

**BIOLOGÍA Y  
GEOLOGÍA 1º DE  
BACHILLERATO**

# La Tierra en el Universo: nuestro vecindario cósmico



IES Sierra de San Quílez  
(Binéfar-Huesca)

## TEMA 0. LA TIERRA EN EL UNIVERSO.

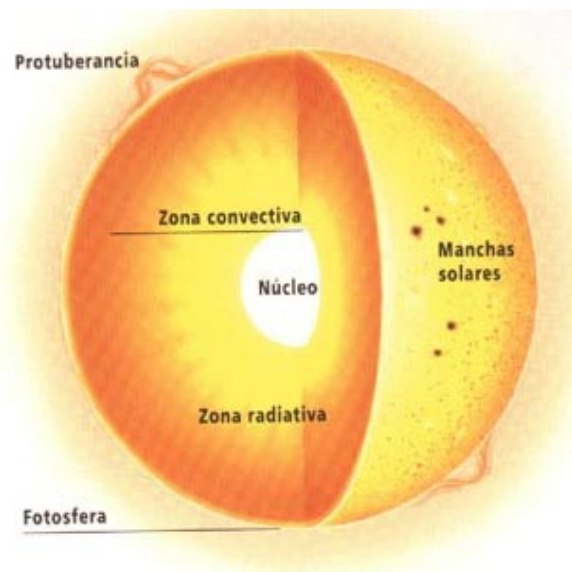
### 0.1- EL SISTEMA SOLAR.

En uno de los brazos exteriores de la Vía Láctea, el llamado brazo de Orión, y situado a unos 30.000 años luz del centro de la misma, se encuentra el Sistema Solar, un sistema planetario formado por ocho planetas que orbitan alrededor del Sol, situado en su centro. Además de los ocho planetas: Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno, existen otros objetos de menor tamaño tales como los planetas enanos y los asteroides.

#### 0.1.1- El Sol

La estructura y dinámica del Sol ilustran perfectamente sobre el funcionamiento de un gran porcentaje de estrellas, ya que se le puede considerar como representativo de una estrella de diámetro y masa medios, y en su etapa media de evolución.

El Sol es una esfera de gases, compuesta por un 70% de Hidrógeno, 27 % de Helio y un 3% de otros elementos, con una densidad media de  $100 \text{ gr./cm}^3$ , y constituye el 99,86% de la masa del Sistema Solar. Su Radio es unas cien veces el de la Tierra. Su periodo de rotación es de unos 25 días, y se mueve en dirección a la estrella Vega a unos 200 Km por segundo, completando una órbita completa a la Vía Láctea, cada 220 millones de años.



El Sol muestra una zona observable (fotosfera, cromosfera y corona) y otra no observable (núcleo solar y zona convectiva) En la fotosfera, tienen lugar las conocidas manchas solares, de hasta 10000 Km de diámetro, provocando en la cromosfera las protuberancias solares (chorros de gas incandescente que ascienden miles de Km y caen,

formando arcos), y las fulguraciones (chorros de gas ionizado que alcanzan todos los rincones de Sistema Solar, provocando en la Tierra las auroras boreales) La corona solar, no presenta límite superior sino que disminuye su densidad hacia el exterior, y va perdiendo materia constantemente, en forma de partículas ionizadas: el viento solar.



Debajo de la zona visible se encuentra la zona de fusión nuclear, donde por contar con una temperatura suficiente, los núcleos de hidrógeno se unen formando otros más pesados de helio, liberando energía en forma de fotones, que se abren camino hacia la fotosfera, y son enviados al espacio en forma de radiación electromagnética.

### **0.1.2- Los planetas.**

Los planetas son cuerpos de composición variable, que se encuentran atrapados por la fuerza de gravedad del sol, y se mueven en torno a él describiendo órbitas elípticas, con excentricidades bajas.









Todos ellos orbitan en un mismo plano: la eclíptica, y todos giran en el mismo sentido (opuesto a las agujas del reloj, vistos desde el polo norte solar)

Los planetas, se suelen clasificar en dos categorías:

-Planetas interiores: Mercurio, Venus, Tierra y Marte.

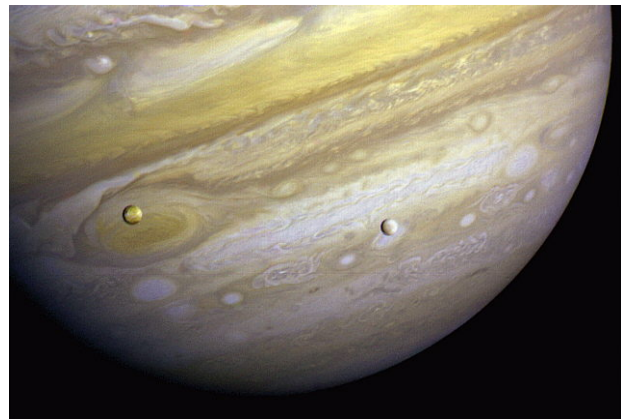
Todos ellos son sólidos, con alta densidad y reducido volumen, con una rotación lenta, pocos o ningún satélite, atmósferas muy pequeñas, y compuestos por metales y/o silicatos.

-Planetas exteriores: Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno.

LOS PLANETAS									
	MERCURIO	VENUS	TIERRA	MARTE	JÚPITER	SATURNO	URANO	NEPTUNO	PLUTÓN
Distancia media al Sol (UA)	0,39	0,72	1,00	1,52	5,20	9,54	19,18	30,06	39,44
Periodo de revolución alrededor del Sol (años)	0,24	0,62	1,00	1,88	11,86	29,46	84,01	164,79	247,7
Excentricidad de la órbita	0,21	0,01	0,02	0,09	0,05	0,06	0,05	0,01	0,25
Inclinación de la órbita (grados)	7,0	3,4	0,0	1,85	1,30	2,49	0,77	1,77	17,2
Masa (Tierra = 1)	0,06	0,82	1,00	0,11	317,8	95,1	14,5	17,2	0,004
Radio (Tierra = 1)	0,38	0,95	1,00	0,53	11,2	9,42	4,10	3,88	0,18
Densidad media (agua = 1)	5,4	5,2	5,52	3,9	1,3	0,7	1,2	1,7	1,99
Periodo de rotación (sobre su eje)	58,7 días	243 días*	23,93 horas	24,6 horas	9,8 horas†	10,665 horas**	17,24 horas	16 horas	6,4 días
Inclinación del ecuador sobre la órbita (grados)	0	-2	23,5	22	3	22	98	29	?
Satélites conocidos	0	0	1	2	16	20+	18	8	1
Campo magnético en la superficie (Tierra = 1)	0,01	0,0	1	<0,01	14	0,67	0,1	?	?

Todos ellos son grandes, de baja densidad, con una gran atmósfera gaseosa y un pequeño núcleo rocoso, con numerosos satélites, rápida rotación y compuestos por compuestos ligeros (agua, hidrógeno, helio, metano, etc)

La excepción a los planetas exteriores la constituía Plutón, que es una pequeña bola de hielo y roca. Este hecho unido a su alta excentricidad y su plano de traslación oblicuo, le ha llevado a ser descatalogado como planeta.



**0.1.3-Satélites, asteroides y cometas.**

Los satélites o lunas, son cuerpos que orbitan en torno a los planetas. La mayoría de ellos lo hacen en torno a los planetas exteriores. Mercurio y venus, no tienen satélites, la Tierra cuenta con la luna, Marte con dos (Fobos y Deimos) Júpiter con 16 (Europa, Io, Calixto, Ganimedes, Hera, Amaltea, etc) algunos de ellos con atmósfera muy parecida a la de la primitiva Tierra, Saturno con 22 (Jano, Thetis, Rea, Titán, Hiperion, Foebe, etc)



Urano con 15 (Miranda, Ariel, Umbriel,, Titania, Oberón) y Neptuno con dos (Tritón y Nereida)



Los asteroides son cuerpos rocosos o metálicos de pequeño tamaño (el más grande de ellos, Ceres, tiene unos 800 Km de diámetro), que orbitan en torno al Sol, con órbitas irregulares. Actualmente hay catalogados unos 40000, y la mayoría de ellos se encuentran entre las órbitas de Marte y de Júpiter, constituyendo el llamado cinturón de asteroides, que posiblemente no llegó a constituir un planeta, por la perturbación de la gran masa joviana. En ocasiones colisionan entre ellos y salen del cinturón, pudiendo entonces estrellarse contra los planetas.

Constantemente cae a la Tierra materia procedente del espacio (casi siempre granos de tamaño arcilla que se funden en la atmósfera), hasta el punto de que la masa de la Tierra aumenta 20 Tm diarias. Cuando algún fragmento de asteroide procedente del espacio consigue abrirse paso hasta el suelo, recibe el nombre de meteorito. Se han hallado meteoritos desde tamaños de guijarros hasta de decenas de Tm, y hay pruebas de que han caído otros mayores, debido a los cráteres de impacto, de los que se conocen 120, y el más grande de ellos tiene 150 Km de diámetro. Sabemos intelectualmente que formamos parte del Sistema Solar, pero nos resulta ajeno que cada pocos cientos de millones de años, un meteorito del tamaño de una montaña nos cae del cielo.

Los cometas son los objetos más misteriosos del Sistema Solar. Están constituidos por agua y CO<sub>2</sub> congelados, y un núcleo rocoso. Son de pequeño tamaño (hasta decenas de Km), y describen órbitas elípticas extraordinariamente excéntricas, hasta el punto de que algunos salen del Sistema Solar. Cuando se acercan al Sol, a gran



velocidad, la fricción con el viento solar, hace que pierdan materia, generando una cola incandescente de hasta un millón de Km, y despidiendo polvo. Se cree que este hecho, ha podido tener algún papel en la aparición de la vida. La mayoría de los cometas se encuentran en el cinturón Kuiper, situado más allá de la órbita de Neptuno.

Más allá de la órbita de Neptuno, en el llamado cinturón Kuiper, existen numerosos "microplanetas" o planetas enanos de los que no se conoce gran cosa (Plutón, Caronte, Sedna), y también la gran nube de Oort, compuesta por gases y polvo.

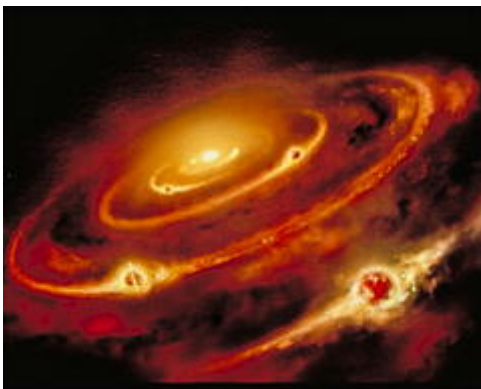
#### 0.1.4-Origen del Sistema Solar.

El modo en que nacen las estrellas, es un fenómeno relativamente bien conocido, ya que continuamente aparecen nuevas estrellas, y puede ser observado el proceso. Sin embargo, el nacimiento de los sistemas planetarios, es todavía un suceso algo misterioso.

La mayoría de las hipótesis que los astrónomos han planteado, se pueden agrupar en tres categorías:

-Teorías catastrofistas. Parten de la existencia de un Sol primitivo sin planetas, al cuál se habría aproximado otra estrella, y por efecto de las fuerzas de marea, habría arrancado una parte de su masa, que se habría dispersado, dando lugar a los planetas.

-Teorías nebulares. (Laplace, Ter Haar, etc) Suponen que la nebulosa de polvo y gas que al contraerse dio lugar al sol, pudo tener también otros puntos de acreción, originándose en esos puntos los distintos planetas.



-Teorías de acreción. Suponen que la nebulosa protosolar, a medida que iba concentrándose, iba también aumentando su velocidad de rotación (conservación del momento angular) cuando el primitivo Sol, contaba casi con su volumen actual, su rotación debió ser altísima. Por efecto de la inercia, se desgajó de su zona ecuatorial un anillo de materia, que se extendió en todas direcciones del plano del ecuador solar (eclíptica) Poco después, el Sistema Solar, estaría constituido por un Sol central, y por un inmenso disco

de asteroides de distintos tamaños (llamados protoplanetas o planetesimales), moviéndose con órbitas más o menos irregulares. A lo largo de unos 100 millones de años, los protoplanetas irían colisionando, generándose cuerpos mayores, situados a distintas distancias del Sol, hasta conformar los distintos planetas. En cada colisión, la energía cinética de los protoplanetas se transformaría en calor (un protoplaneta de una tonelada, con una velocidad de 2000 m/s, liberaría 4000 millones de julios de energía) Por lo que, a medida de los primitivos planetas iban creciendo, iban aumentando su temperatura, y comenzaría su fusión (primero en el centro y luego en la periferia), hasta convertirse en masas fundidas. En estas condiciones, los distintos componentes, se ordenaron por densidades, yendo los elementos más pesados al núcleo del planeta, los materiales menos densos a las cortezas, y los más ligeros a las atmósferas. Con el tiempo, se irían enfriando, y solidificando.

La teoría más aceptada es la última, ya que explica varias características del Sistema Solar, que no lo hacen las demás:

- Los planetas se encuentran casi todos en el mismo plano, que coincide con el ecuatorial del Sol.
- Los planetas interiores son más densos que los exteriores.
- La estructura interna de los planetas es concéntrica, con materiales más densos hacia el interior.

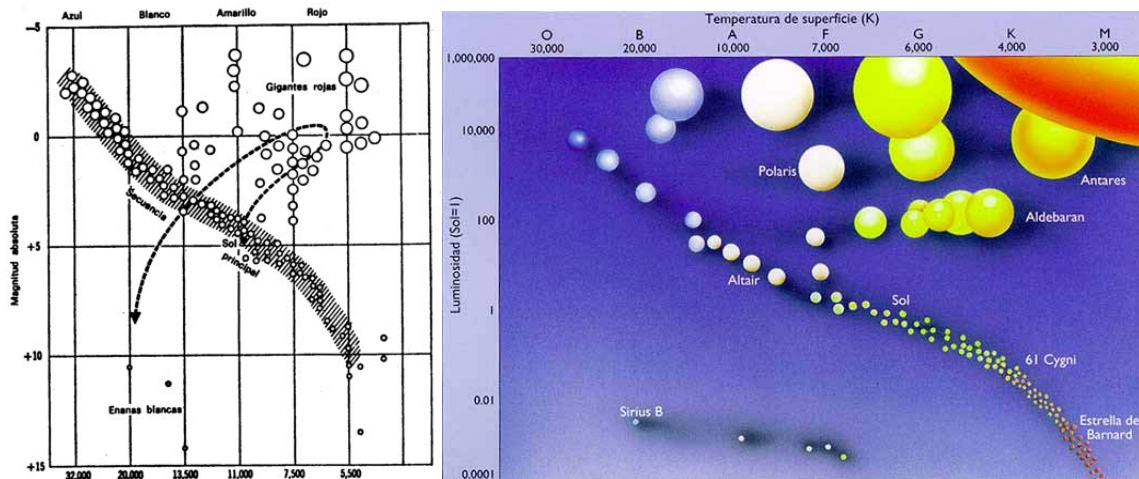
## **0.2- ESTRELLAS Y GALAXIAS**

Los principales y más llamativos objetos cósmicos que observamos en el Universo son las estrellas, que constituyen enormes concentraciones de materia, más o menos brillantes y calientes. Las estrellas, en una primera observación, parecen objetos inmutables y eternos. Sin embargo, en su interior se producen continuamente grandes transformaciones, que a lo largo de millones de años, suponen una evolución de las mismas. Las estrellas, pasan por estadios embrionarios, juveniles, maduros y seniles, hasta que desaparecen como astro. Respecto a su posición, aunque parezca que estén quietas, todas ellas se mueven con velocidades a veces altas, y forman estructuras que contienen

miles de millones de ellas: las galaxias.

### 0.2.1- Las Estrellas

Si observamos el firmamento en una noche clara, podemos diferenciar las estrellas por su brillo, su color y su posición relativa. El brillo varía según la luminosidad de la estrella (cantidad de energía emitida por unidad de tiempo) y su distancia. El color depende de la temperatura que presente en su superficie, y de la materia a través de la cual observamos. El análisis espectrográfico de la luz de las estrellas, permite no sólo asignarles un color y una temperatura, sino también determinar su composición química, y establecer su movimiento relativo de alejamiento o acercamiento hacia nosotros.



Las estrellas no son todo lo inmutables y eternas que nos parecen. Si pudiéramos vivir cien millones de años, estaríamos acostumbrados a ver nacer y morir estrellas como lo estamos a ver nacer y morir plantas. Pero esta idea es bastante reciente. Dado que las estrellas liberan grandes cantidades de energía, de algún sitio la tienen que sacar. Hoy sabemos que la energía liberada por las estrellas proviene de la fusión nuclear en la que el H se transforma en He, pero incluso en cuerpos enormes como el Sol, las reservas no son interminables. (El Sol consume H a un ritmo de 700 millones de Tm por segundo, por lo que algún día, sencillamente se apagará)

La existencia de una estrella es una batalla entre dos fuegos:

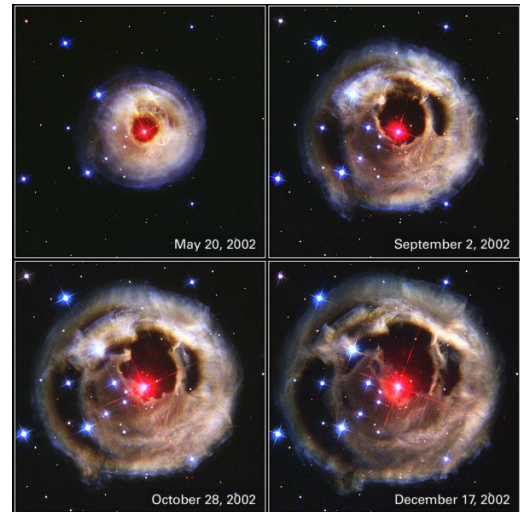
- La fuerza de la gravedad, que tira de la estrella hacia sí misma, provocando su colapso.



-La energía interna que se genera en el núcleo estelar, que provoca el hinchamiento de la estrella.

Mientras dura el combustible nuclear, ambas fuerzas están compensadas y las estrellas mantienen un equilibrio precario, así y todo una estrella puede a lo largo de su existencia inflarse y desinflarse varias veces como un globo.

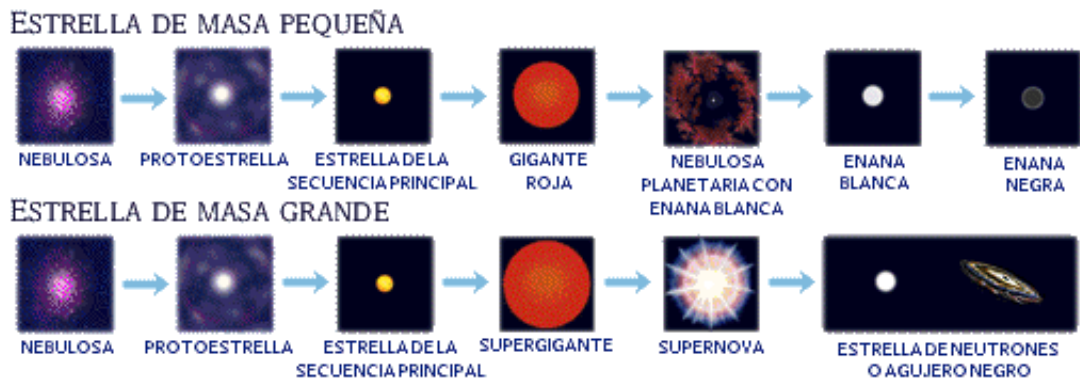
Las estrellas nacen continuamente en las galaxias, debido al colapso gravitatorio de nubes de polvo y gas. A medida que aumenta la densidad de la nube protoestelar, aumenta también su temperatura, comenzando a emitir radiación infrarroja. La protoestrella caliente, continúa su contracción, y cuando se sobrepasa una temperatura crítica (unos 10 millones de grados), comienzan a producirse reacciones de



fusión nuclear, en la que átomos ligeros ( hidrógeno), se unen generando átomos más pesados (helio), liberando grandes cantidades de energía (entre ellas la luz) y frenando la contracción. La estrella comienza a brillar. En este estadio, las estrellas, se encuentran en la secuencia principal (enanas rojas, enanas naranjas y enanas amarillas) Cuando el helio supera el 12% de la masa estelar, ésta se dilata, aumentando su diámetro y su luminosidad, convirtiéndose la estrella en una gigante roja, en la que el Helio se fusiona para dar Carbono. Si la masa de la estrella es inferior a 5 veces la masa solar, no podrá continuar con las reacciones nucleares y terminará como una enana blanca, hasta que se apague, por falta de combustible.

Pero si la masa es superior a 8 veces la solar, podrá continuar con las reacciones de fusión como supergigante roja hasta alcanzar el hierro. El hierro ya no se fusionará para originar nada nuevo, por lo que se genera cada vez menos energía. La gravedad comienza a ganar la partida y las capas externas de la gigante roja caen contra el núcleo estelar repleto de cenizas de hierro, rebotando y estallando en una monumental explosión llamada supernova, (durante unos segundos la supernova libera tanta energía como el resto de la galaxia) que despedaza a la estrella.

Poco antes de la supernova, en el núcleo estelar se han alcanzado unas presiones tan extremas que los átomos se han inestabilizado. Los electrones colapsan hacia los núcleos, y al unirse a los protones, generan neutrones. El residuo de la estrella se convierte en un cuerpo ultradenso de unos 20 Km llamado estrella de neutrones. Por supuesto ya no emite luz, pero su presencia puede ser detectada.



Es posible que en estrellas muy grandes (40 masas solares) el aplastamiento continúe superando el nivel de los neutrones generando una estrella de quarks, e incluso más, hasta convertirse en un objeto de densidad virtualmente infinita y con tanta fuerza gravitatoria, que atrapa incluso a la luz: un agujero negro. No hay pruebas concluyentes de la existencia de tales agujeros negros, ya que por definición, nada escapa de ellos y no nos envían ninguna radiación. Sin embargo sus efectos gravitatorios sobre estrellas vecinas sí pueden ser apreciados. En nuestra galaxia existen varios candidatos a agujeros negros.

Así pues:

-El cielo estrellado es sólo una fase transitoria del universo. Las estrellas, una a una irán apagándose y el universo se llenará de cenizas frías y oscuras.

-Las estrellas son las fábricas donde se elaboran elementos químicos pesados. En los primeros tiempos del universo, sólo había H. El Ca de nuestros huesos y el Fe de nuestra sangre, alguna vez fueron elaborados en una gigante roja y liberados al espacio en una supernova.

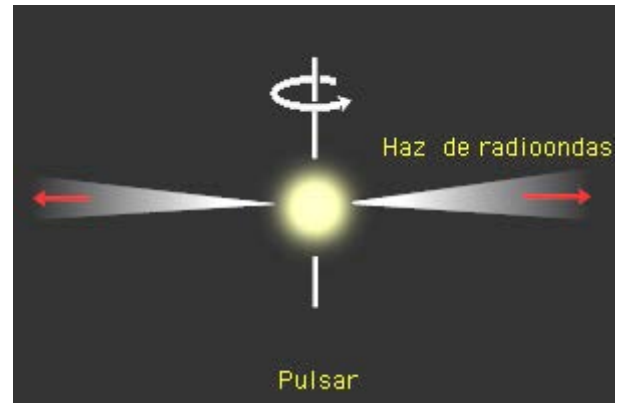
-La materia liberada en las supernovas, genera nubes que pueden servir de materia prima para nuevas estrellas, pero tarde o temprano el H se acabará definitivamente.

-El Sol es una estrella que se formó bastante tarde, por eso hay elementos químicos pesados en los planetas solares.

Otros objetos cósmicos, poco conocidos son:

-púlsars- estrellas de neutrones de gran densidad, que emiten enormes cantidades de ondas de radio, a intervalos regulares.

-enanas marrones- Son proyectos de estrellas, que no han tenido suficiente masa como para emitir luz, pero cuentan con la suficiente como para emitir calor.



-novas- explosiones estelares causadas por estrellas binarias en la que una gigante roja envía combustible nuclear a su vecina enana blanca.

### 0.2.2- Galaxias

No existen estrellas vagabundas en el universo. Las estrellas están agrupadas en grandes colecciones llamadas galaxias. A medida que han avanzado las técnicas telescópicas, se ha ido comprobando que muchos de los puntos luminosos que aparentemente parecen estrellas, son en realidad agrupaciones masivas de estrellas, que componen entidades mayores: las galaxias.

La Vía Láctea, galaxia a la que pertenece el Sol, cuenta con otras 100000 millones de estrellas. Tiene forma de torta, midiendo 100000 años luz de diámetro y 15000 años luz de grosor. El Sol, se encuentra a 30000 años luz del núcleo galáctico, esto es, a 2/3 del núcleo. Dentro de las galaxias, las estrellas no se distribuyen de manera uniforme, sino que forman burbujas de miles de estrellas, originadas en la misma época. Si estuviéramos en un extremo del brazo, de noche apenas veríamos estrellas, debido a que sus distancias son allí mucho mayores. Por el contrario, si nos desplazáramos al centro de la galaxia, no habría noche, ya que las estrellas están mucho más cercanas las unas a las otras. El núcleo galáctico es un horno donde se guardan las mayores reservas de nubes de H y se generan



las últimas estrellas.

Las galaxias suelen tener formas esféricas, elípticas, espirales o espirales barradas y su tamaño es variable.

### **0.2.3- El universo a gran escala.**

Aún con sus enormes magnitudes, las galaxias no son las mayores estructuras

conocidas del universo. Desde los años 80` se sabe que las galaxias están dispuestas en cúmulos galácticos. La Vía Láctea pertenece al Grupo Local, junto con Andrómeda, Magallanes y otras de menor tamaño, y los cúmulos más próximos son los de Virgo. Éstos a su vez, se agrupan en supercúmulos (el Grupo Local, junto con el Cúmulo de Virgo y otros cien cúmulos vecinos, forman el supercúmulo local) El mayor de todos los conocidos es el supercúmulo de Pegaso-Perseo de más de 1000 millones de años luz de longitud.

En resumen, el universo posee enormes volúmenes de espacios vacíos rodeados por finas películas donde se concentran las galaxias. En la antigüedad se pensaba que el universo eran unas pequeñas esferas que sostenían los planetas y las estrellas y que giraban sobre nuestras cabezas. En la actualidad, nuestra visión del universo es otra. Imaginemos que solidificamos un montón de espuma de jabón, y que la cortáramos con un cuchillo. Veríamos espacios huecos rodeados por finas capas de jabón. Sustituyamos el jabón por galaxias y cúmulos galácticos: así es el universo.