas de variada especie que descienden normalmente hasta su superficie de la cual difícilmente pueden escapar, tanto más cuando aún los elementos más livianos tienden a formar compuestos de mayor peso molecular.

Es evidente que los planetas "crecen en masa con el tiempo" acumulando el material disperso en el espacio interplanetario. De aquí surge un dilema sobre las supuestas edades de los planetas, pues el material nuevo que cae del cielo tiene su edad aparente propia que dependerá naturalmente de los materiales nuevos y viejos que lo componen. Dicho material, al mezclarse con el material superficial a través de procesos geológicos tendrá una edad aparente que más bien revela la edad aparente de las últimas capas caídas del cielo que la edad de los planetas. Por lo tanto, los planetas más masivos son más antiguos cronológicamente a pesar de que se recubren de materiales relativamente nuevos con mayor rapidez que los planetas de menor masa. Resulta interesante comprobar que los planetas o satélites más pequeños serían justamente los más nuevos.

Pero lo que cae del cielo trae asociado a la "cantidad de movimiento" y en especial, cantidad de movimiento angular o momentum angular, el que para esta discusión será referido a un eje que pasa por el centro de masa del sistema solar. Este momentum sería el que en gran medida decidiría los movimientos rotacionales y orbitales del planeta.

La rotación positiva de los planetas del sistema solar indicaría que en el promedio de los últimos tiempos las partículas que han caído sobre los planetas han estado asociadas con una densidad angular positivo mayor que la que correspondía a su movimiento orbital. La interacción de los planetas con el Sol tiende a su vez a transferir movimiento rotacional en momentum orbital que tiende a su vez a alejar a los planetas del Sol. Este tipo de transferencia resulta de cualquier tipo de desplazamiento disipativo de energía que resulta de la diferencia de velocidad angular. Mareas sólidas, líquidas

o gaseosas, fenómenos de histéresis elástica o magnética, flujos de corrientes inducidas, etc., pueden motivar esta transferencia.

Si  $I$ ,  $w$  y  $L$  son el momento de inercia, velocidad angular y momentum angular respectivamente, la energía a disipar está relacionada con la cantidad de momentum angular transferida por la ecuación:

$$E - E_0 = (L^2 - L_0^2)/2I \quad 1)$$

Los fenómenos descritos anteriormente permiten deducir que ha existido un flujo promedio relativamente permanente de momentum angular de las partículas del espacio hacia los planetas y el Sol, lo que directa o indirectamente se ha traducido en un aumento de la "densidad" de momentum orbital de los planetas. Un proceso análogo tiende a transferir momentum angular rotacional del Sol al movimiento orbital de los planetas o satélites respectivamente. El Sol a su vez recibe normalmente partículas asociadas con "mayor promedio, debido a que su sección eficaz de captura está notablemente ampliada por la gran extensión de sus plasmas asociados con campos magnéticos que permiten captura de partículas en muchos radios solares. Esto tiende a acelerar la región ecuatorial del Sol, explicándose así su elevada velocidad angular que está limitada por la transferencia del momentum angular a su sistema externo.

Podría ser sorprendente deducir de lo anterior que los planetas forman un sistema disipativo de la cantidad de momentum angular asociado a las partículas del espacio interplanetario. Tal es así que el Sol actualmente, teniendo una masa superior a la de todos sus planetas, sólo tiene una pequeña fracción del momentum angular total. Además, por este mismo concepto, los planetas pueden alejarse del Sol, y los satélites pueden alejarse de su planeta correspondiente. En realidad, la migración hacia afuera o hacia adentro debe depender en último grado de si aumenta o disminuye, o se invierte la densidad de momentum angular de las partículas interplanetarias. Lo anterior explica el curioso comportamiento de algunos cometas periódicos que, según sean de rotación positiva o negativa, tienden a alejarse o acercarse al Sol. Como el cometa está impedido de girar, por la acción del Sol, el momentum angular capturado se suma o se resta al momentum orbital.

Se observa que los planetas más pequeños, vale decir, los más nuevos, están más cercanos al Sol. Por otro lado hay una generación de planetas mayores notablemente alejados del Sol, que sería la más antigua. Una tendencia semejante se observa en los satélites de estos últimos. Esto induce a pensar que los planetas o satélites se originan en las cercanías del planeta alrededor del cual orbitan.

Es probable que exista un mecanismo natural que genere nuevos planetas o satélites a través de anillos de partículas (alrededor del Sol o planetas) que se generarían en períodos de mayor densidad de partículas interplanetarias de elevado momentum angular definido. Las partículas en una órbita ligeramente superior a la órbita de sincronización podrían, por nucleación, dar lugar a un satélite, el que por efecto de mareas tendería a alejarse. En cambio, los anillos inferiores a la órbita de sincronización, más bien tenderán a caer sobre el planeta madre. Phobos es un caso en que el satélite,

por estar debajo de la órbita de sincronización, desciende. Probablemente dicho satélite corresponde a un cuerpo capturado y no a uno generado en sus inmediaciones.

Los planetas más chicos son más densos porque sólo pueden capturar los elementos más pesados y porque su cercanía al astro madre les proporcionaría mayor abundancia relativa de elementos pesados. En cambio los planetas mayores tienen un campo gravitatorio propio más amplio e intenso que captura fácilmente el hidrógeno. Este último está en mayor proporción en las regiones más alejadas al Sol. Por esto las densidades medias de estos planetas son mucho menores. Júpiter, por ejemplo, tiene ya un elevado porcentaje de hidrógeno, y sería el primer planeta del sistema solar que en el futuro podría alcanzar condiciones para transformarse en un nuevo Sol. Ya parece emitir más calor del que recibe, y ya tiene un verdadero sistema planetario formado por los pequeños satélites que giran a su alrededor.

La presencia de dos tipos de generaciones tanto en los planetas mayores como en el Sol indica que nuestro sistema solar se vio sujeto a un aumento bastante grande de partículas de elevado momentum angular, que hizo crecer notablemente a Júpiter y a los planetas exteriores alejándolos del Sol, y con la formación de una nueva generación de planetas interiores. Algo semejante pasó con los satélites de los planetas mayores que presentan características similares.

### El sentido de evolución de las estrellas

Si bien es simple deducir que los planetas crecen con el tiempo, no es tan obvio lo que sucede con las estrellas, ya que éstas con su elevada temperatura pierden algo de hidrógeno, lo cual dificulta notablemente el balance de masa de una estrella. Esto se complica más al considerar que hay muchos parámetros implicados que no se conocen con exactitud.

Sin embargo, el hidrógeno, al fusionarse nuclearmente, forma compuestos notablemente pesados, que tienen escasa probabilidad de escapar del campo gravitatorio de la estrella. Por lo tanto, cualquiera que sean las pérdidas normales de hidrógeno de la estrella, su masa de elementos pesados debe aumentar con el tiempo. Aun considerando al hidrógeno como una masa transitoria, se puede decir que "la masa de elementos pesados de una estrella crece con el tiempo". Además, la estrella debe ajustar automáticamente su temperatura a un régimen que será función de la cantidad de hidrógeno que puede capturar. Un menor flujo de hidrógeno capturado tenderá a bajar su temperatura, lo que a su vez tenderá a disminuir las pérdidas de hidrógeno por dicho concepto. Pero la masa "permanente" aumenta siempre con el tiempo, aumentando el campo gravitatorio de la estrella. Esto debe tender a aumentar la cantidad de hidrógeno capturado con el tiempo. Sólo una disminución excesiva de la densidad de hidrógeno interestelar podría disminuir la masa total de la estrella. En este último caso, la estrella brillaría solamente de sus reservas energéticas que, como se verá más adelante, serían notablemente superiores a la previstas actualmente. Sobre las estrellas existe un flujo y reflujo de materia y radiaciones que producen un estado de compresión que confina notablemente el radio de

la superficie emisora de las estrellas. Dicha presión, y por lo tanto el diámetro aparente de las estrellas, dependerá notablemente del flujo de hidrógeno capturado por las estrellas, tanto más cuanto todos los cambios de cantidad de movimiento serán más intensos al aumentar este flujo. Por otro lado, una disminución del radio fuera de aumentar la diferencia de potencial gravitacional disminuye la superficie, lo que también aumenta la presión superficial producida por los flujos radiales.

Lo anterior significa que los diámetros de estrellas de semejantes características dependerán notablemente de la densidad actual de hidrógeno y de otras partículas capturables en sus alrededores. Mayores densidades producirán estrellas de menores diámetros, mayores temperaturas y más azules. Menores densidades producirán estrellas infladas, rojizas, gigantes y de menor temperatura superficial. Justamente se observa que en galaxias de baja densidad de hidrógeno interestelar hay menor proporción de estrellas azules y en cambio hay mayor cantidad de gigantes o supergigantes rojas.

### **El colapso gradual de las estrellas.**

En las estrellas existe una barrera superficial que impide observar su interior. Sólo existen conjeturas de lo que podría pasar en el interior de éstas, las cuales están basadas en el enorme desarrollo de energía nuclear producida por la fusión del hidrógeno.

Sin embargo, se ha observado por ejemplo, que la emisión de neutrinos emitida por el Sol es insuficiente para dar cuenta del enorme flujo de energía que emite el Sol (1). Además, hay una serie de otros hechos en el ciclo evolutivo de las estrellas que ya indica la presencia de cuerpos extraños que no pueden generarse bruscamente. Estos cuerpos extraños son superdensos y deben corresponder a una etapa normal en el ciclo evolutivo de las estrellas. La ausencia "visible" de procesos de generación frecuente de dichos cuerpos indica claramente que ello se realiza inadvertidamente en el interior de las estrellas. Las supernovas tampoco explicarían dicho proceso por razones de tiempo insuficiente para la difusión de la energía.

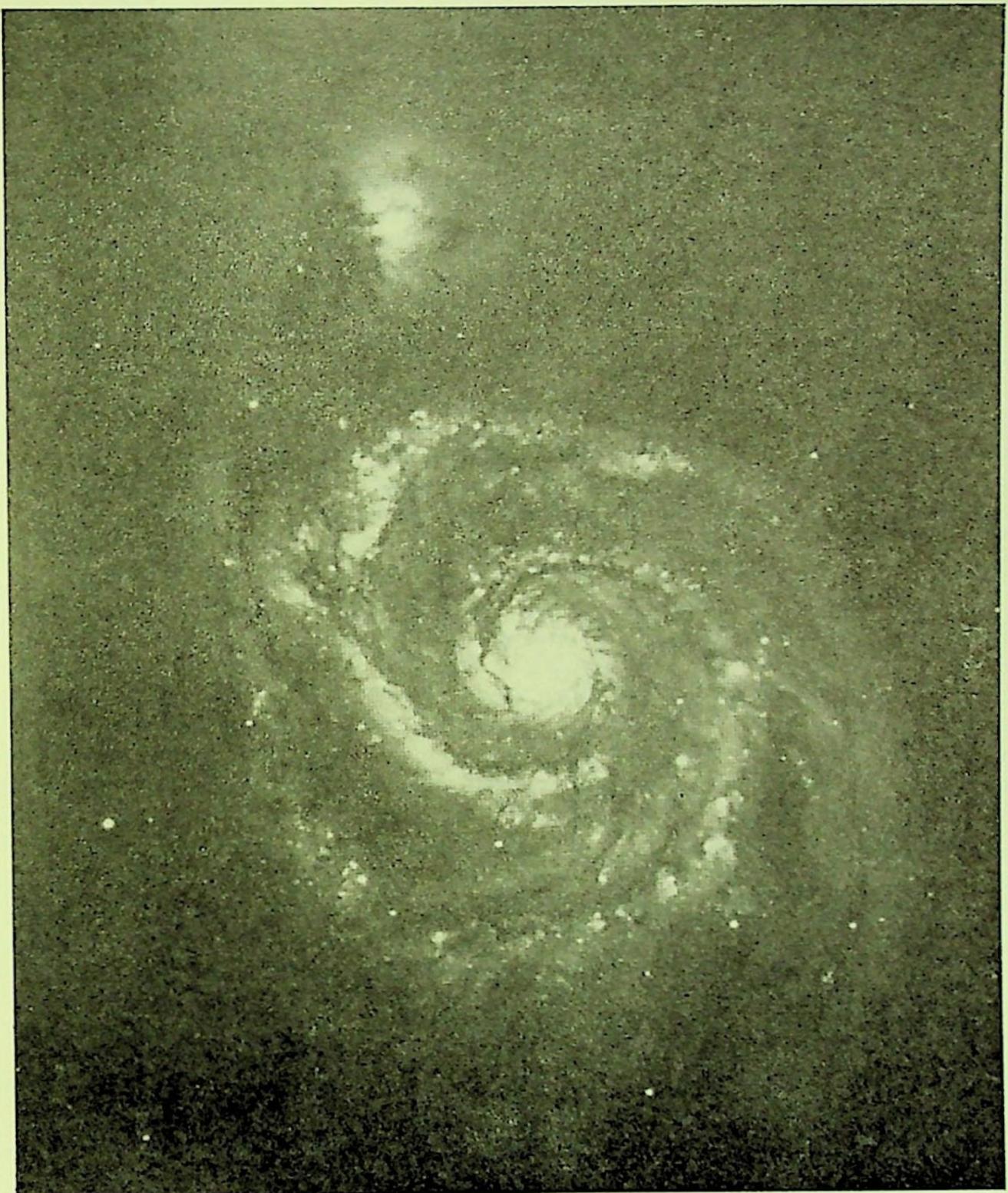
Por lo tanto, es altamente probable que en el interior de las estrellas exista "ya" un núcleo superdenso, probablemente de densidad "nuclear", que estaría capturando progresivamente material atómico de las capas externas. Este capturaría preferencialmente neutrones, y probablemente rechazaría electrostáticamente la mayor parte de los protones hacia afuera. Dichos protones terminarían fusionándose nuclearmente formando nuevamente elementos pesados que, al ser capturados por el núcleo superdenso volverían a dejar allí sus neutrones, reciclando nuevamente a los protones hacia capas externas. En esta forma, sólo una parte de la energía desarrollada sería del tipo fusión atómica. El resto sería fundamentalmente energía "gravitatoria". Esto daría cuenta de la inexplicable deficiencia de antineutrinos emitidos por el Sol.

Evidentemente, el tamaño de un núcleo superdenso descrito anteriormente sería extraordinariamente pequeño comparado con las dimensiones reales de las estrellas. La situación superficial de este núcleo sería semejante a la de "una gota de agua sobre una plancha caliente", en donde el colchón de



#### NEBULOSA TRIFID, DE SAGITARIO

La Nebulosa Trifid, de Sagitario. Se compone de gas y polvo probablemente esparcidos por una explosión estelar. Se pueden observar algunos glóbulos negros (flechas), probablemente estrellas que evolucionan hacia su estado no visible. Las nebulosas planetarias están corrientemente asociadas a una pequeña estrella central, cuyos rayos ultravioletas hacen resplandecer el gas. Estas son estrellas más chicas que el Sol, pero más densas, más calientes y azules que éste. Serían los núcleos residuales de la estrella primitiva rodeados de una relativamente delgada capa de material atómico comprimida por un elevado flujo de radiación y de partículas de elevada velocidad. Con el tiempo recuperarían sus capas externas, adoptando las características de una estrella normal.



#### LA GALAXIA "LEBRELES"

La Galaxia "Lebreles", similar a nuestra galaxia la "Vía Láctea". Se observa el núcleo central de elevada luminosidad rodeado de dos espirales principales bien definidas que nacen de dicho núcleo. Obsérvese la prolongación de la última espiral, en donde existe una nebulosidad asociada a filamentos oscuros de material que probablemente tiene un elevado grado de evolución.

vapor generado soporta el peso de la gota hasta una distancia que le permite disipar el vapor generado. En el caso de las estrellas, este colchón separador estaría constituido por un plasma de elevadísima densidad de "fotones", el cual se vería atravesado radialmente por un doble flujo de partículas de elevada energía cinética. Los fotones se reflejarían en el material superdenso como en un espejo. La captura de iones positivos en el núcleo superdenso lo cargaría también electrostáticamente produciendo la repulsión de los protones, los que también se reflejarían allí. Sólo los neutrones tendrían mayores probabilidades de permanecer allí asociados al igual que en un "macrónucleo". Evidentemente siempre estaría evaporándose una cierta cantidad de neutrones de elevada velocidad que migraría hacia las regiones superficiales de la estrella.

### **Reacciones nucleares moderadas por los neutrones y explosiones estelares.**

La capa externa de la estrella estaría bañada permanente por un flujo "interno" de protones y neutrones libres, lo que puede explicar muchos fenómenos observados en el Sol, y que tienen que ver con las manchas, Ilamaradas o explosiones solares, etc.

Los neutrones deben moderar su velocidad al paso a través del hidrógeno hasta que gran proporción de éstos sería absorbida nuclearmente formado "isótopos superiores", que tienen una probabilidad notablemente mayor de fusionarse nuclearmente a más bajas temperaturas. Tal sería el caso de la formación de "deuterio" y "tritio". Esto quemaría hidrógeno a temperaturas inferiores impidiendo que la densidad de hidrógeno alcance niveles excesivos. Esto sucedería, por ejemplo, en períodos de "mínimas manchas solares" cuando justamente el monitor de neutrones "acusa mayor flujo de neutrones".

Cuando el flujo de neutrones es deficiente, la densidad de isótopos superiores disminuye y en cambio aumenta la concentración de hidrógeno sin reaccionar, pudiéndose llegar localmente a condiciones críticas de fusión nuclear de hidrógeno. Esto produciría reacciones explosivas. Tal cosa ocurriría en períodos de manchas solares en donde justamente se observa menor flujo de neutrones. Las explosiones del tipo "nova" probablemente corresponderían a un caso similar en que se encuentra comprometida toda la superficie de la estrella.

Una explosión superficial podría producir una aceleración radial de capas internas hacia el núcleo aumentando la emisión de energía desarrollada, lo que podría producir fenómenos resonantes (estrellas de luminosidad variable), o explosiones "internas" de mayor magnitud, como ser el caso de las "supernovas". Este último caso sería análogo al de la bomba H en donde una explosión atómica acelera o comprime una masa de hidrógeno para producir una explosión de fusión de hidrógeno de mayor envergadura. Sólo que en el caso de la supernova la energía de fusión nuclear podría detonar una energía gravitatoria de mayor envergadura.

Otras explosiones de diversa magnitud podrían generarse por caída de cuerpos que podrían perforar local o temporalmente la bóveda externa dejando escapar el plasma de elevada densidad de fotones, que haría acelerar brus-

camente a la bóveda hacia el centro. Probablemente se tendría una explosión mayor aún si el cuerpo que cae tiene un material ultradenso en su interior. En este caso la explosión se verificará por simple mayor desarrollo de energía gravitacional en el interior.

De lo anterior se deduce que las aceleraciones producidas por los cuerpos externos a una estrella tendrían gran influencia sobre el régimen energético de algunas estrellas.

Algunas explosiones estelares serían tan intensas que dejarían a su núcleo interno prácticamente desnudo y que, debido al agotamiento temporal de materia a su alrededor, tendería a enfriarse rápidamente hasta que el regreso de parte del material comenzaría a reconstituir su capa externa. Las nuevas capas, más cercanas al núcleo que en el caso normal, podrían así emitir luz fuertemente desplazada hacia el rojo por efecto gravitatorio sobre la luz. Tal cosa sucede en algunas estrellas enanas. Su elevado brillo, y elevada temperatura estarían causados por la elevada presión que confina la superficie externa a regiones más cercanas al núcleo. La presión cinética de las partículas incidentes debiera también contribuir poderosamente a confinar la superficie externa a radios menores hasta que el espesor de la capa atómica crezca suficientemente hasta alcanzar su nivel normal. Así, estas estrellas recuperarían su aspecto normal característico del espacio que las rodea. Su punto representativo se desplazaría hacia la secuencia normal de las estrellas.

#### Rendimiento energético de colapso gradual de las estrellas.

En el tratamiento que sigue se despreciará la energía de interacción de fuerzas nucleares implicada en la asociación de partículas en un núcleo superdenso, y solamente se calculará la energía gravitacional desarrollada. Se despreciará también la energía nuclear y toda energía de menor orden de magnitud.

La energía gravitacional desarrollada en la captura de una masa  $dm$  muy pequeña por un núcleo superdenso de masa  $M$  y de radio  $R$  sería aproximadamente igual a:

$$dE_0 = \frac{GM}{R} dm \quad 2)$$

Suponiendo que el material nuclear tiene una densidad media  $d$ , y llamando  $K$  al factor  $\sqrt{4 \pi d/3}$ , resulta:

$$dE_0 = K M^{2/3} \quad 3)$$

Para salir de la estrella, esta energía debe sobrepasar la barrera gravitacional, lo que resta una cantidad igual a  $K M^{2/3} dE_0/c^2$ , con lo que la energía neta emergente será:

$$dE = K M^{2/3} (1 - K M^{2/3}/c^2) dm \quad 4)$$

Llamando  $R$  al rendimiento de energía por unidad de masa capturada, resulta:

$$R = dE/dm = K M^{2/3} (1 - K M^{3/2}/c^2) \quad 5)$$

Usando los valores de  $G = 6.67 \times 10^{-11}$ ;  $d = 1.5 \times 10^{17}$  (kg/m<sup>3</sup>), (densidad nuclear),  $K$  resulta igual a  $5.7 \times 10^{-5}$ , y

$$R = 5.7 \times 10^{-5} M^{2/3} (1 - 0.63 \times 10^{-21} M^{2/3}) \text{ (joule/kg)} \quad 6)$$

Si se usa masas relativas a la masa  $M_0$  del Sol,  $u = M/M_0$ , siendo  $M_0 = 2.3 \times 10^{30}$  kg, resulta

$$R = 10^6 u^{2/3} (1 - 0.11 u^{2/3}) \quad 7)$$

Expresando la energía en unidades de masa,  $dmE = dE/c^2$ , resulta el rendimiento en "masa por unidad de masa", o rendimiento fraccional: (Fig. 1).

$$R_m = dmE/dm_0 = 0.11 u (1 - 0.11 u) \quad 8)$$

Para que se produzca una energía suficiente para igualar a la fusión del hidrógeno ( $R_m = 0.0062$ ) bastaría un núcleo superdenso de alrededor de 1% de la masa solar.

El rendimiento máximo dado por la ecuación anterior sería del 25% de la masa atómica, o sea alrededor de "cuarenta veces la energía nuclear del hidrógeno". Este máximo se obtendría en un núcleo de alrededor de diez masas solares.

Para masas mayores que la anterior, el rendimiento energético disminuiría hasta ser nulo cuando la masa es de alrededor de 27 masas solamente. Sin embargo, el proceso gravitatorio sólo sería incapaz de regenerar protones libres de alrededor de 25 masas solares.

Cuando la masa superdensa excede 27 masas solares, la captura o colisión con otros cuerpos de cualquier naturaleza se realizaría "sin emisión de energía". La energía gravitacional quedaría encerrada en su propia barrera gravitacional de donde la luz no puede salir. Diríase que las estrellas ya no chocan, sino que se confunden silenciosamente en una masa única, guardando sus últimas energías para poder reposar largo tiempo invisibles al ojo humano. Difícilmente podríamos detectar tales colisiones en el espacio.

La energía total desarrollada por una masa superdensa desde el comienzo de la estrella se obtiene integrando la ecuación 4).

$$E = (3/5) (K/c^2) M^{5/3} [1 - (5/7) (K/c^2) M^{2/3}] \quad 9)$$

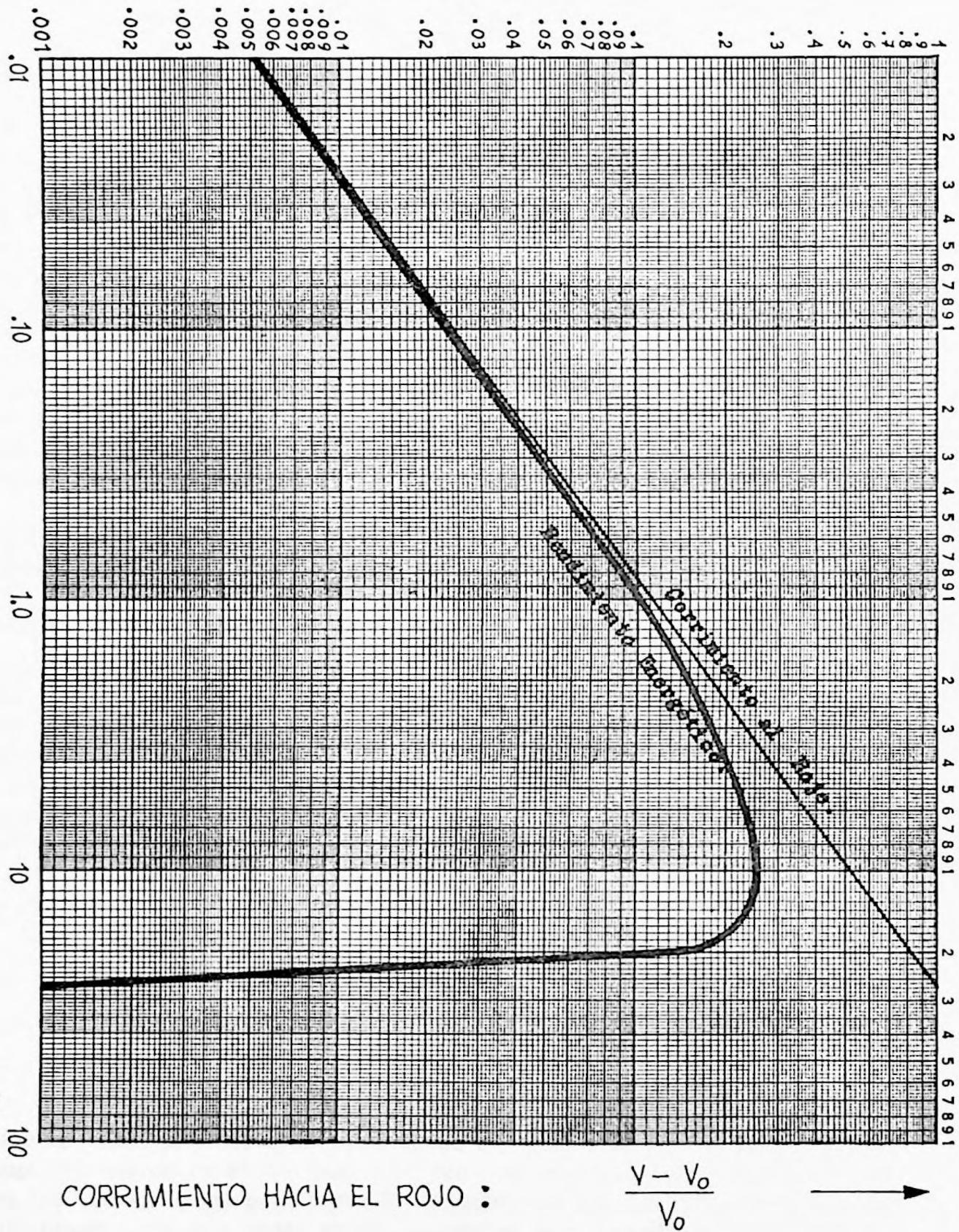
La fracción de la masa total emitida en forma de energía sería:

$$m/M = (3/5) (Kc^2) M^{2/3} [1 - (5/7) (K/c^2) M^{2/3}]$$

Para el límite en que la energía no puede salir de la estrella,  $KM^{2/3}/c^2$  vale uno. El rendimiento fraccional de masa total que resulta es de un 17%, que equivale a un promedio de alrededor de 28 veces la energía nuclear del hidrógeno. Esto significaría que la galaxia podría tener una vida muchísimo más larga de la presupuestada por teorías convencionales que además ignoran ciertas fuentes de hidrógeno galáctico y desprecian la masa de hidrógeno capturada por las estrellas.

FRACTION DE MASA CONVERTIDA EN ENERGIA.

RENDIMIENTO ENERGETICO DEL PROCESO DE CAPTURA GRAVITATORIA EN ESTRELLAS SUPERDENSAS.



## Colisiones invisibles

La unión de dos cuerpos supermasivos generaría una energía igual a la diferencia entre las energías de los estados finales e iniciales:

$$E = (3/5)K[(M_1 + M_2)^{5/3} - M_1^{5/3} - M_2^{5/3}] - (5/7)(K^2/c^2) [(M_1 + M_2)^{7/3} - M_1^{7/3} - M_2^{7/3}]$$

Si la masa superdensa  $M_2$  es de tamaño notablemente menor de diez masas solares, la colisión se regiría aproximadamente por la ecuación 4) que es el límite de la ecuación 10) cuando  $M_2$  es pequeña. En este último caso la emisión de energía podría ser extraordinariamente grande aun cuando la masa  $M_1$  sea mayor de 10 masas solares, caso en que la radiación estaría fuertemente desplazada hacia ondas de radio.

Una masa solar en colisión con una estrella de diez masas solares daría lugar al alrededor de  $5 \times 10^{46}$  joule, o  $5 \times 10^{53}$  ergs, los cuales serían irradiados fuertemente desplazados hacia las ondas de radio. Este valor excede al valor necesario para dar cuenta de los requerimientos de energía de las "fuentes de radio" extraordinariamente potentes descubiertas en las vecindades de algunas galaxias.

Es evidente que las colisiones entre estrellas pueden demorar largo tiempo ya que normalmente estas masas estarían asociadas con cierta cantidad de momentum angular que haría que la más pequeña girase alrededor de la más grande, estableciéndose una especie de canal en el campo gravitatorio a través del cual pasarían las partículas del cuerpo más pequeño al más grande. En esta forma, la velocidad de disipación de energía estaría controlada por la velocidad de transferencia de momentum angular.

## Secuencia de estrellas

Resulta simple comprender, en base a lo anterior, la tendencia de las estrellas —en un diagrama de magnitudes vs. color o temperatura de las estrellas— a agruparse en una especie de "línea de secuencia normal". Porque a medida que su núcleo superdenso crece con el tiempo, no sólo aumenta su "rendimiento interno" en energía, sino que también aumenta su "superficie interna de reacción" que le permite disipar mayores cantidades de energía. Además, al aumentar la masa aumenta también la presión de la materia atómica en el interior, lo que acrecienta su densidad en la interfase, aumentando la rapidez de captura de este material, todo lo cual produce nuevo incremento en la potencia energética de la estrella.

Por otro lado, el aumento del potencial gravitatorio alrededor de la estrella incrementa la sección eficaz de captura de nuevas partículas de la estrella, elevando a su vez la velocidad de incidencia de las partículas sobre la superficie de la estrella con el incremento respectivo del estado compresional de la capa externa: Esto aumentará la temperatura superficial de la estrella y de toda la capa atómica con el respectivo aumento de la velocidad de las reacciones nucleares que elevarán correspondientemente la velocidad de captura efectiva de material atómico por el núcleo superdenso, con mayor desarrollo de energía. Todo esto producirá estrellas que crecen exageradamente en magnitud y brillo, con temperaturas crecientes, cuyo espectro se desplaza hacia el extremo azul.

Cuando baja la densidad de hidrógeno "capturable" alrededor de una estrella disminuye su presión superficial externa y con ello la estrella se "infla" aumentando su superficie lo que a su vez disminuye su temperatura. La estrella se enrojece y aumenta su volumen transformándose en estrella gigante o supergigante. Su núcleo emitiría radiaciones fuertemente desplazadas hacia el rojo. Estas estrellas serían como enormes bóvedas de material atómico que esconden en su interior un núcleo ultradenso relativamente pequeño que emite enormes cantidades de energía que tiene que atravesar capas de elevada resistencia al flujo de dicha energía. Dicha energía mantiene el estado de expansión permanente de la estrella y es justamente la que aumenta la resistencia al paso de la energía, produciéndose un régimen que más bien tiende a inflar la estrella.

En galaxias muy ricas en hidrógeno habría mayor cantidad de estrellas azules y la línea de secuencia normal se prolongaría más hacia el extremo superior de estrellas azules. En cambio, en galaxias pobres en H la secuencia de estrellas debería desviarse prematuramente hacia las estrellas rojas y gigantes. Esto es justamente lo que se observa.

### **La galaxia no visible**

El núcleo superdenso de las estrellas crecería en el interior de éstas, mientras el espacio que normalmente las rodea se empobrece de materia dispersa, la que terminaría por ser insuficiente para satisfacer el apetito creciente de las estrellas cada vez más masivas. Esto traería por consecuencia la formación de estrellas infladas de menor temperatura cuyo espectro se desplazaría fuertemente hacia las regiones infrarrojas no visibles al ojo humano. Probablemente el diámetro de estas especies de burbujas negras sea muy grande.

La pérdida de energía que sufre la propia energía que emergiera del núcleo central al elevarse en el campo gravitacional —que es equivalente al desplazamiento al rojo de la luz— limitaría seriamente el rendimiento de la energía. A medida que crece la masa, la energía sólo podríaemerger como ondas de radio. En esta forma, estas estrellas se transformarían en potentes emisoras de ondas de radio. Estas estrellas serían invisibles al telescopio pero detectables con radiotelescopios.

Por otro lado, estas estrellas extremadamente masivas deberían haber migrado hacia zonas en que la densidad de hidrógeno o material atómico es escaso, que normalmente corresponderían a regiones externas de la galaxia. Allí funcionarían solamente los mecanismos que cancelan las diferencias locales de momentum angular con acercamiento de masas y colisiones. Estas se desarrollarían o silenciosamente —en el caso de masas mayores— o en algunos casos con enorme desarrollo de energía muy desplazada hacia las ondas de radio.

De lo anterior se deduce que la presencia de radioestrellas, con o sin componentes visibles —quasares, pulsares, etc.— aparecerían como elementos indispensables en el ciclo evolutivo de las estrellas. El fuerte desplazamiento hacia el rojo de estas estrellas debido al campo gravitatorio propio de éstas debió confundir a muchos astrónomos que al calcular las distancias de

acuerdo con dicho corrimiento al rojo, concluyeron que estarían extraordinariamente distantes, y por lo cual su tamaño y potencias calculados parecerían ser exageradamente grandes.

Los núcleos superdensos que resultarían de la reunión de la mayoría de las estrellas de la galaxia deberían disminuir en su número, aumentando sus masas a través de colisiones que se realizarían "sin liberación de energía", totalmente invisibles al telescopio. Probablemente estas masas darían lugar a un disco o anillo superdenso que contendría el momentum angular de la mayor parte de la galaxia inicial. Alrededor de dicho núcleo existirían aún restos relativamente fríos de la antigua galaxia.

Podría pensarse que en el lugar donde existía una galaxia no visible debiera observarse algo así como un hueco negro. Sin embargo, la luz que viene de cualquier dirección y que pasa cerca de esta estrella, es desviada fuertemente en su trayectoria. Esto se encargaría de borrar la imagen negra de este cuerpo frío del espacio.

Podría también pensarse que estas galaxias superdensas por ocupar un volumen insignificante en el universo tendrían una eficacia de captura extremadamente pequeña. Sin embargo, se puede demostrar que mientras el volumen real de la masa superdensa crece con la primera potencia de  $M$ , el volumen efectivo de captura crece con  $M^3$ , de manera que para una galaxia normal el volumen efectivo superaría con creces el volumen real de igual cantidad de masa atómica corriente.

En esta forma existirían millones de galaxias invisibles en el espacio cósmico cuya función sería la de absorber enteramente hasta los fotones de más baja energía, concentrándolos en su masa y acumulando así energía para poder volver en el futuro a reconstituir una nueva galaxia luminosa. Serían verdaderos "basureros del espacio" en donde el principio de la entropía termodinámica funcionaría al revés, vale decir, disminuiría.

Mientras en el universo visible la entropía aumenta, la entropía del universo invisible disminuye. Con esto, "la entropía total del universo permanecería constante en el tiempo".

### **El nacimiento de una nueva galaxia.**

La "clasificación normal de las galaxias" contiene en forma resumida y generalizada las diferentes etapas de generación de nuevas galaxias.

Las galaxias invisibles con el tiempo capturan suficiente energía como para vaporizarse enteramente, para lo cual deben ganar aproximadamente un 17% de masa. Pero no podrían vaporizarse aún debido al campo gravitatorio propio. Se tendría así una situación semejante a un líquido sobrecalentando en que basta cualquier partícula para iniciar la ebullición.

Cualquiera de los numerosos cuerpos supermasivos que aún quedarían girando alrededor de su núcleo central podría, en un acercamiento o colisión, abrir la barrera de potencial a los neutrones, formando una especie de canal gravitatorio que conduciría a los neutrones a grandes velocidades hacia afuera. El campo gravitacional de las partículas emergentes succionaría permanentemente a las partículas del núcleo. Se formaría así la curiosa "barrera" característica de numerosas galaxias espirales.

Probablemente el flujo inicial de neutrones esté asociado con un campo magnético que en cierto modo impediría que el primer tramo de esta especie de tubo de escape se deformase bajo la acción del movimiento rotatorio del núcleo. Más lejos, la rigidez del tubo sería insuficiente, y las partículas adoptarían una trayectoria que sería, por efecto de conservación de momentum angular, una espiral semejante a la trayectoria del chorro de agua de un surtidor rotatorio del jardín.

El hidrógeno que se genera por decaimiento natural de los neutrones bañaría nuevamente al resto de la antigua galaxia, cuyas masas servirían de núcleos iniciales para la formación de una "nueva galaxia".

Se explicaría así el aparentemente misterioso flujo de hidrógeno que aún baña a las espirales hacia afuera y que se detecta en muchas galaxias, flujo que aparentemente saldría de la "nada".

Las masas superdensas finales de la galaxia anterior que no se integraron al núcleo principal podrían vaporizarse en forma local, formando cúmulos de estrellas o galaxias menores asociadas a la principal.

### **Materiales básicos del universo.**

La forma más elemental de reconstruir el universo sería partiendo del "neutrón", pues éste por decaimiento produce un protón, un electrón y un anti-neutrino. La unión del protón y el electrón da hidrógeno. La fusión nuclear del hidrógeno o sus productos podría dar lugar a cualquier tipo de material de estructura atómica conocido.

Si el material primordial del universo es el neutrón, debiera existir un promedio de un antineutrino libre por cada protón que existe en el universo, incluidos los protones nucleares. Por lo tanto, estos antineutrinos tendrían que ser capturados en las galaxias.

La presencia de núcleos superdensos en las estrellas produciría regiones en el espacio en donde los antineutrinos tendrían mayores probabilidades de poder ser capturados, contribuyendo a la transformación de protones en neutrones, siguiendo un proceso exactamente inverso al de su generación.

### **RESUMEN**

Se podría concluir que las galaxias sufren evoluciones cíclicas que terminan en masas neutrónicas superdensas no visibles. Los neutrones liberados de su campo gravitacional transformarían el hidrógeno con el cual se forma la galaxia visible. Allí, junto con concentrarse la masa dispersa, se liberaría la energía gravitacional mediante procesos intermedios de fusión nuclear. La materia superdensa de las estrellas se reuniría nuevamente para capturar luz como "cuerpos negros" no visibles en el espacio. Con la energía capturada, las estrellas aumentarían en masa y energía hasta recuperar las condiciones semejantes a las del comienzo del ciclo.

La energía seguiría así un ciclo semejante al de los circuitos resonantes usados en electrónica. La energía viajaría en un sentido hasta que la propia energía acumulada la hace cambiar de sentido.

La suma global de todos los ciclos del universo que intercambiarían energía entre sí resultaría en un proceso indefinido en el tiempo, en donde permanecerían constantes la masa, la energía, el momentum angular total, y entropía. Las variaciones serían locales ya que los ciclos galácticos serían semejantes en su promedio universal, pero no idénticos.

## APENDICE

### OTRAS COMPROBACIONES IMPORTANTES.

#### a) La presencia de Technesium en algunas estrellas. (Origen de los elementos radiactivos).

El Technesium es un elemento radioactivo de corta vida media, alrededor de mil doscientos años. Su presencia en ciertas estrellas no puede ser debida más que a la formación continua de este elemento allí donde es observado(3).

Aquellas estrellas son de diámetros externos relativamente pequeños, por lo que sus capas externas son de menor espesor y mayor densidad. Estas recibirán un flujo de neutrones elevado, del interior, con formación de mayores porcentajes de isótopos superiores que dentro de su corta vida media tienen mayores probabilidades de fusionarse nuclearmente siguiendo una "línea de fusión a través de isótopos superiores". Allí, los productos tendrían probabilidades de fusionarse antes de perder masa o energía por decaimiento beta, lográndose elementos radioactivos superiores. Todos estos elementos serían nuevos y estarían generándose continuamente.

#### b) El Dilema de las Estrellas Ricas y las Estrellas Pobres en Metales.

Las estrellas más ricas en metales tienen, en general, velocidades débiles, inferiores 50 km/seg. Se han situado en las proximidades del plano de simetría de la galaxia. En cambio las estrellas pobres en metales tienen velocidades mucho más elevadas —hasta 500 km/seg— y se han situado, por el contrario, a gran distancia del plano de simetría galáctico.(3)

Aquellas estrellas alejadas del plano galáctico estarían en un ambiente relativamente pobre en hidrógeno y otros elementos, lo que disminuye sus presiones externas y sus densidades y temperaturas internas. Esto limitaría sus reacciones nucleares de fusión que producirían elementos metálicos. Por lo tanto, los elementos metálicos estarían relegados a regiones muy profundas de la estrella, tanto más cuanto su superficie externa estaría muy alejada de la zona de reacciones. En su movimiento, al alejarse mucho del plano galáctico, estas estrellas regresan a éste por efecto gravitatorio, con mayores velocidades, adquiriendo un movimiento oscilatorio de gran amplitud alrededor de dicho plano, con un tiempo de residencia muy corto en las regiones ricas en hidrógeno.

Las estrellas de velocidades menores no pueden alejarse mucho del pla-

no galáctico, manteniéndose permanentemente en regiones ricas en hidrógeno. Esto las mantiene permanentemente en un estado comprimido de mayores densidades y temperaturas, lo que aumenta a su vez las velocidades de fusión nuclear capaces de mantener un exceso de elementos metálicos en sus superficies e incluso en el ambiente inmediato que rodea a dichas estrellas.

La presencia de estrellas pobres en metales en los cúmulos globulares relativamente alejados del plano galáctico tendría una explicación semejante. Además, los elementos metálicos generados en regiones cercanas al plano galáctico tienen menores probabilidades de alcanzar dichas regiones debido a su mayor masa atómica.

### c) Relaciones Masa-Luminosidad de las Estrellas.

En estrellas de gran masa es altamente probable que sus presiones y temperaturas internas sean lo suficientemente elevadas como para no limitar grandemente el proceso de conversión de energía. Las diferentes variables posibles se ajustarían a las necesarias para transformar el exceso de material que llega. Este sería aproximadamente proporcional al volumen efectivo de captura de partículas del espacio externo por el campo gravitatorio de la estrella. Este volumen efectivo podría expresarse en función del potencial gravitatorio  $V_0$  necesario para capturar una fracción bien determinada de partículas del espacio interestelar, lo que a su vez estaría determinado por la energía cinética promedio de las partículas de dicho espacio. Así, el volumen efectivo sería:

$$V_{ef} = \frac{4 \pi^3}{3 V_0^3} \cdot M^3$$

Por lo tanto, el consumo de masa de la estrella sería aproximadamente proporcional a  $M^3$ , y la luminosidad de la estrella estaría dada por:

$$\frac{dE}{dt} = \frac{dE}{dM} \frac{dM}{dt} = K' M^{2/3} \cdot M^3 = K' M^{3.7}$$

O sea, la luminosidad de las estrellas mayores sería aproximadamente proporcional a la cuarta potencia de su masa.

Las estrellas más pequeñas tendrían presiones y temperaturas internas relativamente bajas las que limitarían seriamente las velocidades de reacción nuclear que a su vez limitarían la velocidad de captura interna. Esto produciría estrellas que capturarían externamente más material del que podrían transformar internamente.

En una primera aproximación, asumiendo que las velocidades de transformación interna por unidad de superficie sean proporcionales a la presión interna —que crece aproximadamente con  $M^{2/3}$ — resulta un desarrollo de energía por unidad de superficie proporcional a  $M^{4/3}$ . Teniendo en cuenta ahora este valor, la superficie interna de captura crecería con  $M^{2/9}$ . El producto de los tres factores —presión, superficie y rendimiento—, la potencia luminosa de una estrella sería aproximadamente proporcional a  $M^{1.5}$ .

El diagrama de "masa-luminosidad de las estrellas binarias"(4) indica jus-

tamente que las estrellas menores de media masa solar se ajustan aproximadamente a una luminosidad proporcional a  $M^{1.46}$ , mientras que para masas superiores la luminosidad es aproximadamente proporcional a  $M^4$ .

#### **d) El Dilema de los Quasares y Pulsares.**

Las estrellas superdensas de gran masa interior, al estar rodeadas de una delgada capa atómica cercana a su núcleo, emitirían luz que al salir del campo gravitatorio se desplazaría enormemente hacia el rojo. Esto les daría a estas estrellas la apariencia de estar enormemente distantes, pues su distancia normalmente se calcula a través de dicho corrimiento. Esto a su vez les daría la apariencia de ser "extraordinariamente grandes y potentes en su luminosidad".

Por otro lado, la captura interna de masa atómica de dichas estrellas produciría enormes cantidades de radiación aún más desplazadas hacia las ondas de radio, que las convertiría en potentes emisoras de radiofrecuencias. Tal podría ser el caso de la que se supone que es una "radiogalaxia" denominada 3C 295, cuya luz estaría desplazada en un 35% hacia el rojo, casi la mitad de la velocidad de la luz si se la interpretase como efecto doppler. La falsa interpretación de este corrimiento al rojo conduce a absurdos tales como que los quasares estarían "sistemáticamente alejados de la tierra", como si ésta fuera un lugar privilegiado del universo. Evidentemente, una falsa interpretación puede conducir a misterios realmente inexplicables.

No obstante, es de presuponer que durante las etapas iniciales de una "nueva galaxia", la vaporización de la estrella superdensa debiera producir una gran cantidad de radiaciones igualmente desplazadas hacia el rojo o hacia las ondas de radio por efecto gravitatorio sobre la luz. Por lo cual, fuera de las fuentes térmicas de radiofrecuencias, debieran existir fuentes de ondas de radio tanto cuando la materia entra al estado no visible como cuando sale de dicho estado.

Teniendo en cuenta que los materiales realmente más evolucionados serían aquellos que estarían ya en regiones externas a las galaxias visibles, sería allí en donde debería observarse potentes fuentes de radiofrecuencias debido a captura o colisiones en cuerpos superdensos. Esto es justamente lo que se observa.

En los núcleos superdensos de menor masa exentos de capas masivas luminosas permanentes externas, la captura de núcleos atómicos produciría potenciales eléctricos crecientes (positivos) que terminarían en descargas asociadas a enormes variaciones de campo magnético, produciéndose "pulsos" de partículas aceleradas (rayos cósmicos), y de radiaciones electromagnéticas. Algunas de estas, producidas cerca del núcleo, estarían desplazadas fuertemente hacia las ondas de radio.

#### **e) La Galaxia que Falta.**

Se sabe con certeza que aproximadamente la tercera parte de la masa de la galaxia está formada por estrellas visibles, y una sexta parte por materias nebulosas bajo diferentes formas. Queda una masa del orden de "la mitad de la masa de la galaxia que no se sabe con certidumbre cuál es su naturaleza(3).

Esto significaría que una masa equivalente a una galaxia visible entera estaría al estado de masas superdensas no visibles.

#### f) La Metagalaxia Invisible .

A partir de las propiedades de las galaxias dobles en donde las masas se pueden deducir mediante un simple cálculo en función de sus velocidades y distancias, se puede establecer una relación de masa- luminosidad en las galaxias.

Al aplicar principios similares a galaxias múltiples (compuestas de tres o cuatro componentes), se ha encontrado con gran sorpresa que la masa calculada a partir de los movimientos de las galaxias dan sistemáticamente valores más elevados para la masa que en galaxias dobles.

“La situación es mucho más grave para los cúmulos de galaxias, ya que suponiendo un régimen estacionario, se encuentran unas masas **enormemente mucho mayores** que las que se deducen de la luminosidad de las galaxias que la componen(3).

Esto es una clara demostración que hay un universo visible y otro invisible coexistentes. La masa se concentra en el interior de las estrellas emitiendo energía radiante que viaja hacia el universo invisible que se produce de dicha concentración de masas. El universo invisible se torna en visible cuando la energía acumulada dispersa la masa que la encierra, produciendo cúmulos de estrellas o galaxias que vuelven a reproducir ciclos de períodos muy variados que permiten la coexistencia indefinida de un universo similar en el tiempo.

## REFERENCIAS

- (1) Ormes S. F., Weber W. H. "Journal of Geophysics Research". 73,4231 (1968).
- (2) Baker, Robert H. "Astronomy" (pp. 416). D. Van Nostrand Co. Inc. 1964.
- (3) Schatzman, E. L. "Estructura del Universo" (pp. 18, 81, 112, 114). Ediciones Guadarrama S. A., Madrid.
- (4) Fowler, W. A. "Nuclear Astrophysics". American Philosophical Society. Philadelphia.

