

### 10.1. DESCRIPCION DE UNA GALAXIA

Una galaxia es una **Isla de estrellas** inmersa en nubes de gas y polvo; en su interior, las estrellas se organizan en cúmulos que han nacido de una misma nube de gas y polvo. Dichas estrellas, aunque congénitas, pueden estar unidas por la gravedad, o bien, pueden estar alejándose lentamente unas de otras.

En el primer caso, se trata de **cúmulos globulares o cerrados**, donde el grupo tiene forma esférica, y está constituido por con cientos o miles de estrellas viejas o de la población II, en el segundo caso, por regla general, se tienen **cúmulos galácticos o abiertos**, denominados así por su forma irregular dada la dispersión de las estrellas, cuyo número de

miembros es de algunos cientos de estrellas de la población I. Distinguimos en la galaxia su núcleo, su halo y su plano medio con brazos espiralizados.

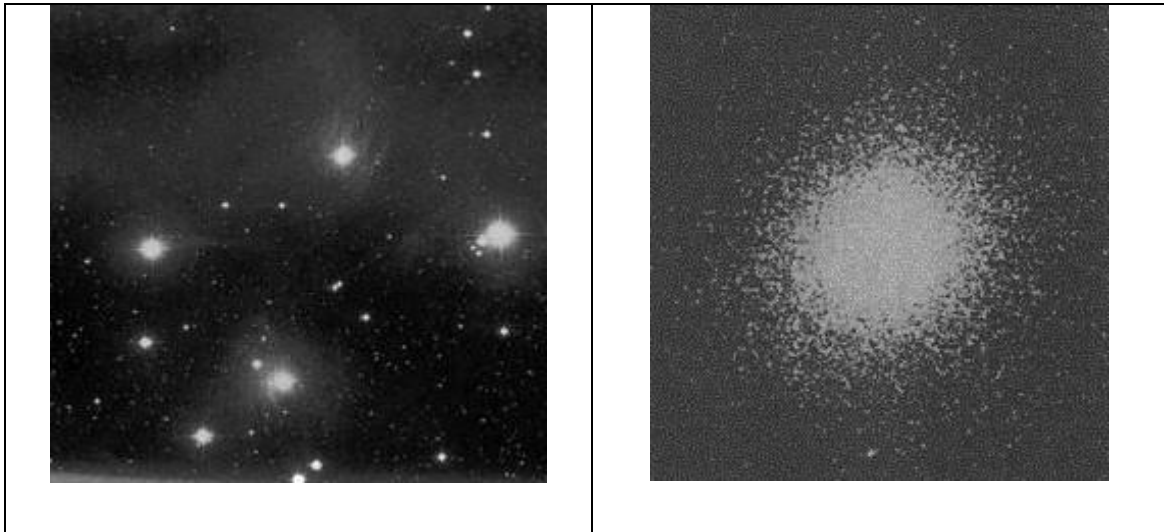


Figura 10.2. Apariencia lejana de dos clases de cúmulos: Imágenes del cúmulo estelar abierto de las Pléyades (izq) y del cúmulo estelar cerrado Tucanae (der). Fuente, cien mil millones de soles. Rudolf Kippwenhahn.

### 10.1.1. Poblaciones estelares

Son dos diferentes grupos de estrellas. En la **población I** entran las estrellas de formación reciente como el Sol, que se encuentran en los brazos espirales de las galaxias; estas estrellas tienen elementos más pesados o metálicos. En la población II entran estrellas viejas, a veces contemporáneas con la formación de la galaxia, que se encuentran o en su núcleo galáctico o en los cúmulos globulares del halo. En la **población II** las estrellas casi no contienen elementos pesados, son de primera generación, con escaso contenido metálico pero ricas en hidrógeno.

Las poblaciones pueden dividirse así:

1. Población I extrema (estrellas O y B, estrellas  $\delta$  Cephei, cúmulos abiertos).
2. Población I más vieja (estrellas A, gigantes normales, estrellas con fuertes rayas metálicas).

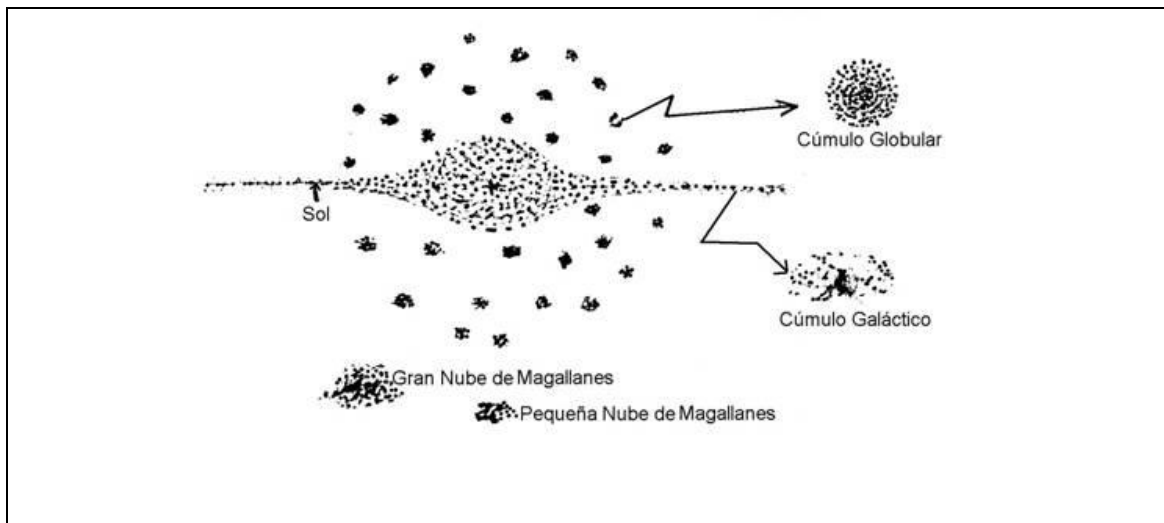


Figura 10.3. Apariencia lejana de dos clases de cúmulos: con la posición relativa del Sol y las dos Nubes de Magallanes. En detalle los cúmulos estelares abiertos y cerrados típicos de esta galaxia.

4. Población II intermedia (estrellas Mira de período corto, estrellas con velocidades superiores a los 30 km/s, perpendiculares al plano galáctico).
5. Población II del halo (estrellas en cúmulos globulares, estrellas Rr Lyrae, subenanas).

Al observar nuestra galaxia, podemos identificar algunas estructuras, como el halo, el núcleo, el plano medio galáctico y el eje de rotación del sistema y el disco galáctico.

**El halo** es el volumen redondeado de la galaxia formado por cúmulos cerrados con órbitas poco circulares y muy inclinadas respecto al **plano medio** de la galaxia. La región es pobre en gas y polvo y las estrellas orbitan a gran velocidad.

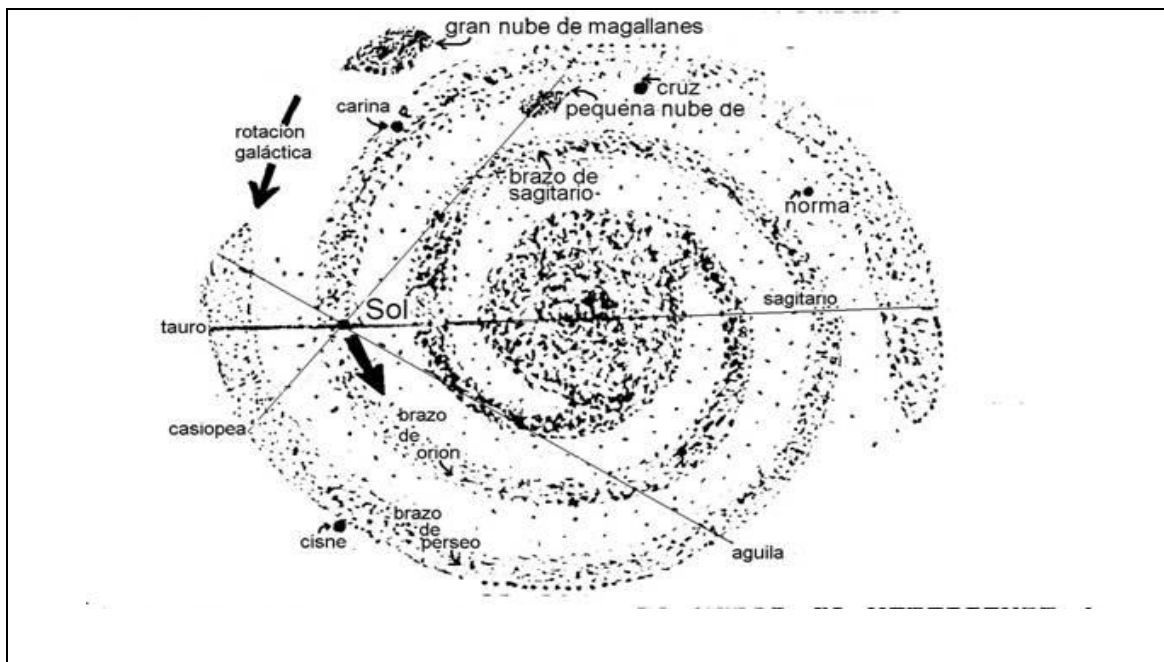


Figura 10.4. Planta de La Vía Láctea: se muestran la rotación galáctica, las Nubes de Magallanes, el Sol sobre el brazo de Orión y este entre los brazos de Sagitario y Perseo.

**El disco** es el contorno de los brazos espirales localizados en el plano medio, donde las estrellas son jóvenes y se encuentran sumergidas en medio de gas y polvo. Las estrellas aquí, en cúmulos galácticos generalmente, están orbitando con trayectorias muy circulares y siempre perpendiculares al eje de rotación de la galaxia. Por lo tanto, si las estrellas del halo no comparten la rotación galáctica, las del disco si la comparten. La rotación galáctica

es diferencial. Los objetos del centro son rápidos y los del disco lentos. El Sol podría pasar de un **brazo** a otro, mientras transita la galaxia con órbita casi circular.

**10.1.2. Clasificación Galáctica.** Según J.P. Hubble, la clasificación de las galaxias es la del diagrama de la Fig. 10.5. Con E se codifican las elípticas, con SO las lenticulares, con S las espirales, con SB las barradas y con Ir las irregulares.

Se ha propuesto un **esquema evolutivo de las galaxias** sugiriendo que ellas empiezan sus vidas como estructuras esféricas que paulatinamente se van achatando, al contraerse gravitacionalmente, haciéndose elípticas y aumentando su velocidad rotacional.

A su vez, las elípticas evolucionarán a espirales normales o barradas, mientras los núcleos van perdiendo importancia volumétrica y los brazos se van desarrollando. Las irregulares, en éste esquema, son las galaxias más jóvenes que acabarían, como quiera que nunca muestran estructura espiral o elipsoidal definida y que son agregados de polvo, gas y estrellas distribuidas aleatoriamente, siendo el resultado final de la evolución galáctica.

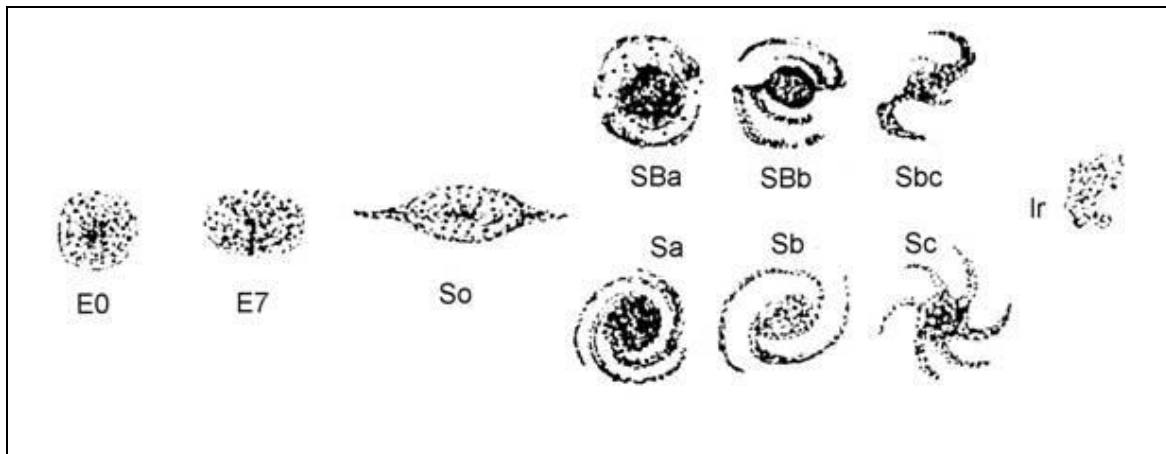


Figura 10.5. Sistema de clasificación de las galaxias: La frecuencia de las elípticas es 15%, de las lenticulares 6%, de las espirales 76% y de las irregulares 3%. Las subclases 0-7 de las E, muestra aplastamiento creciente. En las subclases a-c de las B y SB, se muestran núcleos cada vez menos robustos

Pero **la dificultad de esta teoría**, en la cual las galaxias esféricas se transforman en elípticas, y estas en espirales, aparece cuando las observaciones señalan que las galaxias esféricas son tan lentas en su rotación, que difícilmente se achatarían; aún más, las elípticas no pueden desarrollar brazos espirales mientras de rotación no sea diferencial en un grado mínimo, ni pueden generar espirales teniendo más masa que estas.

Un importante interrogante surge sobre la relación de las galaxias con los cuasares. ¿Son los segundos, acaso, la fase inicial de las galaxias?. Se sabe que los núcleos galácticos son muy activos y que esta actividad varía entre unas y otras galaxias, posiblemente reduciéndose su intensidad con el tiempo. Los cuasares, son estructuras que muestran el estado de la materia a gran escala, en épocas vecinas al origen del Universo.

Inicialmente se da el colapso de una nube de polvo y gas cuando su densidad supere el valor crítico que permita el colapso gravitacional. La acreción será discreta formándose estrellas en cúmulos aislados. Nace así la galaxia irregular rica en polvo y gas y en estrellas de la población I. Por el giro no rígido de la galaxia, empieza a espiralizarse y se consolidan su núcleo y su halo, pudiendo ser espiral normal S o espiral Barrada SB.

Con el tiempo, los brazos se enroscan más pasando la galaxia de Sc hasta Sa o de Sb<sub>c</sub> hasta SB<sub>a</sub> (1/3 de las galaxias espirales son barradas). Se puede presumir que la forma lenticular de la galaxia en este momento, se debe al hecho de que el polvo y el gas se estabilizan en

el plano medio, y no lejos de éste, porque la fuerza centrífuga es escasa cerca del eje de rotación.

Existirá una tendencia en las estrellas de las espirales a pasar al núcleo transformando la galaxia en el tipo SO, que muestre poco gas y polvo y núcleo más brillante, quedando relativamente pocas estrellas de la población I. La fase siguiente de la galaxia, es transformarse en Elíptica; (inicialmente tipo E7 muy achatada y por último EO muy esférica). En el último estadio la galaxia ha perdido polvo, las estrellas son de la población II, su densidad ha aumentado y también su velocidad de rotación.

**La dificultad de esta teoría** evolutiva está en que no hay ningún mecanismo que pueda transformar ninguna estructura aplanada, como el núcleo de una galaxia espiral, en estructura esférica, y ni siquiera elipsoidal. Recuérdese además que las masas de las elípticas son más grandes que las de las espirales, sin que haya manera alguna de que una espiral llegue a completar la masa de una elíptica.

**Oort propuso un esquema** evolutivo en el que las elípticas forman una secuencia evolutiva y las espirales otra, sin ningún cruce. Según la teoría, la nebulosa intergaláctica inicial que dará vida a la nueva galaxia, tomará uno u otro destino, dependiendo de la cantidad de gas y polvo y de la cantidad de movimiento del sistema. Las que tengan deficiencia en una u otra cosa, o en ambas, llegarán a ser finalmente galaxias elípticas.

- **El tamaño y la masa.** De otro lado, la distribución global de estrellas en las galaxias elípticas y en los núcleos de las galaxias espirales, está directamente relacionada con la masa de un agujero negro del núcleo galáctico. Tampoco las galaxias más masivas son

necesariamente de mayor tamaño que las menos masivas, pues suelen tener estructura es diferente: las más masivas presentan mayor concentración de masa en torno a su centro, casi siempre a causa del agujero negro supermasivo central.

Es posible estimar la masa del agujero negro central a partir de la dispersión de velocidades en la galaxia, o lo contrario La medida en la dispersión de velocidades, supone el examen por la luz del flujo galáctico a partir de imágenes con largos tiempos de exposición.

### **10.1.3. Cúmulos de galaxias y supercúmulos de galaxias**

Los primeros se denominan también hipergalaxias. Las galaxias se organizan en colonias desde docenas hasta miles en cada una. Los segundos (Metagalaxias) son cúmulos de cúmulos, los cuales se distribuyen uniformemente en el espacio.

Algunos cúmulos galácticos (nombres dados por la región), son:

Virgo, a 36 a. l., con 2500 objetos, alejándose a 1150 K/s

Pegaso I a 130 a. l., con 100 objetos, alejándose a 3800 K/s

Piscis a 130 a. l., con 100 objetos, alejándose a 5000 K/s

Cáncer a 160 a. l., con 150 objetos, alejándose a 4800 K/s

Perseo a 175 a. l., con 500 objetos, alejándose a 5400 K/s



Gemini a 570 a. l., con 200 objetos, alejándose a 23300 K/s

Bootes a 1240 a. l., con 150 objetos, alejándose a 39400 K/s

## 10.2. LA VÍA LÁCTEA Y EL GRUPO LOCAL

Es nuestra galaxia con 100 mil millones de estrellas. El diámetro es de 100 mil años luz, el espesor de 20 mil años luz y estamos sobre el plano galáctico, a 30 mil años luz del centro. La galaxia muestra por lo menos tres brazos así: el de Sagitario a 24 mil años luz del centro galáctico, el de Orión (conteniendo el Sol) a 30 mil años luz del centro galáctico y el de Perseo a 36 mil años luz.

**El Sol órbita la galaxia** a 250 km/seg y tarda unos 200 millones de años en completar su órbita. Por el giro no rígido de la galaxia, para tener un sistema de referencias, el patrón local de reposo se definió como el volumen de espacio hasta 100 parsec contados desde el Sol en el que las velocidades se han promediado a cero. Las condiciones propicias para la vida en la galaxia suponen un cinturón en el plano medio de nuestra galaxia: lejos de su núcleo activo para escapar a la radiación, pero antes de alcanzar la periferia, donde faltan los elementos pesados y sólo abundan H y He.

**Las dos nubes de Magallanes** son satélites de la Vía Láctea a modo de un sistema planetario; la mayor de las nubes a 160 mil años luz tiene 10000 millones de estrellas y un diámetro de 35 mil años luz; y la menor a 190 mil años luz tiene 1000 millones de estrellas y un diámetro de 20 mil años luz. Ambas son tipo irregular mientras la Vía Láctea es del tipo S<sub>b</sub>.

### 10.2.1. El grupo local y el súper grupo local

El grupo local (nuestra hipergalaxia) lo conforman unas 30 galaxias siendo las más importantes la nuestra y la de Andrómeda (que en estrellas supera en 1.5 veces a la Vía Láctea); ambas separadas 2re los extremos tema. En este cúmulo reducido tenemos también M 32 (compañera de Andrómeda), M 33 (Nebulosa del Triángulo), And I, And II, And III (también compañeros de Andrómeda), Leo I, Leo II (ambos a 750 mil años luz), las del catálogo NGC de números 6822 (tipo Ir), 185 (tipo E0), 205 (tipo E6) y 147 (tipo E4), la IC 1613 (galaxia Ir de 10000 a. l. de diámetro), la Carina, la Formax, la Draco y Sculptor. Todo el cúmulo de galaxias en un volumen con un radio próximo a los 2.5 millones de años luz.

Pero el grupo local pertenece al **súper grupo local** (metagalaxias) cuyo centro es Virgo a 50 millones de años luz de nosotros y compuesto por miles de galaxias ligadas gravitacional mente en estructuras hipergalácticas. Entre sus muchos miembros (50? cúmulos) diseminados en un volumen de unos 75 millones de años luz, se destacan Osa Mayor, Canes Venatici, Sculptor, grupo local, M 66, M 101, M 81, los NGC 4274, 3245, 5566, etc.

No obstante hay otros supercúmulos con cúmulos tan destacados como Boyero el más lejano fotografiado, distante unos 5 mil millones de años luz y quien se aleja a la mitad de la velocidad de la luz, o el de Cabellera con unos 1000 miembros brillantes a 400 años luz ubicado, como su nombre lo indica, en la constelación Cabellera de Berenice.

### 10.3. LA GRAN MURALLA SLOAN Y LA GRAN PARED

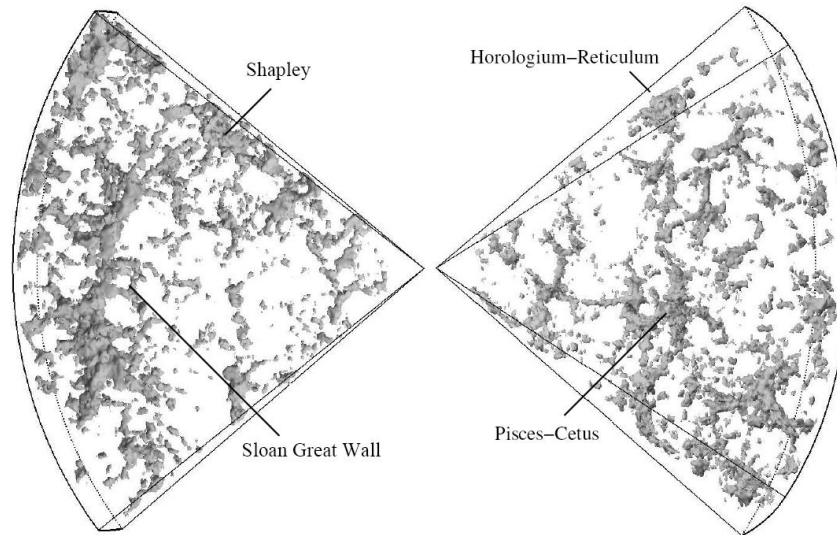


Figura 10.6: La Gran Muralla Sloan en una reconstrucción: no se debe confundir con la Gran Pared, una estructura similar que le sigue en tamaño. Fuente, <https://es.wikipedia.org>

Hasta 1960 se suponía que la distribución de las galaxias en el espacio era aproximadamente uniforme, es decir, prácticamente al azar. La excepción eran las acumulaciones que aparecían en ciertas regiones, por la presencia de cúmulos de galaxias; hasta los años 70, algunos astrónomos también defendían la idea de que esos cúmulos se conectaban entre sí, pero las observaciones posteriores indicaron que las galaxias se ubican sobre las superficies de enormes burbujas, dentro de las cuales habría un vacío completo.

Sin embargo, hoy se ha analizado la distribución espacial de miles de galaxias gracias a modernas técnicas de mapeo y se encuentra que la distribución de galaxias en el espacio sigue esquemas muy distintos a los que se creía.

Además de los cúmulos y supercúmulos de galaxias, la distribución de las galaxias muestra que también existen regiones totalmente vacías de galaxias en oposición a las grandes acumulaciones.

La Gran Muralla Sloan es una extensa estructura de galaxias de unos 1.370 millones de años luz de longitud, ubicada a 1.000 millones años luz, separada por zonas donde no se observan galaxias.

Todas las zonas estudiadas que corresponden a regiones relativamente cercanas a la Vía Láctea, parecen responder a esta clase de estructura. Si la mayor estructura del Universo que se conoce actualmente es la Gran Pared galáctica, descubierta por J. Richard Gott III y Mario Jurić en 2003, a dicha superestructura que le sigue en tamaño la Gran Pared descubierta en 1989 por Margaret Geller y John Huchra de 500 millones de años luz de largo, 300 millones de años luz de ancho y 15 millones de años luz de profundidad, ubicada a unos 200 millones de años luz.

### 10.3. ACCIONES E INTERACCIONES DE GALAXIAS

**Galaxias Seyfert:** de núcleo muy brillante y desplazamiento al rojo moderado; Contienen gases a alta temperatura, la mayoría son espirales, parecen el puente entre las galaxias corrientes y los Cuásares.

**Los objetos BSO:** Galaxias que semejan estrellas azules, pero con enormes cambios al rojo. Son semejantes a los cuásares en distancia, luminosidad y tamaño pero no emiten radio ondas. Por ser más numerosos se supone que viven más tiempo que los Cuásares.

**Galaxias N:** sistemas muy distantes, de pequeño núcleo muy brillante; supuestamente son elípticas, también se relacionan con los Cuásares.

**Galaxia Makariana:** aquella que desprende mucha radiación ultravioleta, muchas de ellas son tipo Seyfert.

**Objeto BL-Lagarto:** objeto relacionado con Cuásares pero más cercano (poco desplazamiento al rojo) y similar a una estrella pero cambia con rapidez de brillo. Se supone que es galaxia elíptica de núcleo muy brillante y además radiofuente. Se supone sea una galaxia en explosión.

**Galaxia Infrarroja:** galaxia con emisión anómala (intensa y en detrimento del azul). El desequilibrio supone el efecto Maser de amplificación de microondas (funciona como el láser) y se cree que la extraordinaria regeneración de estrellas (varias veces al año) excita el polvo y gas galáctico a velocidades de 1600 km/seg produciéndose el efecto megamaser. Los gases almacenan energía alcanzando niveles de equilibrio inestables, posteriormente el efecto pasa y los niveles energéticos caen liberándose la energía acumulada.

**Radiogalaxias.** La Radioastronomía una de las disciplinas más recientes de la Astronomía, surgida en la década de los 40, utiliza el radiotelescopio para medir y ubicar la intensidad de las fuentes emisoras de señales estelares y no estelares en el espacio. Luego, con telescopios convencionales, se intenta identificar estas fuentes, resultando pertenecer a planetas, estrellas, nebulosas, galaxias, o a otras fuentes que no tienen identificación visual.

Entre las fuente, algunas parecen ser galaxias de aspecto peculiar y otras son galaxias de apariencia normal. Estas últimas exhiben características que indican un cierto grado de actividad en sus núcleos o en otra región de sus estructuras. Ambas se denominan radiogalaxias. Las galaxias elípticas como la Centaurus A, se cuentan entre las mas potentes fuentes radioemisores.

**Nota:** En el núcleo de la Vía Láctea se supone un agujero negro, en un torbellino de gas con un radio de 2500 millones de kilómetros. El torbellino rota a 750 km/seg y por la radiación que produce en la región (Sagitario-A), se estima temperaturas de 100 millones de °K y una densidad aproximada de 3 millones de masas solares, en un radio entre 5.7 y 14 billones de kilómetros. Cosa similar existiría en las galaxias M 32 y M 87.

#### **10.4. AGUJEROS NEGROS, QUASARES Y GALAXIAS.**

La estrecha relación entre agujeros negros y galaxias surge porque vez se están descubriendo más agujeros negros en el centro de las galaxias. Sobre quien aparece antes, unos proponen que fueron primero las galaxias porque los agujeros negros surgen cuando la masa se acumula en el centro de las galaxias, hasta colapsar. Otros sostienen lo contrario: que en torno a la enorme gravedad de los agujeros negros se reúnen gas, polvo y estrellas, provocando la formación de las galaxias.

- **Quien primero** En la Universidad Ohio han encontrado más pruebas de que los agujeros negros se forman antes que las galaxias que los contienen. Después de estudiar una población de quasares ubicados a unos doce mil millones de años, han encontrado que en esta temprana edad del Universo, estas jóvenes galaxias energéticas, activas a modo de grandes donde se formaban nuevas estrellas también contaban con un agujero negro masivo, completamente formado.

La conclusión es entonces que existe una conexión entre las galaxias y los agujeros negros supermasivos de sus centros y esa permite determinar la masa de estos enigmáticos objetos del Universo, a partir de la imagen de las galaxias donde residen.

La masa de los agujeros negros supermasivos varía entre un millón y mil millones de soles. Aún así, el radio del "horizonte de sucesos" que marca la frontera de un agujero negro de un millón de masas solares, es sólo unas cuatro veces mayor que nuestra estrella.

- **Canibalismo galáctico.** En los centros de los mayores cúmulos de galaxias, se encuentran galaxias mayores que las normales, rodeadas por una nube de cúmulos globulares, de tamaño excepcional. Una hipótesis es que estas enormes galaxias crecieron absorbiendo materia de las galaxias vecinas, lo que se ha denominado canibalismo galáctico.

- **Galaxias interactuantes.** Existe un gran número de galaxias dobles o sistemas de dos galaxias interactuando gravitatoriamente entre sí. Algunos de esos sistemas muestran casos de galaxias espirales conectadas por sus brazos (si son espirales) o de galaxias elípticas conectadas a través de una estructura difusa. Estos sistemas dobles de galaxias interactuantes, están asociados a fuentes emisoras de radiación, únicamente detectable con radiotelescopios.

Se ha sugerido que esos sistemas podrían ser galaxias en colisión. El mecanismo responsable de la intensa radiación observada debe explicarse por la interacción de las

nubes de polvo y gas sí pueden interactuar y no por la colisión de estrellas que es menos probable.

- **Quasares y galaxias.** Se pregunta si los quásares son un estado particular en el desarrollo y evolución de las galaxias: en sus primeras fases de evolución. El brillo de los quásares varía de forma irregular, tanto en radio ondas como en luz visible.

Su análisis sugiere que el origen de su emisión no es el resultado de la presencia de estrellas y que la intensa energía proveniente de los quásares parece deberse a procesos diferentes a los estelares, pues se trataría de radiación que no depende de la temperatura del cuerpo emisor.

Se han detectado explosiones de Rayos X en los quásares; En noviembre de 1989, el quásar PKS 0558-504 duplicó su radiación X en sólo 3 minutos. La cantidad total de energía emitida la que emite el Sol en millón de años.

Los desplazamientos al rojo de las líneas observados en sus débiles espectros como en el de las galaxias, anuncian la expansión del Universo. Sin embargo, algunos astrónomos que sugieren otra posibilidad tienen la evidencia de corrimientos al rojo, totalmente diferentes. Obtenidos de quásares aparentemente conectados físicamente a galaxias próximas a ellos.

Lo más probable es que esas interacciones entre quásares y galaxias son conexiones aparentes.



Galaxias y quásares se perfilan como astros claves para definir la estructura que tendría el Universo; cuestión de carácter fundamental para la Cosmología, en la cual se plantean varios modelos, ninguno de ellos aceptado por completo, hasta no poseer datos observacionales suficientes para elegir uno entre todos.

El descubrimiento de los quasares se debió a su intensa emisión de radio ondas, pero luego pudo determinarse que también son fuentes de Rayos X, radiación ultravioleta, luz visible e infrarroja, es decir, una emisión intensa en todo el espectro electromagnético. En 1963 M. Schmidt identificó por primera vez el quasar 3C 273, resultando estar a unos 2000 millones de al y ser el objeto más alejado en ese entonces. Posteriormente, por el corrimiento al rojo de todos los quásares, mayor que el de las galaxias conocidas, se comprobó que ellos se encontraban más distantes que cualquier galaxia y en las fronteras del Universo conocido.

El quasar más alejado observado hasta 1992 es el designado como PC1158+4635 (en dirección de la constelación de Osa Mayor); su distancia se ha estimado en los 10 mil millones de al. Se ha estimado que las dimensiones de los quásares no superan la del Sistema Solar, mientras su radiación total excede con creces a la de 100.000 millones la del Sol.

## **10.5. SOL, CLIMA Y CALENTAMIENTO GLOBAL**

Para las ciencias de la Tierra, uno de los dilemas por resolver, es: hasta qué punto influye la actividad solar en el clima terrestre.

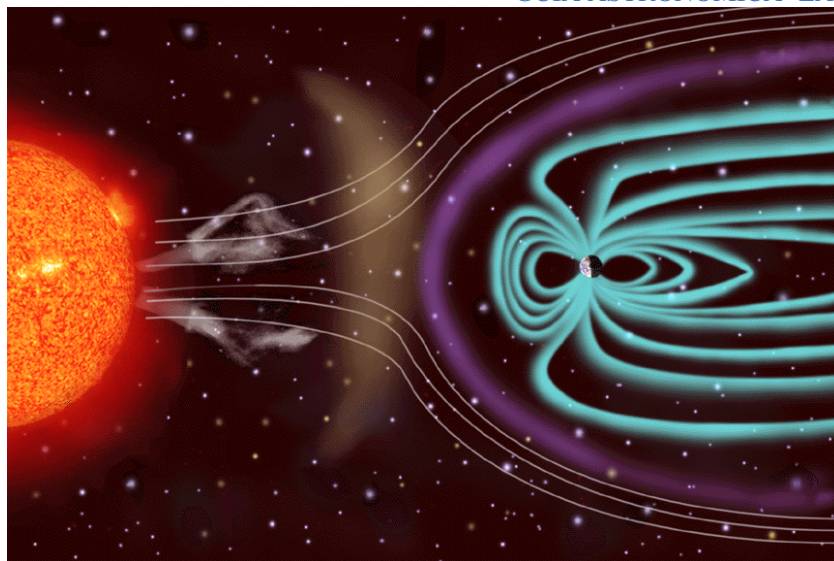


Figura 10.7. Magnetósfera terrestre y viento solar. Fuente:

<http://sohowww.nascom.nasa.gov>

De conformidad con los modelos heliofísicos, es el magnetismo de la atmósfera solar quien influye en la luminosidad del Sol, y por lo tanto en los cambios en radiación solar, fenómeno cuya evolución inferida a partir de mediciones y aplicación de modelos, permite elaborar pronósticos sobre el complejo comportamiento del Sol, necesarios para estimar las tendencias del clima terrestre. Aunque astrónomos y geofísicos soportados en correlaciones, pueden afirmar que cuando el Sol está tranquilo la Tierra permanece fría, aún no sabemos el porqué de los cambios de la actividad del Sol, así en 2002 se haya logrado desentrañar el misterio de los neutrinos solares.

Cuando hablamos del clima, nos referimos a las condiciones de la atmósfera en una región, durante un periodo de largo plazo; no obstante a nivel global, el Sol puede influir en el clima de diversas maneras, incidiendo sobre la temperatura, la humedad, la precipitación, la presión y los vientos de un determinado territorio, así estos elementos estén determinados por factores como la latitud, la altitud, el relieve y la distancia al mar. A modo de ejemplo, el agujero en la capa de ozono descubierto sobre la Antártida en 1985, no sólo parece ser provocado por la actividad humana, sino también por los

rayos ultravioletas provenientes del Sol: al debilitarse el efecto fotoquímico con la destrucción de esta capa que filtra la radiación solar, la alta energía incidente que llega a la Tierra modifica nuestro clima, de la misma forma en que lo venimos haciendo con la actividad antrópica durante el último siglo.

Con sus dinámicas estelares, tales como el ciclo de 11 años de las manchas solares, el Sol modifica la estructura del campo magnético de nuestro planeta, presentándose la expansión y contracción de la atmósfera terrestre, con las variaciones en las temperaturas y densidades de la magnetosfera. Evidentemente, la imposibilidad de una predicción a largo plazo del comportamiento solar, así sea teórica, es que al ser la actividad solar un fenómeno caótico, en lugar de predicciones lo que procede es la elaboración de pronósticos. Este tipo de estimaciones, propio para cualquier fenómeno caracterizado por las incertidumbres, se dificulta en el caso del Sol, por el desconocimiento exacto del campo magnético solar y por la falta de registros históricos sobre radiación solar y rayos cósmicos, así la relación entre cambios de luminosidad solar y energía recibida en la Tierra, sea prácticamente lineal.

Para ilustrar los cambios del clima que se han dado en todas las escalas de tiempo, a lo largo de la historia de la Tierra, tenemos además de las cinco grandes glaciaciones, cuyo último evento ocurrió en el Cuaternario, dos situaciones antagónicas y recientes: una, la “pequeña glaciación” asociada a un periodo frío ocurrido entre 1550 y 1850, en el que se presentaron tres picos fríos (1650, 1770 y 1850), pequeña edad del hielo acompañada de lluvias que coincidió con un período de baja actividad en las manchas solares. Y dos, el actual “calentamiento global” un efecto invernadero de celeridad excepcional ocurrido en los últimos 50 años, en el que la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera ha alcanzado un nivel sin precedentes en los últimos de 500 mil años, fenómeno cuya característica fundamental es la ocurrencia de eventos climáticos extremos.

Para mostrar el alcance de la actual problemática, dos escenarios. El Ártico, está en peligro por el calentamiento global: el fenómeno facilita actividades depredadoras que amenazan esta “última frontera”, tales como prospecciones petroleras, pesca industrial y tráfico interoceánico. Degradar dicho ecosistema, traerá consecuencias insospechadas como elevación del nivel del mar, erosión costera y temporales. Y la Amazonía, donde el cambio climático y la deforestación comprometen este ecosistema que alberga el 30% de la biodiversidad de la Tierra; allí donde la selva se transforma en sabana, los apetitos del mercado presionan por los recursos del tercer reservorio de materias primas estratégicas del planeta, después del Oriente Medio y la Antártida. La degradación de la Amazonía traerá consecuencias trágicas para los pueblos indígenas que la habitan y para la biodiversidad, además de severas afectaciones climáticas globales.

[Ref. La Patria. Manizales, 20014.08.4]

## 10.6. DESDE EL OAM: SOBRE NUESTRA LABOR

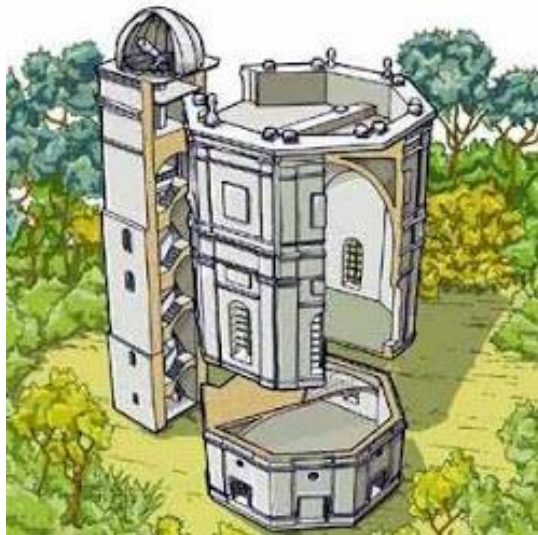


Figura 10.8. Sede Histórica del Observatorio Astronómico Nacional. OAN de la U.N.  
de Colombia

**A- El quehacer de los astrónomos en Colombia.**

Apreciados amigos de la astronomía: cuando nos preguntamos quienes hacen la astronomía en Colombia, donde muchos aplicamos en la difusión de esta ciencia, creo debemos empezar por señalar las personas que lideran los procesos del conocimiento desde la investigación y la docencia formal en razón a la natural dificultad que se encara en estas dos funciones de naturaleza eminentemente académica, y donde son pocos los actores dada la complejidad de las ciencias físicas y exactas que en la astronomía se involucran.

Para empezar, habiendo atinado al incursionar en el importante terreno de la cosmología donde no tenemos limitaciones como país en desarrollo, debemos reconocer que si en algo andamos mal en Colombia es en la investigación científica y tecnológica orientada a temas tan estratégicos como la astronomía atmosférica de importancia para los asuntos del clima en el medio tropical andino, y en la ingeniería aeroespacial de cara al precario desarrollo satelital, dado que a pesar de poseer órbita geoestacionaria mantenemos un notable rezago en el campo de las comunicaciones y de la cartografía temática y de detalle de la geografía nacional.

Entonces, para iniciar el balance con optimismo empecemos con la docencia formal, donde vale la pena subrayar el esfuerzo de la Universidad Pública de Colombia con dos programas estratégicos: el recién creado pregrado de astronomía de la Universidad de Antioquia, donde Jorge Iván Zuluaga aparece como actor de indiscutible desempeño al lado de otros colegas que lo acompañan, y el posgrado en Astronomía de la Universidad Nacional de Colombia que desde la Facultad de Ciencias ofrecen los compañeros del Observatorio Astronómico Nacional OAN, varios de ellos con actividades científicas necesarias para su actual proceso de formación en el nivel de doctorado. Ahora, no digo lo mismo en el terreno de la investigación, ya que con preocupación se encuentra que

Colciencias a la fecha solamente reporta cinco grupos de investigación en Astronomía y cuatro grupos de investigación en Ingeniería Aeroespacial, de los cuales solamente el de Alberto Quijano de Pasto aparece en categoría A, y del cual esperamos que la alta eficiencia comprobada en su depurada técnica observacional, se nutra con el valor agregado que ofrece la dinámica celeste para procesar dicha información.

Los cinco de Astronomía son: dos grupos de la Universidad Nacional de Colombia: uno en categoría B a cargo de Juan Manuel Tejeiro, en Astronomía, Astrofísica y Cosmología, y uno categoría B a cargo de José Antonio Uribe en Astronomía Galáctica (Cumulas Estelares); dos grupos de la Universidad de Nariño: uno categoría B que dirige Armando José Quijano en Arqueoastronomía y Etnoastronomía y otro categoría A en Astrofísica que dirige Alberto Quijano en Pasto; y finalmente el grupo de la Universidad de Los Andes a cargo de Alejandro García, categoría D, en Astrofísica.

Y los cuatro de Ingeniería Aeroespacial son: dos grupos de la Universidad San Buenaventura: uno categoría B trabajando en Motores de Combustión y dirigido por Arnold Escobar, y el de CyT Aeroespacial en categoría D a cargo de Jaime Alberto Escobar; el grupo de la Universidad Eafit en Sistemas de Control a cargo de Carlos Mario Vélez y en Categoría C; y por último un grupo de la Universidad Sergio Arboleda en categoría D dirigido por Oscar Elías Herrera que investiga en Desarrollo Tecnológico y Ciencias del Espacio.

Ed. RAC 569 /25/06/2010.

## **B- Astronomía en Colombia: procesos y regalías**

Cuando se subraya el trabajo de divulgación de la Astronomía que se hace en Colombia por un alto funcionario de la Unión Astronómica Internacional como Pedro Russo, quien tuvo a su cargo la Coordinación del Año Internacional de la Astronomía 2009 y fuera invitado al XII Encuentro de la Red de Astronomía de Colombia RAC que acaba de celebrarse en Barrancabermeja bajo la Dirección del Ing. Ronals Chinchilla y con el Astrónomo Germán Puerta como Presidente de esta organización que congrega astrónomos aficionados, autodidactas y profesionales del país, vale la pena mostrar las evidencias de importantes procesos que vive Colombia en dicha materia, sin perder de vista la dimensión de los retos para una astronomía que parte de multitud de grupos con denominaciones que barren el alfabeto, el cielo y la historia, con nombres como Acda, Almagesto, Anic, Antares, Asasac, Asafi, Astrocéneca, Astrojóvenes, Astronomía Autodidacta, Apollo, Carl Sagan, Ceaua, Eac, Equinoccio, Francisco José de Caldas, Galileo Galilei, Gece, Julio Garavito Armero, Kepler, Orión, Pleyades, Urania-Scorpus, entre muchos otros.

Tras haber celebrado este año la décimo cuarta versión del tradicional Festival de Astronomía en Villa de Leyva de cada febrero, el tercer Festival de la Luna en Chía a mediados de mayo y la cuarta Fiesta de Estrellas en La Tatacúa iniciando Julio; o tener eventos en el Observatorio Astronómico Nacional OAN como el primer “Concurso Nacional Vive la Ciencia, Vive la Astronomía”, sus conferencias internacionales y otras actividades como la Semana Lunar de abril, además de la primera Escuela Colombiana de Relatividad Numérica efectuada en julio y de la Escuela de Astrofísica Extragaláctica y II Congreso Colombiano de Astronomía, ambos a principios de este mes, en otros lugares se van dando más hechos y van apareciendo noticias sobre nuevas actividades y programas por doquier, que podrían pasar ahora a planos de mayor nivel de desarrollo dada una nueva oportunidad que surge para los entes territoriales e instituciones de Colombia, en virtud de las dinámicas que se alimentarán de los nuevos recursos provenientes de las regalías y cuyo acceso demandará la formulación de proyectos bien estructurados y de alto impacto, asuntos para los que la labor de la Comisión

Colombiana del Espacio CCE y de los nuevos gobernantes resultará fundamental, pero que no sustituirá la responsabilidad de quienes hacemos por la Astronomía en cada región.

Entre varios asuntos que confirman el ambiente de la astronomía que vive país, señalo entre las nuevas noticias las de la Asociación de Astrónomos de Antioquia SAA invitando al Star Party Antioquia a realizarse en Jericó del 26 al 28 de agosto, por apostarle al turismo científico en las circunstancias exitosas de los hechos señalados, y la que también entrega el 8 de agosto anunciando becas para estudios de pregrado en Astronomía en el programa de la Universidad de Antioquia, hecho que resalta el Astrónomo Benjamín Calvo del OAN felicitando a la SAA por semejante logro al añadir que “ojalá otros actores privados se unan al otorgamiento de becas sobre todo en los posgrados pertinentes a la astronomía en el país”; y todo eso además de la que recibimos desde el Centro Halley de la Universidad Industrial de Santander cuando anuncia la próxima inauguración de un pequeño Planetario para Bucaramanga con cúpula de 7 m al pedir la sede del Encuentro de la Red de Astronomía de Colombia RAC 2012. Pero así y todo, entre tanto, mantendremos la idea de que las metas para la CCE donde se contempla el necesario apoyo a nuestras actividades regulares, y por lo tanto las de la astronomía profesional y de las agencias del Estado, deben ir más allá apuntando a las problemáticas estructurales y de fondo como las que hemos señalado en este espacio (satélites, órbita geoestacionaria, climatología, cartografía y comunicaciones), con programas y proyectos de largo aliento y envergadura.

Con lo dicho, solamente muestro algunas aristas de esos procesos ciertos que reconoce la Unión Astronómica Internacional en Colombia, a los que le dan cuerpo instituciones como la Biblioteca Departamental Jorge Garcés en Cali, Maloka, la Fundación Discovery, el Observatorio de la Sergio Arboleda, el Planetario de Bogotá, la Fundación Julio Garavito, el Parque Explora de Medellín, el Observatorio Astronómico de la



Universidad de Nariño, el Planetario y Observatorio Astronómico de la UTP, y el OAM y Samoga de la UN sede Manizales, entre otros centros y fundaciones, en su mayoría articuladas por la RAC, así esta funcione como organización de hecho al no haberse constituido en persona jurídica dado el precario soporte económico que se destina desde los sectores institucionales y empresariales a la gran mayoría de sus otros miembros, pero que de alguna manera en conjunto apalancan con el citado ambiente cultural que mantienen a lo largo y ancho de Colombia, el puntal necesario para que la Nación pueda en poco tiempo desencadenar dichos desarrollos que reclama la sociedad y otros de fondo, entrando a la investigación para el desarrollo científico y tecnológico de la astronomía y las ciencias aeroespaciales de Colombia.

Desde el OAM, Ed. RAC Circular 623 <http://oam.manizales.unal.edu.co>

### **C. Por una red de astrónomos profesionales para Colombia**

En estos días cuando estamos clausurando el Año Internacional de la Astronomía IYA 2009 y luego de haber logrado desplegar multitud de labores muchas de las cuales presentamos en estas Circulares RAC, también debemos reflexionar un tanto sobre la razón de ser de la Red de Astronomía de Colombia y sobre la necesidad de blindarla como una organización de hecho que ha logrado reunir a la gran mayoría de los astrónomos aficionados y autodidactas del país, pero igualmente que ha convocado a pocos de los no muchos profesionales de esta ciencia.

Sin vacilaciones deberemos empezar por reconocer la falta de una asociación de astrónomos profesionales en Colombia como complemento natural para la misión que se ha propuesto la RAC en esta difícil y larga tarea de construir una ciencia para la Nación: una y otra surgidas de forma autónoma y libre, serían dos organizaciones independientes nacidas desde la sociedad civil, comprometidas con la astronomía en y para Colombia, y con funciones diferentes pero complementarias.

Mientras la existencia de la RAC se explica mejor por la necesidad de reconocernos desde la astronomía, de compartir experiencias y saberes resultado de las actividades y espacios que se abren y construyen entre nosotros, por la necesidad de constituirnos en red de actores interesados en la apropiación social de la ciencia y la tecnología, de actuar como colectivo para endogenizar esta ciencia o para conocerla, urge la necesaria conformación de una organización de astrónomos profesionales e investigadores, como complemento estratégico para alcanzar otros objetivos que están más allá de nuestra capacidad, pero que le dan sentido y continuidad a nuestras labores de fomento, educación y difusión científica en la base, creada por fuera de la RAC como instrumento necesario y autónomo para el intercambio de científicos, la conformación de grupos y redes de investigadores aplicados a la astronomía y ciencias afines, y sobre todo, para contribuir con nosotros a la creación de una visión sobre ciencia que le dé respuestas e identidad a la Nación.

Con esta asociación, más que importante necesaria, ahora que existen el programa de pregrado de la Universidad de Antioquia y de maestría en la Universidad Nacional de Colombia podemos transformar en una valiosa oportunidad para la astronomía en Colombia lo que ayer se denominaba fuga de cerebros y se calificaba de grave pérdida de capital humano, para bien de sus graduados. Ciertamente situaciones e historias de vida como las de Adriana Ocampo, Alberto Rodríguez, David Ardila y Jaime Forero entre más, son hoy una consecuencia natural de la apertura del mercado en un mundo globalizado para países como Colombia, donde faltan escenarios idóneos para la investigación.

Y la creación de esta nueva asociación no significa que unos salgan de aquí para ella: simplemente se podrá participar en ambas o en una de ellas de acuerdo a nuestro perfil e interés. Igualmente, habrá eventos y temas diferentes a los que algunos podremos asistir como pares académicos y otros a los que no en virtud de nuestra formación, e igualmente otros programas que no serán del interés de todos. Algunos afiliados de la organización astronómica de complemento, de seguro serían miembros de la RAC. Si de algo debemos estar seguros, es de que con o sin personería jurídica existimos y

logramos hacer cosas, de que no en vano llevamos a cuesta doce años de labores casi todas silenciosas a lo largo y ancho del país, y de que hemos mantenido una presencia cuyo reconocimiento internacional se ha materializado y puesto en evidencia durante el IYA 2009, gracias a la meritoria gestión de nuestro Presidente José Roberto Vélez y al esfuerzo de todos.

Ed. Circular RAC 543. December 4, 2009.

### **D Procesos para una astronomía que le aporte a Colombia**

En la última semana de julio se ha validado el Plan Nacional de Desarrollo Tecnológico en Astronomía 2011-2030, un documento rector que se elabora en el Marco del Plan Estratégico 2009-2012 de la Comisión Colombiana del Espacio CCE por el Grupo de Astronáutica, Astronomía y Medicina Aeroespacial liderado por la Fuerza Aérea Colombiana y en el que participa la RAC, una de las siete subcomisiones cuyas que se propuso trazar los lineamientos de la política y acciones gubernamentales requeridas para integrar los esfuerzos de la comunidad astronómica colombiana, orientando el quehacer de los diferentes actores institucionales, empresariales y académicos que hacemos por esta ciencia, para coordinar y fortalecer objetivos con los de otras organizaciones que crean sinergias en este campo, trazados en función de las necesidades y oportunidades de la Nación.

Vale la pena recordar que las siete subcomisiones de la CCE son: Telecomunicaciones, Navegación Satelital, Observación de la Tierra, Gestión del Conocimiento, Asuntos Políticos y Legales, Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales, y Astronáutica, Astronomía y Medicina Aeroespacial.

Ya habíamos señalado la importancia de la CCE como organización clave creada en julio de 2006, mediante Decreto Presidencial para el fortalecimiento sectorial y la

competitividad de Colombia, a la que se le encomendó establecer las prioridades y estrategias a corto, mediano y largo plazo con los diferentes programas y proyectos que requiere el país, por lo que habíamos apuntado sobre la importancia y posibilidades de la Astronomía y sus áreas afines, como factor de desarrollo para implementar las tecnología espaciales que se demandan en el desarrollo social, económico y cultural de Colombia argumentando la necesidad de aplicarnos en temas cruciales, como son la deficiente cartografía temática y de detalle y la falta de medios de telecomunicaciones que salven montañas y llanuras e integren la ruralidad, dos temas para los cuales abogamos por un satélite con aptitud y utilidad para lo que la opción que haga uso de nuestra órbita geostacionaria difiere de otra con órbita polar, además de avanzar en los asuntos del clima para los cuales contamos ayer con el eficiente Servicio Meteorológico Nacional y para lo que hemos reclamado crear un desarrollo propio en vez de optar por privatizar el IDEAM, para no correr el riesgo de dejar sin monitoreo climático escenarios no rentables de la patria severamente amenazados por el calentamiento global, como son páramos, costas y selvas.

El importante trabajo emprendido por el citado Grupo como subcomisión de la CCE, empieza por reconocer como primer ente científico del país al Observatorio Astronómico OAN fundado en 1803 en el marco de la Botánica de Mutis, institución cuyo aporte empieza por cultivar la astronomía y explorar puntualmente el territorio patrio durante sus primeras décadas, continúa luego con la formación en geodesia astronómica para los ingenieros responsables de implementar la red de apoyo requerida para la cartografía del país, desde época donde sobresale como contemporánea a esa fructífera actividad profesional la emblemática Corográfica de Codazzi (1850-1860) a mediados del S XIX y vinculada a ella la investigación en mecánica celeste de Julio Garavito Armero (1865-1920) a principios del S XX.

Entonces la ciencia Astronómica en Colombia como tal y de forma sistemática, se acomete en Colombia apenas cuando se reconoce la importancia de las disciplinas para

abatir el modelo de dependencia tecnológica en América Latina, cuando a partir de la Reforma Patiño se crea la Facultad de Ciencias en la U.N. y se le adscribe el OAN en 1965, institución que en 1998 facilita la creación del programa de Especialización en Astronomía de la UN como primer programa académico en esta disciplina en el país, la que soporta el programa de Maestría en Astronomía que en 2002 ofrece el OAN de la U.N., hechos que por ser los más relevantes, finalmente permiten inferir el precario desarrollo de la Astronomía y las ciencias del espacio en Colombia.

Dado lo anterior y gracias también al esfuerzo de otras instituciones académicas, hoy existe en Colombia un pequeño grupo de astrónomos que hace por una investigación apenas marginal y para la cual se requieren mayores recursos humanos e instrumentarles, necesarios para hacer viable el desarrollo científico y tecnológico de la astronomía y la aeronáutica, articulando temas que van más allá de la astronomía observacional, la cosmología, la astrofísica, el análisis numérico, la simulación, la instrumentación, e incluso la educación y divulgación científica y tecnológica, campos que son nuestras mayores fortalezas así falte incrementar los índices de productividad académica, imbricando campos con los que se requiere mayor nivel de interacción entre comunidades científicas, para entrar con masa crítica a los terrenos de la astronomía atmosférica, la geofísica y el análisis de señales, como de la física y la química aplicadas a diferentes problemáticas, además de penetrar las geociencias en el ámbito planetario o la logística y el derecho espacial; o para desarrollos en telecomunicaciones e informática, o en medicina espacial y astrobiología por ser campos importantes para el estudio de la vida en condiciones extremas; y en diseño, robótica y aeronáutica. Conclusión, tenemos un campo inmenso por explorar.

Ed. Circular RAC 621. Agosto 1 de 2011.

## Lecturas complementarias

*Sinergia y pertinencia en las ciencias básicas*

*Descubrir el universo desde Colombia*

*COP 23, la cumbre del clima en Bonn*

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
(1867-2017)



## GUÍA ASTRONÓMICA

Gonzalo Duque-Escobar

MANIZALES, 2017

<http://www.bdigital.unal.edu.co/1700/>

Anexo 1: [Agua y Clima](#)

Anexo 2: [Calentamiento global en Colombia](#)

Anexo 3: [Aspectos geofísicos y amenazas naturales en los Andes de Colombia.](#)

Anexo 4: [El camino a las estrellas.](#)

Anexo 5: [Isaac Newton](#)

Anexo 6: [Albert Einstein](#)

Anexo 7: [Stephen Hawking](#)

Anexo 8: [La Luna](#)

Anexo 9: [Manual de geología para ingenieros](#)

Anexo 10: [Cultura y Astronomía \(C&A\)](#)

Anexo 11: [Economía para el constructor](#)

Anexo 12: [Textos “verdes”](#)

[El Autor](#): Gonzalo Duque-Escobar

**HOME:**

<http://www.bdigital.unal.edu.co/1700/>

CONTENIDO: PRESENTACIÓN. GUÍA Nº 1. HISTORIA DE LA ASTRONOMÍA. GUÍA Nº 2. COORDENADAS ASTRONÓMICAS. GUÍA Nº 3. ELEMENTOS DE MECÁNICA PLANETARIA. GUÍA Nº 4. TIEMPO Y CALENDARIOS. GUÍA Nº 5. EL SISTEMA SOLAR. GUÍA Nº 6. SOL, LUNAS Y PLANETAS. GUÍA Nº 7. COSMOGRAFÍA. GUÍA Nº 8. ELEMENTOS DE ASTROFÍSICA. GUÍA Nº 9. LAS ESTRELLAS. GUÍA Nº 10. LAS GALAXIAS. GUÍA Nº 11. EL UNIVERSO. GUÍA Nº 12. TEORÍAS COSMOGÓNICAS. GUÍA Nº 13. ASTRONOMÍA EN COLOMBIA. BIBLIOGRAFÍA

**A la Universidad Nacional de Colombia en sus 150 años.**