



11.1. INSTRUMENTOS PARA OBSERVAR ASTROS

Supuesta la inmensa distancia que nos separa de los cuerpos celestes, **el ojo humano** es un instrumento insuficiente para proporcionarnos una visión detallada del Universo. Por ello resulta prodigioso que el hombre, antes de la invención del telescopio, llegara a medir con gran exactitud los movimientos de los astros, calcular los eclipses, intuir la estructura del sistema solar y a determinar las leyes que rigen sus órbitas.

11.1.1 Telescopios

Pero fue a partir de la invención del telescopio, a comienzos del siglo XVII, cuando el observador del cielo encontró el instrumento capaz de acercarle los astros, y cuando la ciencia del cielo progresó con rapidez.

Un telescopio astronómico puede ser, fundamentalmente, de dos tipos: de lente (**refractor**) o de espejo (**reflector**). El primero está formado por una gran lente (objetivo), que recibe la luz de cualquier objeto luminoso y concentra su imagen en un punto (el foco), situado a determinada distancia F -la existente entre el centro óptico de la lente y el punto en el cual se forma la imagen de un objeto muy alejado-; una segunda lente, mucho menor, amplía los detalles de la imagen formada por el **objetivo**. En el reflector, el objetivo no es una lente, sino un espejo cóncavo, que concentra la imagen también en un punto focal; el **ocular** es siempre una lente que amplía esta imagen. Cabe destacar que cuanto mayor es el objetivo (lente o espejo), más luminosa y mejor definida es la imagen; cuanto más larga es la distancia focal F , mayor es el aumento, pero menor la luminosidad. Lo mismo ocurre con los oculares: un ocular amplio, da una imagen muy luminosa pero poco aumentada; un ocular de foco corto proporciona grandes aumentos, pero la imagen es más oscura y menos nítida.

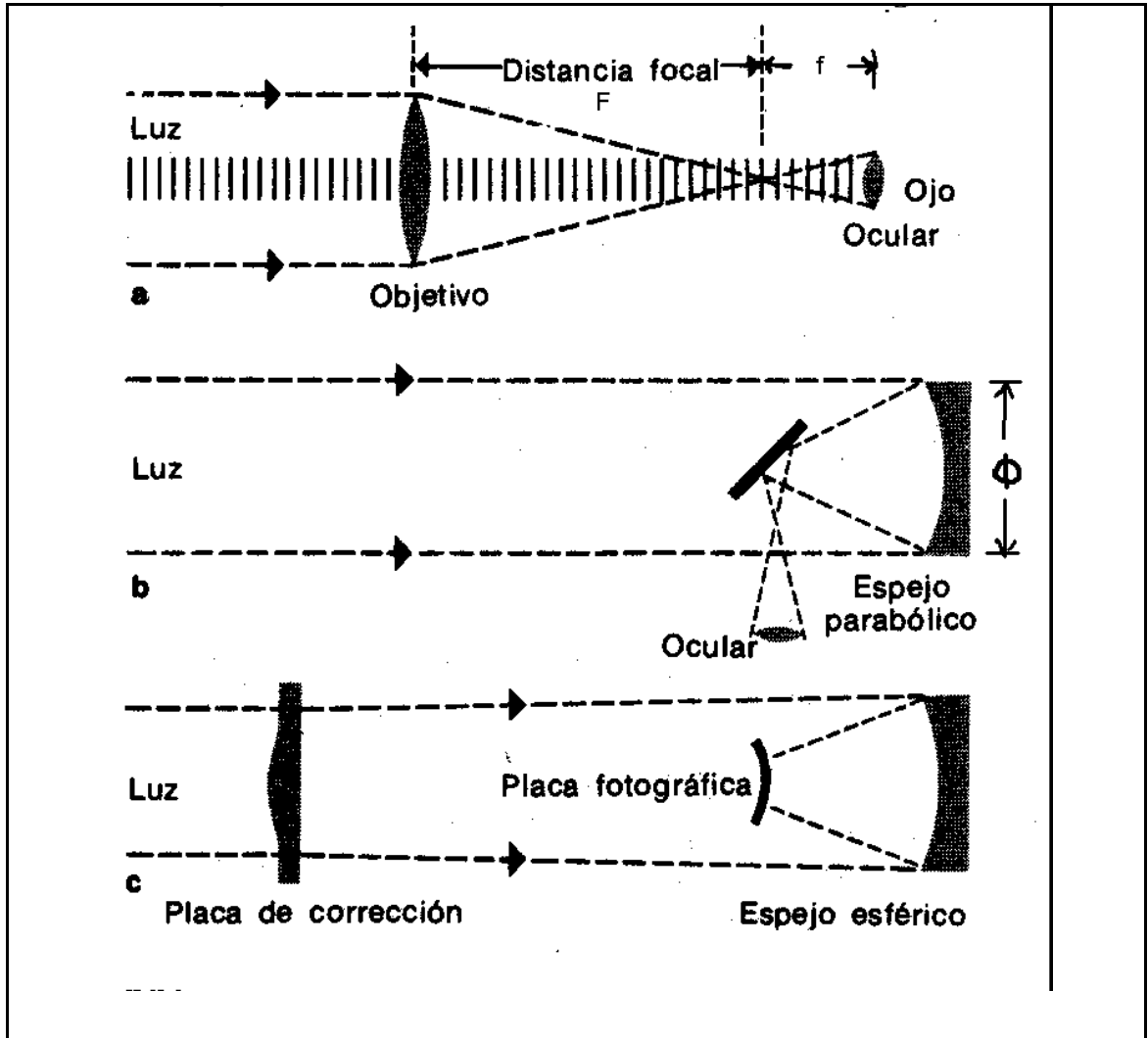


Figura 11.1. Principales clases de telescopios: arriba, Telescopio de Galileo o refractor (objetivo de lente); centro, Telescopio de Newton o reflector (espejo parabólico); abajo, cámara de Schmidt, espejo de gran campo de visión, gracias a la placa de corrección y a la lente de curvatura esférica. Fuente: Diccionario Rioduero. Física del Espacio.

Gonzalo Duque-Escobar

Si la distancia focal del objetivo es F y la del ocular f , y si el diámetro del objetivo es f , de **dos parámetros** depende la capacidad de un telescopio: de los aumentos y de la razón focal.

Los aumentos son $A = F/f$

La razón focal es $R = F/f$

Si un telescopio de lente presenta valores de $F=900$ mm y $f = 60$ mm, y posee dos oculares, uno de $f=22,5$ mm y otro de 45 mm, el largo del tubo debe ser cercano al metro y su lente es de 6 cm. La Razón focal es $R = 900/60$ es decir $R=15$ y los aumentos dependerán del ocular que se utilice: para el primero, $A= 900/22,5 = 40X$ y para el segundo ocular, $A = 900/45 = 20X$.

Con el primero se observarán imágenes más grandes y con el segundo imágenes más luminosas. Además el máximo aumento para observación terrestre, es el resultado de multiplicar por 13 el número de centímetros del diámetro del objetivo, o por 26 si es para observar imágenes luminosas y bien contrastadas. Para el caso anterior, el máximo valor de los aumentos es $A = 13 \times 6 = 78X$ (que se lee 78 veces) o el doble de aumentos, si es para imágenes bien contrastadas.

Montajes de telescopios: la función del montaje del telescopio es doble. Primero, debe mantener firmemente fijo el telescopio en todas las condiciones, para que la imagen grandemente ampliada pueda contemplarse y fotografiarse. En segundo lugar, tiene que haber un medio sencillo de mover el telescopio, de modo que éste pueda seguir a la estrella en su movimiento aparente a través del firmamento, debido a la rotación de la Tierra.

Montaje **altacimut**: es el más simple, para medir la altura de los cuerpos celestes. El telescopio va montado sobre dos ejes, uno vertical y otro horizontal. Alrededor del segundo, el telescopio da vueltas de campana. La rotación del telescopio alrededor de su **eje vertical**, se realizará barriendo el acimut en el horizonte, para permitir levantar y bajar el telescopio de altura, entre el cenit y el nadir. Sistema similar al del teodolito.

Montaje **ecuatorial**: si movemos el eje vertical hasta que sea paralelo al eje de la Tierra y lo fijamos en ese ángulo, bastará la rotación del telescopio alrededor de este eje (el eje polar), para permitir al observador seguir esa estrella. Hecho este basculamiento, el que antes era el círculo horizontal, se transformará en un círculo paralelo al ecuador de la Tierra. Generalmente, el montaje lleva acoplado un motor para hacer girar el telescopio alrededor del **eje polar** a la velocidad exacta de la rotación de la Tierra, para eliminar el movimiento aparente de las estrellas. Se puede disponer también de relojes solares y lunares, a fin de sostener ambos astros en la visual.

Radiotelescopios: antenas que actúan como espejos parabólicos, cuya curvatura es de la forma $Y = x^2/F$. La superficie reflectante reúne las ondas de radio en el foco, igual que un espejo óptico. Un dipolo o una antena de bocina, recoge allí la radiación y la envía al

amplificador del telescopio. Estos aparatos, destinados a captar radiaciones de grandes longitudes de onda a menudo se construyen de malla de alambre.

Radiointerferómetro: instrumento que mejora el poder de resolución de las radioantenas. Consiste en dos (o más) radiotelescopios, situados a la mayor distancia posible entre sí. Ambos instrumentos van conectados a un receptor. Al pasar una radiofuente por el meridiano, las ondas reflejadas por ambos espejos crean, por interferencia, una serie de reforzamientos y extinciones en el receptor, que permiten localizar una radiofuente, con una exactitud que supera la de un sólo espejo.

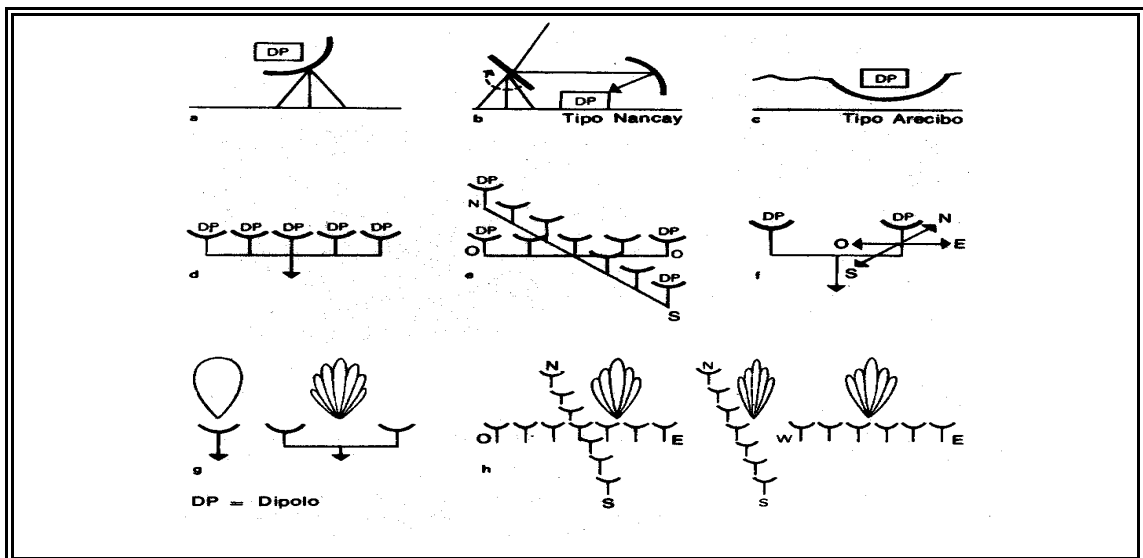


Figura 11.2. Radiotelescopios: radio telescopios de pantalla parabólica con antena(dipolo) en el foco, o como sistemas de antenas, que puede conformar un interferómetro para aumentar su poder de separación. Fuente: Diccionario Rioduero. Física del Espacio.

En la fig. 11.2, se muestran las configuraciones de varios instrumentos:

- a, de espejo parabólico, diámetro hasta 100m, buena sensibilidad pero demanda buena superficie para separar.
- b y c, instrumentos de paso con 1 o 2 antenas reflectantes, diámetro en Arecibo 305m. Una bandeja esférica o dos antenas reflectantes
- d, redes de difracción lineales, la base puede extenderse entre continentes. Gran poder de separación.
- e, Rejilla de alambres en cruz. c/u 1600m. Gran poder de separación y poca sensibilidad.
- f, Apertura Synthesis, dos pequeñas antenas conectadas que se desplazan sobre un riel. gran poder de separación y tiempo largo de observación.
- g y h, interferómetros con antena individual (baja separación) y con doble antena (alta separación).

Los potentes telescopios, **Cerro Tololo** en Chile (4m), **Herschel** en las Canarias, (4.2m), **Hale** de Monte Palomar en Pasadena (5 m), el de **Zelentchukaskaia** en el Caucazo (6 m) y el **Keck** del Mauna Kea en Hawai (10 m), parecen insuficientes, aunque existan los grandes radiotelescopios, como el de **Arecibo** en Puerto Rico (305 m) y el del **Caúcaso** en la ex URSS (600 m). Ya se procura el envío de sondas al espacio (Voyager, Viking, Venera, etc.), y aún el de telescopios que superen la barrera de la atmósfera, como el telescopio **Hubble** de 2 metros de diámetro y 12 de longitud, pretendiendo alcanzar, desde una órbita de 600 m de altura, el tejido de expansión del Universo, con un alcance de 12500 millones de años luz, y cuyo nombre hace honor al más grande astrónomo del siglo. El próximo telescopio espacial, el Large Synoptic Survey Telescope (LSST), nueva generación de telescopio espacial de 8.4 metros,

Gonzalo Duque-Escobar

prevista para el segundo lustro del siglo, alcanzará la magnitud 24 en unos 10 seg de exposición, gracias a una cámara CCD de 2,3 Giga píxeles de 10 micrones.

La **Estación Espacial Intemacional** ISS orbitando a 26 mil km/h entre 355 y 460 401 Km de altura, es el ingenio humano que sucede a la MIR para el soporte de operaciones científicas en misiones de larga duración y un punto de salida de multitud de señales de radio y TV. Lanzada en nov de 1998 puede ser observada a simple vista y a primera hora de la noche y al amanecer, desde gran parte de la Tierra. De aquí al año 2005 se tendrán que realizar cerca de 45 viajes y 91 paseos espaciales, para completar la estación orbital. La inclinación de la órbita es de 51.6° , el período orbital, 90 min y las dimensiones al finalizar la tercera y última fase , 108m por 74 m y 415 ton.

11.1.2 Espectros

El espectro electromagnético: la energía radiante se propaga por ondas electromagnéticas a la velocidad de la luz ($c = 300.000$ kilómetros por segundo).

El espectro visible: cuando la luz atraviesa un medio de densidad variable o pasa de un medio a otro de diferente densidad (por ejemplo, del aire caliente al frío, o del aire al agua, o del agua a un cristal), se altera la velocidad del rayo de luz y el rayo se dobla o se refracta. Bajo ciertas condiciones esto resulta en un **desdoblamiento** del rayo de luz blanca en bandas de colores, - rojo, naranja, amarillo, verde, azul, morado y violeta-.

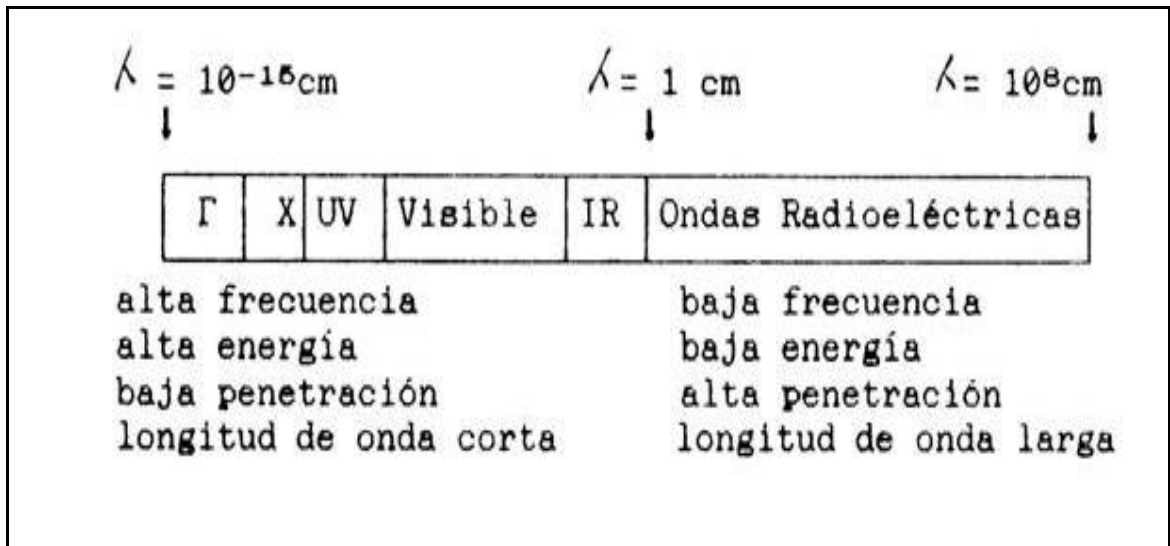


Figura 11.3. Espectro electromagnético: energía radiante desde la radiación gamma hasta las ondas de radar. Incluye rayos gamma, rayos X, radiación ultravioleta, toda la luz entre el azul y el rojo, el infrarrojo, y las ondas de radio corta y larga.

El arco iris es el resultado de unos de estos acontecimientos: un observador, de pie y de espaldas al Sol, que contemple una lluvia, ve el arco formado por la luz que atraviesa las gotas individuales de lluvia, donde se refracta, se disocia y se refleja hacia su ojo. El arco común o primario, rojo en la cara externa y violeta en la interna, se forma en las gotas de lluvia situadas en ángulo de aproximadamente 24° respecto a una línea imaginaria, que va del Sol a un punto del suelo delante del observador y que atraviesa el ojo de éste -un punto que es también el centro del arco-. Si el Sol está muy cerca del horizonte, el arco formará un semicírculo y cuanto más alto está el Sol en el cielo, tanto más plano será el arco, de tal manera que superando el Sol los 42° sobre el horizonte, no se verá arco iris alguno.

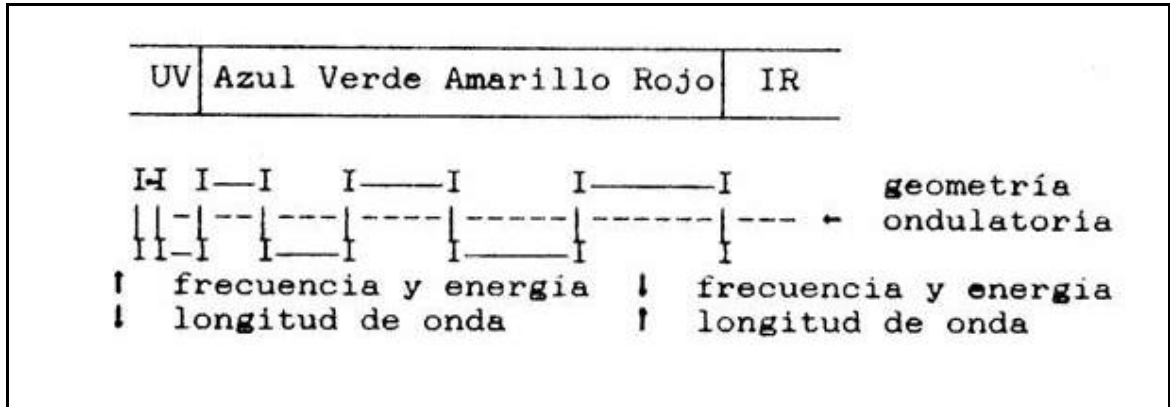


Figura 11.4. Variación de frecuencia y estructura de la luz blanca: la luz blanca se descompone en un conjunto de colores llamados primarios (azul, amarillo y rojo); cada uno de ellos con una frecuencia específica. El verde es la combinación de los dos primeros y el naranja de los dos últimos.

11.1.3. Líneas espectrales. Con el análisis del espectro de la energía radiante se puede conocer la temperatura, composición y velocidad radial de los objetos celestes. El calor informa de la temperatura. Los rayos espectrales oscuros o brillantes de los elementos y el desplazamiento del espectro, hacia el IR o el UV, de la velocidad según el efecto Doppler.

Espectro continuo: producido por cuerpos incandescentes sólidos o líquidos, así como por los gases a muy alta presión y gran temperatura, dan un espectro continuo sin rayas.

Espectro de emisión: los gases luminiscentes, a presiones o temperaturas más bajas, muestran rayas de emisión claras e individualizadas. Cada elemento químico emite su

propia serie de rayas. El espectro luminoso de cualquier gas, revela su composición química.

Espectro de absorción: si la luz de cualquier cuerpo -que de suyo daría un espectro continuo- atraviesa un gas a menor temperatura, aparece sobre el continuo una serie de rayas oscuras (rayas de absorción o de Fraunhofer), precisamente en aquellas longitudes de onda para las que el gas, radiante él sólo, habría generado rayas de emisión. Esto vale para la mayoría de las estrellas y para el Sol, donde los rayos luminosos que provienen de zonas más profundas atraviesan capas externas frías y generan allí las rayas de Fraunhofer.

En el interior de las estrellas, donde reinan presiones y temperaturas muy altas, abundan los electrones libres. Como las órbitas a las que saltan los electrones son muy diversas, el espectro es en principio continuo. Aparte del hidrógeno están también otros elementos más pesados y complejos, pero el principio es el mismo. En las capas más externas y frías de la estrella los átomos de hidrógeno, por ejemplo, toman aquellas cantidades de energía que necesitan para excitar sus electrones (para elevarlos por ejemplo, de la órbita 2 a la 3). De esta manera se forma una raya de absorción.

Según la Ley de Planck los objetos fríos emiten más el IR (infrarrojo) y los objetos calientes emiten más el UV (ultravioleta). Tan importante es la ecuación $E = hf$, donde h es la constante de Planck y f la frecuencia, como la ecuación de Einstein que alude a la misma magnitud: $E = mc^2$.

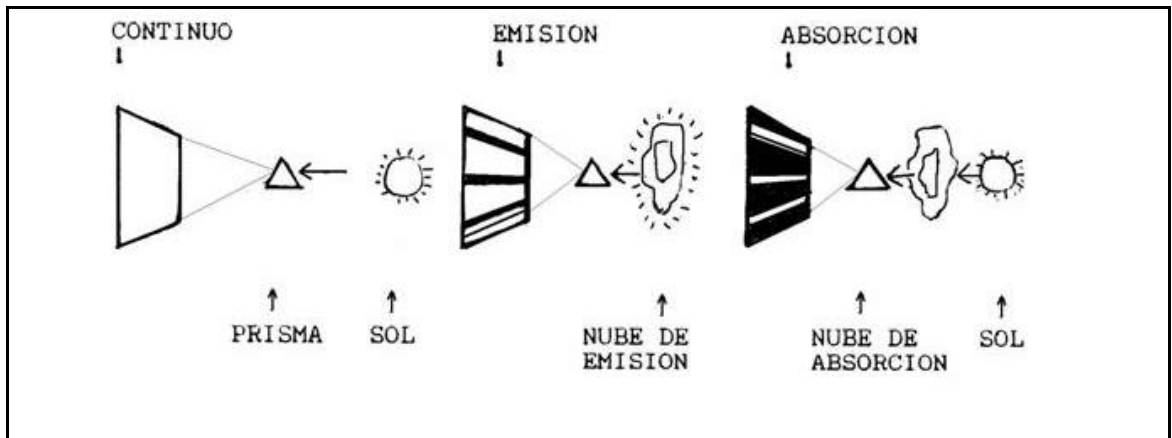


Figura 11.5. Tipos de espectros, según la fuente luminosa: de esta manera se ponen en evidencia e identifican sustancias gaseosas en las nubes interestelares.

Se entiende por radiación de un cuerpo negro la radiación electromagnética emitida por un cuerpo negro ideal. Es la cantidad máxima teórica de energía radiante de todas las longitudes de onda, emitida por un **cuerpo negro** a una temperatura determinada.

11.2. EFECTO DOPPLER

Supongamos un satélite enviando una señal luminosa. El efecto para un receptor inmóvil es similar al que se estudia en la acústica, que escucha el sonido, con una alta frecuencia cuando la fuente se acerca y con una baja frecuencia cuando ella se aleja.

Volviendo a la fuente luminosa en movimiento, si la frecuencia de emisión f_E es constante (? t no varía), la frecuencia de recepción si varía: en 1 es más alta y en 2 es más baja. Las

frecuencias recibidas f_R se modifican así: las distancias recorridas por el haz luminoso, A y a son crecientes cuando la fuente se acerca por la izquierda al observador, con lo cual $f_{R'}$ mayor que f_E (en aproximación). Después de pasar el satélite, sobre el observador, empezará a irse, de tal manera, que las distancias a la fuente como B y b se harán cada vez más largas; con ello la $f_{R''}$ será menor que la f_E (en alejamiento).

Sobra subrayar que la velocidad de la señal es constante al recorrer cualquier distancia entre la fuente y el receptor; en el caso c .

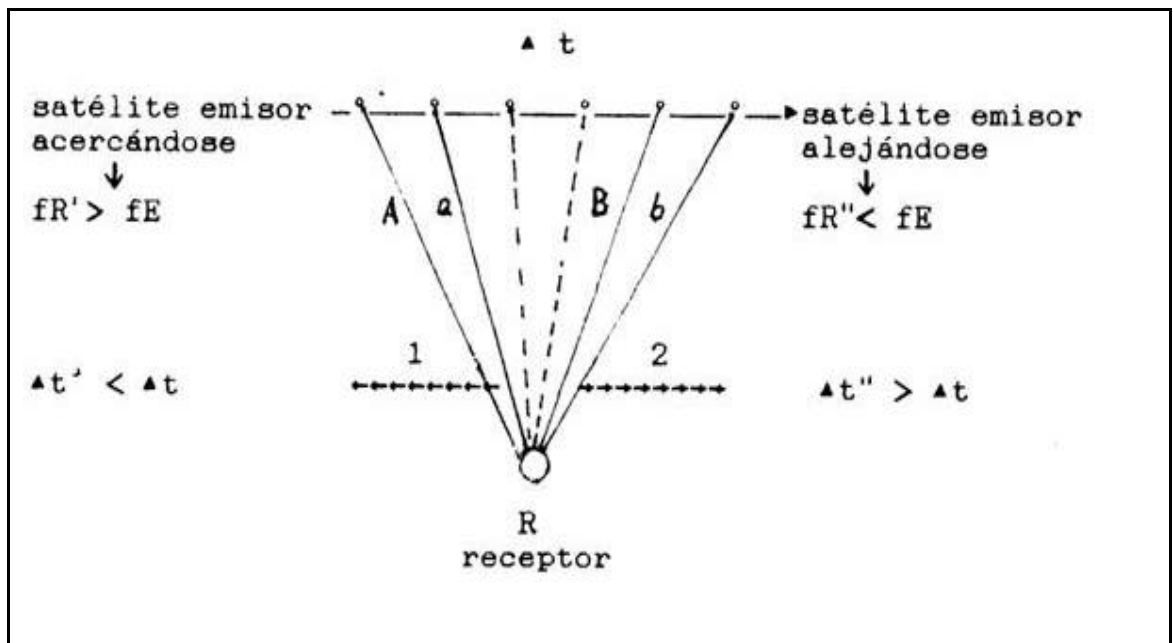


Figura 11.6. Efecto Doppler de una fuente luminosa: Satélite en movimiento que envía una señal luminosa a un receptor fijo R. Con Δt se señala el intervalo de tiempo entre pulsos de señales consecutivas. El inverso de Δt es la frecuencia.

- Cálculo de la velocidad de una estrella

Velocidad espacial de una estrella E vista desde la Tierra T: el vector de velocidad espacial, V_e , tiene dos componentes con relación a la visual del observador. Una en su dirección, V_R , y otra normal a ella, V_t . Se puede conocer la magnitud de la velocidad espacial o total V_e , si medimos las velocidades tangencial V_t y radial V_R . Aplicando Pitágoras:

$$V_e = (V_t^2 + V_R^2)^{1/2}$$

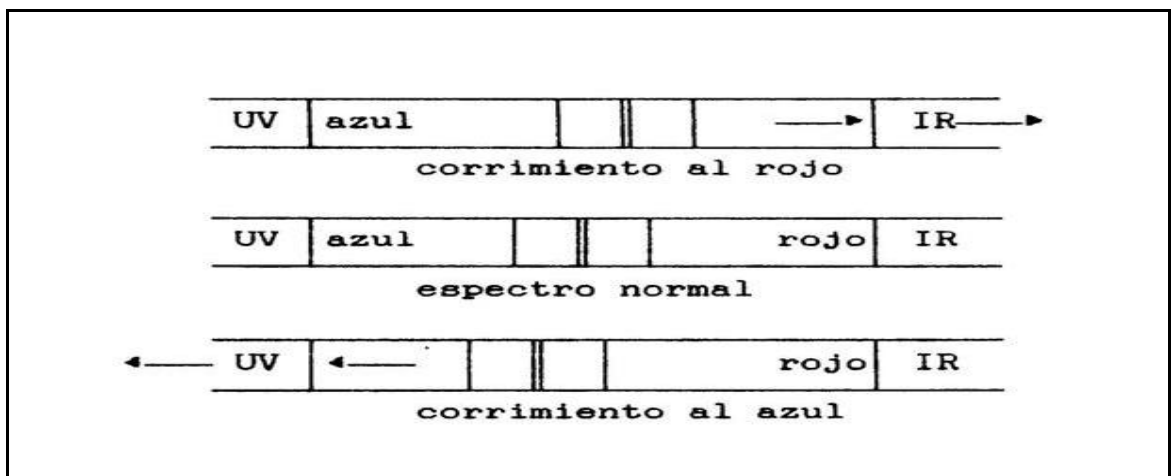


Figura 11.7. Corrimiento al rojo y al violeta: las líneas espectrales ponen en evidencia la magnitud y dirección de la velocidad radial de un astro. El espectro del centro no muestra corrimiento radial, el superior alejamiento de la fuente y el inferior su acercamiento..

VR se puede conocer por el desplazamiento del espectro al infrarrojo (rojo) o al violeta (azul), según el **efecto Doppler**.

Si un astro se aleja el espectro se corre al rojo, la magnitud del corrimiento depende de la magnitud de la velocidad radial VR. Si un astro se acerca el espectro se corre al azul, a mayor velocidad radial VR, mayor corrimiento de las líneas espectrales. La velocidad tangencial, **Vt** se conoce comparando fotografías de épocas diferentes que muestran el corrimiento angular de la estrella E, respecto a las estrellas lejanas. Para este cálculo se debe conocerse la distancia de la Tierra a la estrella TE, que se obtiene por el método de la paralaje.

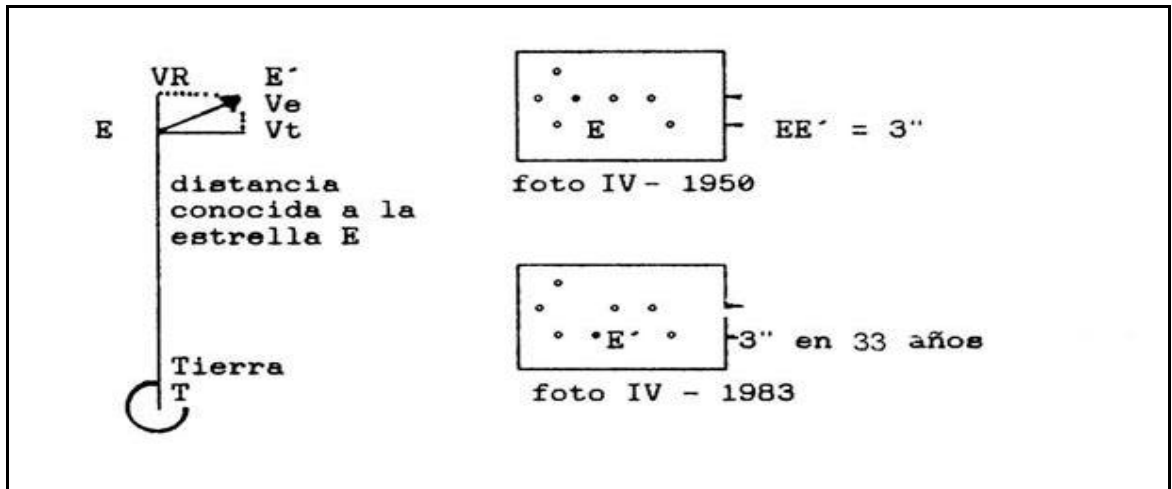


Figura 11.8. Velocidad tangencial de una estrella: .Obtenido por el cambio en la posición de una estrella cercana, con relación a las estrellas de fondo, al cabo de 33 años. La observación debe hacerse el mismo mes del año, para prevenir la paralaje.

11.3. ESTRUCTURA DEL UNIVERSO OBSERVABLE

Halley (1656-1742), concebía un Universo **eterno e infinito**; como prueba de ello se tenía, que al observar los astros "firmes" en el cielo, no era posible señalar punto alguno sobre el cual estuviese colapsando la materia. Tal colapso sería factible, si el Universo (inicialmente estático y extendido) tuviera límite o si la materia no estuviese distribuida homogéneamente en toda la extensión del espacio infinito.

Veamos:

Si el Universo tiene una densidad de masa ρ , una masa total M y un radio R infinito, la fuerza gravitacional (para un modelo esférico), estará dada por:

$$F = -G \times \frac{4}{3}\rho q R$$

Siendo $\rho > 0$, $R \rightarrow \infty$, y G la constante gravitacional, tenemos:

$$F = \infty$$

El valor infinito de F supone un tirón suficiente para colapsar el Universo, siempre y cuando no muestre una jerarquía en la distribución de masa, como se verá, cuando

$$q = a/R$$

Si:

$$q = a/R \text{ y } M = 4\pi \int_0^R a/R r^2 dr$$

Tenemos:

$$M = 4\pi a/R (R^3) = 4\pi a R^2$$

Luego: para R infinito, como $M = 0$ y $q = 0$, se evita el colapso.

11.3.1 La Paradoja de Olbers (1823)

Existe una contradicción denominada **Paradoja de Olbers**: si el Universo es infinito y la densidad de estrellas es uniforme "no debe existir noche, pero la noche existe". Las estrellas, según el concepto oficial de la ciencia, están ocupando el Universo sin conformar estructuras de orden mayor, que serían las galaxias, ni se habla de la expansión del espacio o de la contracción del tiempo, como ocurrirá en el siglo siguiente.

Se pueden tomar infinitas capas de Radio R separadas por un espesor ΔR despreciable. El número de estrellas en cada capa esférica aumenta con el cuadrado del radio, R^2 , y la luminosidad de cada capa, vista desde la Tierra, disminuye en intensidad con el cuadrado del radio, $1/R^2$.

<p>Vol = $4\pi R^2 \Delta R$</p> <p>($\Delta R \approx 0$ cuando $R \approx \infty$)</p> <p>Nº de estrellas por capa</p> <p>$N_i = f(R^2)$</p> <p>luminosidad de una capa</p> <p>$I_j = f(1/R^2)$</p> <p>Así el efecto luminoso de una capa cualquiera sobre la Tierra resulta compensado.</p> <p>Efecto $i =$ Efecto j</p> <p>(n) capas \rightarrow (n) efectos</p>	
--	--

Figura 11.9. El modelo de Universo para Olbers: separación de un Universo infinito, en capas esféricas concéntricas con la Tierra, de radio variable en ΔR .

Luego, si a una distancia R medida desde la Tierra, el número de estrellas para una capa se compensa con la intensidad de la luz emitida por ellas, el efecto luminoso de cualquiera de las capas, es el mismo sobre la Tierra. Supone ello que las infinitas capas se pueden reemplazar por el efecto de infinitas estrellas equivalentes en la capa primera, con lo cual la Tierra se debe incinerar.

La solución a la paradoja se da porque el Universo no es infinito y porque las capas lejanas hacen menor efecto luminoso que las capas cercanas sobre la Tierra, debido a la expansión relativa del Universo (efecto Doppler).

11.3.2 Termodinámica del Universo

El Universo muestra, desde el punto de vista termodinámico, dos contradicciones:

A. Desequilibrio termodinámico, pues siendo tan viejo no se esperaría en su fría y oscura extensión, la presencia de objetos calientes y brillantes. En este caso, por la segunda Ley de la Termodinámica, la ENTROPIA debe necesariamente aumentar y ello no está ocurriendo.

B. La energía que se emite es mayor que la energía absorbida. ¿Qué se hace el ? E? ¿Será el que se consume en la expansión? ¿Se convierte en nueva materia para mantener constante la densidad de galaxias?. En tal caso, el desplazamiento al rojo puede ser la parte

de energía perdida pues, de lo contrario, no se cumpliría la primera ley de la Termodinámica (conservación de la energía).

11.3.3. Forma del Universo

Su curvatura podría ser cero, positiva o negativa; en cada caso sus propiedades serían diferentes, como son diferentes los resultados en las geometrías asociadas a dichas curvaturas:

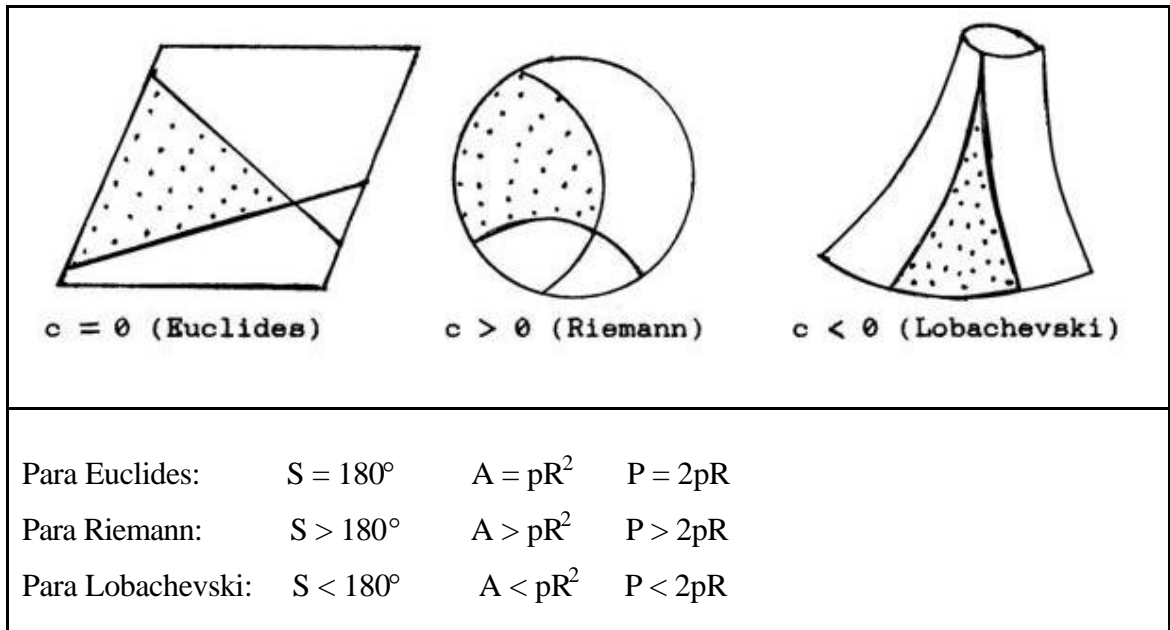


Figura 11.10. Universos continuos y bidimensionales: C es la curvatura, S la suma de los ángulos interiores en un triángulo, A el área de un círculo y P el perímetro de una circunferencia, de radio R.

Esto en dos dimensiones, pero el Universo tiene cuatro así: tres espaciales y el tiempo. Cualquier dimensión es ortogonal con las otras tres (todas lo son entre sí).

Si hoy se acepta que el Universo es finito e ilimitado, por su curvatura positiva (Riemann), es sólo una hipótesis, podría demandarse una geometría discontinua (no inventada) que explique mejor su forma.

Observaciones recientes confirman la ausencia de masa y energía en regiones del Universo, por lo que se supone una estructura una esponjosa del Espacio Tiempo, lo que sugiere un Universo con forma de pumita o esponja.

11.4. LEY DE HUBBLE

Este astrónomo toma fotografías de galaxias lejanas. Las más pequeñas y opacas muestran mayor desplazamiento al rojo que otras más grandes y brillantes con forma similar. Por la forma el tamaño real de las galaxias debería ser en promedio igual. Sólo la distancia a esas galaxias explicaría su tamaño y brillo variables en las fotografías, y sus diferentes corrimientos al rojo, velocidades radiales explicando un Universo en expansión relativista, que arrastra las galaxias.

Así el Universo está en expansión relativista y la constante de expansión de Hubble (H) es del orden de 65 Km/seg por Mpc (mega parsec). De por medio está la incertidumbre con

respecto a la densidad media actual del Universo. El rango dentro del cual se encuentra el valor de la constante, será el requerido para que cada 100.000 millones de años, se expanda entre un 5% y un 10%.

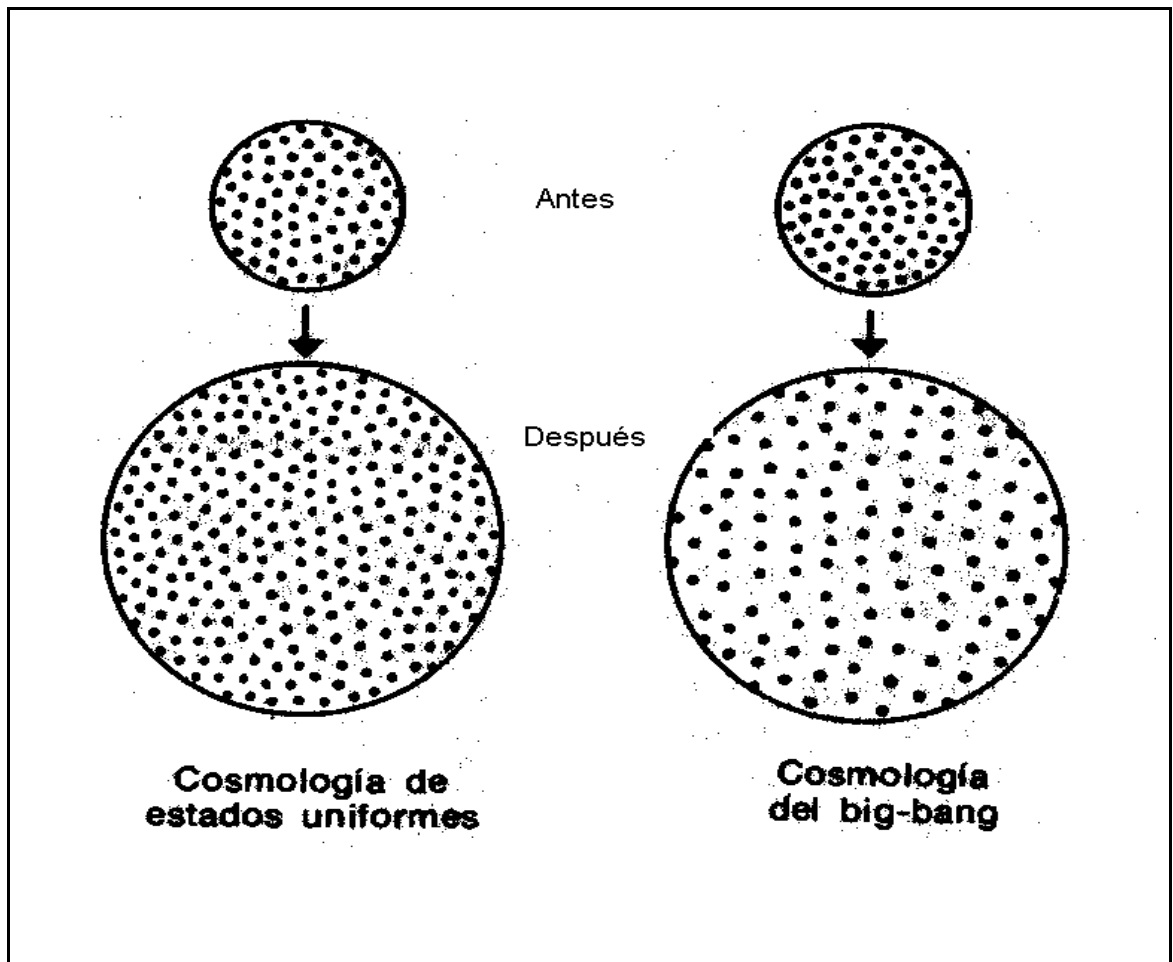


Figura 11.11. El Universo Inflacionario: se expande arrastrando las galaxias, independientemente del movimiento propio que tengan ellas. La función de escala del Universo, será el cociente entre los radios del Universo en dos momentos del tiempo cósmico t . Esta función podrá crecer o decrecer, según el Universo se expanda o contraiga.

No obstante por el fenómeno relativista, los cuerpos más lejanos parecen alejarse a velocidades cada vez mayores, puesto que ellos acumulan los desplazamientos de los cuerpos celestes intermedios.

El tejido de expansión del Universo, viajaría a una velocidad cercana a la de la luz. Más allá, todo viajaría a esa velocidad -cuyo valor es un límite físico-, y de esa región no nos llegará ningún tipo de información. Por ésta razón, sólo se habla del **Universo observable**.

En el capítulo siguiente, se calculará la edad del Universo, dada por el inverso de la constante H. La velocidad de recesión se deduce como siempre, de la fórmula:

$$\frac{(\lambda - \lambda_0)}{\lambda_0} = v/c$$

Siendo λ_0 la frecuencia de la raya espectral original, λ el corrimiento de la raya, C la velocidad de la luz y v la velocidad de recesión.

En la estructura del Universo observable se tiene que su densidad es 10^{-25} g/cm³, su volumen 10^{78} m³, el radio 15000 millones de años luz y la masa 10^{52} Kg., equivalentes a 10^{80} nucleones.

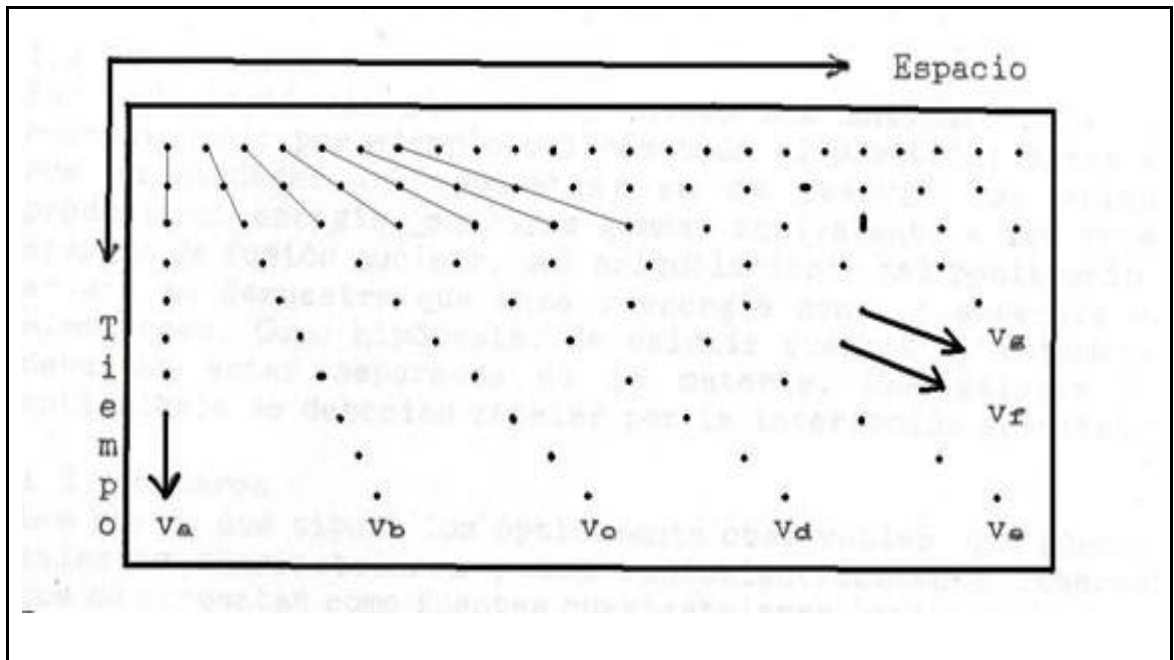


Figura 11.12 Curvas de velocidad de expansión del Universo: a mayor distancia mayor velocidad. La mayor de las velocidades es la que alcance el valor de c . La menor es $v_a = 0$, que es la del origen. Si v_g vale c , (velocidad de la luz), ese será el límite del Universo.

Sumergiéndonos en el espacio-tiempo. Ahora pensemos como se verá el Universo en el tiempo, por supuesto en el tiempo pasado. Para tal efecto deberemos sumergirnos, paso a paso, en las profundidades del espacio.

Los cuásares que están a 4000 Mpc, los vemos con una antigüedad de 13000 millones de años. Ellos se encuentran en el tejido de expansión del Universo. Son tan antiguos como él mismo.

Existen dos posibilidades: que entre las galaxias (que son próximas a nosotros) y los cuásares se encuentren, solamente, los objetos estelares azules BSO -entes intermedios entre cuásares y galaxias-, sin que en la vecindad de nosotros se encuentren cuásares, ni en los dominios de los cuásares las galaxias. En este primer caso supondríamos que el Universo evoluciona en el tiempo.

La segunda posibilidad sería la de tener cuásares, galaxias y objetos BSO, uniformemente distribuidos en el espacio y el tiempo. Tendríamos entonces cuásares en medio de galaxias próximas y galaxias en medio de cuásares lejanos, adicionalmente objetos BSO entre unos y otras. En este caso no habría evidencia de evolución de la materia a lo largo del tiempo cósmico.