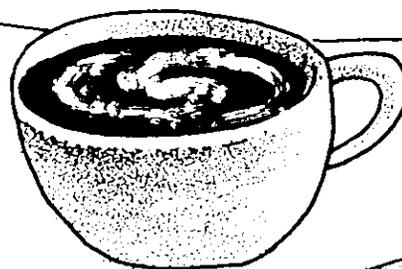


# MIL MILLARDOS DE SOLES

Jean-Pierre Petit

La ciencia tal vez sea la forma más  
elaborada de la literatura fantástica

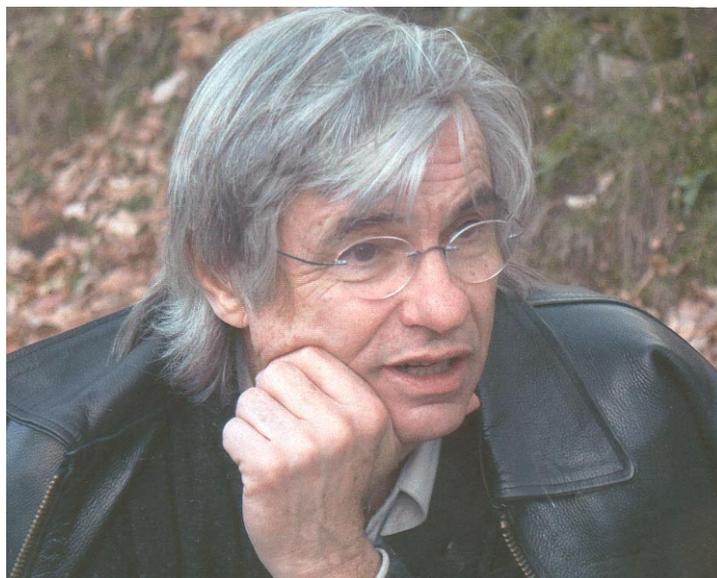


Traducción:  
Juan Carlos Anduckia  
y  
Miriam Peláez Hoyos

# Saber sin Fronteras

Association Loi de 1901

<http://www.savoir-sans-frontieres.com>



**Jean-Pierre Petit, presidente de la Asociación**

Antiguo director de investigaciones del CNRS, astrofísico y creador de un nuevo género : la Historieta Científica. Creada en el año 2005 junto con su amigo Gilles d'Agostini, la asociación Saber sin Fronteras tiene como finalidad distribuir gratuitamente el saber científico y técnico por todo el mundo. La asociación funciona gracias a donaciones y retribuye a sus traductores con 150 euros por cada historieta traducida (en el 2007), asumiendo además los cargos bancarios de las transferencias. Numerosos traductores en todo el mundo contribuyen a aumentar diariamente el número de álbumes traducidos, los cuales ascienden en el 2007 a 200 y son telecargables de manera gratuita en 28 idiomas, incluyendo el Laostaní y el Ruandés.

El presente archivo pdf puede ser duplicado y reproducido sin restricciones, parcial o totalmente, y utilizado por los profesores en sus cursos a condición de que lo hagan sin ánimo de lucro. Puede ser depositado en bibliotecas municipales, escolares y universitarias, tanto en forma impresa como en redes de tipo Intranet.

El autor tiene previsto completar la presente colección de historietas con álbumes más elementales, para chicos de 12 años. Igualmente están en proceso de elaboración álbumes « hablantes » para analfabetas, así como álbumes bilingües para el aprendizaje de idiomas a partir de las lenguas de origen.

La asociación está buscando continuamente nuevos traductores que puedan traducir las obras a su propia lengua materna y que posean las competencias técnicas que los habiliten para realizar buenas traducciones de los álbumes que emprenden.

**Para contactar la asociación basta con ir a su página web**

**Para realizar una donación:**

**Para otros países → Número de Cuenta Bancaria Internacional (IBAN) :**

<b>IBAN</b>
FR 16 20041 01008 1822226V029 88

**y → Código Identificador del Banco (BIC):**

<b>BIC</b>
PSSTFRPPMAR

Los estatutos de la asociación (en francés) están disponibles en su sitio web. Así mismo, la contabilidad puede ser accesada en línea, en tiempo real. La asociación no retiene dinero alguno de las donaciones, ni siquiera los costos de las transferencias bancarias, de modo que las sumas entregadas a los traductores son netas.

La asociación no paga a ninguno de sus miembros, que operan benévolamente y asumen ellos mismos los costos de funcionamiento y de administración del sitio web, costos que no son por lo tanto sufragados por la asociación.

Pueden estar seguros de que en esta especie de « obra humanitaria cultural », cualquiera sea la suma que ustedes donen, ésta será consagrada íntegramente a retribuir a los traductores.

En promedio, estamos poniendo en línea una decena de nuevas traducciones cada mes.

# ADVERTENCIA

La **ASTROFÍSICA** es un ciencia **RECIENTE**.  
Hasta hace pocos años, todavía se recibía la  
información del cielo a través del **CRISTAL**  
**OPACO DE LA ATMÓSFERA**

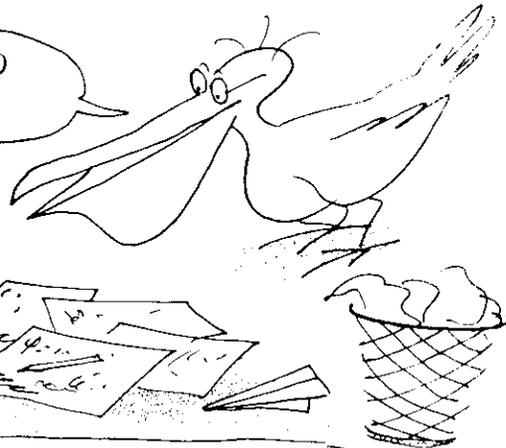


La **DINÁMICA GALÁCTICA** está a la  
espera de un nuevo Kepler y un nuevo  
Laplace. Aún no sabemos cómo construir  
soluciones matemáticamente satisfactorias  
al sistema de ecuaciones que describen  
el objeto llamado **GALAXIA**

¡En este campo, los  
teóricos patinan en aceite  
desde hace más de un  
siglo!

Paradójicamente, la infancia del Universo  
(el **BIG BANG**) es mejor comprendida que su  
adolescencia, la cual sigue siendo... nebulosa

Estamos lejos de un consenso, y las teorías sobre  
el nacimiento y evolución de las galaxias siguen siendo  
perfectamente contradictorias



Las informaciones obtenidas gracias al telescopio  
espacial, tratadas por los más potentes computadores,  
permiten esperar un todo coherente en un porvenir...  
más o menos cercano

El autor de esta historieta ha hecho algunas  
cosas en este campo. Un día, la historia que sigue  
aparecerá seguramente como una síntesis clarividente...

... ¡o como una sarta de sandeces!

¿Estás seguro, Tiresias,  
de que es el cometa Halley?

Por completo





La comedia que vamos a presentar esta noche es la continuación del **BIG BANG**. La historia comienza cuando el Universo tiene una edad de 100.000 años. Por razones técnicas la escenografía ha sido modificada

# EL PLANETA UNIVERSO



Esta sopa, joven, es la **MATERIA**

¡Ah, Usted otra vez!

En el comienzo el espíritu de Dios planeaba sobre las aguas...

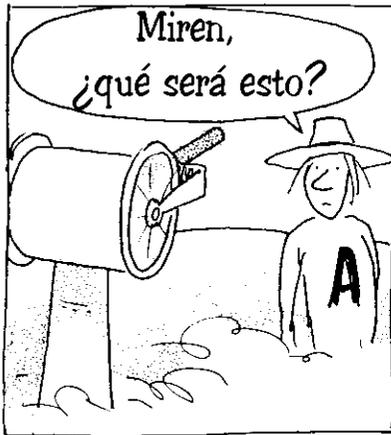
Deprisa...

¡Deténte, iconoclasta!

¡Miren, es un milagro!

¡Qué va! Se está apoyando, eso es todo...

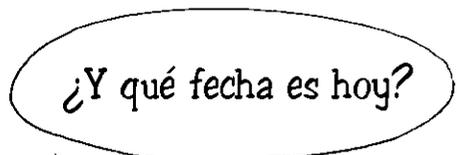
Sí, es verdad...



Miren,  
¿qué será esto?



Ya lo sabes, es  
el **CRONOTRÓN(\*)**



¿Y qué fecha es hoy?



Han pasado  
100.000 años desde  
el **BIG BANG**



Así es, y la temperatura del Universo es de **8000°**

Este **FLUIDO-MATERIA** es bastante extraño. Parece adherirse al **FONDO**



El mundo  
se estanca

¿Y qué es, por  
cierto, el **FONDO**?



Son los **FOTONES**, el **FONDO**  
de **RADIACIÓN PRIMITIVA,**  
**COSMOLÓGICA**

No comprendo...



A primera vista, el mundo parece redondo...

Sí, una especie de soufflé esférico que se infla y se infla...

¡Vaya cocina...!

En la superficie, la **MATERIA** se comporta como un **FLUIDO**

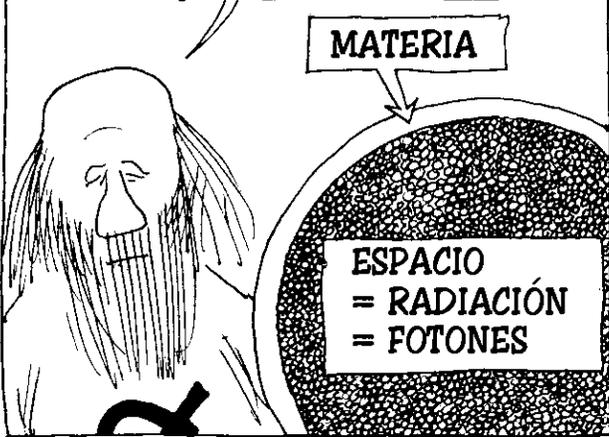
Y debajo...  
**¿QUÉ** hay?

Debajo está el **ESPACIO**.  
Hay muchísimo más espacio que materia

¿Quiere Ud. decir que este **PLANETA-UNIVERSO** es hueco?

Querida jovencita, bien sabes que el **VACÍO** no existe. El "vacío cósmico" es en realidad un ensamble, un amasijo de **FOTONES** apretados unos contra otros. Son los **FOTONES ORIGINALES** creados durante el **BIG BANG**. Desde entonces hay mil millones de esos fotones por cada partícula de materia

En otras palabras, este soufflé esférico está hecho de una especie de espuma **ELÁSTICA**, en la que cada alvéolo representa un fotón (\*)



¿**ELÁSTICA**? ¡Ja! ¿La encuentra Ud. elástica?  
¡Esta espuma es un verdadero hormigón!



La compacidad de la espuma la dá la **PRESIÓN DE RADIACIÓN**

(\*) El diámetro del alvéolo corresponde a la **LONGITUD DE ONDA** del fotón.

La **PRESIÓN** es algo que tiene que ver con los **FLUIDOS**, ¿no es así?

Sí, pero un ensamble de fotones también es un gas, con su propia presión...

Y el **VACÍO** es un ensamble de fotones. Por lo tanto ¡el vacío es un **GAS!** ¿Y entonces...?

En realidad, la **MATERIA** y el "**VACÍO**", es decir el gas de fotones originales, forman una **MEZCLA HOMOGÉNEA**. Pero, si entiendo bien, en este modelo ha separado Ud. los dos medios. La **EXPANSIÓN** de este **PLANETA-UNIVERSO**, que funciona como un soufflé, hace disminuir la **PRESIÓN DE LA RADIACIÓN**. Por otra parte, el espesor del "fluido-materia" simula la **MASA VOLUMÉTRICA**, que también disminuye

¿Y cómo interactúan esos dos medios?

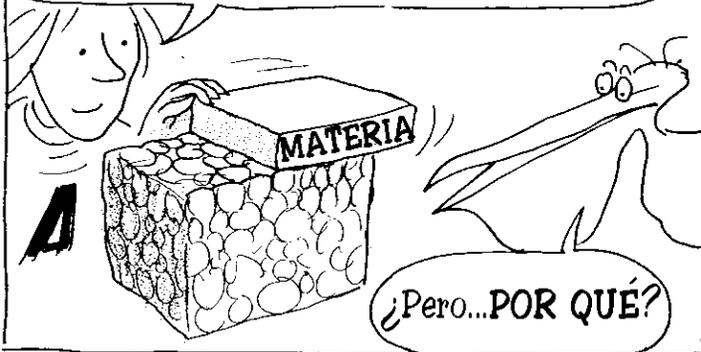
# INTERACCIÓN MATERIA RADIACIÓN

Cuando el Universo alcanza una temperatura superior a **3000°**, la materia está completamente **ACOPLADA** con el fondo de radiación, con los fotones originales

En el fondo es como si la materia estuviera "pegada" al vacío...

¿QUÉ?

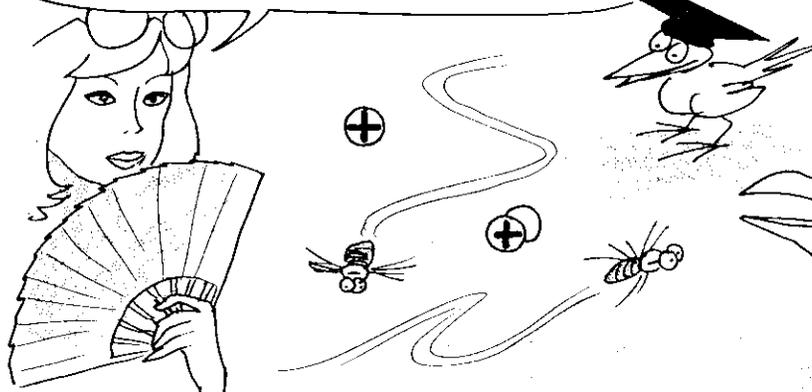
Por debajo de  $3000^{\circ}$ , la **MATERIA** se desplaza libremente sobre el **FONDO DE RADIACIÓN COSMOLÓGICA**



Los átomos, León, están hechos de núcleos, con carga positiva; y de electrones, con carga negativa

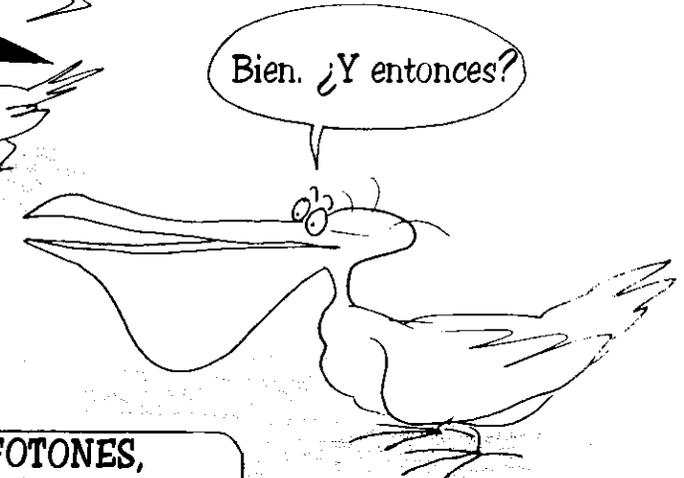


Por encima de  $3000^{\circ}$ , la **AGITACIÓN TÉRMICA** se intensifica, y las **COLISIONES** entre los átomos impiden a los electrones girar tranquilamente alrededor de los núcleos



Los electrones quedan **LIBRES** y decimos entonces que la **MATERIA** está **IONIZADA**

Bien. ¿Y entonces?



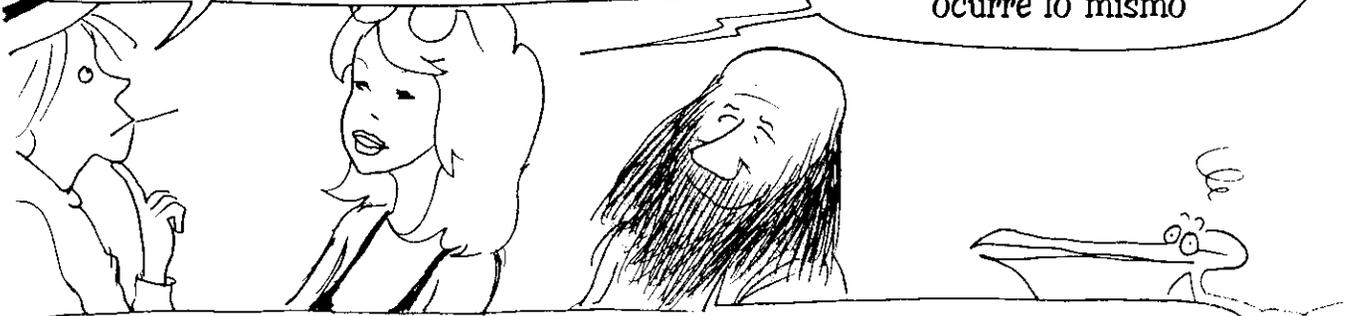
La **LUZ** corresponde a un movimiento de los **FOTONES**, pero es **TAMBIÉN** una **ONDA ELECTROMAGNÉTICA**, una oscilación del espacio

Y esta oscilación es sentida con mayor intensidad por los electrones livianos que por los núcleos pesados



En un gas, una oscilación que se propaga es una onda de presión (\*), una onda sonora. La luz sería entonces una onda de... la presión de la radiación, que se propaga a **300.000 km/s**

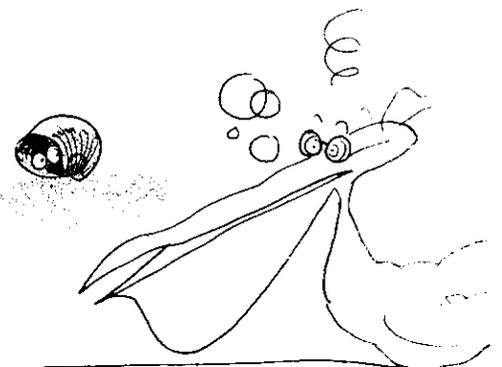
En un gas, la velocidad de agitación de sus elementos es muy similar a la velocidad del sonido. En el "gas de fotones" ocurre lo mismo



Reconozco que ese gas de fotones es uno de mis mejores inventos.  
En ese caso, las ondas y las partículas **SON LO MISMO**

Bueno, admitamos que:

- 1) Un **GAS IONIZADO** interactúa fuertemente con un "gas de fotones".
- 2) El **VACÍO** es, de hecho, un "gas de fotones".
- 3) Por tanto, la materia ionizada se "adhiera" al vacío.



Cuando la temperatura de la materia en el Universo desciende por debajo de los **3000°**, los electrones quedan ligados a los átomos y se vuelven mucho menos sensibles a las oscilaciones electromagnéticas

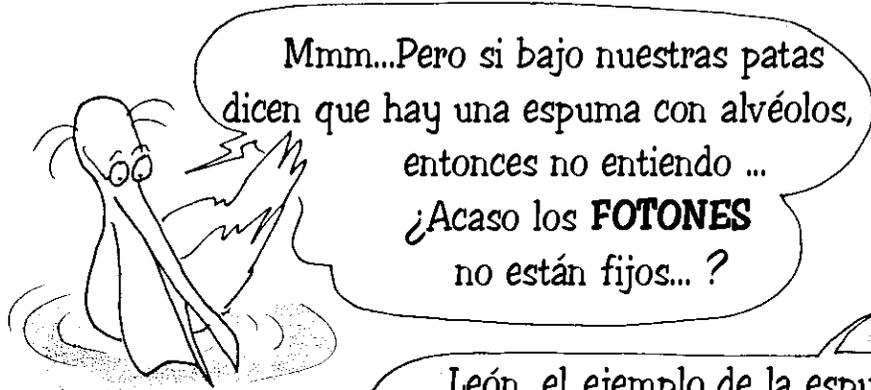
El vínculo entre la **MATERIA** y el **FONDO DE RADIACIÓN** se debilita, y los átomos pueden desplazarse libremente en el **VACÍO**



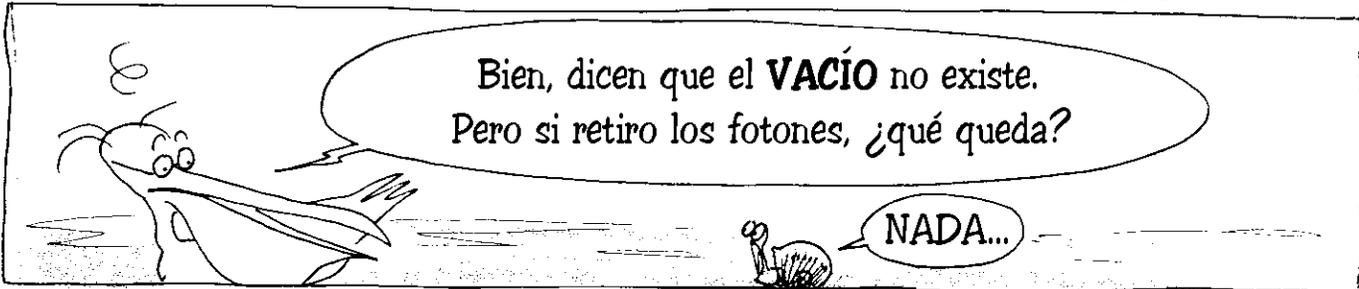
Quedan "retenidos" por los núcleos



(\*) Ver "**¿Y SI VOLÁRAMOS?**", del mismo autor.



León, el ejemplo de la espuma no es más que un medio cómodo para representar el espacio y la **RADIACIÓN PRIMITIVA** que contiene



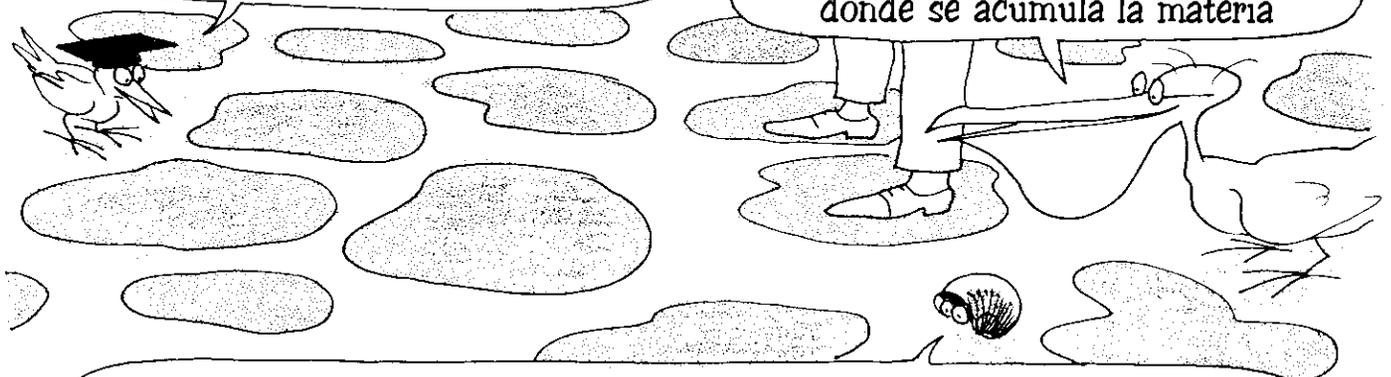
NADA...

# DESACOPLE



Y eso no es todo. Aquí tienen la materia distribuyéndose en charcos

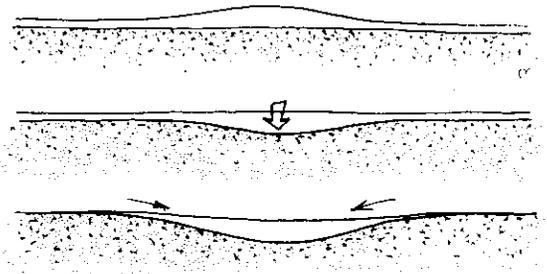
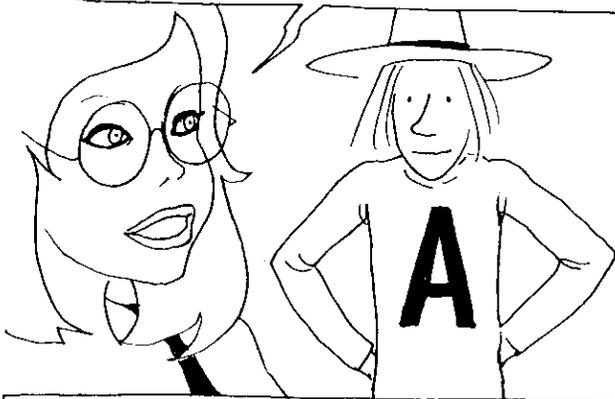
El fondo se vuelve más flexible. Parece hundirse en algunas partes, donde se acumula la materia



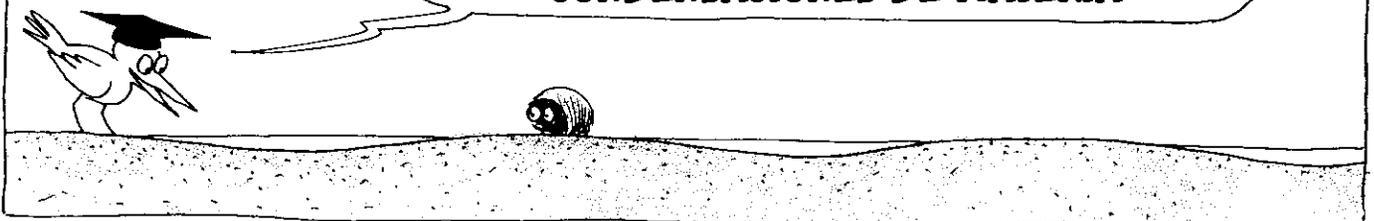
El fluido-materia es pesado y por eso el soporte se deforma

# LA INESTABILIDAD GRAVITACIONAL

Es normal. Cuando aparece una concentración de materia, ésta **CURVA EL ESPACIO**, atrayendo toda la materia en las vecindades (\*)



Se forma entonces un sistema de charcos de **CONDENSACIONES DE MATERIA**



De hecho, estas cavidades son poco pronunciadas

Todo está muy estancado

La espuma todavía es demasiado **COMPACTA** para que se puedan formar cuencas profundas. Incluso los charcos de grandes dimensiones sólo crean pequeñas curvaturas. Hay que esperar a que el Universo se distienda para que el soporte tenga suficiente flexibilidad

La **PRESIÓN DE LA RADIACIÓN** continúa siendo de tres diezmilésimas de atmósfera

¡Tres diezmilésimas de atmósfera!  
¿Y a eso le llama una presión excesiva...?

La **FUERZA GRAVITACIONAL** es tan débil que esta presión basta para contrarrestar sus efectos

Ah, sí, es cierto...  
Esta fuerza es la más débil de todas las que animan el Universo

La compacidad de la espuma (la presión de la radiación) impide entonces que el soporte ceda y que la materia se condense. La dilatación del Universo disminuye esta compacidad, esta presión. ¿Pero cuánto tiempo hay que esperar para que la fuerza de gravedad se imponga?

Unos **4.500** millones de años

Mientras llega ese momento, me gustaría saber por qué los charcos tienen, a grandes rasgos, el mismo diámetro, y por qué ese diámetro en concreto y no otro...

Estas condensaciones... ¿qué representan?

De diez a cien mil masas solares

# LA LONGITUD DE JEANS

¿Y por cierto, por qué esos charcos? ¿Por qué el Universo no permanece uniforme? Me gustaría conocer la razón suficiente de este fenómeno

De acuerdo. Nada como un buen experimento

Primero voy a ver cómo se comporta una concentración de materia sobre un soporte **RÍGIDO**

Le toma un cierto tiempo desplegarse y dispersarse

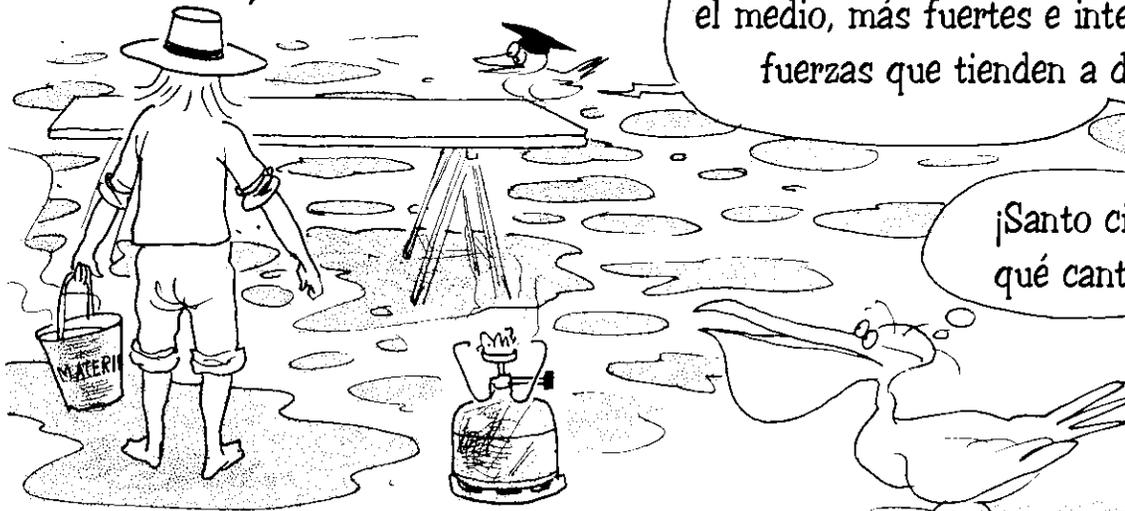
La fuerza que provoca el despliegue de esta materia es la **PRESIÓN**, que la obliga a ocupar el mayor espacio posible

Al parecer, el tiempo que le toma al charco extenderse y doblar sus dimensiones, es proporcional a su radio inicial

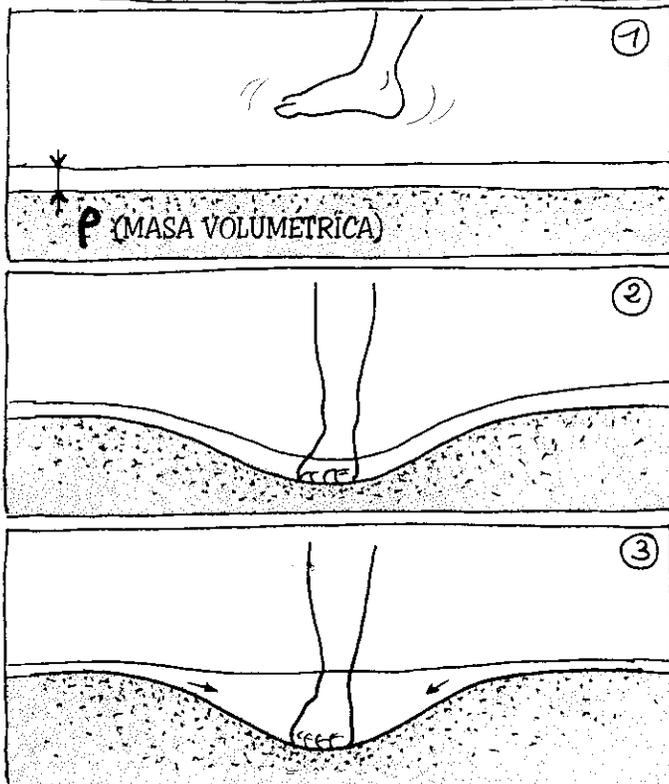
Segundo, entre más **CALIENTE** está la materia, más **RÁPIDO** se dispersa

Es normal, puesto que temperatura igual presión: entre más caliente esté el medio, más fuertes e intensas serán las fuerzas que tienden a dispersarlo

¡Santo cielo...  
qué cantera!

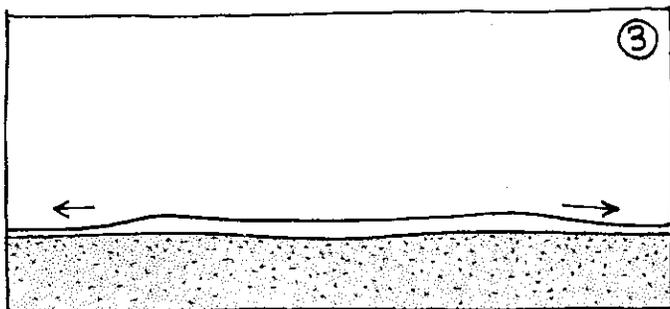
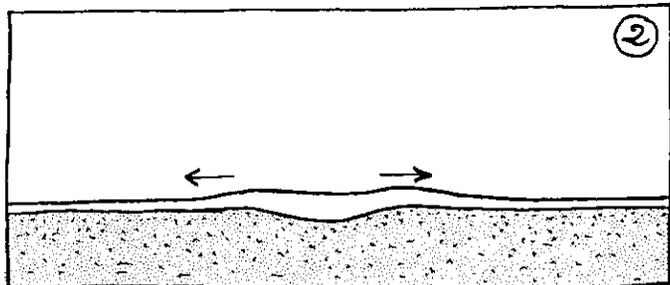
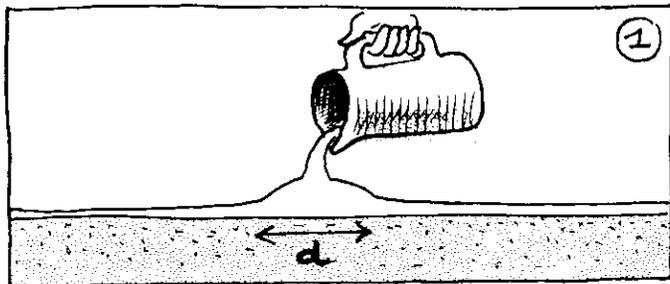


Ahora sé un poco más sobre la forma en que un charco de materia tiende a dispersarse. Bien, fase número dos: en lugar de crear **SOBREDENSIDAD**, acentúo artificialmente la curvatura del soporte elástico

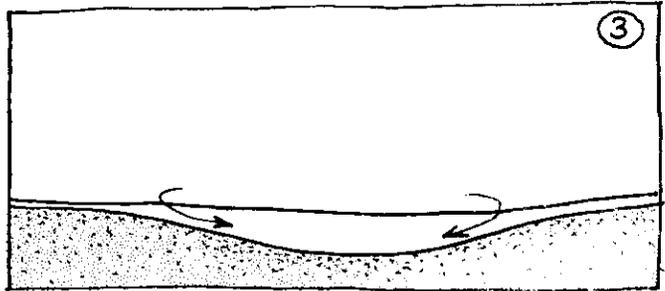
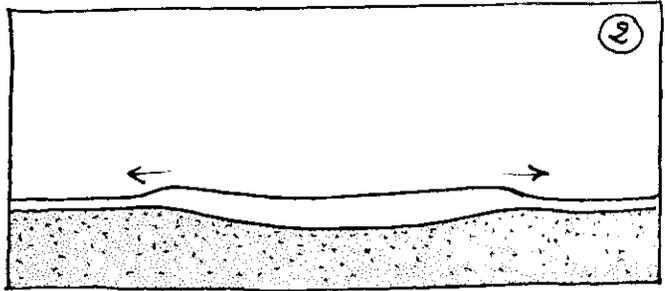
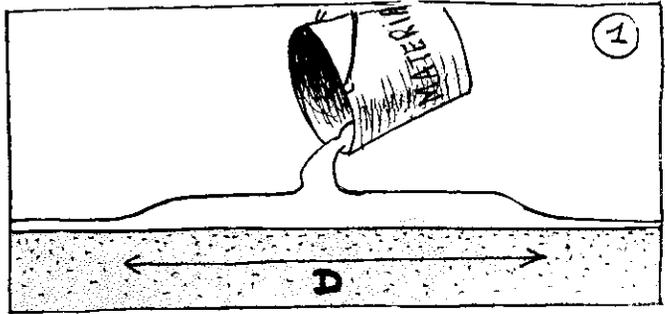


Esta depresión, creada artificialmente, es restituida en un tiempo que se llama **TIEMPO DE ACRECIMIENTO**, el cual es tanto más corto cuanto mayor es el espesor del fluido (que simula la masa volumétrica)

Ahora sólo falta combinar los dos efectos...



Una perturbación de pequeñas dimensiones tendrá un tiempo de dispersión corto. No tendrá tiempo de amplificarse y la cavidad se vaciará mucho más rápido de lo que se llena



Por el contrario, una perturbación **GRANDE** tendrá un tiempo de dispersión **LARGO**. Se llenará más rápido de lo que se vacía y tendrá, por lo tanto, tendencia a amplificarse



Supongo que existe un radio crítico mas allá del cual se dá la amplificación...



Exacto. Es el **RADIO** (o longitud) de **JEANS** (\*).  
Todos los charcos que se han formado tienen un radio bastante cercano a ese radio crítico

Bueno, de acuerdo.  
Este fenómeno de **INESTABILIDAD GRAVITACIONAL** provoca la fragmentación de la materia en estas especies de grumos con un radio del orden del radio de Jeans.  
¿Y entonces?

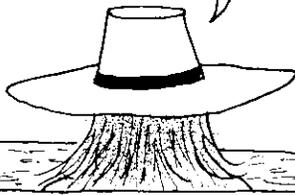
En estos grumos, la materia es comprimida y calentada, y su temperatura alcanza los **3000°**.  
El resultado es que la materia se ioniza y se vuelve rica en electrones libres. El acople entre la materia y el **FONDO DE RADIACIÓN** reaparece, y la materia se "adhiera" de nuevo al vacío

La materia hará un esfuerzo por arrastrar el soporte, el gas de fotones, junto con ella. Pero dado que al fondo de radiación aún le falta flexibilidad, eso impedirá que los grumos prosigan su movimiento de condensación

En otras palabras, el Universo se empieza a poblar de estas especies de cosas cuya temperatura está cerca de los **3000°**, y su masa de unas diez mil o cien mil masas solares

(\*) Sir James JEANS, astrónomo inglés (1877-1946).

Bueno, parece que no pasa gran cosa. La expansión sólo aparta progresivamente los grumos unos de otros. Antes, el Universo era una mezcla de átomos de hidrógeno y de helio; ahora, parece una emulsión que se extiende hasta perderse de vista

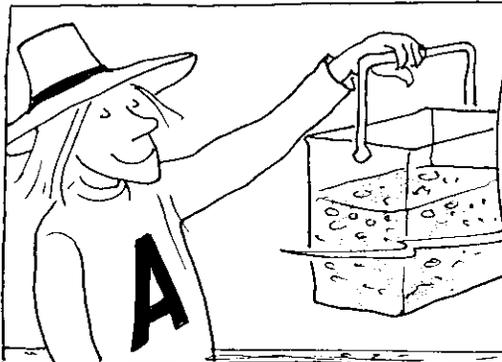
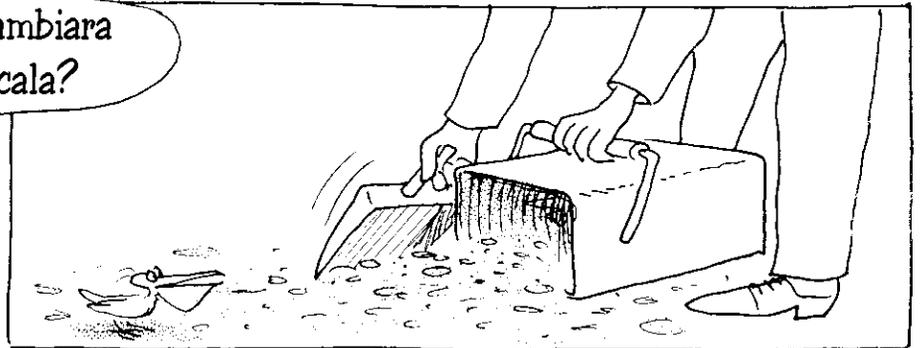
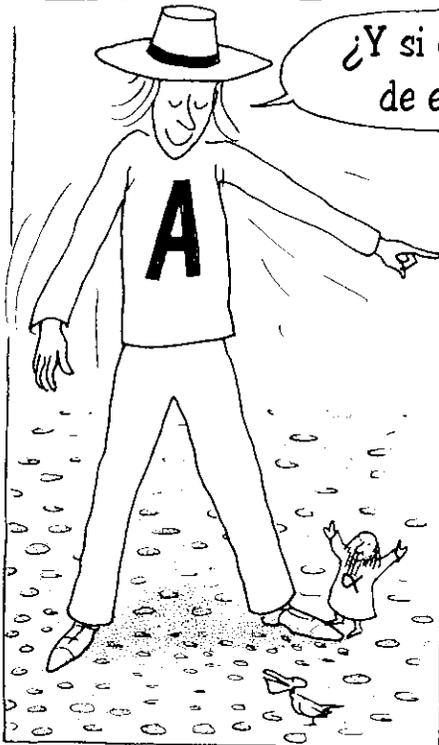


Un Universo aburridamente llano..



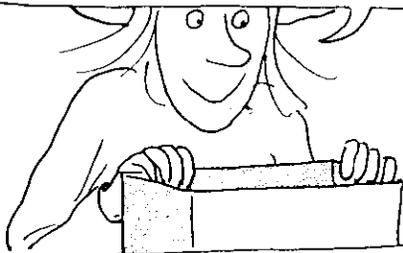
# EL MACROCOSMOS

¿Y si cambiara de escala?



A esta escala, la materia es esta especie de emulsión de grumos

Voy a derramarla sobre un soporte rígido y a ver qué tiempo le toma dispersarse. Después haré lo mismo sobre el soporte flexible...



O sea que vas a repetir, a una escala mayor, los mismos experimentos de antes



El nuevo medio también tiene su propia temperatura, la cual se deduce, en la emulsión, de la velocidad de agitación de los grumos (\*)

Dicho de otra forma, tienes una nueva tendencia a la fragmentación a una escala mayor

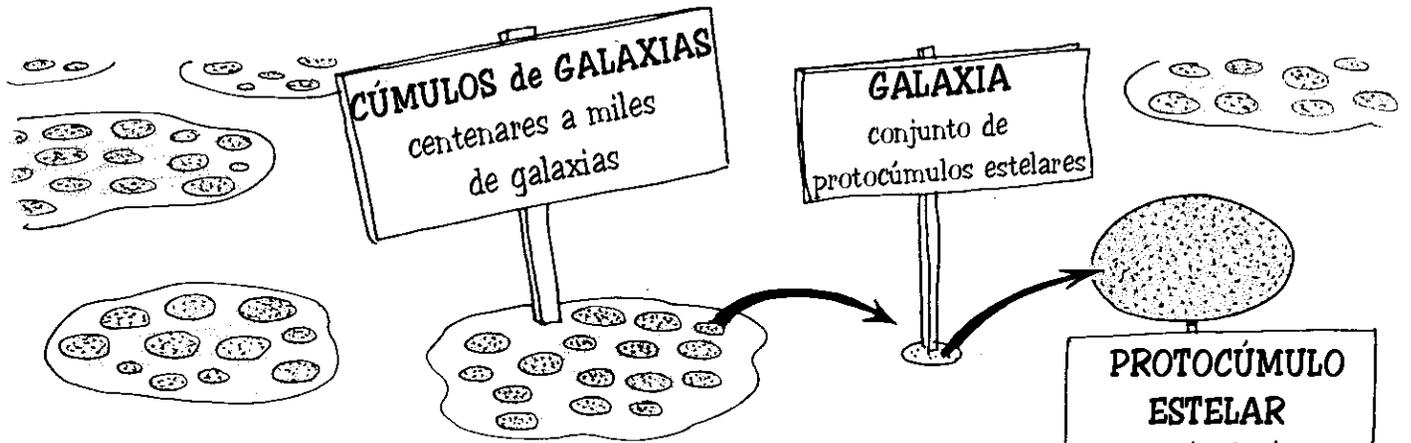
Y es así como se forman las **GALAXIAS**.  
¿Bonito, no?

Cambiamos de escala una vez más

Fácil. El fluido, considerado como una emulsión de galaxias, dará lugar a un nuevo fenómeno de **FRAGMENTACIÓN** a una escala aún mayor

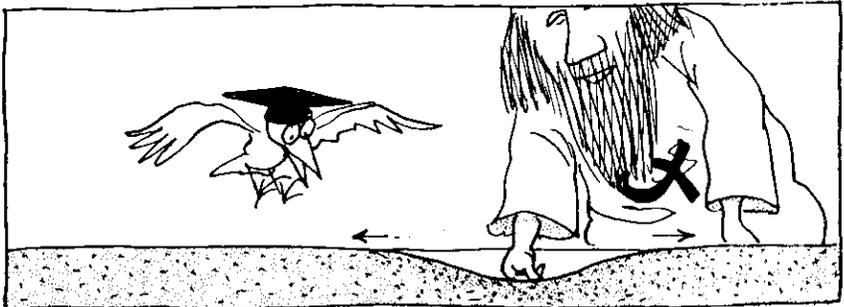
Esa fragmentación producirá los **CÚMULOS DE GALAXIAS**

(\*) En un fluido, la **TEMPERATURA** es una medida de la energía cinética promedio de agitación de los elementos del fluido.



El Universo es la sede de un fenómeno de **FRAGMENTACIÓN JERÁRQUICA**

Supongo que esto prosigue indefinidamente



...esa deformación, esa **CURVATURA** del soporte, se propaga en el entorno a una velocidad de **300.000 km/s**

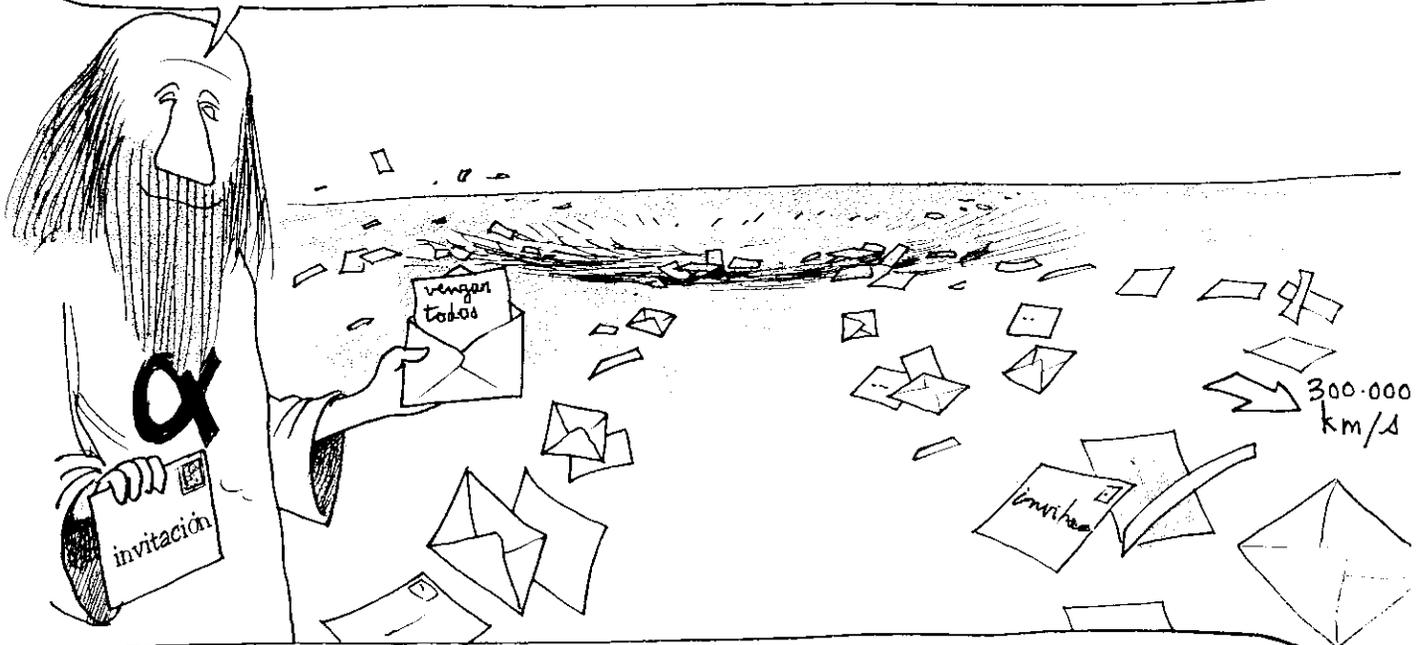


¿Pero entonces lo que se propaga... es la luz?

No, es una onda de curvatura, una onda de gravedad

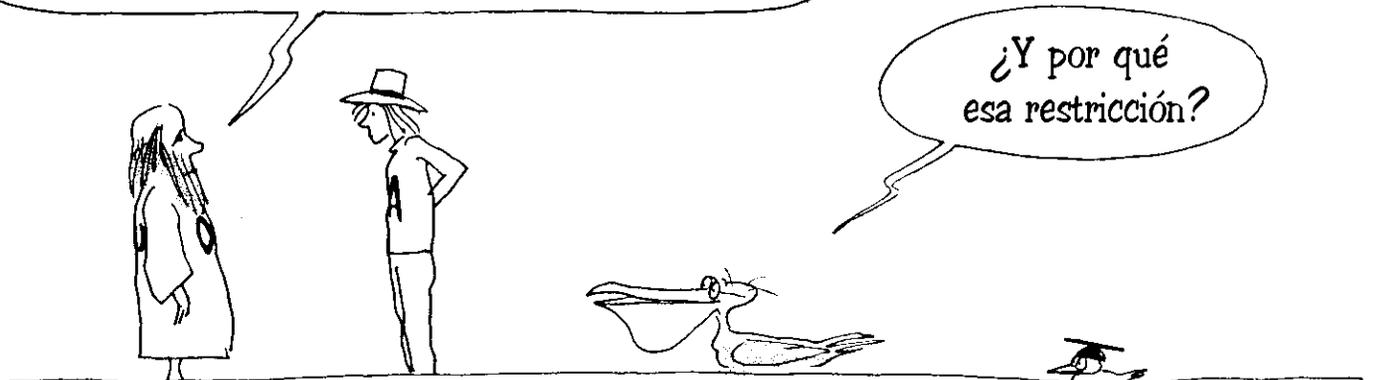
El **CAMPO DE GRAVITACIÓN** se propaga a la misma velocidad que la luz

Mediante esta propagación de la curvatura, toda condensación de materia "invita" a la materia circundante a unírsele



Si se produce un fenómeno de inestabilidad gravitacional que involucre a una región del espacio de diámetro **D**, éste será necesariamente menor que **ct**, donde **c** es la velocidad de la luz y **t** la edad del Universo

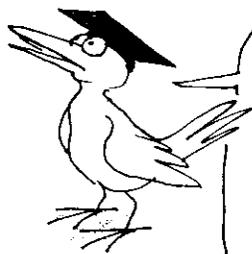
¿Y por qué esa restricción?





Creo haber comprendido. Supongamos que invitas gente, por correo, a una reunión que se realizará dentro de 4 días. Al límite podrás invitar a aquellos que residen en el territorio de tu país. Mas allá resultará imposible a causa del tiempo

¡Pero claro! Tampoco se puede pretender invitar gente a una reunión en un tiempo más corto que el tiempo de propagación del mensaje



El **CRONOTRÓN** indica cien millones de años. Por lo tanto, las estructuras más grandes que pueden existir en el presente deben tener menos de cien millones de años-luz de diámetro.

Eso corresponde y nos limita a los **CÚMULOS DE GALAXIAS**



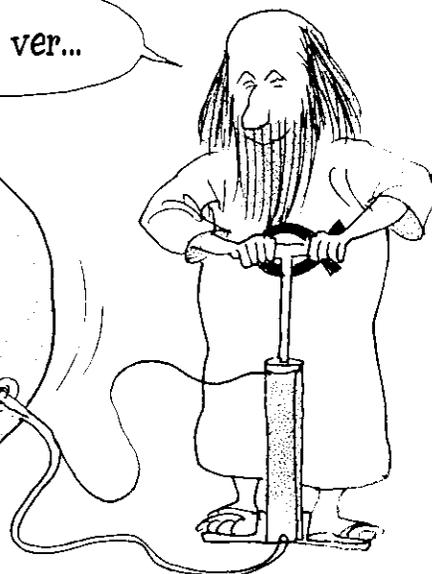
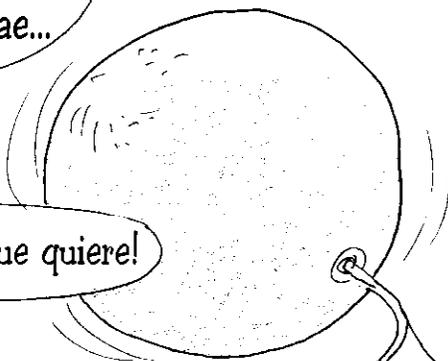
Quienes tengan la paciencia para esperar unos diez mil millones de años podrán ver cómo se forman los **SUPERCÚMULOS** (cúmulos de cúmulos de galaxias)

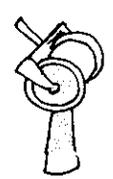
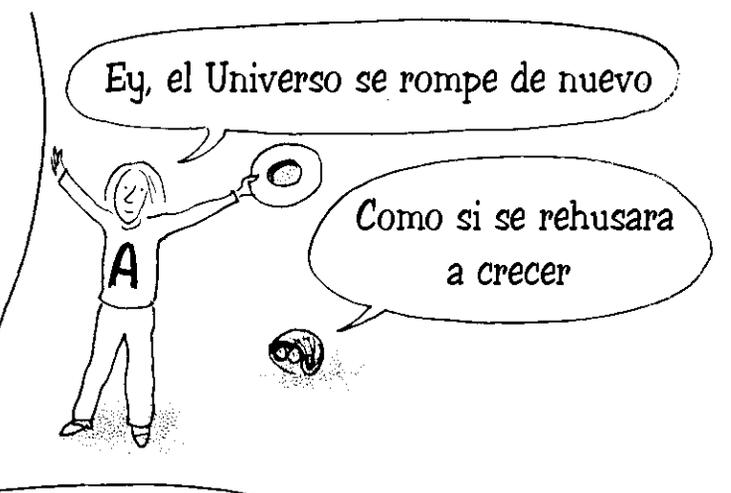
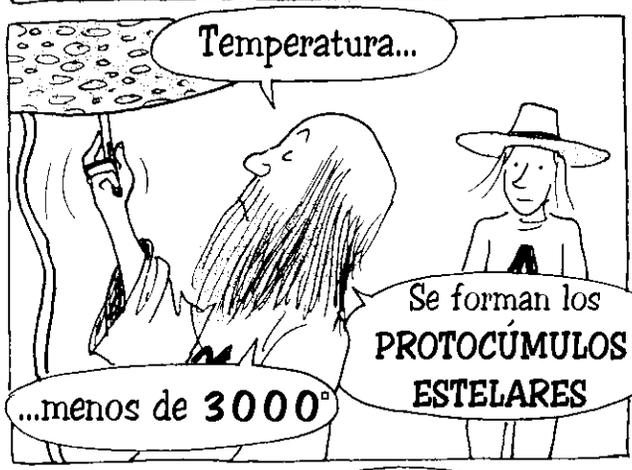
Pero si el Universo está en **EXPANSIÓN**, entonces globalmente se dilata y localmente se contrae...

Van a ver...



¡Como que no sabe lo que quiere!

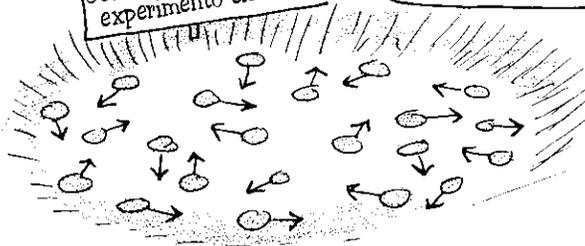






CUMULOS DE GALAXIAS  
experimento en curso

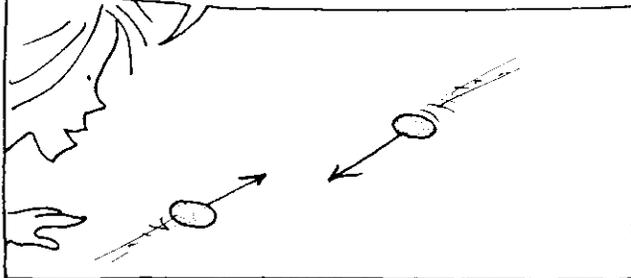
Estamos a  $t = 500$  millones de años. Las galaxias se han formado ya, y están constituidas de grumos gaseosos a  $3000^\circ$ , los protocúmulos estelares; los cuales a su vez se reúnen en depresiones: los cúmulos de galaxias. Estos se comportan un poco como las moléculas de un gas y tienen movimientos erráticos



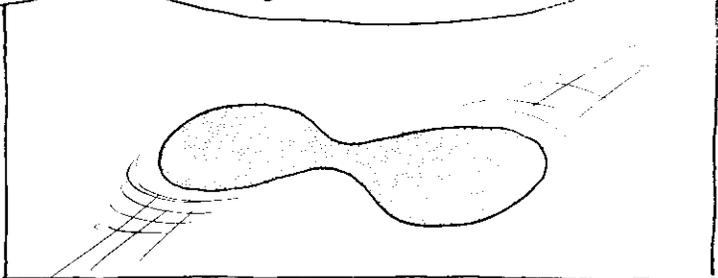
El Universo aún está bastante lleno, y las galaxias van a interactuar mediante **COLISIONES**

# EFFECTOS DE LAS COLISIONES

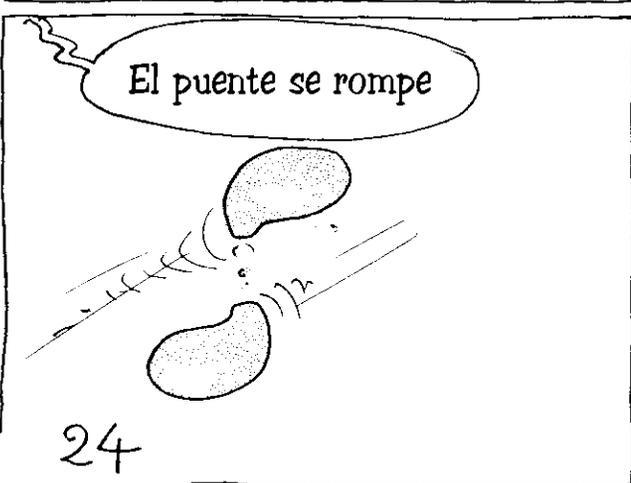
Miren, estas dos galaxias, o mejor **PROTOGALAXIAS**, se van a rozar



Se crea una especie de puente entre ellas



El puente se rompe



Estos encuentros inducen movimientos de **ROTACIÓN** en las **GALAXIAS**



Lo mismo ocurriría en un **GAS**. Las mismas leyes están en juego en la escala de lo infinitamente grande y de lo infinitamente pequeño. Las **COLISIONES** ponen a las **GALAXIAS-MOLÉCULAS** en **ROTACIÓN**. La energía individual de las galaxias también tenderá a distribuirse en partes iguales como **ENERGÍA DE TRANSLACIÓN** ( $\frac{1}{2} m v^2$ ) y como **ENERGÍA DE ROTACIÓN**.

Esta situación de equipartición de las energías, o de **EQUILIBRIO TERMODINÁMICO**, es aquella a la cual tiende naturalmente todo fluido (\*)

En otras palabras, ¿son los encuentros entre las galaxias los que **CREAN** su movimiento de rotación?

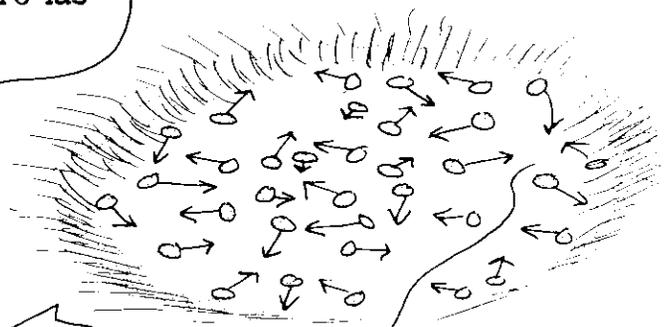
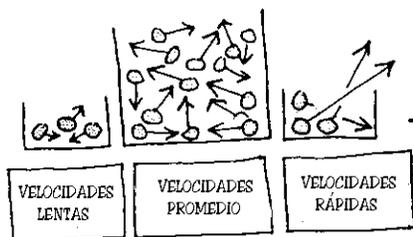
Solamente al comienzo.

Las galaxias jóvenes experimentan frecuentes colisiones. Pero rápidamente la **EXPANSIÓN CÓSMICA** las aleja unas de otras, y los encuentros entre ellas se vuelven rarísimos

O sea que el movimiento de rotación que observamos hoy día no es más que el recuerdo de una época en la que el Universo, **MÁS DENSO**, era un **ENSAMBLE COLISIONAL**

(\*) Segundo Principio de la Termodinámica.

Los elementos tienen **VELOCIDADES DE AGITACIÓN** cercanas a un valor promedio. Pero las colisiones al azar crean, de tiempo en tiempo, elementos muy rápidos y elementos muy lentos

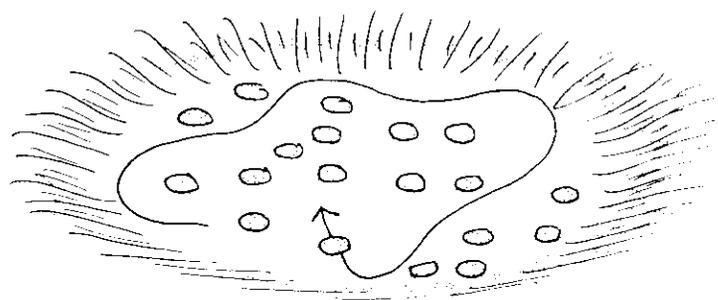


Los elementos que adquieren velocidades muy altas comienzan a escapar de la cavidad y abandonan el cúmulo siempre que su velocidad supere la **VELOCIDAD DE LIBERACIÓN DEL CÚMULO**



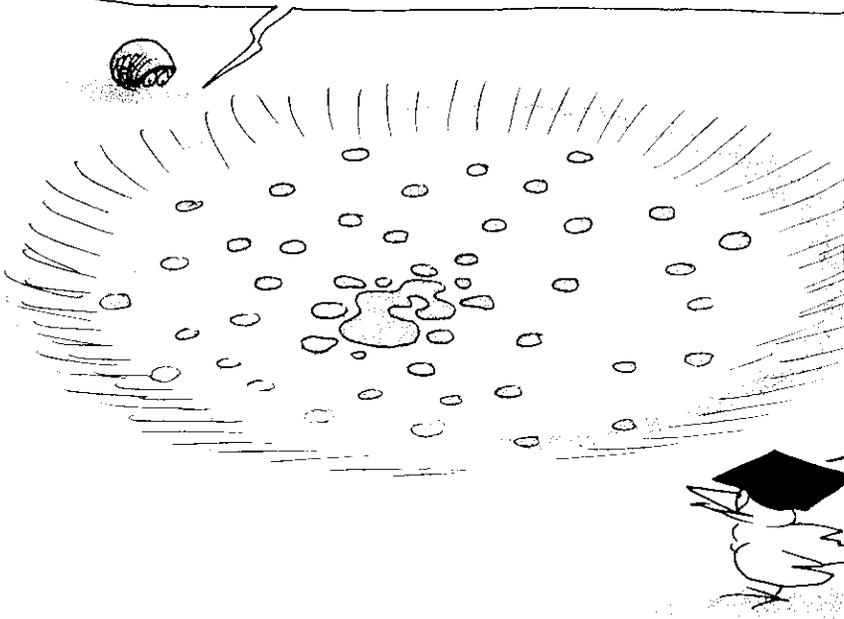
Cuando se crean sin cesar, como resultado de colisiones sucesivas, este tipo de elementos altamente veloces, el **SISTEMA AUTO-GRAVITANTE** tendrá una tendencia natural a perder más o menos pronto sus elementos (\*)

La gran mayoría de los elementos se contentará con realizar un va y viene dentro de la cavidad

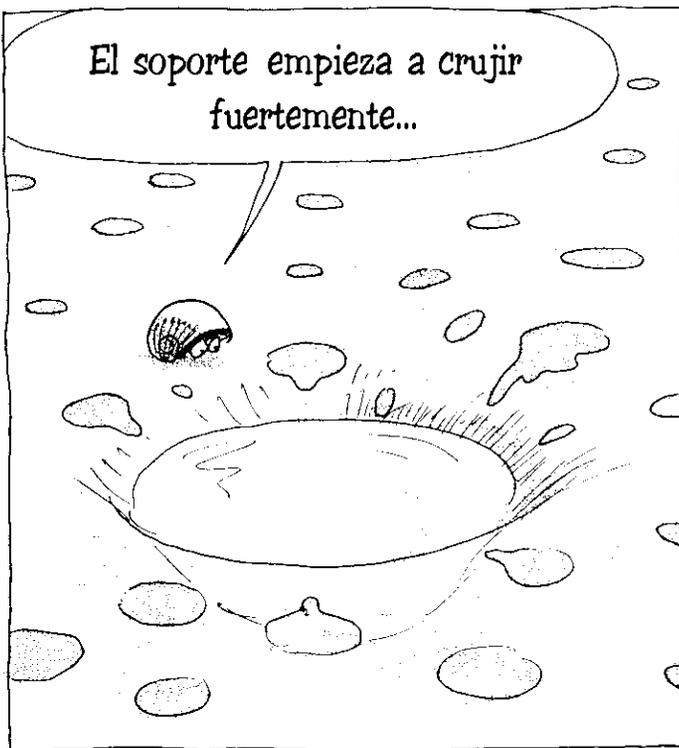


(\*) El **TIEMPO DE EVAPORACIÓN** es proporcional a la masa del cúmulo.

Inversamente, el mismo azar de las colisiones va a crear **ELEMENTOS MUY LENTOS**, que tenderán a "caer" hacia el centro del **SISTEMA AUTO-GRAVITANTE COLISIONAL** y a aglomerarse allí. El centro de los **CÚMULOS COLISIONALES** (donde vuelven a reencontrarse los elementos) tenderá entonces a enriquecerse con elementos cada vez más **MASIVOS**



Miren, por ejemplo, lo que pasa en el centro de este **CÚMULO DE GALAXIAS**. Las galaxias lentas se aglomeran y eso da como resultado... ¡una **GALAXIA HAMBRIENTA!**



# AGUJEROS NEGROS

¡Esto se **HUNDE!**

¡Cuidado,  
Tiresias!

**KRAAÂK**



¿De qué se trata?  
¿Un temblor de tierra?

¡El soporte está siendo atravesado por ondulaciones amplias, por ondas de curvatura!

Debe haberse producido un **HUNDIMIENTO** en alguna parte...

Se trata de ondas de curvatura, llamadas también **ONDAS GRAVITACIONALES**



Parece que se ha calmado

Allí vienen Max y Tiresias



Tal parece que nuestro amigo ha logrado escapar de un **AGUJERO NEGRO**

El soporte del planeta-Universo ha dejado de tener solidez a toda prueba. Si se lo carga demasiado, comienza a ceder...



¡Vaya abismo!  
Ni siquiera se **VE** el **FONDO**...



Es normal, ni siquiera los fotones pueden salir de allí...



Jamás lograré salir.  
Estoy a punto de consumir **TODA MI ENERGÍA**

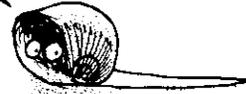


Este agujero fue el que creó las **ONDAS GRAVITACIONALES** de antes...

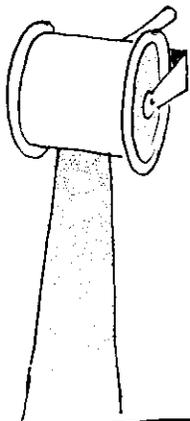
¡Vaya truco!

¡No te acerques!

¡En conclusión, este Universo no sólo se desploma sino que, además, no parece para nada estancado!



# EL GRAN FUEGO DE ARTIFICIO



El **CRONOTRÓN** indica que han transcurrido algunos miles de millones de años. El Universo se ha fragmentado, y las **COLISIONES** han puesto a las **GALAXIAS** en **ROTACIÓN**



La **EXPANSIÓN** ha alejado todos los objetos unos de otros, hasta el punto de que ahora se ignoran totalmente

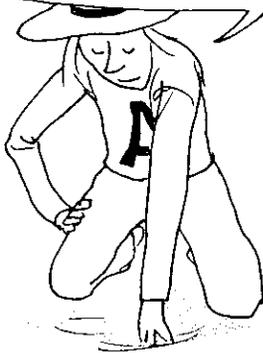
En las "**PROTOGALAXIAS**" el elemento base sigue siendo la concentración de átomos ionizados, el **PROTOCÚMULO ESTELAR**, en el que la temperatura está cerca de los **3000°**, y que no puede hundirse sobre sí mismo a causa de la "adherencia" al **FONDO DE RADIACIÓN**



Quien hubiera contemplado el Universo en esta época habría visto nebulosidades vaporosas emitiendo una luz difusa...

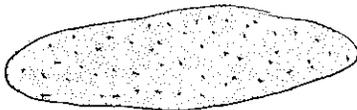
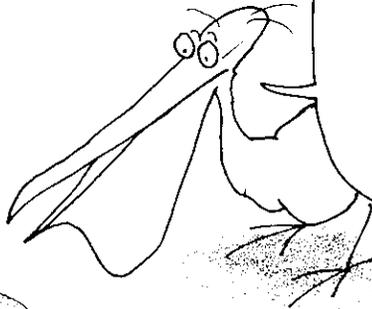


El soporte se ha vuelto más flexible.  
La expansión del Universo ha reducido  
considerablemente la  
**PRESIÓN DE RADIACIÓN**



¿Como podría reanudarse algún día la  
**CONDENSACIÓN** de la **MATERIA**?

Si los grumos se condensaran, su  
temperatura automáticamente estaría  
por encima de los **3000°**; entonces la  
adherencia con el **FONDO** no cesaría  
nunca y éste sería arrastrado también  
por el movimiento de condensación,  
¿no es así?

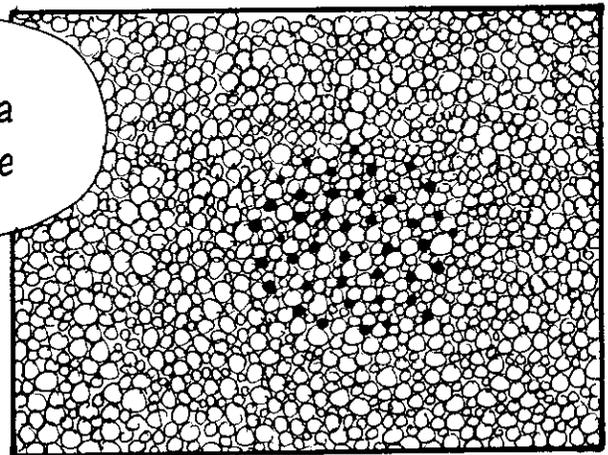


PROTOCÚMULO ESTELAR

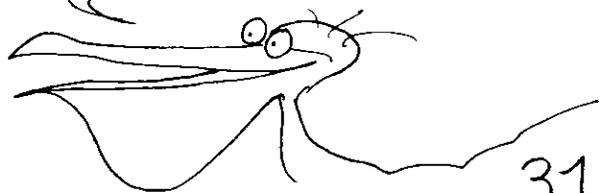
Exacto, León, pero ahora las fuerzas de gravedad en  
los protocúmulos van a poder "comprimir el **VACÍO**"  
conformado por fotones muy poco energéticos



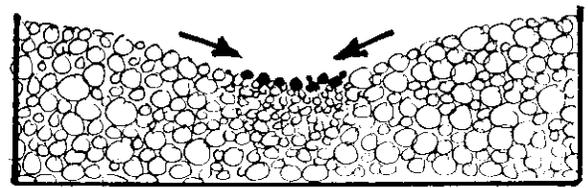
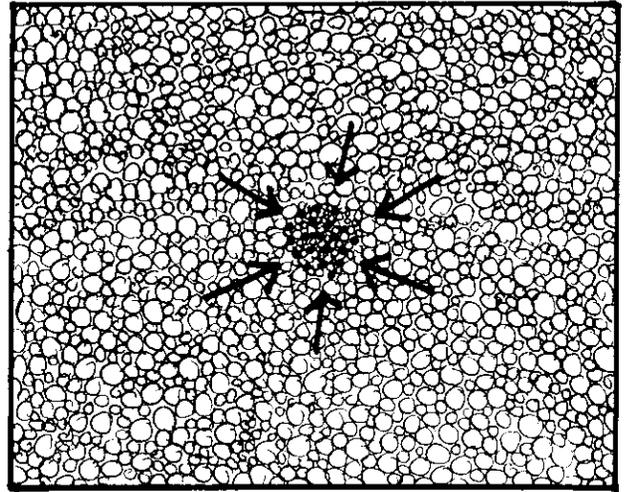
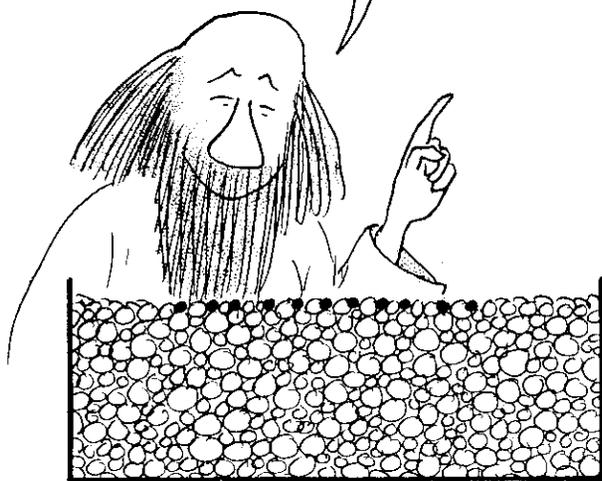
La región donde se ubica el grumo, el  
**PROTOCÚMULO ESTELAR**, se asemeja a una  
mezcla de **MATERIA** y de "**VACÍO**", es decir de  
fotones originales, todo ello a **3000°**



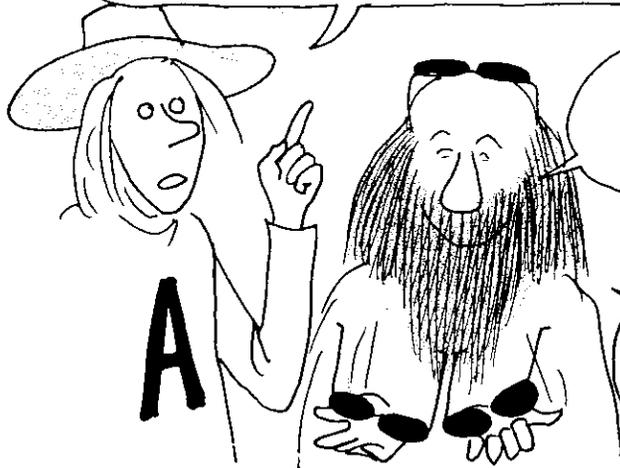
¿Y cuándo se condensa?



La materia no va a deslizarse en el espacio, el fondo de radiación cosmológica, sino que lo va a arrastrar decididamente consigo, como se muestra aquí

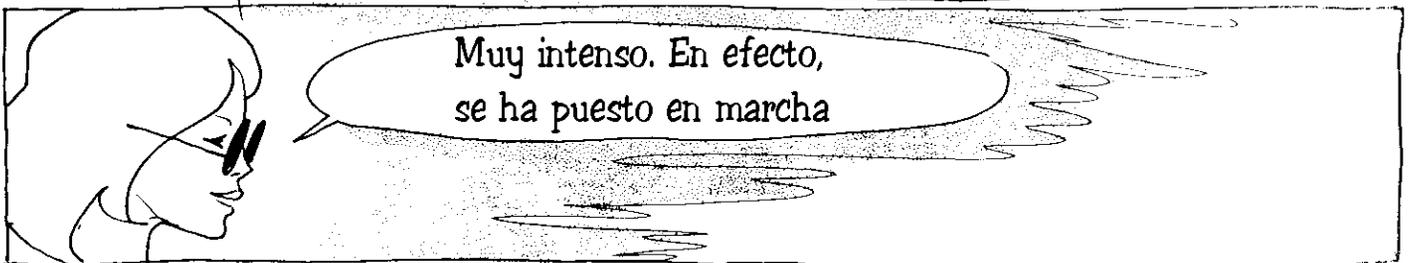


Espera un momento. Eso ocurrirá precisamente cuando la presión de radiación haya descendido un centenar de veces por debajo de un cierto valor crítico. Si no me equivoco, cuando eso suceda, lo hará al mismo tiempo en los cuatro rincones del Universo



Eso será el **FIAT LUX** (\*). Toma, pónete estos antejos que no va a tardar....

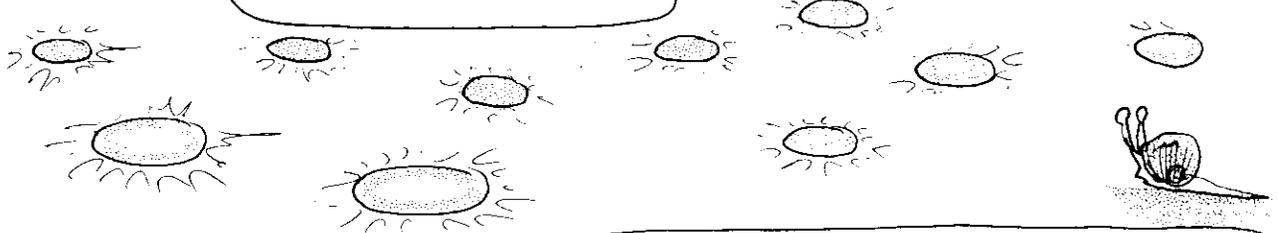
Reconozco que estoy bastante orgulloso de este dispositivo que permite dar la partida al mismo tiempo en todo el Universo



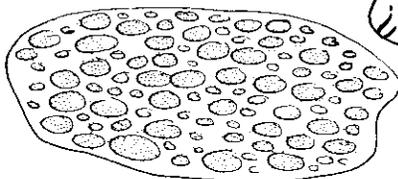
Muy intenso. En efecto, se ha puesto en marcha



Los **PROTOCÚMULOS SE CONTRAEN**, su temperatura sube, los átomos empiezan a emitir mucha energía en ultravioleta y ésta comienza a escapar



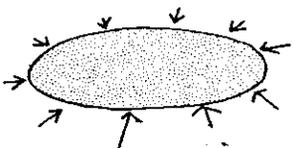
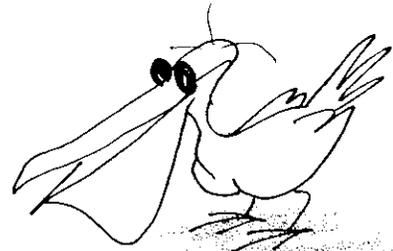
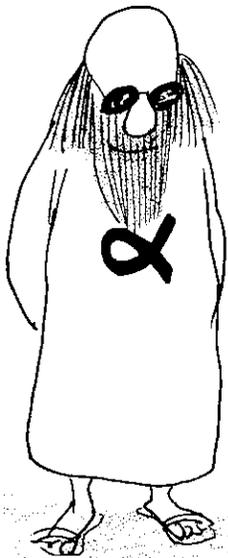
Mira, los **PROTOCÚMULOS ESTELARES** se han fragmentado



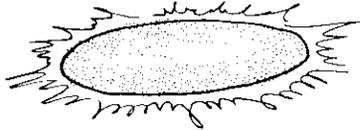
¿Por qué!?

Bajo el efecto de las fuerzas de gravedad, la materia presenta una tendencia natural a **FRAGMENTARSE** en "células" con un radio igual al **RADIO DE JEANS**, el cual es tanto mayor cuanto mayor sea la temperatura.

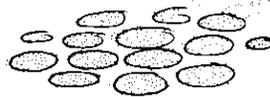
Si se produce una caída brusca de la temperatura, el radio de Jeans disminuye y se vuelve menor que el radio del objeto. Y ocurre de inmediato la fragmentación



El grumo se contrae y se calienta



Emite brutalmente radiación ultravioleta



Finalmente se enfría y se fragmenta

Asistimos entonces a un fenómeno de **FRAGMENTACIÓN JERÁRQUICA**, pero en el otro sentido

¿Cuándo se va a detener?

# LA FUSIÓN



Lo más fácil es hacer el experimento. En este cilindro voy a comprimir un poco de materia, y veremos...

Típico suyo

## BAOUM

¿Qué pasó?

La **FUSIÓN**, querido, la fusión. Si comprimes hidrógeno, los núcleos se fusionan y eso libera energía. Si tan sólo me hubieras preguntado...

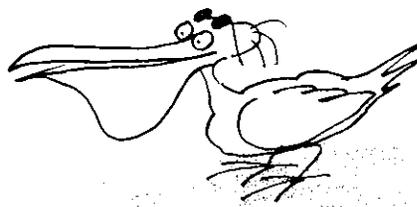
Miren, escupe ensañadamente

Las estrellas se encienden

¡Eso va a durar un montón!

A ese ritmo infernal, nuestras jóvenes estarían pronto cortas de hidrógeno. Pero se va a calmar dentro de poco

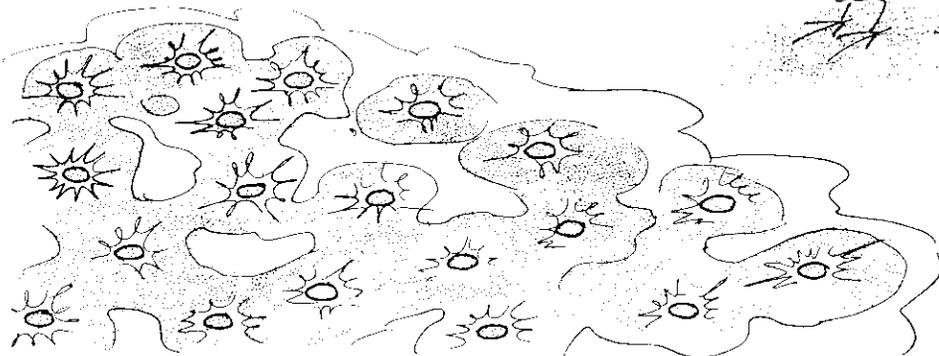
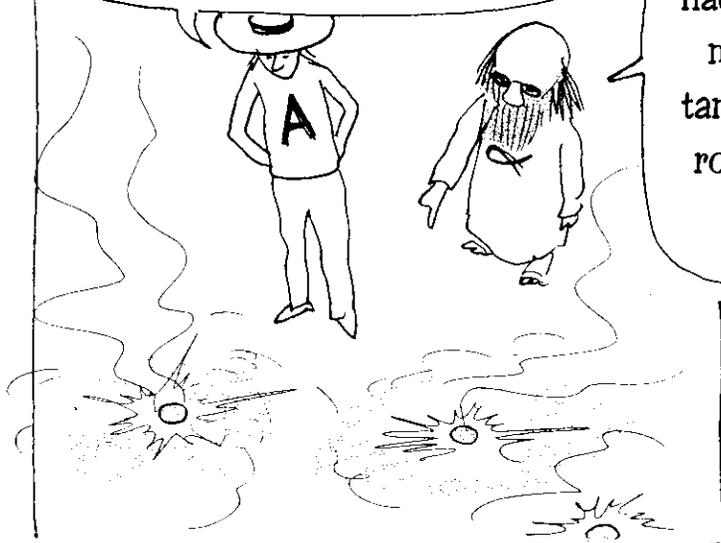
¡Eso me tranquiliza!



¿Toda la materia se transforma así en estrellas?

No exactamente. Cuando una estrella nace, emite radiación a todo dar, y también materia. Lo que hace que caliente (y por tanto estabilice) la materia circundante, o rompa lo que estaba a punto de formarse trabajosamente a su alrededor

En otras palabras, en esta etapa la **GALAXIA** es una mezcla de estrellas muy emisoras, y de **GAS RESIDUAL**



Las estrellas irradian energía y calientan el gas, aumentando así su **PRESIÓN**...

**GALAXIA**



... y las **FUERZAS DE PRESIÓN** dilatan el halo gaseoso



**GAS**

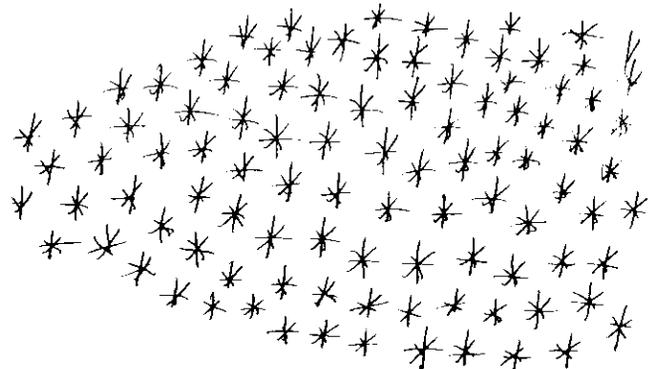
**GALAXIA DE ESTRELLAS**

Esta "**ATMÓSFERA GALÁCTICA**" se extiende mucho más allá de la frontera de la "**GALAXIA DE ESTRELLAS**"

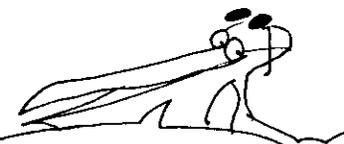
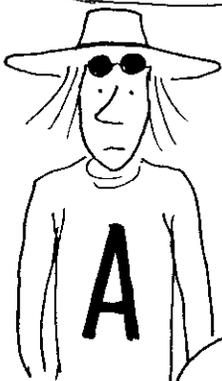
**GAS RESIDUAL**



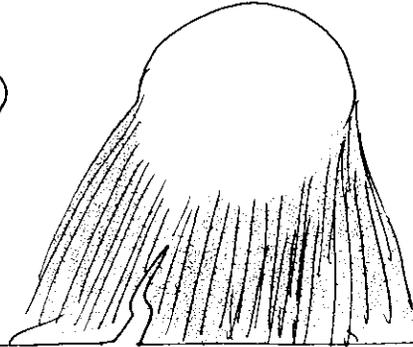
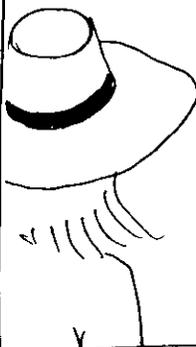
Esta galaxia masiva (con un billón de estrellas) parece haber perdido todo su gas. ¿Por qué?



¡Es cierto! ¿A dónde se fue su **GAS RESIDUAL**?



Tal vez no tenía...



Ahora se ha calmado. Pero cuando los mil millones de estrellas de esta galaxia se encendieron todos al tiempo, era un **HORNO**

Así, la **VELOCIDAD DE AGITACIÓN TÉRMICA** (\*) alcanza varios centenares de kilómetros por segundo, y este valor es mayor que la **VELOCIDAD DE LIBERACIÓN**. De esta manera, todos los átomos del gas residual abandonan esa vasta cavidad que es la galaxia

De cierta forma, las **FUERZAS DE PRESIÓN** han expulsado el gas fuera de la cavidad

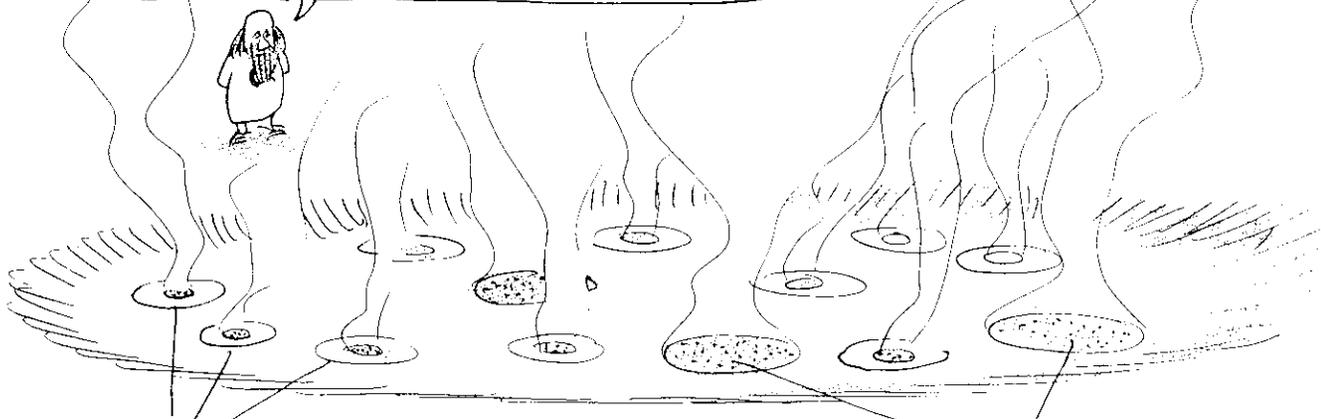
¿Pero supongo que algún día volverá a la cavidad...?

Las partículas del gas residual, en este caso, han adquirido demasiada velocidad y han ido muy lejos, así que nunca regresarán. Además, frenándose, el gas se enrarece al extremo

Eso quiere decir que los átomos no se volverán a encontrar más, y que mantendrán su velocidad... eternamente

(\*) Ver "**¿Y SI VOLÁRAMOS?**", del mismo autor.

El ensamble de galaxias de un **CÚMULO** va entonces a bañarse en ese medio difuso y muy enrarecido, a varios millones de grados, emitido por las galaxias pesadas



**GALAXIAS LIVIANAS**

**GALAXIAS PESADAS**

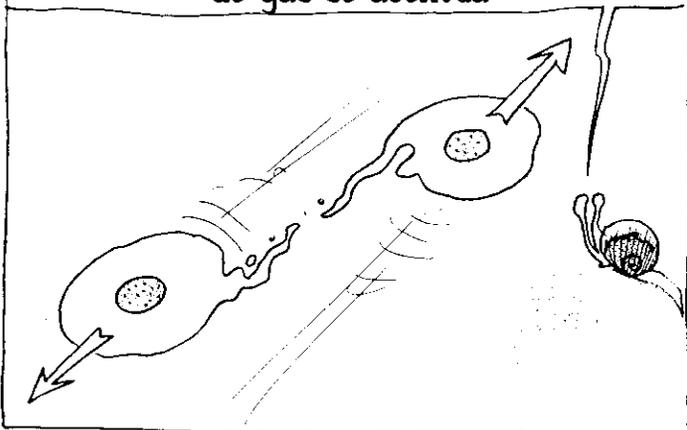
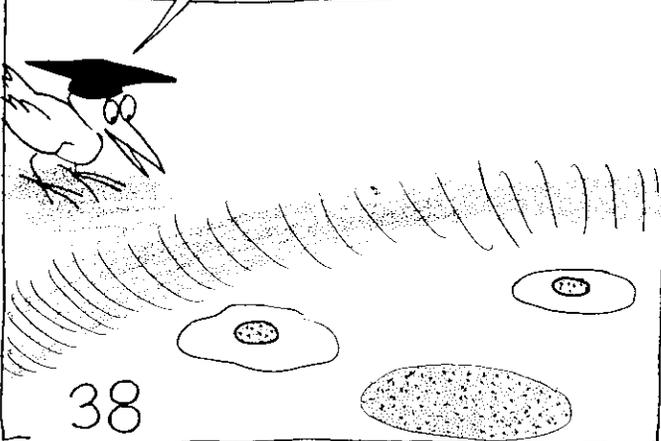
Las galaxias livianas son hornos menos violentos, y conservan su propio gas



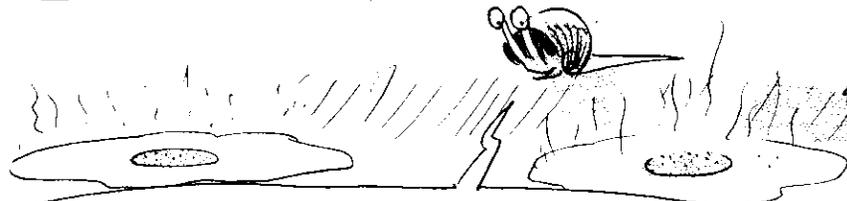
Evolucionan en la depresión-cúmulo como huevos en una sartén caliente

Las galaxias livianas tienen una "clara" y una "yema", mientras que las galaxias pesadas, llamadas **ELÍPTICAS**, sólo tienen una gran yema

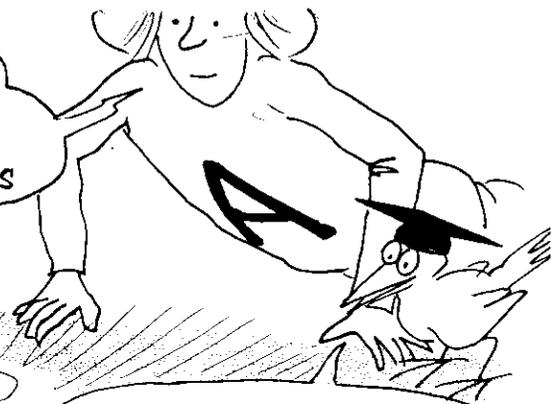
Los halos de gas residual de las galaxias livianas aumentan las posibilidades de que estos objetos interactúen. El movimiento de rotación de los halos de gas se acentúa



Las estrellas se han calmado totalmente. Comparadas con lo que eran en el momento de su nacimiento, ahora se han convertido en simples brasas



Si hubieran continuado al ritmo del comienzo, no habrían podido durar mucho

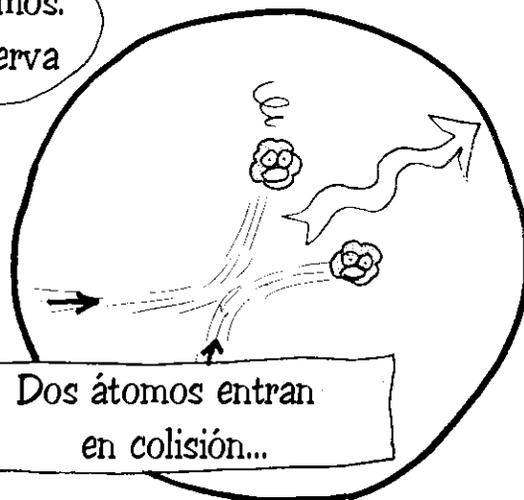


El gas residual de las galaxias livianas emite radiación

¿De dónde proviene esa radiación?



De los átomos. Toma, observa



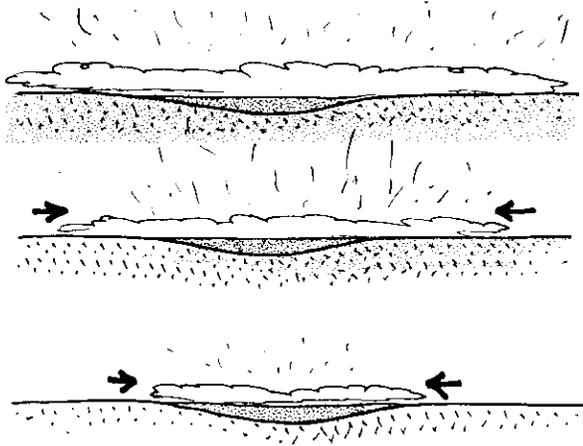
Dos átomos entran en colisión...

... y eso va acompañado de emisión de radiación. En esta operación, una parte de la energía cinética de los átomos se convierte en energía radiativa

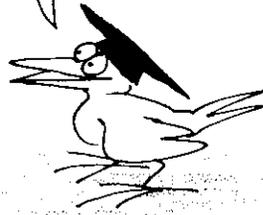
La velocidad de agitación térmica de los átomos disminuye. La masa gaseosa se **ENFRÍA**, y la baja de **TEMPERATURA** es asimismo una baja de la **PRESIÓN**



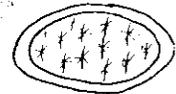
## ENFRIAMIENTO RADIATIVO DEL GAS



La fuerza de presión se debilita, y el gas residual, **INTERESTELAR**, retoma sabiamente su lugar en la "cavidad-galaxia"

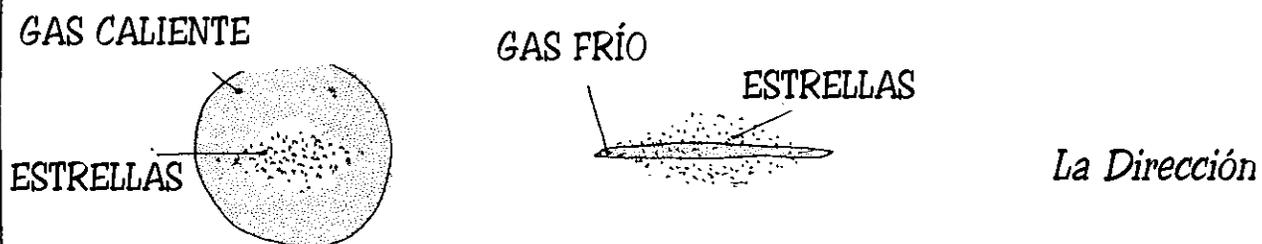


La "clara" vuelve sobre la "yema"



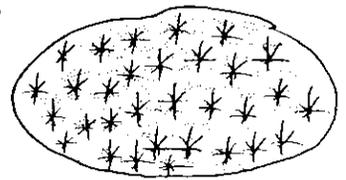
El **MODELO** presentado aquí es una descripción en **2 DIMENSIONES** (la tercera dimensión se utiliza para representar la curvatura, el campo gravitacional, etc...). Las **GALAXIAS** son objetos tridimensionales. Aquellas que no giran, o lo hacen muy poco, tendrán una forma muy parecida a la **ESFERA**. Aquellas en rápida rotación serán, por el contrario, aplanadas como tortillas. Nuestra galaxia, la **VÍA LÁCTEA**, realiza un giro sobre sí misma en **200** millones de años.

A medida que el gas residual vuelve a la galaxia, la fuerza centrífuga empuja la contracción en sentido radial. Y, en cambio, nada se opone a la contracción según el eje de rotación. El gas interestelar en las galaxias tendrá la forma de un **DISCO BASTANTE APLANADO**:



Si he comprendido bien, en el Universo hay esencialmente dos tipos de galaxias:

- Galaxias pesadas, elípticas, desprovistas prácticamente de gas.
- Galaxias más livianas, con diez a cien mil millones de estrellas, que se presentan como una **MEZCLA** de dos gases: el **GAS DE ESTRELLAS** y el **GAS INTERESTELAR**



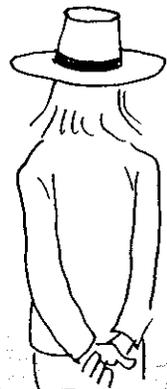
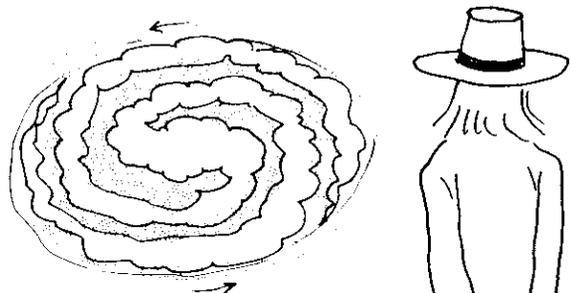
La **SOPA ESTELAR** contiene, en efecto, tal cantidad de estrellas, que estas son asimilables a **MOLECULAS DE UN "GAS DE ESTRELLAS"**

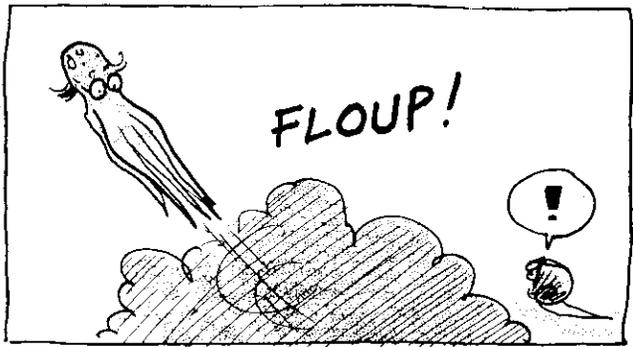
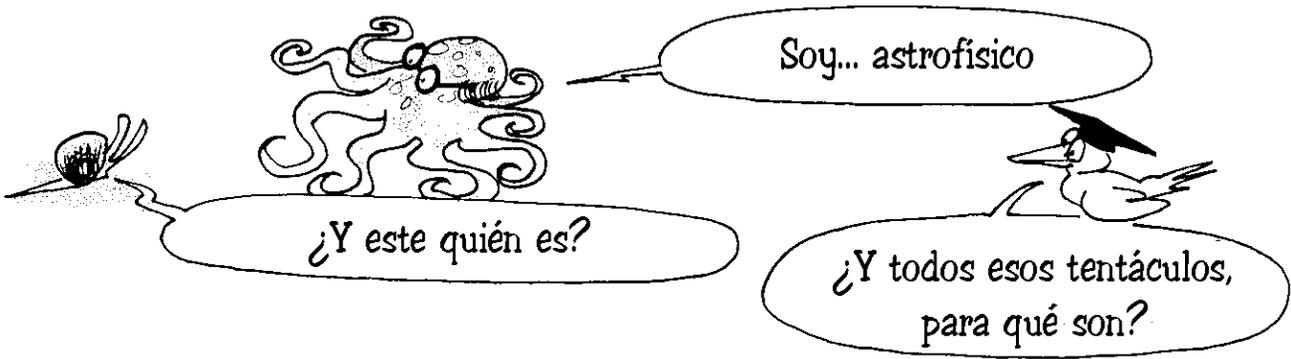
# LA ESTRUCTURA ESPIRAL

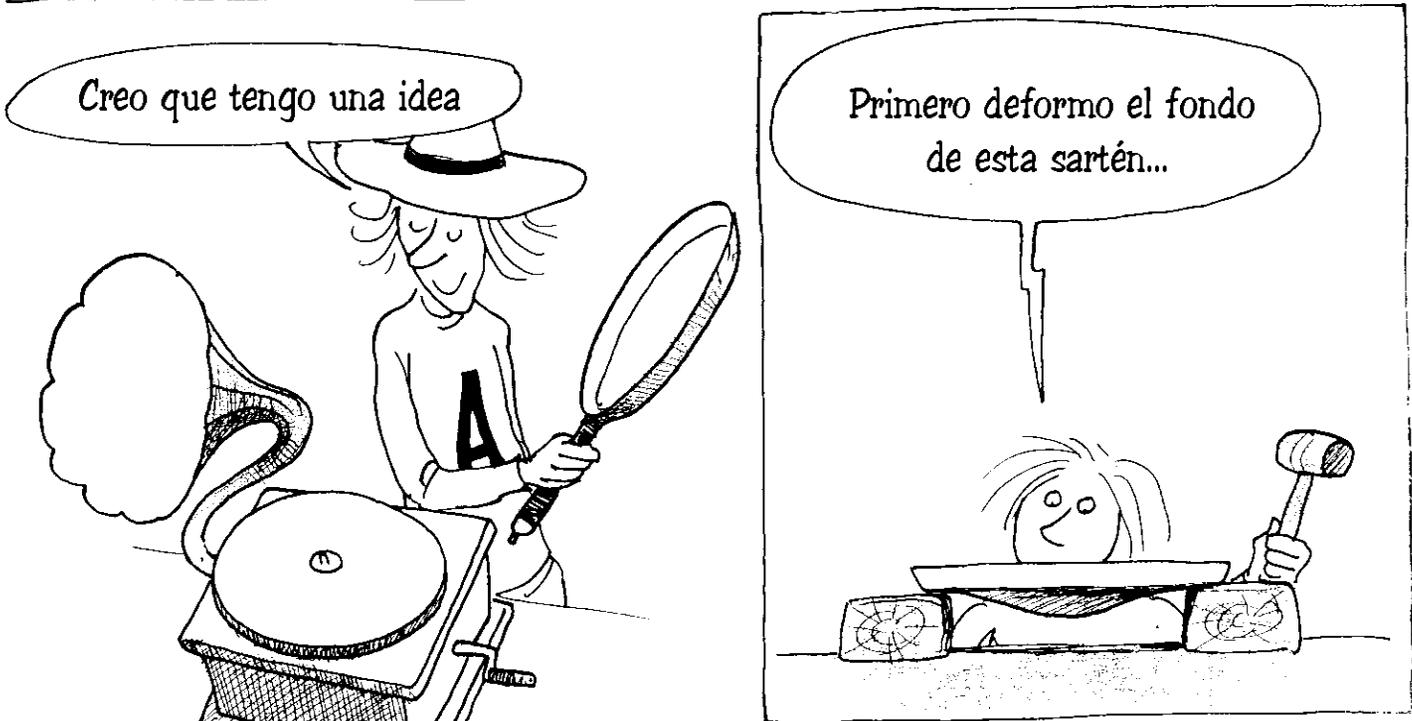
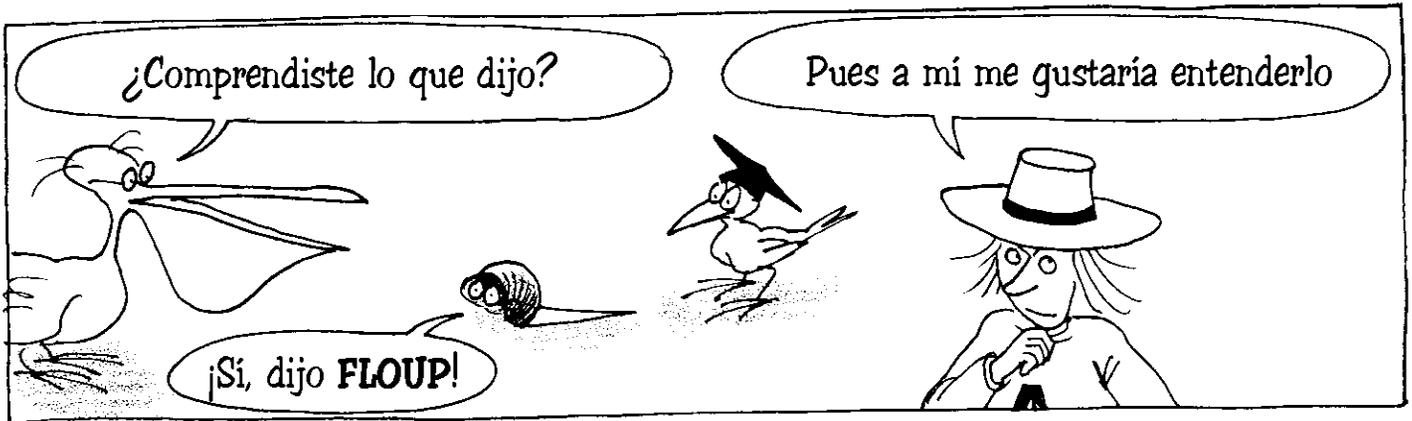
Mira, algo pasa que es del todo particular: el gas interestelar y el "gas de estrellas" no giran a la misma velocidad. Eso quiere decir que el medio interestelar se vuelve **HETEROGÉNEO**

¡¡El gas residual gira más rápido!!

Y se distribuye en filamentos de forma **ESPIRAL**

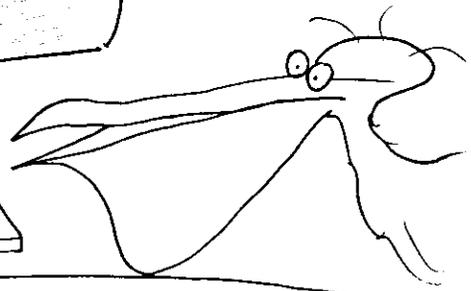






Lleno la sartén con un líquido y pongo a rotar todo

¡Listo!



La sartén representa el medio estelar y el líquido el gas residual interestelar. Si freno el tornamesa, el líquido girará **MÁS RÁPIDO** que la sartén y aparecerán **ONDAS ESPIRALES**

La **ESTRUCTURA ESPIRAL** de las galaxias que poseen gas residual se debería, entonces, a un fenómeno de **FRICCIÓN DINÁMICA**. Dos ensambles fluidos, el **GAS INTERESTELAR** y el "**GAS DE ESTRELLAS**", giran a velocidades diferentes y se "**ROZAN**" el uno con el otro, de la misma forma que el líquido roza con el fondo de la sartén...

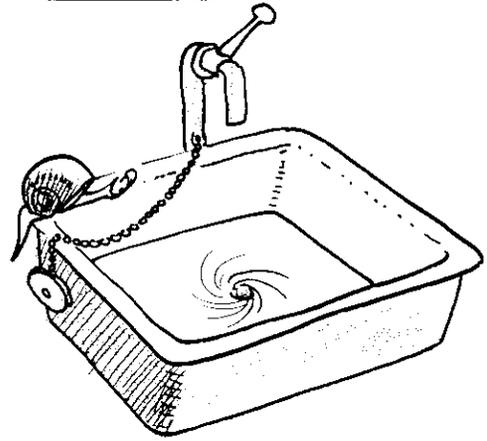
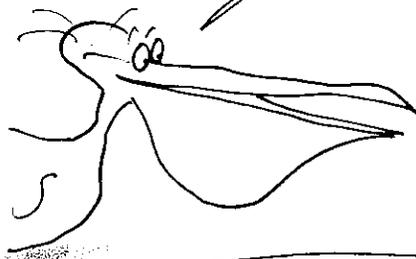


... lo mismo que el café cuando roza con el fondo de la taza



¿Pero por qué las galaxias **ELÍPTICAS** no tienen forma espiral?

Simplemente porque no poseen **GAS RESIDUAL**. Lo perdieron desde el alumbramiento de sus **ESTRELLAS PRIMARIAS**



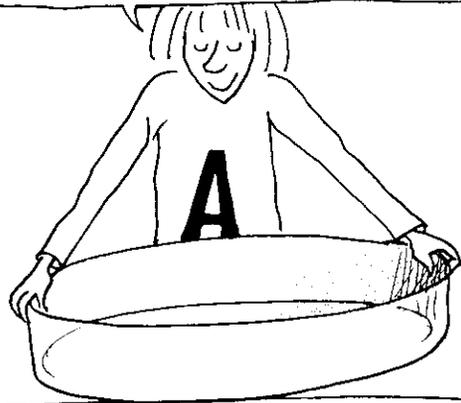
Es realmente un fenómeno de **FRICCIÓN DINÁMICA** el que crea la estructura espiral, como en el desagüe de un lavabo

Espera, eso que dices suena extraño. ¿Así que la clave del misterio de las galaxias espirales puede hallarse en el fondo de las tazas de café y de los lavabos?!?

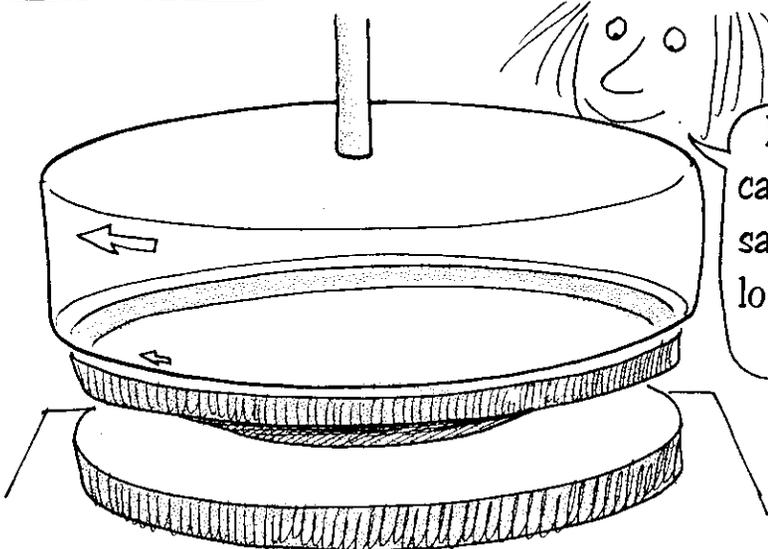


Las galaxias serían, entonces, los agujeros de desagüe del Cosmos...

Antes hicimos interactuar un fluido con una pared sólida. Ensayemos ahora con un sistema en el que dos masas fluidas interactúan



He encerrado un gas dentro de esta campana y he colocado un líquido en la sartén. Con este sistema puedo estudiar lo que ocurre cuando una masa gaseosa interactúa con otra masa fluida

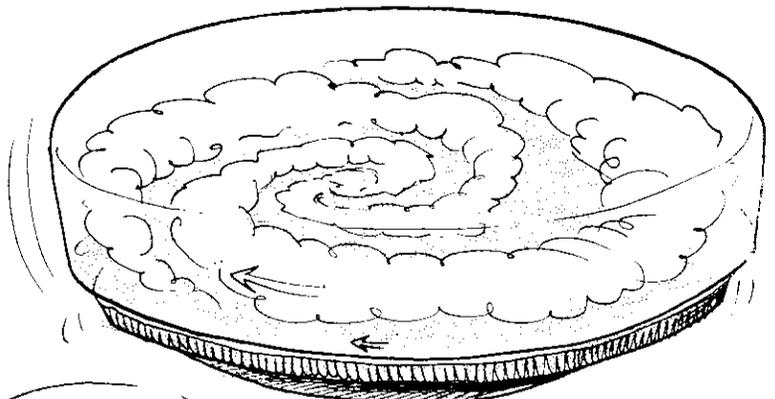
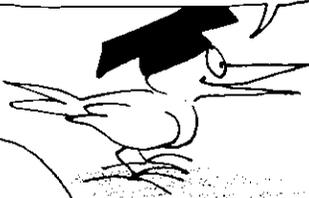


Este rozamiento entre líquido y gas es relativamente débil. Con él creas fluctuaciones locales de la temperatura y de la presión bastante moderadas, de algunos puntos porcentuales a lo sumo...

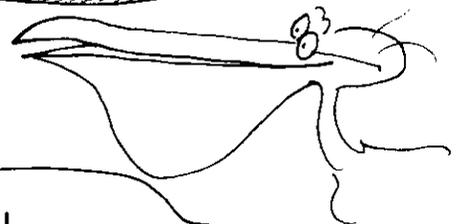


Pero mi gas está sobrecargado de vapor de agua. Basta la menor perturbación de la temperatura (\*) para que se **CONDENSE**

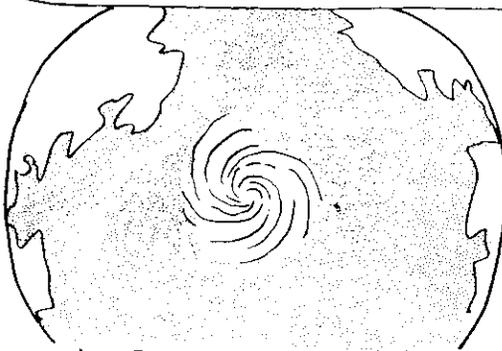
¡Miren, Anselmo ha generado un soberbio **CICLÓN ARTIFICIAL!**



¡Muy bonito!



¡Así es, Max, tienes razón!  
En un ciclón, una masa de aire sobrecargada de humedad "roza" con su soporte fluido, lo cual crea perturbaciones de **PRESIÓN** y de **TEMPERATURA** que desencadenan la condensación del vapor de agua. Este fenómeno **SECUNDARIO** revela de manera violenta el fenómeno espiral **PRIMARIO** (\*\*)



Está bien, ¿pero cuál es la relación con las galaxias? ¿Acaso la estructura espiral es también una nube de vapor de agua?

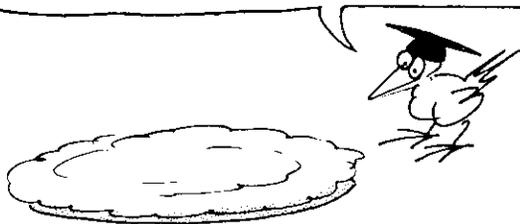


46

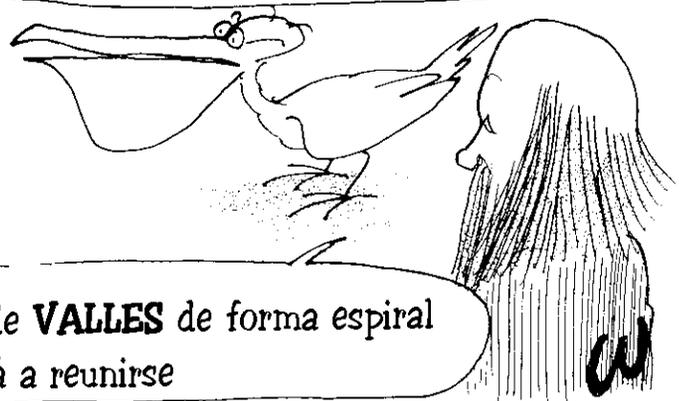
(\*) Es el llamado **VAPOR SUPERCRÍTICO** o **SOBRESATURADO**.

(\*\*) Fenómeno que libera, entre otros, calor, y alimenta de energía al ciclón (pero esta es otra historia).

Volvamos a nuestro **MODELO** de galaxia. Una masa fluida que representa al "**GAS DE ESTRELLAS**" gira en su "**CAVIDAD**", y por encima de ella una masa de **GAS RESIDUAL** gira un poco más rápido. Resulta un fenómeno de **FRICCIÓN DINÁMICA**, la distribución de la **MASA** varía, y la perturbación resultante tiene una geometría **ESPIRAL**

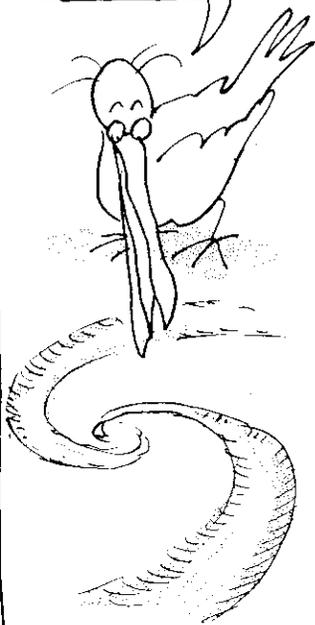


Toda concentración de **MATERIA** (estrellas o gas) deforma asimismo la espuma de soporte. Allí donde hay **MASA** hay **CURVATURA**



En otras palabras, aparecerán especies de **VALLES** de forma espiral en los que el gas tenderá a reunirse

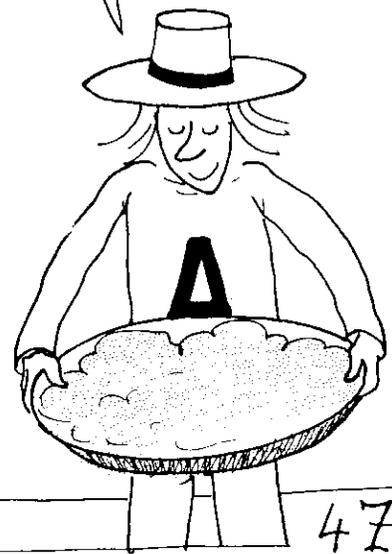
Yo no veo ninguna concentración de vapor de agua



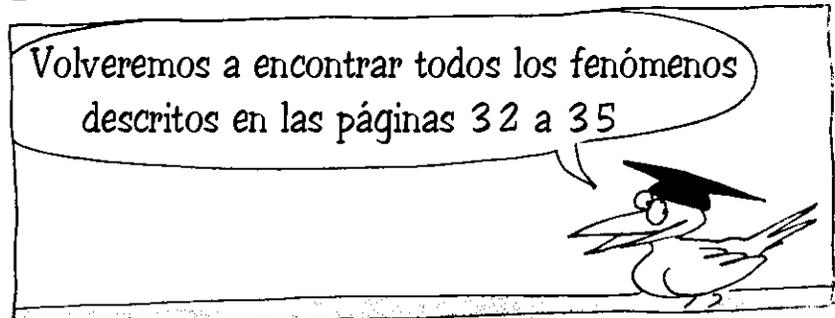
Reunamos un poco de gas interestelar



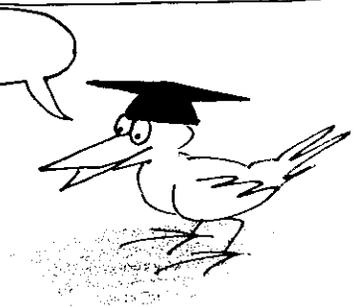
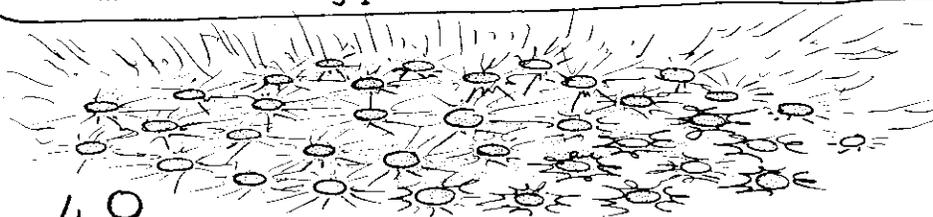
Y observemos lo que le pasa a este gas interestelar a medida que "cae" en estas especies de valles...



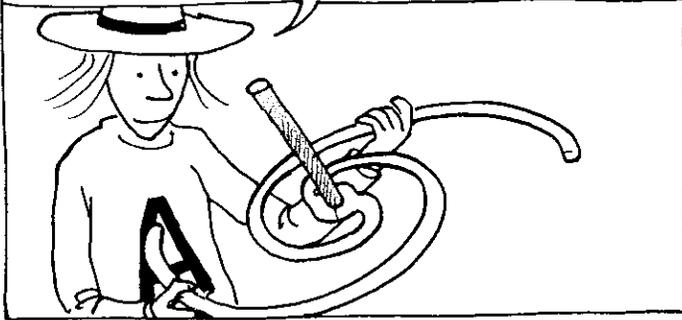
# EL METABOLISMO GALÁCTICO



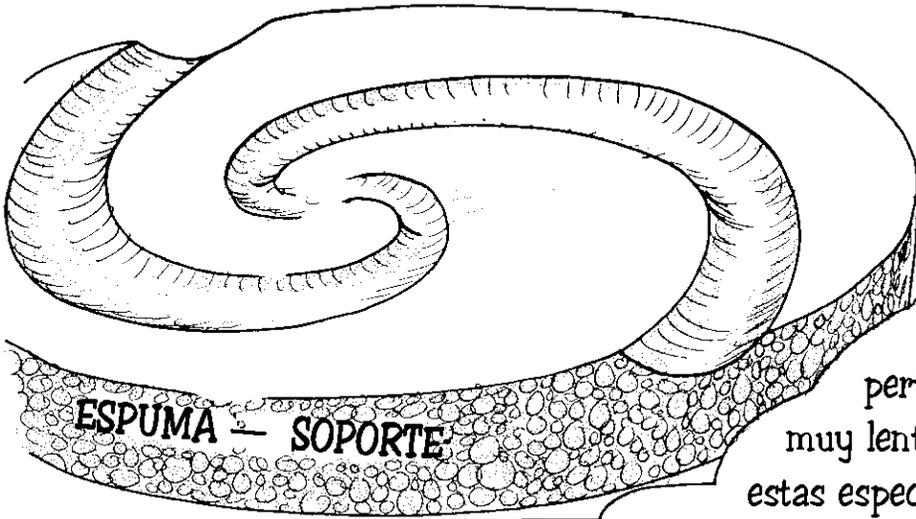
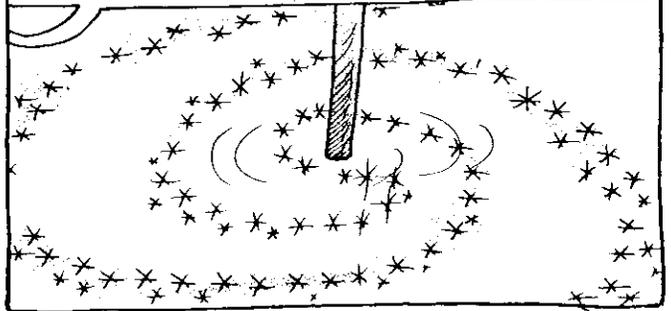
...se encienden y producen **ESTRELLAS SECUNDARIAS**



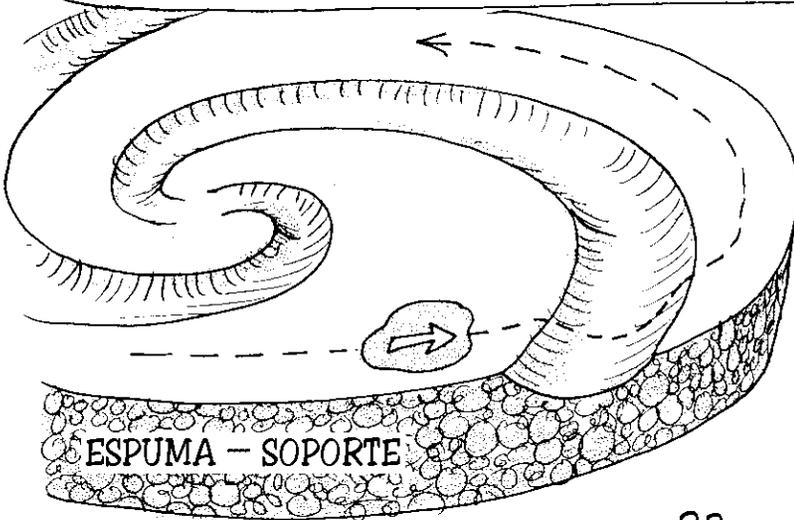
Con esta especie de reglilla voy esta vez a crear un **VALLE**



Sucede lo mismo: las estrellas nacen en las depresiones, como en este valle

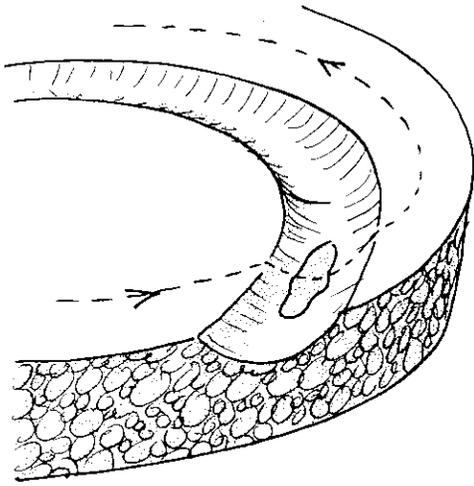


Anselmo tiene razón: la perturbación espiral, la cual gira muy lentamente, se manifiesta en estas especies de valles relativamente poco profundos (apenas un pequeño porcentaje de la depresión general de la "cavidad galáctica")

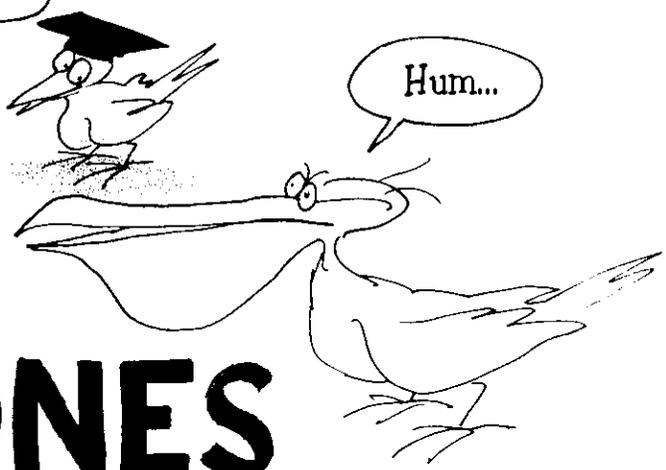


El gas interestelar gira más rápido que la perturbación espiral. Aquí vemos un elemento del gas que se apresta a ingresar en esta especie de "Valle"





Cuando llega al fondo de ese valle se encuentra comprimido y dá nacimiento a su paso a algunas **ESTRELLAS DE SEGUNDA GENERACIÓN**. Después de eso descansa tranquilamente. Los **BRAZOS ESPIRALES** son entonces los lugares de nacimiento de nuevas estrellas

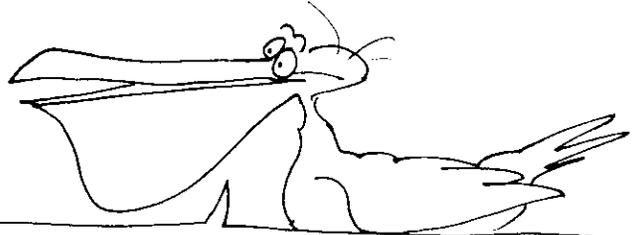


# LOS CICLONES DEL UNIVERSO

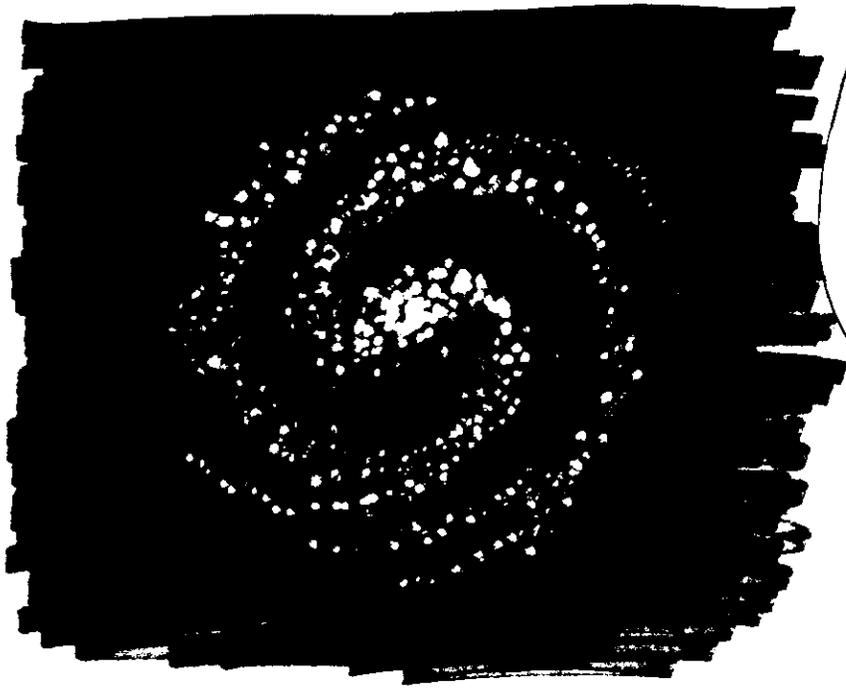
En los ciclones terrestres la perturbación inicial es débil, pero la atmósfera, cargada de humedad, es **INESTABLE** y acentúa el fenómeno por condensación del vapor de agua



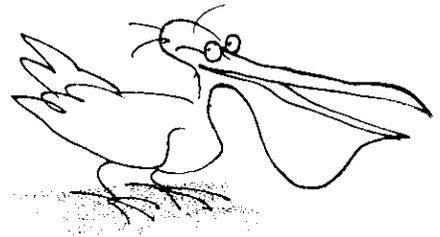
En las galaxias, la perturbación espiral primitiva es igualmente débil, pero el gas interestelar, **INESTABLE**, acentúa el fenómeno desencadenando la condensación de materia



Muy bonita tu teoría. ¡Pero entonces estas estrellas de segunda generación deberían encontrarse por montones en la galaxia!



Ahora, estas estrellas jóvenes, muy calientes, sólo se encuentran en los brazos espirales, donde revelan su presencia iluminando fuertemente el gas interestelar...



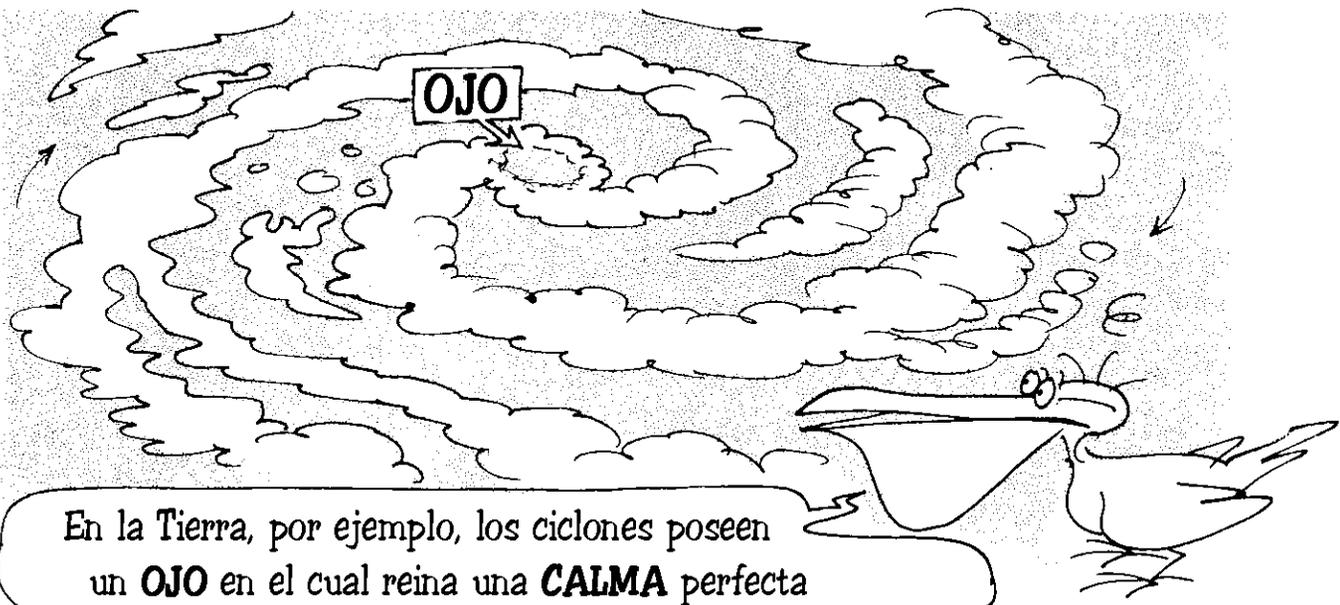
Olvidas, León, que estas estrellas jóvenes no lo son durante mucho tiempo, a lo sumo unos diez mil años, tiempo en el cual han quemado la mayor parte del hidrógeno. Cuando dejan los brazos espirales, se convierten en **MORIBUNDAS**, y no son más que brasas



Y ya no se las detecta



Igualmente, el **GAS INTERESTELAR** sólo es bien visible en los brazos, donde es iluminado violentamente por las estrellas jóvenes. Después, al dejar éstas los brazos, el gas se torna nuevamente opaco



En la Tierra, por ejemplo, los ciclones poseen un **OJO** en el cual reina una **CALMA** perfecta

¡Bueno, pues figúrate que las galaxias espirales, esos ciclones de nuestro **PLANETA-UNIVERSO**, también poseen un **OJO CENTRAL!**



# LA ROTACIÓN DIFERENCIAL

Volvamos a la taza de café



Como en la taza de café, los objetos en una galaxia no giran todos a la misma **VELOCIDAD ANGULAR**. El Sol, que se encuentra en la periferia galáctica, realiza un giro a nuestra galaxia en **200 millones de años**



Un giro en cien millones de años

Un giro en cincuenta millones de años

Sol: un giro cada 200 millones de años



Dicho en breve, la parte central de una galaxia gira más rápido que su periferia

¡Son como desagües, ya lo sabes!

¡Luego de intentar sin éxito desaparecer en un agujero negro, Tiresias tiene ahora esta idea fija!

No es tan tonto.

Hay mucha gente buena que piensa que hay un gran agujero negro en el centro de las galaxias...

Aquí tienes una "verdadera" galaxia, con sus movimientos en las tres dimensiones :

De forma esquemática, las estrellas que son elementos del "gas de estrellas" (y por lo tanto comparables a "moléculas") atraviesan en cada giro el **DISCO DE GAS**, ultraplano

Eso explica por qué la interacción medio estelar-medio interestelar es relativamente débil

Supongo que será porque las estrellas no interactúan con el gas sino en el momento en que atraviesan el disco plano...

DISCO DE GAS

¡Exacto!

En primer lugar, en el centro de la galaxia hay más estrellas.  
En segundo, su periodo de rotación allí es más corto

Por lo tanto, en la región de interacción el rozamiento entre el medio estelar y el medio interestelar es más importante

Un giro en 50 millones de años

En consecuencia, la estructura será más notable en la región central, que puede incluso transformarse en una **BARRA**

Retornemos al gas. ¿Qué ocurre si abandono a sí mismo a un grumo de **GAS INTERESTELAR**?

¡Esta vez no diré nada!

Sólo voy a observar

El gas se enfría naturalmente por radiación. Su longitud de Jeans disminuye y entonces se fragmenta

En los brazos de las galaxias, el gas también tiene tendencia a reunirse en grandes grumos, en los que el radio es igual al **RADIO DE JEANS (\*)**

(\*) En las galaxias "verdaderas", el espesor del disco también está cerca de este radio.

¿Estos grumos de gas van a continuar enfriándose y emitiendo radiación?

Sí, pero las estrellas jóvenes que nacen en esas nubes reinyectan continuamente energía

Vas a ver. Voy a hacer el experimento, tomando esta lámpara de luz ultravioleta

¿Vas a broncear un grumo de materia interestelar?

Con este tipo de radiación simulo aquella emitida por las estrellas jóvenes, muy calientes, y caliento el grumo. **CALOR** quiere decir **PRESIÓN**: el aumento de su presión interna hace que el grumo de gas se expanda

Si el suministro de energía es muy fuerte, puedo llegar incluso a dispersar la materia de los grumos y dislocarla

Subsiste una cuestión: ¿**QUÉ** es una **ESTRELLA**?

# FENÓMENO ESTELAR

Las condiciones de temperatura y de presión en el centro de un grumo de gas se vuelven tales que el hidrógeno se **FUSIONA**, liberando una gran cantidad de energía

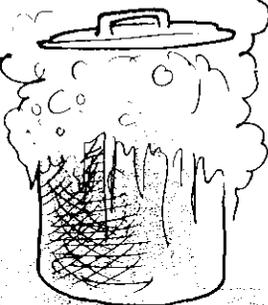


Esto aumenta la **PRESIÓN** en el centro de la estrella. No hay que olvidar que la presión no es otra cosa que una medida de la cantidad de energía por unidad de volumen



Resumiendo, una **ESTRELLA** es una especie de marmita con autoencendido, que se calienta ella sola

El **DIÁMETRO** de la estrella depende de la cantidad de energía liberada. Inmediatamente después de su nacimiento, la estrella es muy rica en hidrógeno, "carbura" fuertemente y se dilata bastante

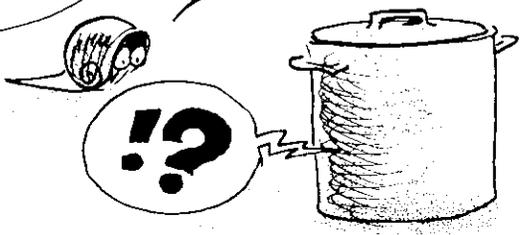




Luego se calma y la estrella pasa por una larga fase relativamente tranquila

Cocina a fuego lento

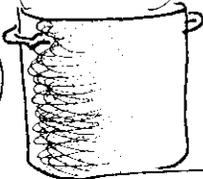
Hasta que un día se agota el hidrógeno



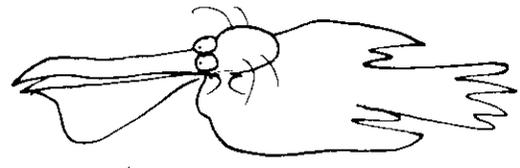
La "tapa" se hunde, lo que indica que la estrella se **CONTRAE**. La densidad y la temperatura aumentan y aumentan



Muy a menudo la estrella explota pues las reacciones de fusión, consumiendo el helio formado, y después el carbono y el silicio, proceden brutalmente

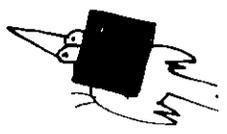


La estrella se convierte en una **SUPERNOVA**



¡Por fortuna, este tipo de cosas se producen solamente una vez por siglo en una galaxia!

La tapa se va al fondo de la marmita, y no queda más que un objeto bastante pequeño. Triste final...



Una vez por siglo, León, es un ritmo **BASTANTE** rápido. Piensa que una galaxia gira sobre sí misma en 200 millones de años

¡Demonios, eso dá dos millones de **SUPERNOVAS** por cada giro!

Las **SUPERNOVAS** expulsan sus restos a centenares de años-luz de distancia (\*)

Explotando aquí y allá sin importar dónde o cuándo, las supernovas contribuyen a mantener un desorden sólido en el medio interestelar...

¿Y estas supernovas también alimentan el gas interestelar con energía?

**CHPAF!**

Otra más que explota

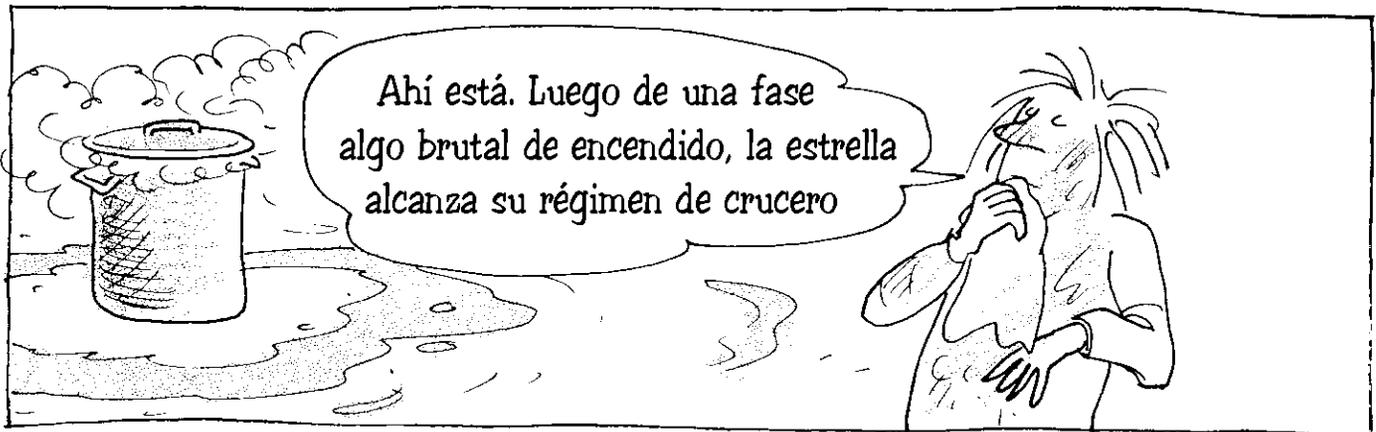
**CHPAF!**

Busquemos un lugar más calmado

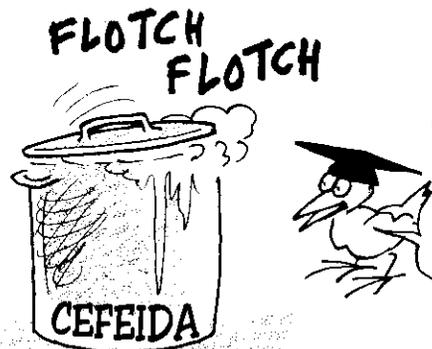
(\*) Una galaxia tiene un diámetro de cien mil años-luz.

# TIPOS DE ESTRELLAS





# CEFEIDAS

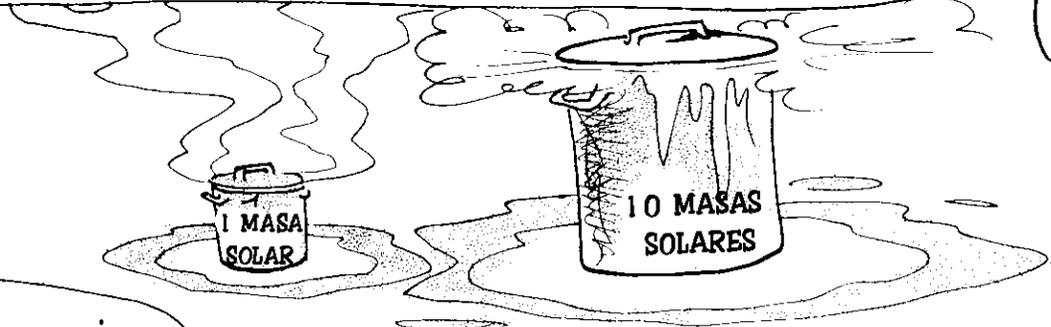


Has fabricado una **ESTRELLA VARIABLE**. Su diámetro oscila y a cada contracción emite una bocanada de radiación

Entre mayor es la masa de una **CEFEIDA**, más largo es su periodo. Una graduación a distancia (paralaje) ha permitido utilizar este tipo de estrellas para medir la distancia que nos separa de la galaxia de Andrómeda.

*La Dirección*

Entre más **MASIVA** es una estrella, más rápido evoluciona. Una estrella del tipo solar puede carburar apaciblemente durante miles de millones de años, mientras que una estrella joven y **MASIVA** consume su hidrógeno en un millón de años y vive un final explosivo



Las estrellas masivas son estrellas de riesgo

Voy a hacer una pregunta al estilo Tiresias:  
**¿PARA QUÉ SIRVEN LAS ESTRELLAS?**

**¡EXCELENTE PREGUNTA!**

En el corazón de las estrellas los núcleos de los átomos están sometidos a presiones muy intensas. La **FUSIÓN** de cuatro núcleos de hidrógeno dá como resultado...



... helio

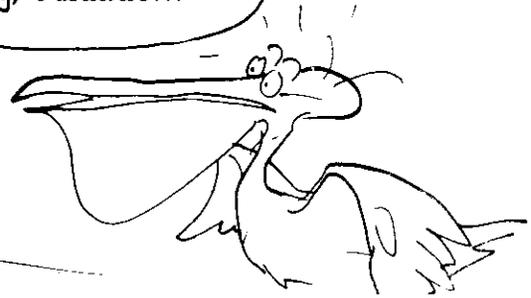
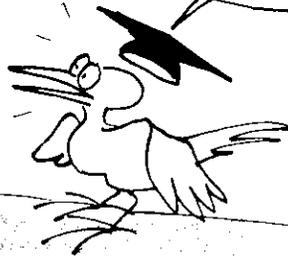


61

# LAS ESPORAS DEL UNIVERSO

Esta estrella está muy cerca de su punto de inestabilidad pues ha consumido todo su hidrógeno. Apártense, voy a destaparla

¡¡¡Ey, cuidado!!!



¿Bello, no?

¡Santo cielo!

Listo. Ahora a recoger el oxígeno, el hierro, el silicio y todos los átomos de la **TABLA DE MENDELEIEV**

¿Pero esta **NUCLEOSÍNTESIS** para qué sirve?

Para formar la **VIDA**



Los átomos pesados se aglomeran para dar origen a **POLVOS** microscópicos...



... que servirán de **CATALIZADOR NATURAL** para sintetizar las **PRIMERAS MOLÉCULAS**



# NUBES & LLUVIA

La materia expulsada por las estrellas, ya sea mediante una lenta exhalación, o por medio de una muerte violenta, reenriquece la masa de gas interestelar

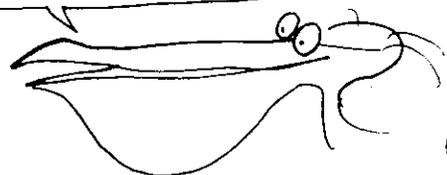


Resumiendo, un átomo tomado al azar puede perfectamente haber habitado numerosas estrellas diferentes, sobre todo si su núcleo es pesado

El ciclo de tránsito de los átomos en las estrellas se acompaña de un enriquecimiento constante de **ELEMENTOS PESADOS**, como por ejemplo de metales: hierro, níquel, cobre, ...



¡Entonces entre más **JÓVENES** son las estrellas, más ricas resultan en **METALES**!





# LA MASA FALTANTE

En esta representación, la fuerza centrífuga es mayor que la fuerza de atracción gravitacional. La **MASA** en juego es **DOS VECES MÁS PEQUEÑA**



Si nos basamos en los datos de las observaciones, el modelo no cuadra para nada. Es desconcertante...

En otras palabras:  
**SE HAN EXTRAVIADO 200 MIL MILLONES DE ESTRELLAS. TODA INFORMACION QUE PERMITA LOCALIZAR ESTA MASA FALTANTE SERÁ BIENVENIDA**

Oye, sólo contabilizamos lo que hemos **VISTO**



Al final de su vida, cuando ha expulsado la mayor parte de su masa, la estrella subsiste como un resto denominado **ENANA BLANCA** o **ENANA NEGRA**, por lo general muy poco emisor como para poder ser detectado



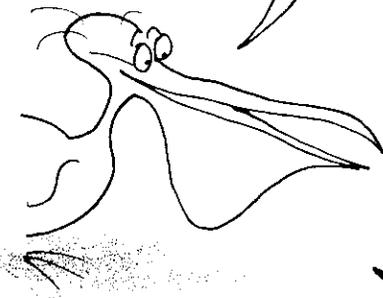
Lo que quería decir que seremos incapaces de descubrir la **MASA INVISIBLE** representada por las cenizas de estrellas primitivas que se habrían formado al mismo tiempo que la galaxia

En un final como el de una **SUPERNOVA** la cubierta externa de la estrella explota. La retrocompresión resultante puede llegar a comprimir el núcleo central hasta convertirlo en un **AGUJERO NEGRO**

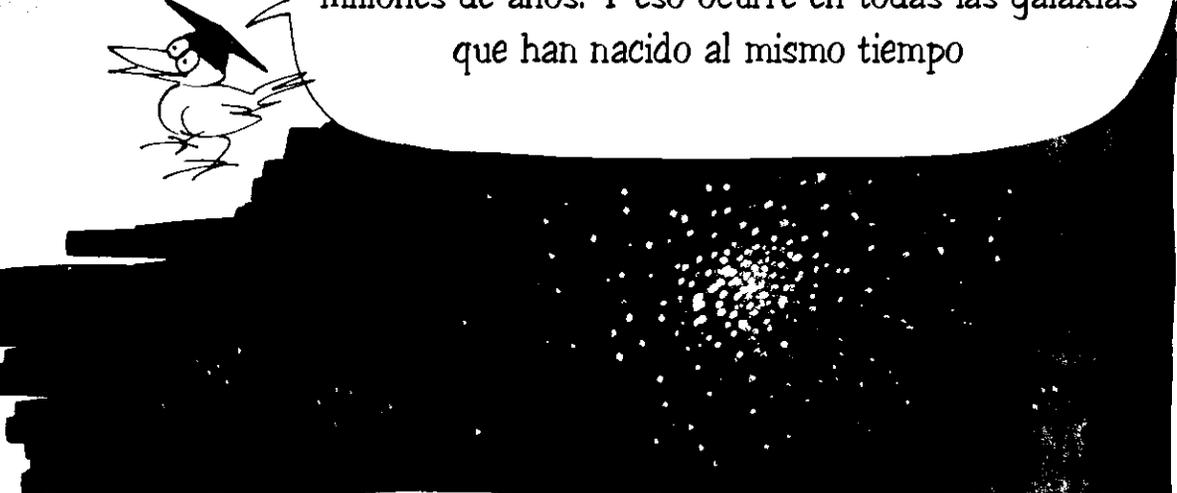
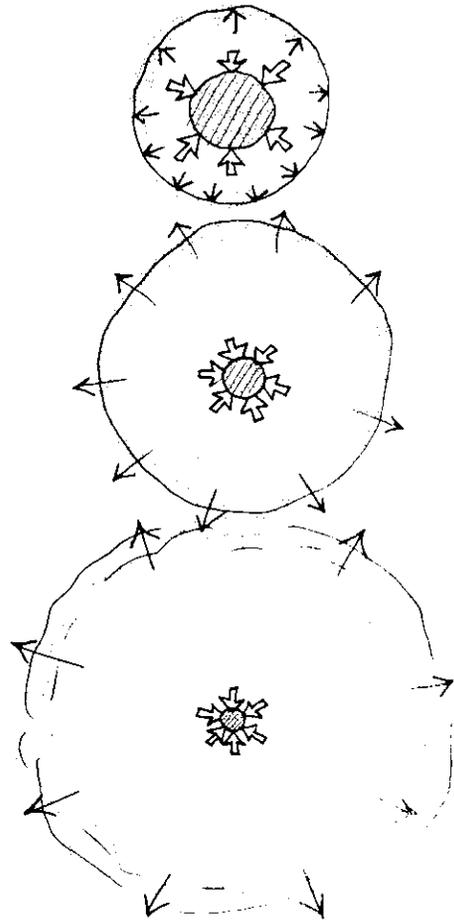


Que también escapará a la observación...

Quedan las estrellas primitivas, nacidas al mismo tiempo que la galaxia, y por tanto también ellas detectables...



En efecto, existen en las galaxias estrellas muy viejas agrupadas en **CÚMULOS GLOBULARES**, que continúan brillando luego de unos quince mil millones de años. Y eso ocurre en todas las galaxias que han nacido al mismo tiempo

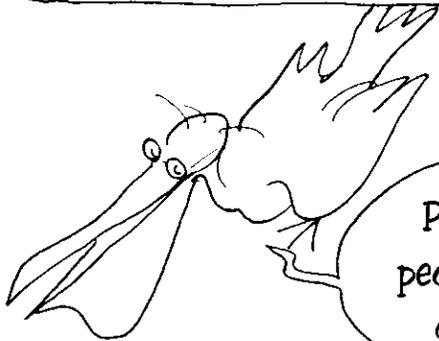


En cuanto a las otras, han sido esparcidas a los cuatro vientos de la galaxia, o se han convertido en enanas blancas o negras, o en agujeros negros indetectables

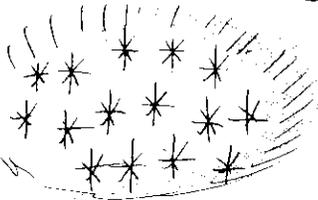


# CÚMULOS ESTELARES

Un cúmulo globular es una estructura de unas cien mil estrellas que ha perdurado después del nacimiento de las galaxias (\*)



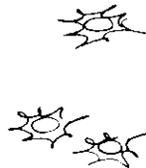
Pero las galaxias están salpicadas de pequeños cúmulos recientes en proceso de dispersión relativamente rápida



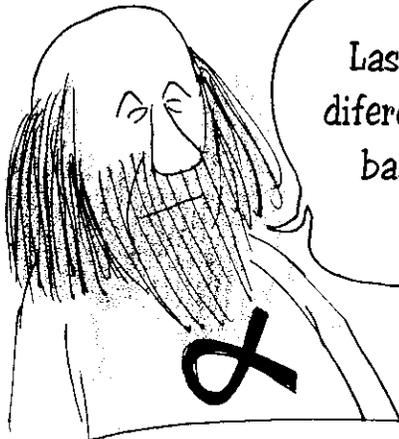
Estos minicúmulos representan cavidades con bordes poco acentuados, de las que las estrellas, aceleradas por el juego de azar de las colisiones, pueden escapar con relativa facilidad



Cuando el cúmulo se desintegra, las estrellas parten al azar a través de la galaxia, solas o en parejas (**ESTRELLAS DOBLES**)



(\*) El tiempo de evaporación de un cúmulo colisional es proporcional a su masa.



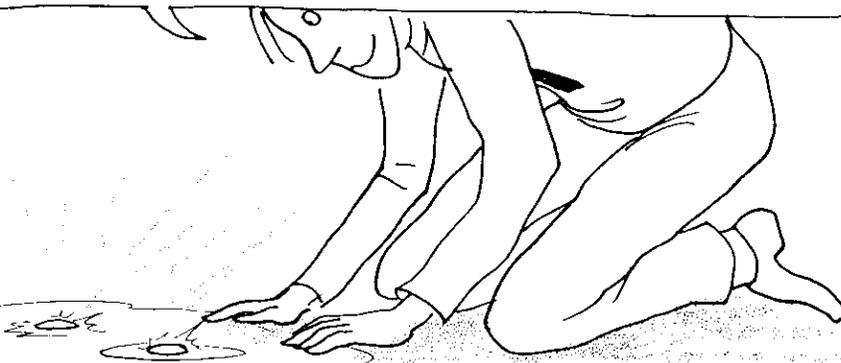
Las formaciones de dos estrellas, de masas semejantes o diferentes, son sistemas **ESTABLES**. Estos sistemas binarios, bastante numerosos en las galaxias, son la señal de una antigua pertenencia a un cúmulo de estrellas

¿Supongo entonces que las galaxias deben perder lentamente sus estrellas...?

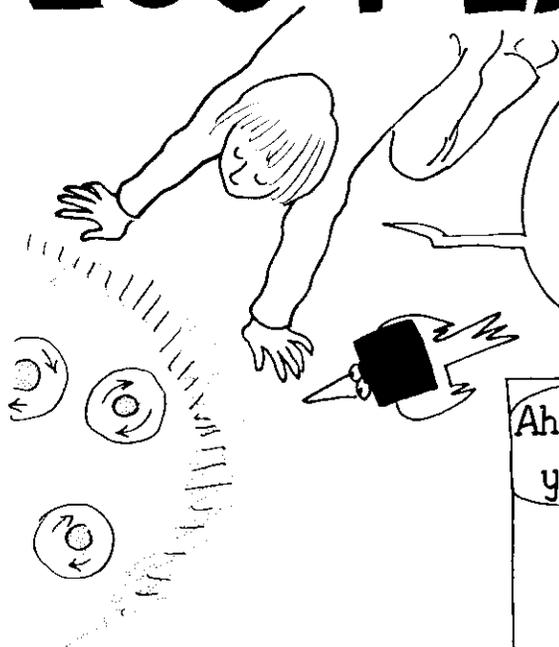
Para que eso ocurra se requiere que las estrellas alcancen supervelocidades, superiores a la velocidad de escape, mediante el juego de las **COLISIONES**. Pero esparcidas a través de la galaxia, las estrellas forman un ensamble totalmente **NO COLISIONAL**, y prácticamente nunca vuelven a encontrarse. Por eso las galaxias no pierden estrellas

Todo sumado, prefiero eso y no lo otro...

Estoy observando este pequeño cúmulo de estrellas que acaban de nacer. En el fondo, se comportan como nuestras jóvenes galaxias. Son calientes y están rodeadas de un sutil halo de gas y de polvo, algo así como su atmósfera...



# LOS PLANETAS

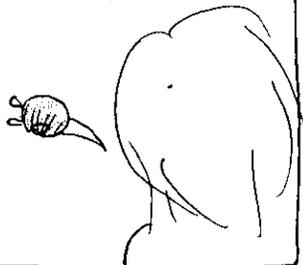
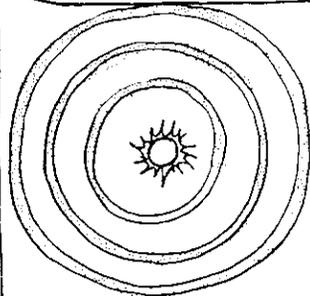


Nuestras jóvenes estrellas ejecutan un vaivén en su minicúmulo, como huevos en el fondo de una sartén bien aceitada. Las colisiones ponen sus pequeños halos en rotación

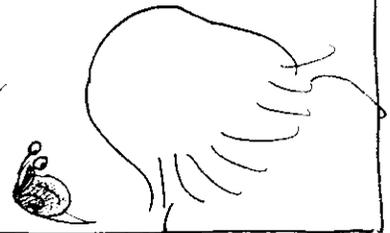
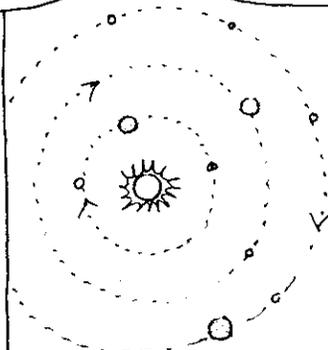
Ahora el cúmulo se ha desintegrado como una espora y las estrellas se han calmado. Voy a seguir una



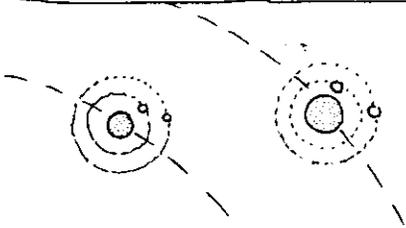
La fuerza centrífuga obliga a los polvos del halo a caer nuevamente hacia la estrella, y a alinearse en anillos concéntricos



En cada círculo, en cada órbita, se forman **PLANETAS**

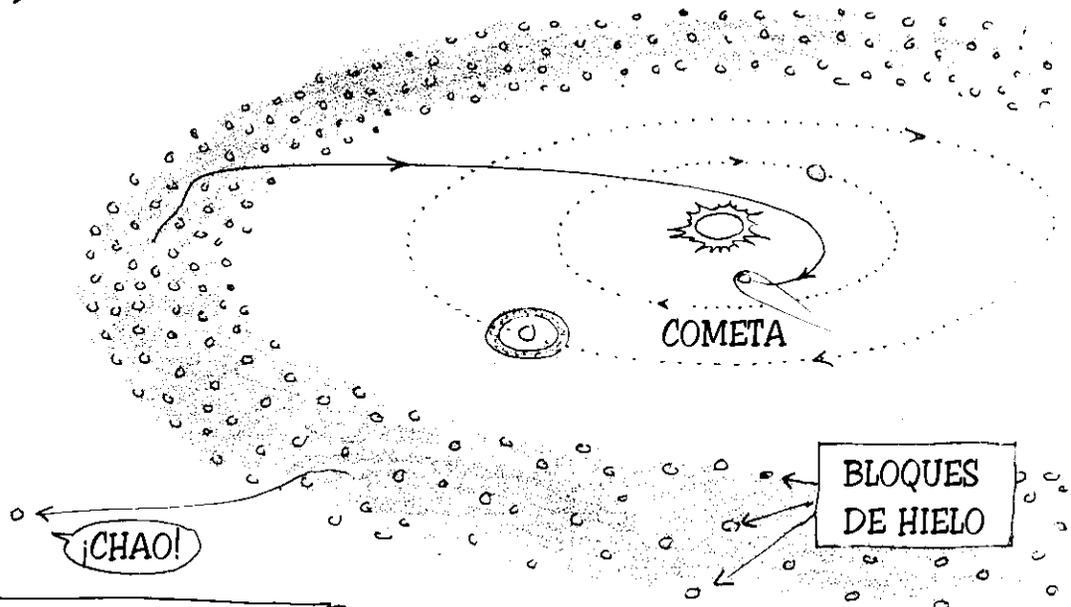


En una misma órbita, el planeta más grande capturará a los planetas más livianos y los convertirá en sus satélites

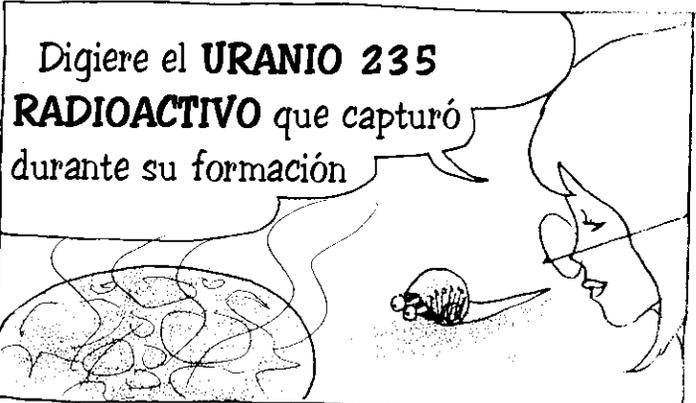


Y listos. El ciclo se completa

La parte **GASEOSA** de esta **ATMÓSFERA ESTELAR PRIMITIVA** se va a condensar en una especie de **HALO DE NIEVE SUCIA**. Cada cierto tiempo se produce una colisión entre dos elementos de este cinturón. O bien el bloque se acelera, en cuyo caso abandona el **SISTEMA SOLAR**, o bien se frena, en cuyo caso, al "caer" hacia el centro del sistema, se convierte en un **COMETA**



¿Y si viéramos estos **PLANETAS** más de cerca?



¡Pero entonces eso quiere decir que en el momento de su formación, los planetas eran unos **REACTORES NUCLEARES...!**?

¿Por qué **ERAN**?  
¡Aún lo son hoy día!  
¿O cómo crees tú que la Tierra mantiene su núcleo en fusión?

**PLOTCH!**

¡Epa!

Está bastante caliente por efecto de todos esos meteoritos que la golpean mientras "PONE EN ORDEN SUS COSAS"

Vamos a verlo más de cerca



Estamos entonces en un **PLANETA**. Lluvias torrenciales lavan y borran las cicatrices dejadas por los meteoritos. Estamos a  $t =$  diez mil millones de años, y la temperatura de la radiación cosmológica ha caído a 4 grados Kelvin

Ahora podemos embarcarnos y empalmar con una nueva historia: **EL BIOLOGICÓN**. Aquí Sofia, en directo desde el Cosmos...

**FIN**

Es posible que el Universo no sea más que una amplia  
labor de divulgación científica:  
Dios intentando hacernos comprender algunas cosas...

