

Cultura & Astronomía



Gonzalo Duque-Escobar

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MANIZALES
Manizales, Octubre-2007 (Rev 2022)

Presentación

Este documento, hace parte del material didáctico preparado para el **Taller de Astronomía** que se dicta desde 1985 en la U.N. de Colombia, actividad del Observatorio Astronómico de Manizales AOM que en los últimos años se ha desarrollado como un **Curso de Contexto**, hoy convertido en asignatura electiva a la cual también asisten otros ciudadanos interesados en la Astronomía.

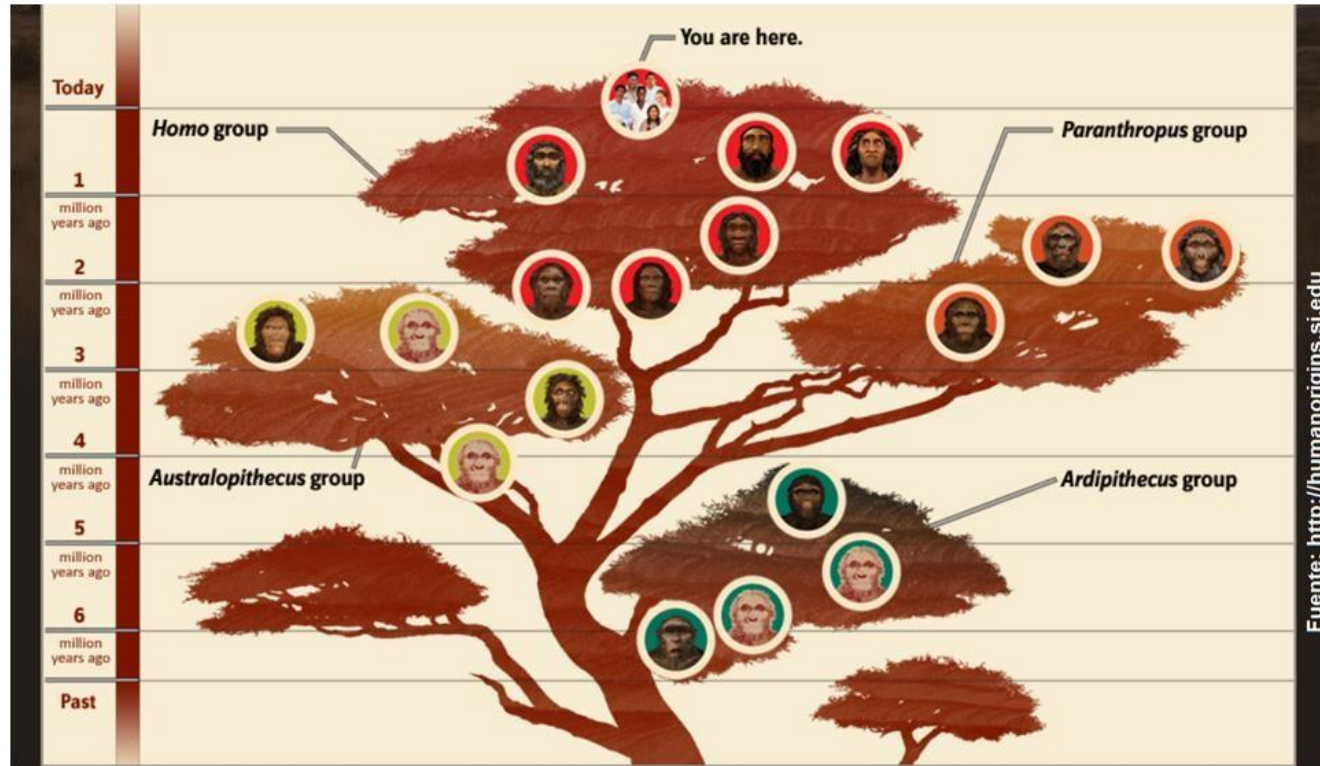
Ver enlace del [Contexto en Astronomía OAM-UN](http://oam.manizales.unal.edu.co).



Imagen del Observatorio Astronómico de Manizales AOM, dependencia de la Universidad Nacional de Colombia, en: <http://oam.manizales.unal.edu.co>

La vida

- El Universo tiene cerca de 15 mil millones de años y la Tierra unos 4700 millones. Nuestros ancestros humanos apenas aparecen hace 2 a 5 millones de años, dependiendo de si se habla del *Australopithecus* o del *Homo*.



- No está claro que hubiera vida antes de hace 4000 millones de años: las principales evidencias que se tienen son los fósiles, y las más antiguas unos microfósiles de 3800 millones de años. Imagen en: <http://humanorigins.si.edu>

La aparición del hombre

El **Homo Robustus** habitó la pradera y el **Homo Habilis** la selva. El primero utilizó redes y lanzas como herramientas, y el segundo arcos, cerbatanas y flechas; esto dadas las fuentes de proteínas disponibles.

Ver: [Fundamentos de CT&S](#)

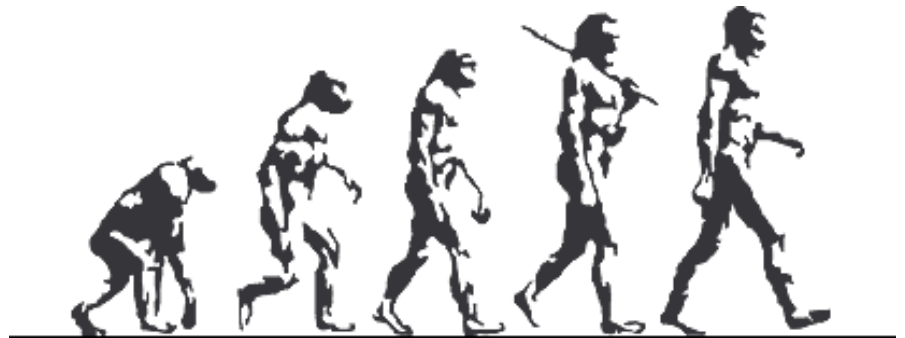


Imagen en: <http://www.infoplease.com>

Cuando el Homo Habilis (2,5-1,6 millones de años) se establece en **el ecotono** (frontera entre selva y pradera), toma ventaja: suma a sus herramientas las del Homo Robustus para evolucionar hacia **Homo Erectus** (1,8-0,2 millones de años), y luego al Homo Sapiens (hace unos 200 000 años).

Mientras el Homo Hábilis, de considerable tamaño craneal, ya baja de los árboles y camina sólo con sus piernas, el Homo Erectus fabrica herramientas pulidas y descubre el fuego y su uso. Pero es con el **Homo Sapiens**, caracterizado por su aumento craneal y desarrolladas articulaciones, que se da la **aparición del lenguaje**.

Evolución humana

Por no poseer físicamente una ventaja específica, creamos herramientas y las desarrollamos todas. Así **pasamos del Homo Hábilis al Homo Erectus, y luego al Homo Sapiens**, evolucionado culturalmente. Nuestra anatomía fue primero similar a la del simio: piernas cortas, brazos largos, y columna vertebral en forma de C. Ahora los humanos aparecemos con una columna en forma de S, mandíbula en lugar de quijada y miembros inferiores largos y superiores cortos. La evolución biológica expresada en **cambios en el cráneo** y de las manos libres extendiendo las falanges, se ha correspondido con la del cerebro, como evidencia de la **evolución cultural**. Ver [Fundamentos de CT&S](#)

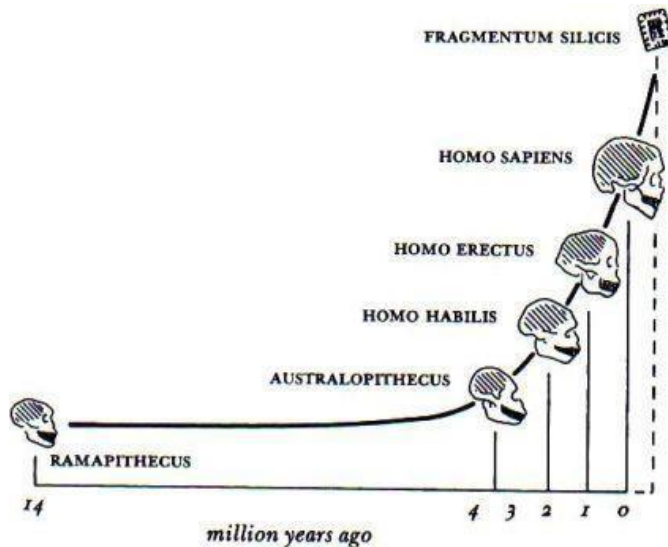


Imagen en: www.blatner.com

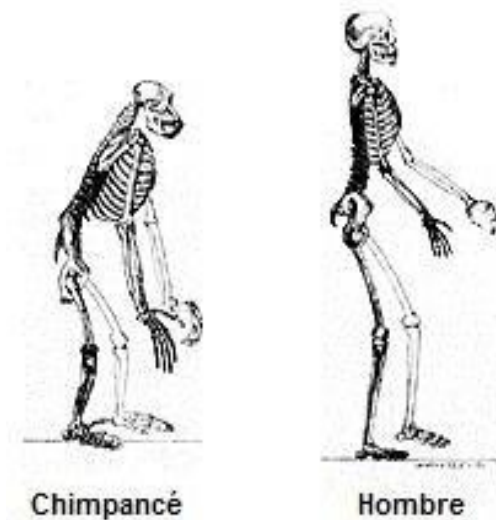


Imagen en: www.chakras.org.uk

Las comunidades primitivas

- Como no teníamos en la mano la potencia de la garra del puma, ni en la pierna la velocidad de la gacela: inventamos el hacha y la rueda, y **finalmente lo inventamos todo**.
- Después del arco y de la lanza, el fuego y el abrigo fueron fundamentales para la especie humana.
- Tras las lluvias torrenciales, con el verano, en los valles de salida de los ríos florecieron las praderas que proveían alimento a los herbívoros. Allí donde cazaban los carnívoros, **aprendimos el arte de domesticar** animales.
- En el pasado, **fuimos carroñeros**: donde comían los carnívoros hicimos amistad con el perro, aprendimos el arte de domesticar los animales y de cultivar la tierra.
- Ver: [Fundamentos de CT&S](#)

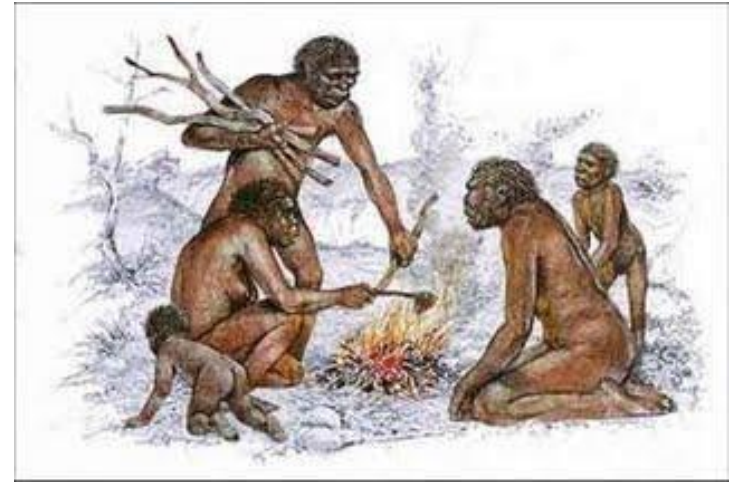


Imagen en: <http://comunidadprimitivaoscarctsv.blogspot.com>

La cultura comprende aspectos infraestructurales relacionados con la tecnología y los medios de producción; aspectos estructurales relacionados con la organización social y las instituciones; y aspectos supraestructurales que englobarían símbolos inmateriales e ideales.

Del trabajo colectivo al trabajo especializado

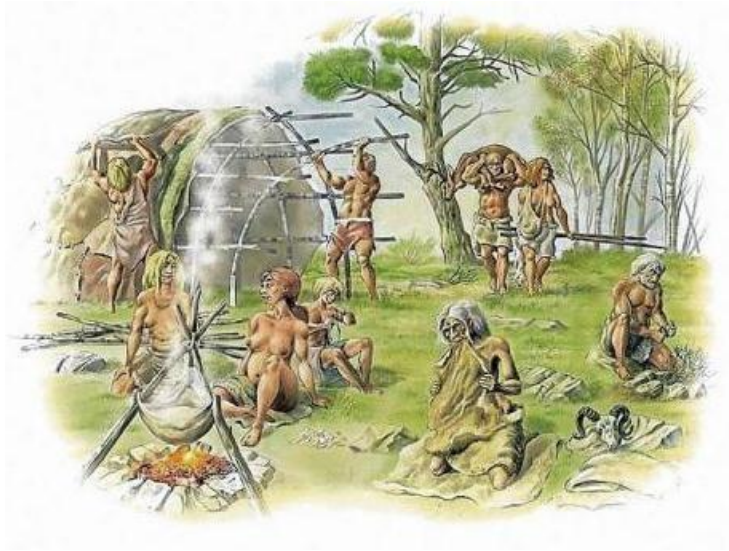


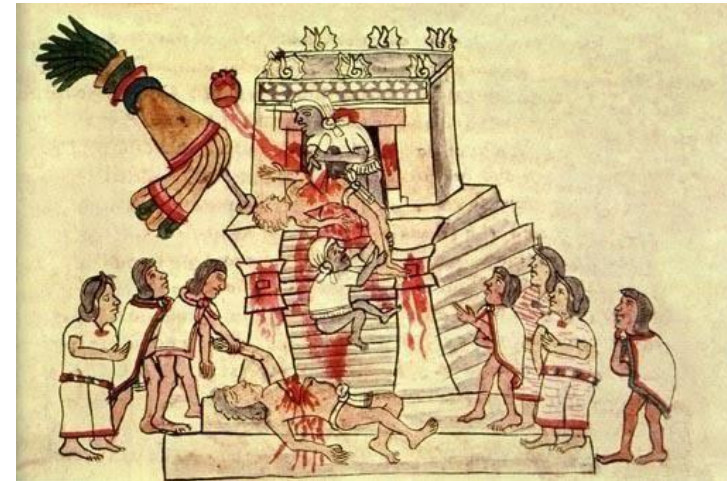
Imagen en: <http://www.vanguardia.com>

Mientras el Paleolítico inicia hace 2,85 millones de años en las épocas glaciares del Pleistoceno, y termina con él en el Mesolítico, hace 12 mil años cuando el Hombre ha entrado a América, es en el Neolítico, hace 8 mil años, que aparece la agricultura. Luego seguirán las edades del cobre, del bronce y del hierro.

- El trabajo en grupo facilitó la **supervivencia**. Más adelante, el trabajo se especializa: unos pescan, otros cazan y otros finalmente cultivan la tierra.
- Como algunos bienes cultivados no perecederos como **los granos se almacenan**, mientras la carne de la caza y de la pesca no, la mayor ventaja la sacan los grupos humanos que cultivan cereales, en especial aquellos que pueden emplear mamíferos domesticables de fuerza utilizable.
- Con la **división del trabajo** se genera el intercambio de productos entre grupos humanos, nace la propiedad privada y se da el desarrollo de las formas y medios de comunicación. Así, nacen los mercados y el lenguaje pasa de simple a complejo.

Privilegios fortuitos I

- De **14 mamíferos domesticables** y tres cereales privilegiados, el europeo contó con 10 de esas especies animales y con el trigo; el asiático con pocas de ellas y el arroz; y el hombre americano solamente con la llama y el maíz.
- Pero los grupos humanos primitivos en Nueva Guinea no contaron con ninguna ventaja asociada a esos bienes de la naturaleza: así se explica el canibalismo humano tardío o sea hasta épocas recientes, como forma de resolver las **deficiencias de proteínas** en algunas comunidades.
- Dicho **canibalismo entre humanos** con propósitos y prácticas de variada naturaleza, ha sido registrado en tribus y etnias de todas las latitudes: celtas; indios amazónicos, anasazis y aztecas; grupos polinésicos y pigmeos; tribus de Nueva Guinea, grupos Maoríes y del Congo.
- Ver: [La astronomía en América Precolombina. Mayas, Aztecas e Incas.](#)



Sacrificio Maya en:
<https://sites.google.com>

En México, cada año durante los rituales del calendario azteca y nahuatl del maíz, se sacrificaban miles de víctimas humanas ofrecidas al Sol.

Privilegios fortuitos II

- **Las ventajas de la vaca y el buey**, y del caballo y la mula, por su fortaleza, oferta de bienes y suave carácter, son notables: se hacen adultos en tan sólo dos o tres años, se domestican y proveen energía para el trabajo, leche, carne y pieles.
- El elefante requiere 15 años para que se pueda utilizar; los carneros y ovejas, aunque ofrecen carne, piel y leche, son de **escasa potencia animal**; el escenario para el camello es el desierto y para la llama la tundra, por lo que sus **usos están restringidos** por el clima; finalmente, la cebra y el bisonte no poseen un **carácter dócil**. Los **cereales considerados como la base de las grandes civilizaciones** en el caso del arroz, el maíz y el trigo, son ese conjunto de plantas herbáceas gramíneas cuyas semillas se pueden almacenar y emplear, generalmente molidas o en forma de harina, para proveer la alimentación humana y del ganado.

• Ver: [La astronomía en América Precolombina. Mayas, Aztecas e Incas.](#)



El imperio Inca abarcó cerca de 2 millones de kilómetros cuadrados entre la costa pacífica y la selva amazónica, y desde el sur de Colombia hasta el río Maule en el centro de Chile. Imagen en: www.fuenterrebollo.com

Gracias a los calendarios aparece la agricultura.

- La astronomía está en la **base de la civilización**: una de las características de la especie humana, es la de **anticiparse en el tiempo**: la de planear y construir su futuro.

Con las fases de la Luna se crean los conceptos de **la semana y el mes**; y con las estaciones el del año. Cada fase lunar da la idea de una semana y cada luna nueva la del mes: esto permitirá la contabilidad del tiempo en la administración de los procesos humanos individuales y colectivos.

- Ya con **los calendarios** se pueden anticipar los períodos de lluvia, de pesca y de cría, las siembras y las épocas de cosecha. De esta forma las comunidades nómada recolectoras, se podrán establecer, producir más y construir sus poblados.

- Ver: [*Los albores de la civilización*](#)



En Mesopotamia, la agricultura y la ganadería se impusieron desde el 6000 a.C., lo que supone la entrada de lleno al Neolítico. Astronomía en Mesopotamia:

<http://sobrehistoria.com>

Gracias a la agricultura, aparecen los poblados

- El hombre primero fue errante o nómada, hasta que se establece con los animales domesticados al pie de sus cultivos.
- Los **primeros poblados** aparecen hace unos 12 mil años a. C.
- La ciudad, aunque más reciente, es un desarrollo tecnológico tan fundamental como lo fueron **el fuego y la rueda** en los primeros estadios del desarrollo. Con cada clase de sociedad asociada al apogeo de cada factor de producción (esclavitud, feudalismo capitalismo...), las ciudades también han venido evolucionando.
- **El medio ambiente**, inicialmente un medio fundamentalmente natural y luego un medio más transformado o paranatural, ha evolucionado gracias a la **relación dialéctica**, de simbiosis y parasitismo, entre las colectividades humanas y el medio ecosistémico. Ver: [Los albores de la civilización](#)



Petra, Jordania, fundada hacia el siglo VII a. C. en un lugar estratégico para las caravanas, abandonada en el siglo VIII d. C. por el cambio de las rutas del comercio. Imagen en: <http://upload.wikimedia.org>

Gracias a los poblados surge la escritura

El orden en la **evolución de los jeroglíficos**, muestra el desarrollo de la escritura, con esta secuencia:

- La contabilidad
- El pictograma (mujer = figura)
- El ideograma (mujer feliz = figura +sentimiento)
- El fonograma (sólo consonantes)
- El alfabeto (aparecen las vocales)

Es necesario **informar sobre la cantidad y los atributos de las cosas**, para saber lo que se tiene, pero también sobre su estado y lo que se dispone: de ahí que la contabilidad tiene que evolucionar de los pictogramas a los ideogramas, y éstos a fonogramas y al alfabeto, para facilitar el trueque y más adelante el comercio.

Ver: [Astronomías precolombinas: Mayas y Aztecas.](#)

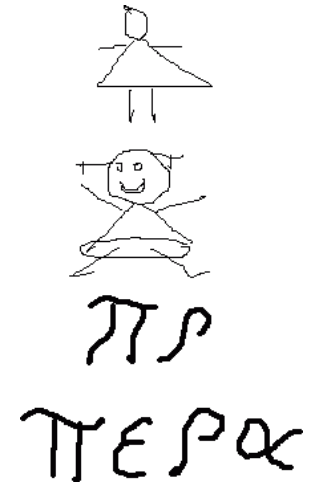


Imagen inferior: escritura rupestre, en <http://lmblogdehistoria.blogspot.com>

Gracias a la escritura surgen los imperios.

- La civilización Maya (1000 a.C. a 900 d.C.) tuvo similitud con la babilónica: su **calendario se basaba en la Luna**. Ambos medios, son poco húmedos y fértiles, pero no de clima desértico. Su arquitectura y orfebrería soportadas en la arcilla, resulto de formas variadas.
- Ver: [Astronomía en América Precolombina](#).
- El imperio Inca (siglos XV a XVI), tuvo similitud con el egipcio: **su calendario se basaba en el Sol**. Perú y Egipto son medios desérticos pero productivos por sus suelos limosos y ríos en sus valles. Su arquitectura simple, estuvo soportada en la piedra.



Pirámide Maya en: www.am.ub.edu



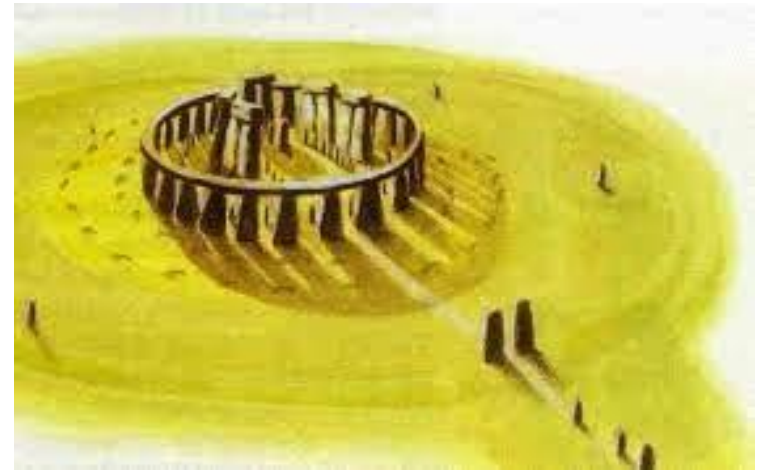
Machu Picchu, en: www.eu-descopar.ro

Los calendarios

Los calendarios aparecen en los cimientos de la ciencia. La medida del tiempo para las necesidades humanas se soporta en la división del tiempo basada en los **movimientos periódicos de la Tierra, el Sol y la Luna.**

De la regularidad del movimiento de los astros en el cielo, surgen los calendarios, y con ellos las primeras leyes físicas.

El **calendario más antiguo** del año 8000 a.C. fue encontrado en un monumento mesolítico de Aberdeenshire, Escocia. El calendario egipcio surge a principios del tercer milenio a. C.



Stonehenge 2700 a.C., en el solsticio de verano, el Sol sale alineado con el eje de la construcción . Imagen en <http://www.astroelda.com>

El **Calendario babilónico** es del Siglo VI a.C., mientras el **año de doce meses** se crea en el 700 a.C. por Numa, el segundo rey de Roma. El **año** romano no iniciaba en enero sino en marzo, y terminaba en diciembre: los diez meses del calendario romano fueron: *Martius*, *Aprilis*, *Maius*, *Iunius*, *Quintilis*, *Sextilis*, *Septembris*, *Octobris*, *Novembris*, *Decembris*.

Ver: [Astronomía en América Precolombina.](#)

Egipto y Babilonia



Egipto en: <http://www.fondos7.net>



Babilonia, en: <http://www.uned.es>

- La astronomía babilónica que se remonta al tercer milenio a. C. tuvo su auge hacia 600-500 a. C. Su principal aporte fue **el Ciclo de Saros**: 223 meses sinódicos o lunas llenas, un período útil para predecir los eclipses, en el que cada 18 años se repite un múltiplo común de Semanas, Días y Años, cuando la Tierra ocupa el mismo punto de su órbita. Dicho calendario fue de **base lunar**.
- El calendario egipcio contrariamente se apoyaba en **el ciclo solar**. El comienzo del año, que venía determinado por el **orto de Sirio**, coincidía con las crecientes del Nilo; de ahí la relevancia del dios Ra, dios de la vida y símbolo de la luz solar. Cuando llegaba el verano a Egipto, con el invierno en el corazón de África, el Nilo se desbordaba para fertilizar con los limos el fértil valle vecino al desierto. Ver: [Historia de la astronomía](#).

Elementos aristotélicos

La Escuela Naturalista Jónica de Mileto, a la cual pertenecieron Tales, Anaximandro y Anaxímenes, propuso la existencia de cuatro elementos: tierra, agua, aire y fuego, asociados a las cuatro propiedades fundamentales de los objetos materiales observados: caliente o frío, y seco o húmedo.

Esta teoría de los cuatro elementos aceptada por ARISTÓTELES de Estagira (384-322 aC.), perdura hasta el siglo XVII, cuando irrumpieron los alquimistas.

Para la época, los conceptos de gravedad (caída) y levedad (ascenso), asociados en cierto modo a la densidad, explicaban el siguiente comportamiento de los elementos: la tendencia de la tierra es desalojar el agua y a su vez el agua al aire, mientras el fuego estaría siempre por encima de los tres elementos restantes.

Ver: [Protagonistas de la astronomía](#)

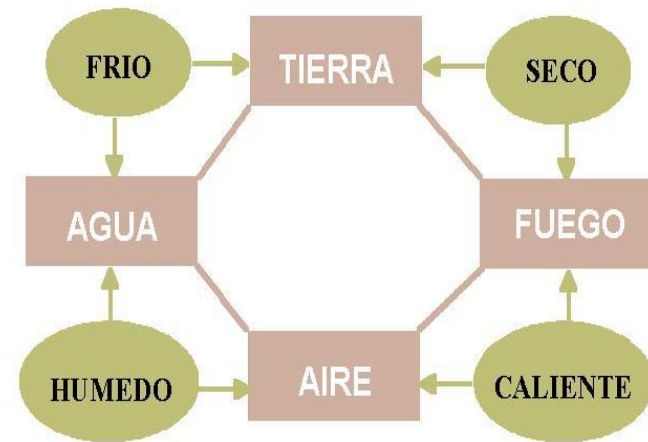


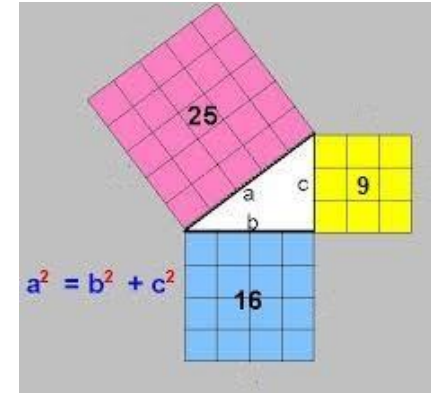
Imagen de los Cuatro Elementos aristotélicos, en: <http://mifuturo-duvan.blogspot.com.co>

Grecia 1

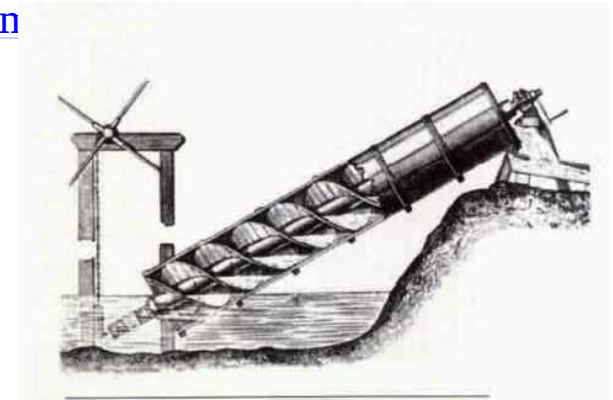
•A **Pitágoras de Samos** (aprox. 582 a.C - 507 a.C) se le atribuye la invención de la tabla de multiplicar y del teorema que lleva su nombre. Formó una especie de secta o cofradía, con rituales y doctrinas esotéricas. Para **los Pitagóricos** (572-48 a.C.), el cielo era números y armonía, y el trabajo era para los esclavos.

Por oposición a este modo de pensar, se da el pensamiento práctico de **Arquímedes de Siracusa** (287-212 a.C.), notable físico, ingeniero, inventor, astrónomo y matemático griego recordado por el Principio de Arquímedes y el estudio de palancas, y creador de otros aportes a la matemática, la ingeniería y la geometría.

Ver: [Guía astronómica.](#)



Teorema de Pitágoras , en:
<http://calculoareassombreadas.blogspot.com>



Tornillo de Arquímedes, en
<http://www.iesfranciscoasorey.com>

Grecia 2

- **Tales de Mileto (640 a.C.)**, el primero de los grandes astrónomos y notable geómetra griego, creía que el Universo era esférico.
- **Aristóteles (384 a.C.)**, científico, polímata y filósofo macedonio considerado el padre fundador de la lógica y de la biología, combatió la idea de una Tierra plana con ideas soportadas en observaciones como las del cambio de posiciones de las estrellas en el cielo conforme varía la latitud, la geometría circular de la sombra de la Tierra proyectada sobre la cara visible de la Luna durante un eclipse Lunar, y la forma como aparecían en el horizonte las naves que llegaban por el mar: primero mostrando el mástil de la vela en la lejanía y luego la quilla que completaba su imagen cuando se aproximaba.
- Ver: [Guía astronómica.](#)



Eclipse de luna, en
<http://www.proyecto40.com>

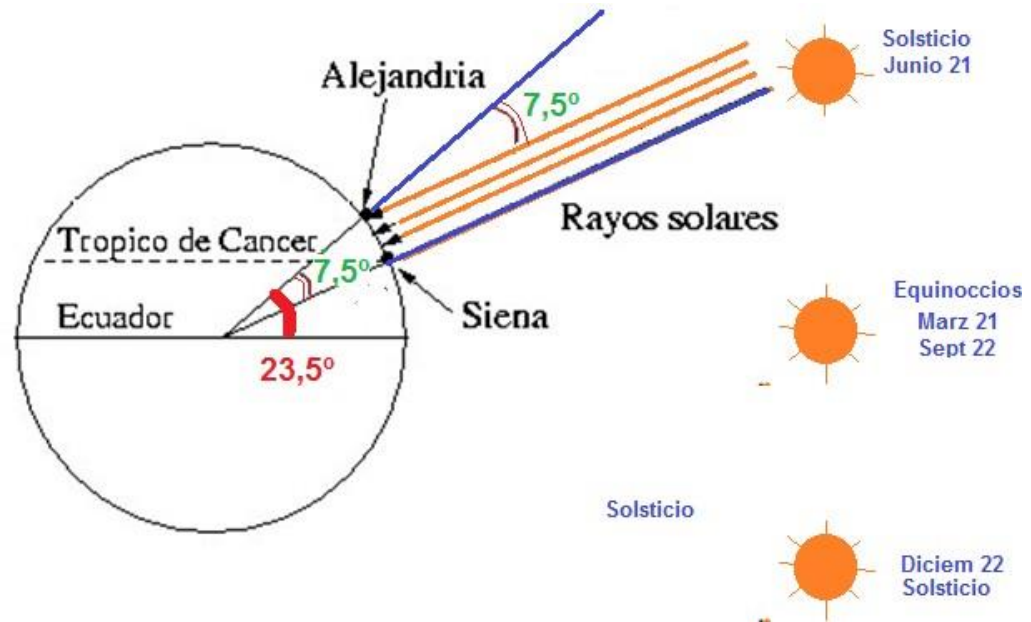


Grecia 3

Eratóstenes nacido en Cirene, ahora Libia, en el año 284 a.C., **mide la circunferencia de la Tierra** utilizando la diferencia en la altura del Sol de mediodía, entre Siena y Alejandría, diferencia que alcanza $7^{\circ},5$ en el solsticio de verano.

Con la medida de la distancia entre ambas ciudades estimada en 5000 Estadios, calcula el perímetro de la Tierra en “50” veces esa distancia, valor resultante del cociente $360^{\circ} / 7^{\circ},5$. Un Estadio equivale a 185m y “n” vale 50. A Eratóstenes se le atribuye la invención de la **esfera armilar** que se empleó hasta el siglo XVII.

Ver: [Guía astronómica](#).

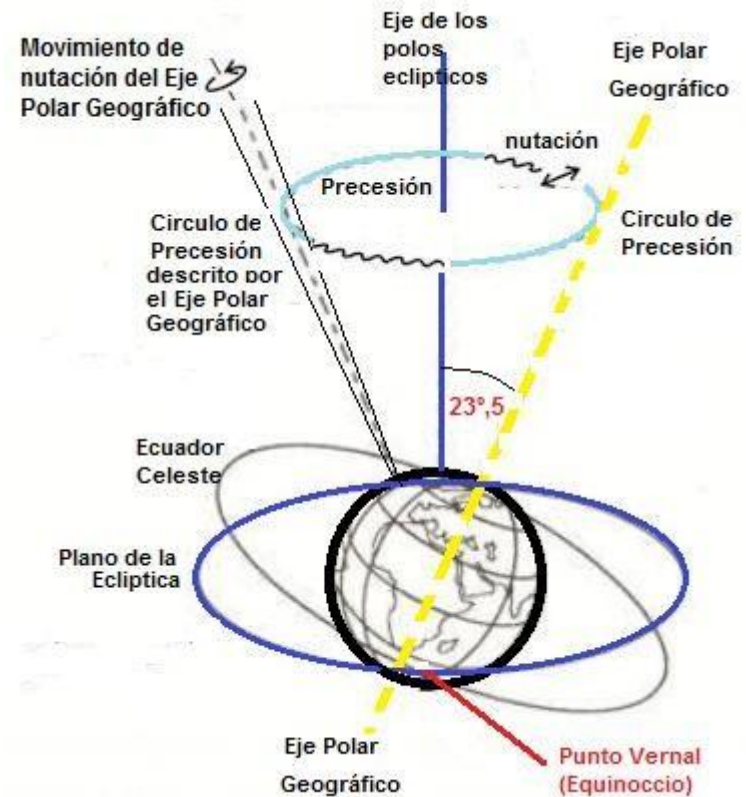


Los Solsticios y Equinoccios, son la consecuencia de la inclinación del plano ecuatorial de la tierra en $23^{\circ},5$, respecto al plano orbital o de la eclíptica.

Grecia 4

•Hiparco (190-120 a. C.), **el astrónomo griego más importante**, inventó la trigonometría, hizo un catálogo de más de 1000 estrellas y **descubrió la precesión** del eje terrestre. Calculó con bastante exactitud la **distancia Tierra-Luna**, obteniendo una cifra que oscilaba entre 59 y 67 veces el radio R de la Tierra. Hoy sabemos esa relación es 60,28 ya que $TL=384000$ km y $R=6370$ km.

La tierra, además de su rotación y traslación, presenta dos movimientos en el eje polar geográfico: **la precesión y la nutación**. El período de la precesión es de 25800 años. **La inclinación del eje polar**, que es la existente entre los planos ecuatorial y de la eclíptica, mide $23^{\circ},5$; ver figura. Ver: [Guía astronómica](#).



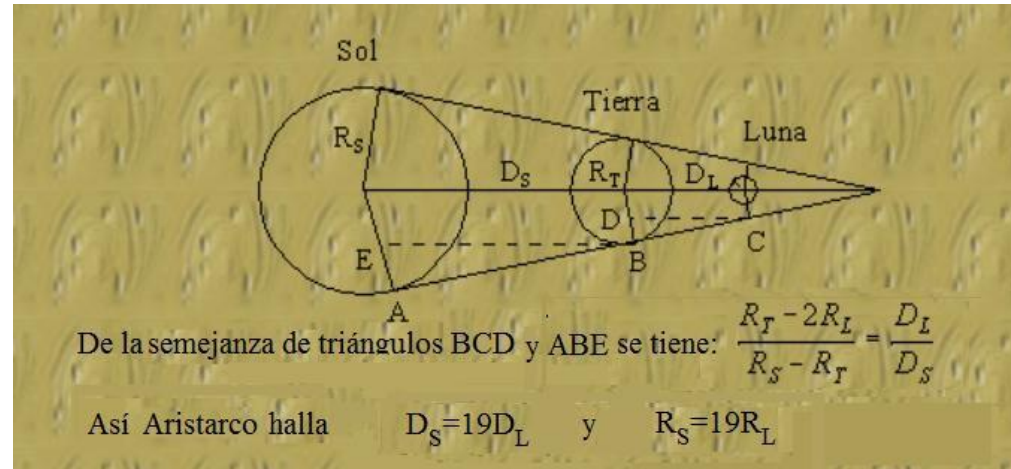
Movimientos de precesión y nutación del eje terrestre

Grecia 5

En realidad la relación de las distancias promedio, medidas desde la Tierra al Sol y a la Luna, y de los diámetros del Sol y de La Luna, es 400.

Imagen (adaptada) en:

<http://thales.cica.es>



- **Aristarco de Samos** (310-230 a.C.) matemático y astrónomo de la Escuela de Alejandría y primera persona que propone el modelo heliocéntrico. Estimó que la **distancia Tierra-Sol** era 19 veces mayor que la **distancia Tierra-Luna**, deduciendo que el Sol tenía que ser mucho más grande y debía ocupar el centro del mundo.

Aplicó por vez primera la Geometría a la Astronomía, y así pudo calcular que el diámetro lunar es 0,36 veces el de la Tierra (hoy sabemos es 0,27). También con bastante exactitud, determinó que la distancia desde nuestro planeta a la Luna era 225,4 veces el radio de ésta. En realidad la relación de las distancias promedio, medidas desde la Tierra al Sol y a la Luna, y de los diámetros del Sol y de La Luna, es 400. Ver: [Guía astronómica](#).

Edad media 1

- Claudio Ptolomeo (85-165 d.C. aprox.) propone un sistema **geocéntrico**. La teoría de los epiciclos de **Ptolomeo** permitía, no sólo dar una explicación teórica al movimiento de los planetas, sino también obtener predicciones fiables de su posición. Los epiciclos (círculos pequeños) y los deferentes (círculos grandes), permiten estructurar el modelo planetario y explicar sus movimientos, bajo el presupuesto de órbitas y trayectorias siempre circulares.

Al estancamiento de las ciencias y artes durante el largo período de la Edad Media, que va del siglo V cuando se desintegra el Imperio Romano hasta el siglo XV en que aparece la Imprenta, se suma el predominio del legado ptolemaico del sistema geocéntrico apoyado por la Iglesia, acorde con las escrituras y la visión Aristotélica. Ver: [Astronomía en la Edad Media y El Renacimiento: La Edad Media](#)

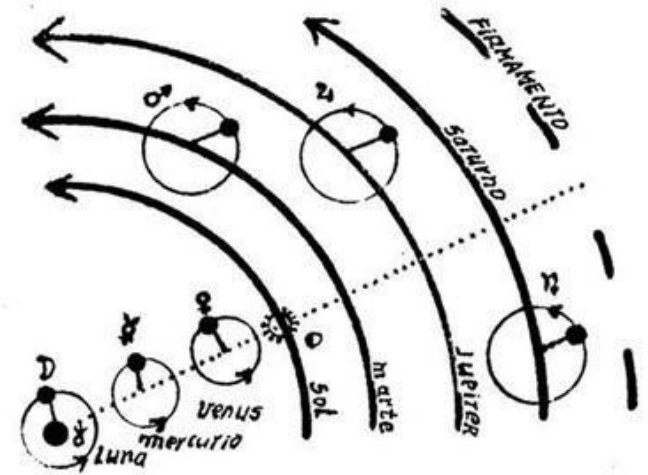


Imagen: Modelo Geocéntrico de Claudio Ptolomeo.

El *Almagesto* de Ptolomeo, última obra representativa de la gloria de la antigüedad clásica, contiene un catálogo de estrellas que se toma de una obra perdida de Hiparco. El *Almagesto* también estableció criterios para predecir eclipses.

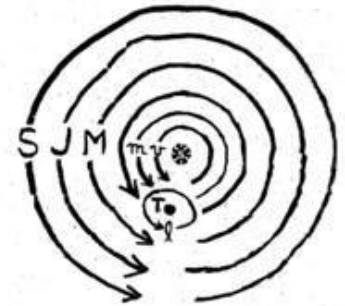
Edad media 2

- Los astrónomos árabes, quienes dieron nombre a muchas estrellas, recopilaron nuevos catálogos de estrellas en los siglos IX y X, desarrollaron tablas del movimiento planetario y tradujeron el *Almagesto* de Ptolomeo, texto que pasa del griego al árabe y luego del árabe al latín.
- Dentro de sus principales exponentes se encuentran el astrónomo turco Al-Batani (858-929), y los astrónomos persas Al-Sufi (903-986) y Al-Farghani (805-880).
- Estos conocimientos llegan a Europa Central con las invasiones turcas de la época.
- Ver: [*Astronomía en la Edad Media y El Renacimiento: La Edad Media.*](#)

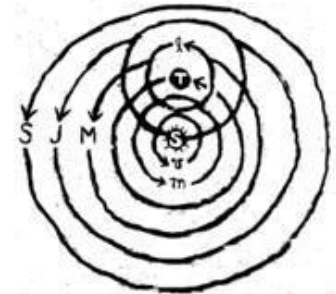
- El astrónomo árabe Azarquiel, máxima figura de la escuela astronómica de Toledo del siglo XI, fue el responsable de las Tablas toledanas que en 1272 se sustituyen por las Tablas alfonsíes, bajo el patrocinio de Alfonso X el Sabio (1221-1284)
- En ese ambiente oscurantista, el astrónomo alemán Regiomontano (1436-1476), además de realizar observaciones astronómicas discute las teorías establecidas, y el alemán Nicolás de Cusa (1401-1464), filósofo clave en la transición del pensamiento medieval al del Renacimiento, plantea que la Tierra no está en el centro y en reposo, y que el Universo es interminado y carece de fronteras.

El Renacimiento

- **Renacimiento** es el nombre de un amplio movimiento cultural de corte humanístico que se produce en Europa Occidental, y especialmente en Italia durante los **siglos XV y XVI**, en el que se genera una renovación en las artes y en las ciencias.
- El sistema **Geocéntrico** de Claudio Ptolomeo (100 d. C. - 170 d. C.) se sustituye por el modelo **Heliocéntrico** de Nicolás Copérnico (1473-1543), el astrónomo polaco que “movió el mundo”.
- **Tycho Brahe** propuso un sistema intermedio, con la Tierra como centro circundada por la Luna y por el Sol, y éste a su vez circundado por los planetas.
- Estos modelos que no eliminan los epiciclos, sostienen que **en el espacio supralunar, mundo inmutable y de laperfección**, las órbitas planetarias son siempre circulares y las velocidades planetarias constantes. Ver: [Astronomía en la Edad Media y el Renacimiento: El Renacimiento.](#)



Universo de Copérnico



Modelo de Ticho Brahe

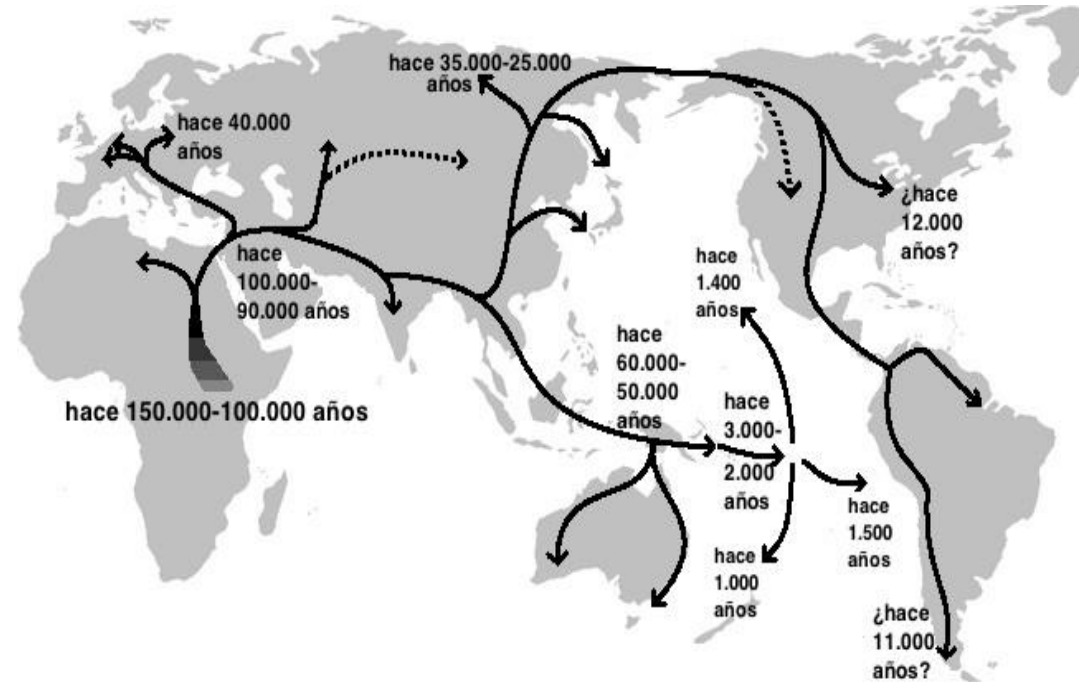
Encuentro de dos neolíticos

El **neolítico del español**, el trigo, el caballo, el buey y la gallina. v.s. el **neolítico del indio**, el maíz, el perro, la llama y el pavo.

En América inventamos la rueda, pero por falta de tracción animal solamente se utilizó acostada en los husos para hilar.



Imagen: el descubrimiento de 1492, en <http://noticiasuruguayas.blogspot.com>



Según las teorías del poblamiento de América, los paleoamericanos entraron al continente en el ocaso de la última glaciación a través de Beringia, ocurrida en el Mesolítico, hace unos 12 mil años.
Imagen en: <http://commons.wikimedia.org>

América y la navegación

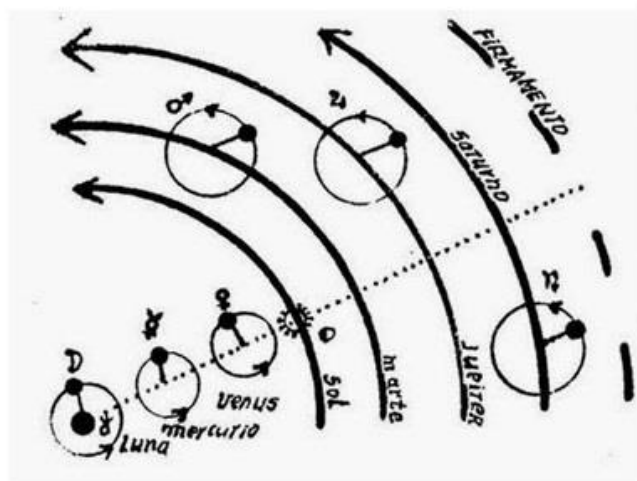
- Con **las carabelas**, la navegación sale del Mediterráneo, para entrar a los extensos océanos como el Atlántico en tiempos de los grandes descubrimientos.
- En ese medio, la **astronomía es la nueva herramienta de los navegantes** para ubicarse, dado que no podrán tener la costa a la vista para navegar por cabotaje.

La altura de la polar sobre el horizonte, da la latitud en el hemisferio norte; pero queda faltando la **longitud geográfica** para conocer la posición del barco, asunto que demanda el uso de efemérides confiables y conocimientos en astronomía lo que obliga a formar a los marinos en escuelas, a construir efemérides y aparatos para la medición fina del tiempo y de los ángulos. Ver: [*Newton: de Grecia al post-renacimiento.*](#)

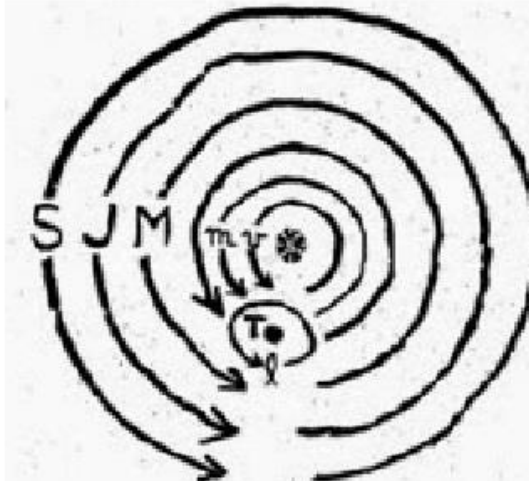


Medida de la latitud con la estrella Polar

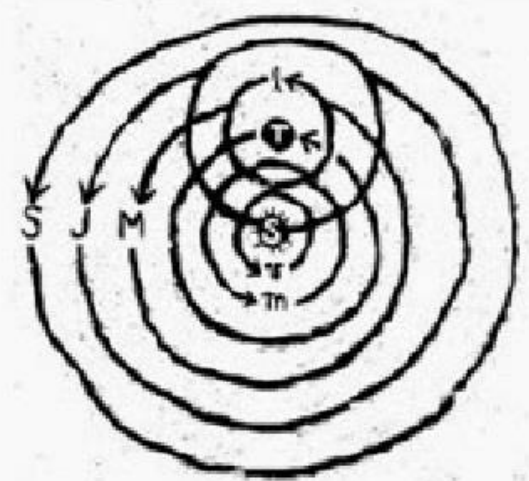
Los modelos del mundo



Universo de Ptolomeo



Universo de Copérnico



Universo de Tycho Brahe

Modelos Geocéntrico de Ptolomeo y Heliocéntricos de Copernico y Tycho Brahe

La teoría geocéntrica de los epiciclos y de los deferente de Ptolomeo solo es fiable para predicciones considerando cada planeta por separado. El sistema geocéntrico de Nicolás Copérnico resultaba coherente y fiable, aunque también mantiene los epiciclos, y el de Tycho Brahe es un sistema intermedio con la Tierra como centro circundada por la Luna y por el Sol, y el Sol a su vez circundado por los planetas.

Ver: [Newton: de Grecia al post-renacimiento.](#)

Órbitas imperfectas

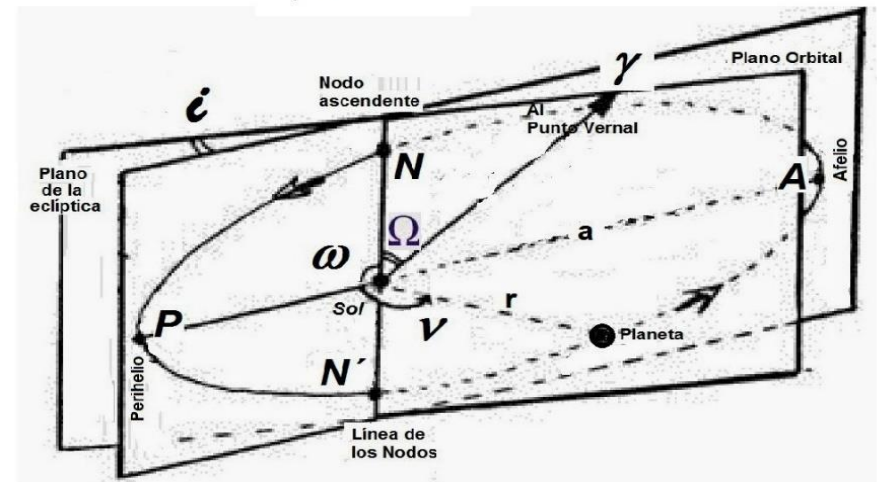
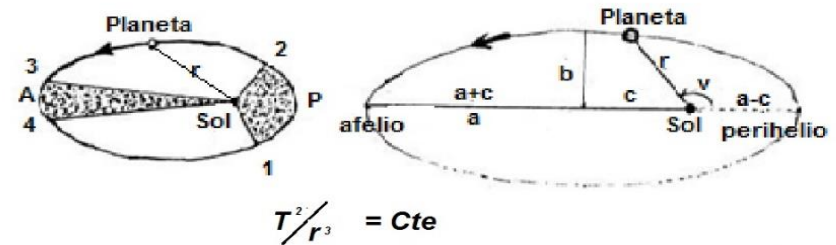
- Johannes Kepler (1571-1630) formula tres leyes sobre el movimiento de los planetas en su órbita alrededor del Sol, y colabora con Tycho Brahe (1546-1601), a quien sustituye como matemático y astrónomo imperial de Rodolfo II.

- 1- Los planetas tienen **movimientos elípticos** alrededor del Sol, quien se ubica en uno de los focos de la órbita planetaria.

- 2- Las **áreas** barridas por el radiovector planeta-sol, son proporcionales al tiempo empleado por los planetas en recorrer el perímetro de dichas áreas.

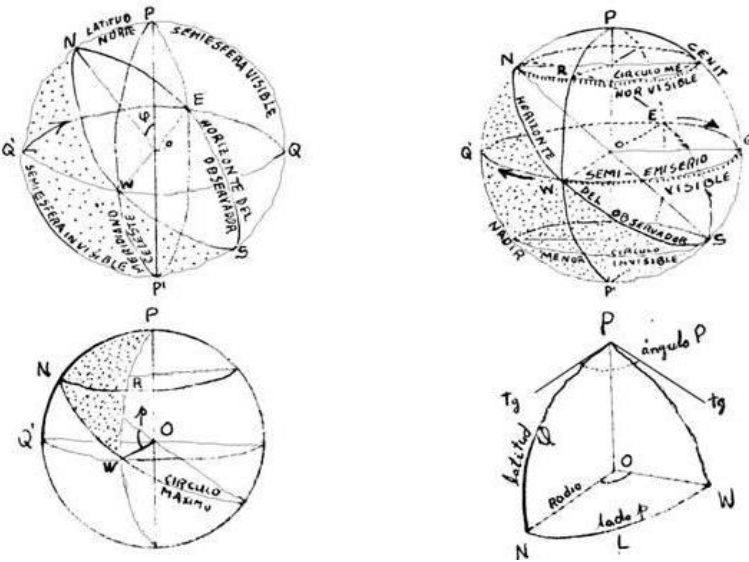
- 3- El cuadrado de los **períodos** de la órbita de los planetas es proporcional al cubo de la distancia promedio al Sol.

- En 1629, Kepler inventa la **ciencia ficción** con un cuento del viaje a la Luna, describiendo la velocidad de escape, la ingravidez a mitad de camino y las leyes de la física de entonces. Ver: [Newton: de Grecia al post-renacimiento](#).



Los **elementos de una órbita planetaria**, son seis: el argumento del perihelio w , la longitud de los nodos ω , la inclinación del plano orbital i , la excentricidad e de la órbita, el semieje mayor a de la trayectoria elíptica y el período orbital P . Imagen en [TRÁNSITO DE MERCURIO 9-05-2016](#)

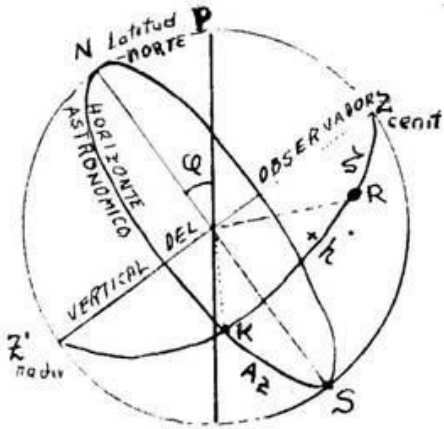
Trigonometría esférica 1



La astronomía requiere de una herramienta como la trigonometría esférica: el modelo supone la Tierra ocupando el centro de la **esfera celeste** de radio infinito y unitario. Si se prolonga el eje polar, se interceptará la esfera celeste en los polos celestes P y P'. En torno al Eje del Mundo PP' rota la esfera celeste con las estrellas, quienes describen **círculos menores** como el del astro R, llamados círculos diurnos.

La esfera celeste, permite calcular las posiciones de los astros, mediante arcos de **círculos máximos**, o de radio igual al de la esfera: El Ecuador celeste QQ' es un círculo máximo, perpendicular al Eje PP', cuyos puntos equidistan de los polos celestes P y P'. Todo círculo máximo que contenga los polos celestes PP' se denomina meridiano celeste. El horizonte del Observador es el círculo máximo NWSE, que parte la esfera celeste en dos hemisferios: uno visible que contiene el Cenit y otro invisible que contiene el nadir. Un **triángulo esférico**, como PNW, es la superficie de esfera limitada por tres arcos de círculo máximo. Ver: [Guía astronómica](#).

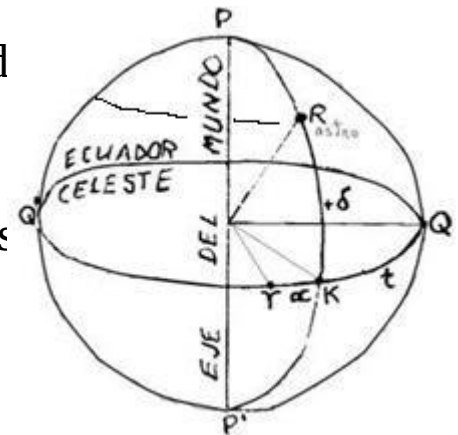
Trigonometría esférica 2



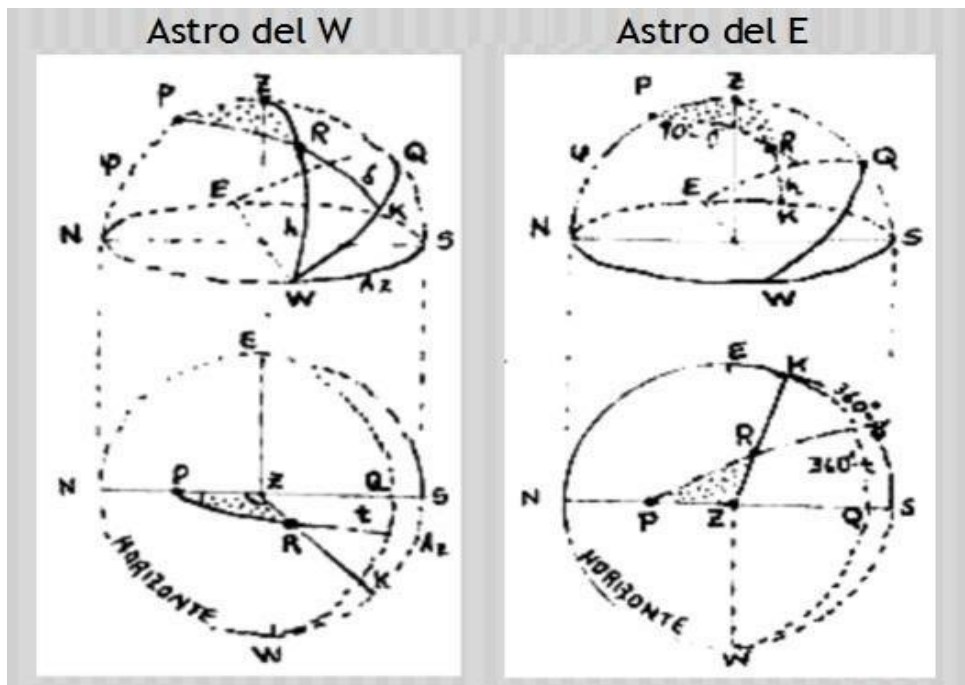
Una estrella como R también puede definirse con **coordenadas horizontales**: el acimut “Az” y la altura “h” sobre el horizonte, utilizando arcos de **círculo máximos** perpendiculares entre sí. Los aparatos de topografía, pueden medir el acimut y la altura de un astro. En la imagen superior, la línea cenit - nadir ZZ' , es perpendicular al horizonte del observador NS, y los Ejes NS y PP' hacen un ángulo “ ϕ ” igual a la latitud del observador, dada por el arco PN. La imagen ilustra una latitud norte.

La posición de la estrella como R, cuyo movimiento aparente describe un **círculo menor** perpendicular al eje PP' , puede definirse en otros círculos ortogonales, con el ángulo horario “t” igual al arco QK, y la declinación “d” igual al arco KR. Estos ángulos, son las **coordenadas ecuatoriales** de R que utilizan el ecuador celeste QQ' y el primer meridiano celeste del astro R (asociado a Greenwich). La ascensión recta alfa, que se mide desde el punto Vernal “gamma”, hasta el meridiano del astro en K, ambos ubicados sobre el ecuador celeste QQ' , suele utilizarse por los franceses en lugar de la coordenada t.

Ver: [Guía astronómica.](#)



Trigonometría esférica 3



Astro del W (Izq)

•Ángulos

$$Z = 180^\circ - Az$$

$$P = t$$

•Lados

$$PZ = 90^\circ - \varphi$$

$$PR = 90^\circ - \delta$$

$$ZR = 90^\circ - h$$

Astro del E (Der)

•Ángulos

$$Z = Az - 180^\circ$$

$$P = 360^\circ - t$$

•Lados

$$PZ = 90^\circ - \varphi$$

$$PR = 90^\circ - \delta$$

$$ZR = 90^\circ - h$$

Para **transformar coordenadas** horizontales en ecuatoriales y viceversa, debe resolverse el **triángulo esférico polo-cenit- astro**, PZR, mediante las siguientes relaciones asociadas a los lados y ángulos dados:

$$\cos z = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos t \quad (1)$$

$$\sin z \cos Az = -\sin \delta \cos \varphi + \cos \delta \sin \varphi \cos t \quad (2)$$

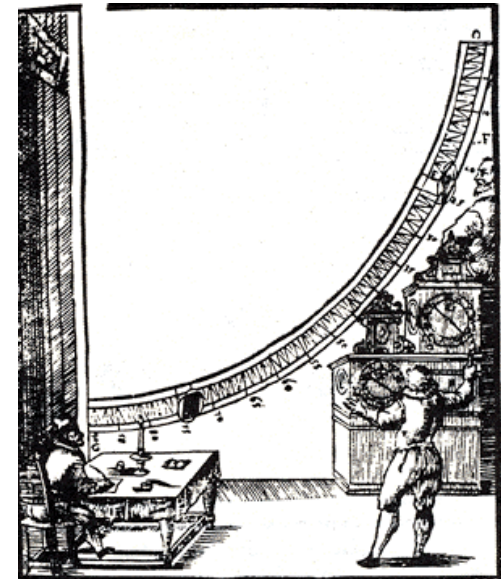
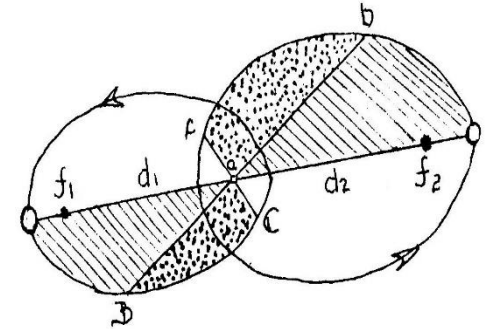
$$\sin z \sin Az = \cos \delta \sin t \quad (3)$$

Kepler 1.

• **Johannes Kepler** (1571-1630) enfermizo, prematuro y de visión doble, es el inventor de la cámara oscura y de la ciencia ficción. Usa las observaciones del astrónomo danés **Tycho Brahe** (1546-1601) hechas con grandes cuadrantes de pared desde los observatorios de Dinamarca, y entre éstas las de Marte con un error medio de apenas 2' de arco. Los instrumentos diseñados por Brahe le permitieron mediciones astronómicas con una precisión muy superior a las de la época.

• Pero el mayor aporte de Kepler son sus tres **Leyes del movimiento planetario**, que describen los movimientos elípticos de los planetas transitando con velocidad variable en torno al Sol que se ubica en uno de los focos de dicha trayectoria, y de conformidad con la “**ley de las áreas**” según la cual, el radio vector Sol-Planeta, barre áreas iguales en tiempos iguales.

• En el **problema de los dos cuerpos**, las órbitas son coplanares, tienen focos alineados y un foco común. Allí los Ver: [Newton: de Grecia al post-renacimiento.](#)

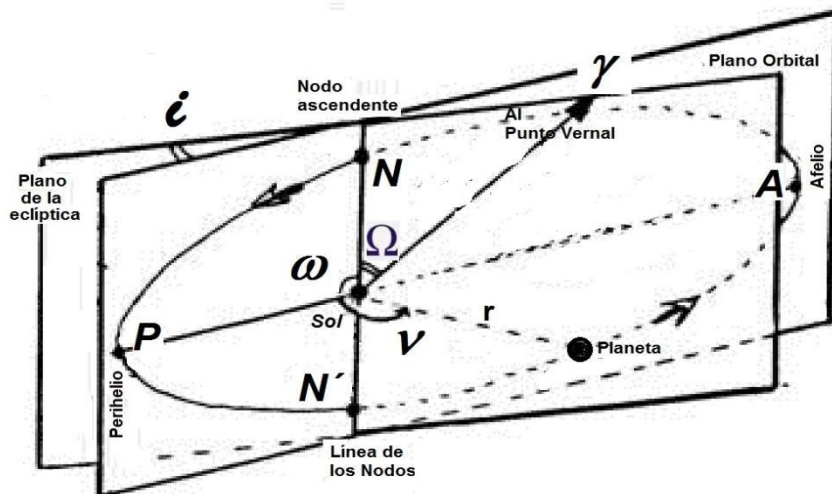


Cuadrante de pared, en:

<http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx>

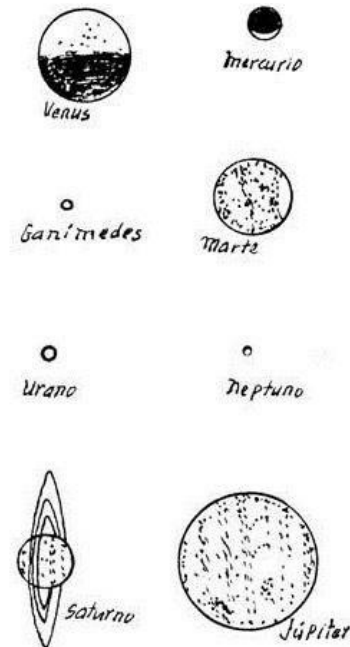
Kepler 2.

- **Kepler**, en su tercera ley encuentra la relación entre los cuadrados de los períodos de revolución de los planetas “P” y los cubos de sus distancias medias al Sol “a”. Esto es:
- $P_i^2/P_j^2 = a_i^3/a_j^3$



Los **elementos de una órbita** planetaria se relacionan con los ángulos de la figura y geometría de la órbita, además del período orbital .

Ver: [Newton: de Grecia al post-renacimiento.](#)



Tamaño relativo de **los planetas** vistos al telescopio. En Júpiter sería viable observar los satélites galileanos.

Galileo Galilei (1564-1642)

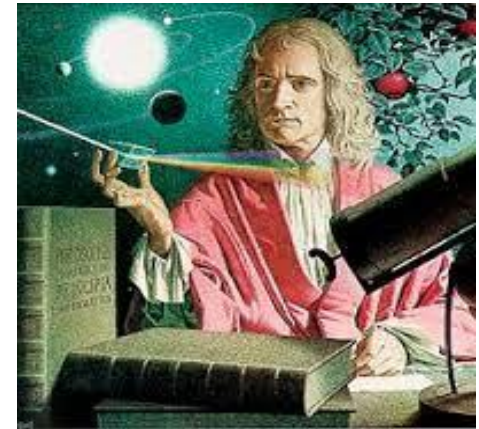
- Fue un **defensor de la teoría copernicana**, lo que le trajo grandes conflictos con la Inquisición, la que en 1600 había quemado vivo a Giordano Bruno en las calles de Roma. Se le reconoce como “**El padre de la astronomía moderna**”. Además de formular la **primera ley del movimiento**, es condenado por la Inquisición por apoyar las ideas de Copérnico.
- Los principios del **plano inclinado**, **el péndulo** y **la caída libre**, son tres resultados de su método científico.
- Galileo descubre las manchas solares, cuatro lunas de Júpiter, las fases de Venus y las montañas lunares con el **telescopio refractor**, instrumento que construye y mejora tras conocer el refractor ya inventado por el catalán Juan Roget en 1590.
- Ver: [Protagonistas de la astronomía](#)



Galileo Galilei, en:
<http://maryloudriedger2.wordpress.com>

Isaac Newton (1643-1727) 1

Nacido un año después de muerto Galileo, es el creador de la **Ley de Gravitación Universal**, según la cual la caída de las manzanas y el movimiento de los astros se rigen por una misma fuerza. Con dicha Ley establece las bases de la **mecánica clásica**, la que expresada como una teoría matemática permite explicar el movimiento y la fuerza de atracción de los cuerpos celestes. Imagen, Isaac Newton en: <http://www.kienyke.com>



En 1671 construye un telescopio reflector, y al tiempo revoluciona los principios de la **óptica** con su descubrimiento de los colores fundamentales y del espectro visible. Además, para sus desarrollos creó su propia herramienta: **el cálculo diferencial e integral**, desarrollo que comparte con Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716). Para Newton, el Universo era infinito y por lo tanto eterno: siendo la cantidad de materia M finita, no se presentaba un colapso gravitacional porque al estar la uniformemente distribuía en ese espacio de radio R infinito, la densidad que sería de la forma M/R , resultaría nula. Ver: [Protagonistas de la astronomía](#).

Gravitación universal

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

$$G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$$

La fuerza F depende de las masas m_1 y m_2 que interaccionan y de la distancia r entre sus centros de gravedad. G es la constante de gravitación universal. Imagen en:

<http://www.xtec.cat/>

Isaac Newton (1643-1727) elabora una teoría gravitacional, que explica el comportamiento de todos los cuerpos del Universo, y el movimiento expresando espacio y tiempo como invariantes.

Para el efecto, toma lo fundamental del pensamiento que le precede, así: 1-De Copérnico: el modelo heliocéntrico. 2-De Kepler: las tres leyes y las mareas. 3-De Galileo, toma la caída libre y el movimiento parabólico. 4-De Descartes: incorpora la inercia rectilínea.

Estas son las tres leyes de Newton:

1-Ley de la inercia: “Todo cuerpo preservará su estado de reposo o de movimiento uniforme y rectilíneo, a no ser que actúe sobre él otra fuerza que cambie su estado inicial”.

2-Ley de la interacción y la fuerza: “El cambio de movimiento es proporcional a la fuerza motriz impresa, y ocurre en la misma dirección de la línea de acción de la fuerza que se aplique”. Esta segunda ley puede resumirse en la fórmula: $F = m \cdot a$

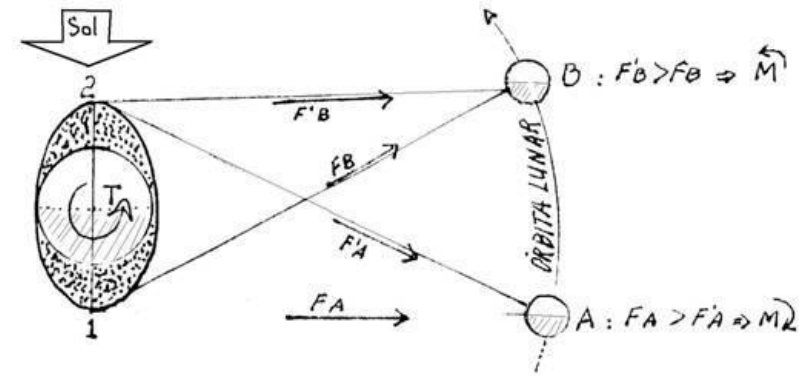
3-Ley de acción y reacción: “A toda acción siempre corresponde una fuerza de reacción igual y contraria”.

Ver mas en: [Newton: de Grecia al post-renacimiento.](#)

Isaac Newton (1643-1727) 2

•En el siglo XVIII y principios del XIX la mecánica celeste se desarrolla. No existe el computador; **Halley** calcula la órbita elíptica del cometa de 1682. **Kant** atribuye en 1755 la génesis del sistema solar a un proceso mecánico. **Lagrange** estudia en 1788 el conocido “problema de los tres cuerpos” y algunos casos especiales con solución. **Simón Laplace** publica en 1799 su *Mecánica Celeste* y descubre la invariabilidad del eje mayor de las órbitas planetarias. Los estudios de Newton sobre las mareas y sus alturas según las fases lunares, estación del año y latitud, son complementados por Laplace.

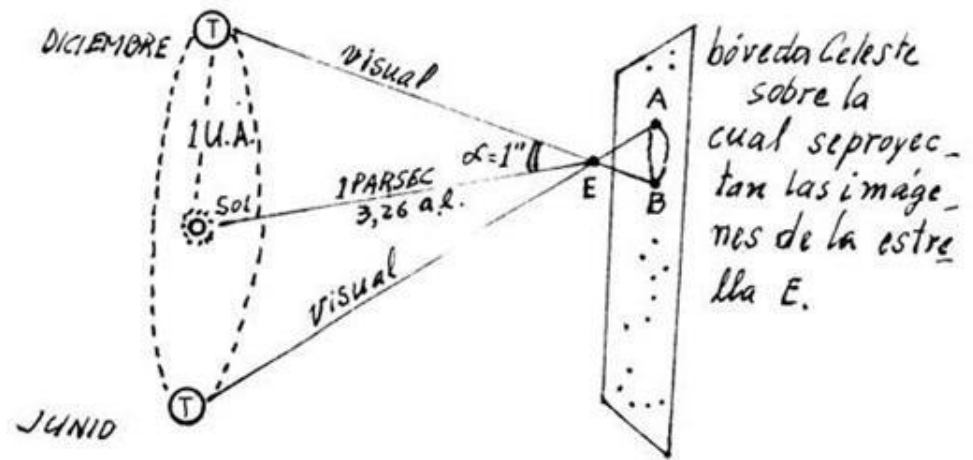
•Ver: [Protagonistas de la astronomía.](#)



La imagen, que ilustra el **fenómeno de marea terrestre** causado por la atracción gravitacional solar y lunar, muestra dos posiciones lunares: en A, pasada la Luna Llena, se ejerce una fuerza favorable a la rotación terrestre ($F_A > F_A'$), pero en B, antes de la Luna Nueva, se ejerce una fuerza contraria o de freno ($F_B > F_B'$).

La paralaje estelar

La paralaje de una estrella es el ángulo formado por dos visuales relativas a la observación de una misma estrella, que parten desde dos puntos distintos de la órbita terrestre.

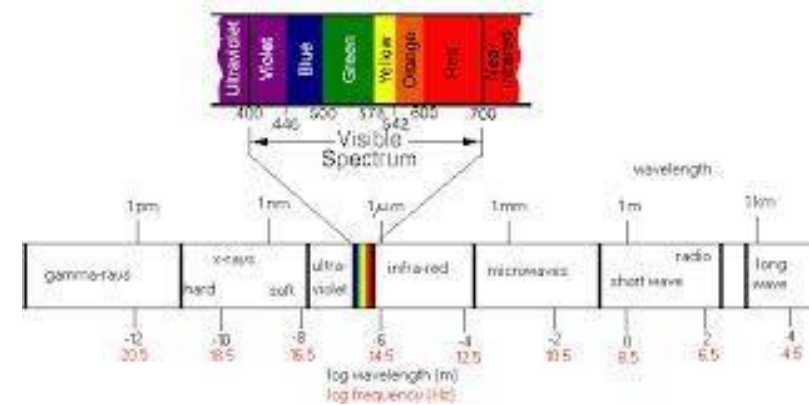


Éste es un método útil para **triangular la distancia hasta las estrellas cercanas**, pero alcanza hasta los 100 parsecs refinando las medidas y aceptando incertidumbre en la distancia estimada. Esto es: alcanza hasta la Polar que se ubica a 300 años luz. **Un Pársec** es la medida astronómica que se equivale a 3,26 años luz y que corresponde a una paralaje alfa de 1'' de arco, en la figura que lo ilustra. Ver: [Guía astronómica](#).³⁸

Siglos XVIII y XIX

- Se funda la astrofísica: las técnicas y métodos de medida se soportan en las investigaciones sobre el **espectro solar**, las rayas oscuras, la creación del análisis espectral, la introducción de los métodos de fotografía y los fotómetros.

El espectro electromagnético es la radiación electromagnética que emite o absorbe una sustancia, y que sirve para identificarla, de manera análoga a una huella dactilar. Las diferentes radiaciones comprenden los rayos gamma y X, el ultravioleta, la luz visible, el infrarrojo, las microondas y las ondas de radio.



Espectro electromagnético en:
<http://fc.uni.edu.pe>

- La luz presenta una naturaleza compleja: se manifestará como una **onda** o como una **partícula**. Son dos estados que no se excluyen, sino que se complementan. Con los **espectroscopios** se pueden hacer medidas de la longitud de onda, frecuencia e intensidad de una radiación.

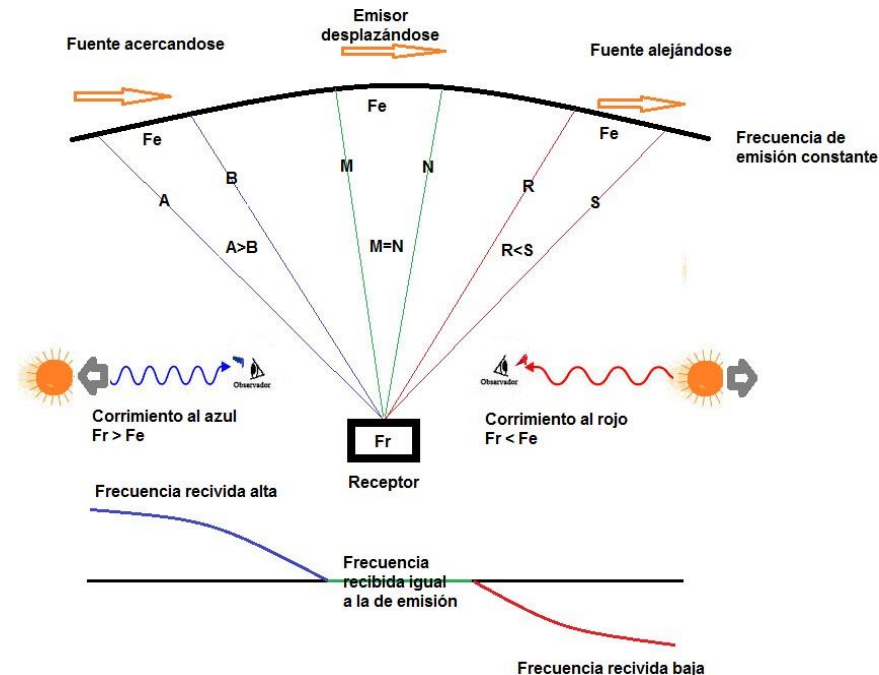
Efecto Doppler-Fizeau

Se trata de un **efecto Doppler relativista** que consiste en el cambio observado en la frecuencia de la luz procedente de una fuente en movimiento relativo, con respecto al observador.

Dicho fenómeno difiere del efecto Doppler del sonido, debido a que la velocidad de la luz, **c**, es constante para cualquier observador, independientemente de su estado de movimiento.

Cuando la fuente luminosa se acerca, las líneas espectrales muestran un **corrimiento al azul** proporcional a su velocidad radial de aproximación; cuando se aleja, el **corrimiento se da al rojo**.

Ver: [Guía astronómica](#).



El **cambio en frecuencia** observada f_0 , cuando la fuente que emite una frecuencia f_1 se aleja respecto al observador a una velocidad v , está dado por la expresión:

$$f_0 = f_1 \left(\frac{1-v/c}{1+v/c} \right)^{1/2}$$

Formación de las estrellas

Las estrellas surgen del colapso gravitacional de nubes de gas y polvo interestelares. Conforme se contrae la nube, aumentan su densidad, velocidad de rotación y energía de acreción. Surge primero una **protoestrella** que emite radiación. Cuando alcance 10 millones de °C y se inicie la fusión nuclear, aparecerá la **estrella** en la **secuencia principal**, donde convierte H en He durante el 90% de su vida. Consumido el hidrógeno, colapsa el núcleo y eleva nuevamente su temperatura, reiniciando las reacciones nucleares para transformar el He en N, O y C; así la envoltura exterior de la estrella se dilata, entrando a la **fase de gigante roja**. Allí, según la masa final del astro, difiere la suerte final entre estrellas de poca masa y estrellas masivas. Las de gran masa tras un paroxismo de Supernova se destruyen quedando una estrella neutrónica (1.4 a 2 Masas solares) o un agujero negro (mas de 2 Masas solares). Y las de poca masa (menos de 1.4 Masas solares) en los que la estrella explota y pierde masa, podrá reiniciar procesos de núcleo síntesis si su masa resulta suficiente para tomar como nuevo combustible las cenizas del proceso anterior, hasta ubicarse en la **fase de enana blanca**, donde finalmente, desprovista de su atmósfera gaseosa muere, como un cuerpo denso oscuro.

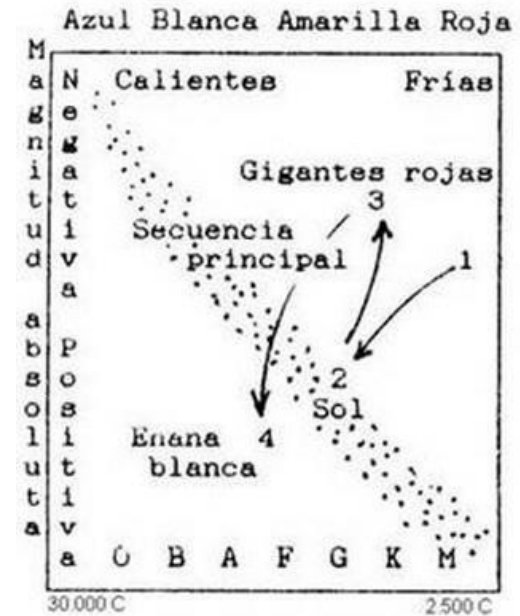
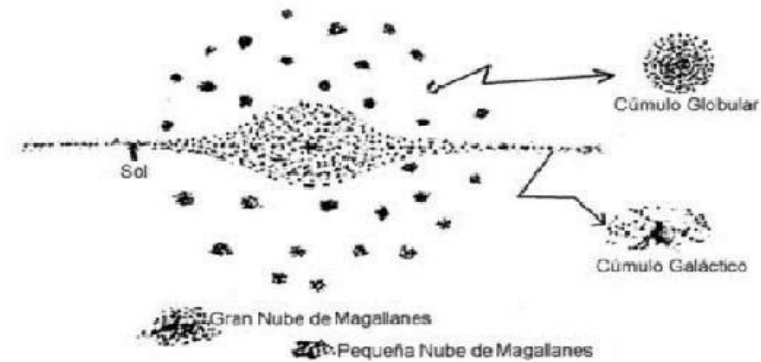


Diagrama H-R (brillo estelar contra temperatura superficial), mostrando en cuatro estados la evolución del Sol. Ver: [*Elementos de Astrofísica y Las Estrellas.*](#)

Los faros del Universo

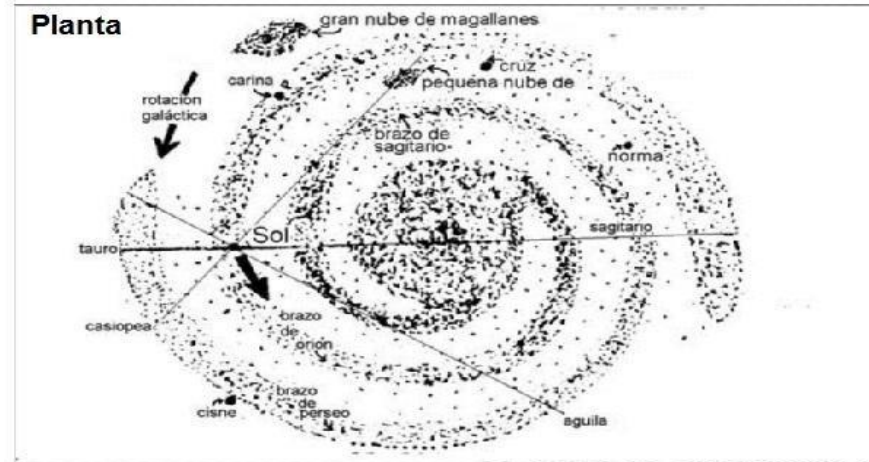
- Algunas estrellas variables como las **Cefeidas** y otras estrellas de 5 a 7 masas solares, pulsan con períodos de oscilación constantes en el brillo: lo que permite el cálculo de distancias mayores. Este método que ha permitido dimensionar, **La Vía Láctea**, nuestra galaxia, con 100 mil millones de estrellas en sus cúmulos cerrados del halo y cúmulos abiertos del plano medio con sus brazos espirales, también sirvió para determinar la distancia a las dos nubes de Magallanes que la orbitan, y a la galaxia Andrómeda ubicada a dos millones de años luz. En las estrellas **variables periódicas**, que pueden ser estrellas de alto contenido metálico PI o de bajo contenido metálico PII, se puede calcular el brillo real en función del período y clase de estrella (Poblaciones I o II). Al contrastar el brillo real con el brillo que muestra la estrella, se calcula su distancia. Ver: [Elementos de Astrofísica y Las Estrellas](#).

Vía Láctea



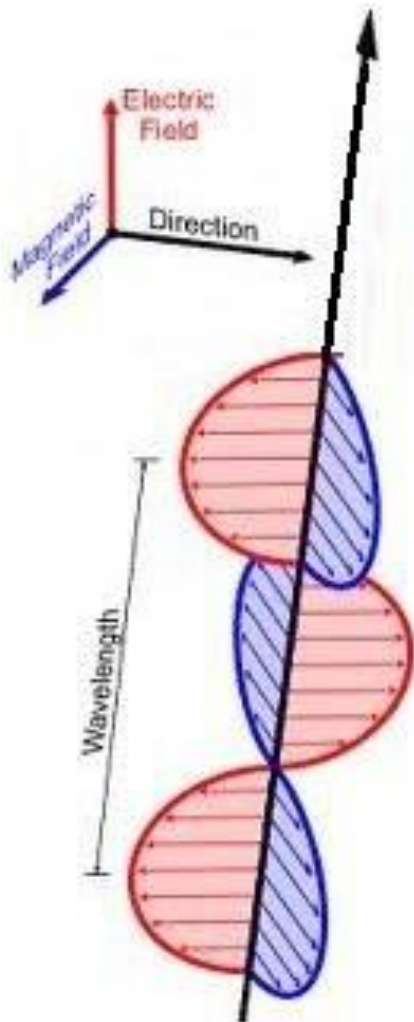
Perfil

Planta



Vía Láctea: edad 13000 millones de años y diámetro 100 mil años luz. Hoy propone que sea espiral barrada y se replantea la naturaleza satelital de las Nube de Magallanes.

Electricidad y magnetismo



- Los chinos conocen la Calamita o Magnetita, desde el 2600 a. C.; y también inventan la brújula para la navegación hacia el 900 a.C.
- Los griegos, alrededor del 400 a.C. frotaban ámbar para atraer la paja (electricidad friccional)
- En 1726 el alumno de Newton Stephen Gray usa el cáñamo como conductor eléctrico.
- En 1800 el italiano Volta inventa la pila eléctrica de corriente continua usando zinc y de cobre.
- Coulomb en Francia, en 1785 expresa matemáticamente la ley de atracción entre cargas eléctricas.
- En 1813, el danés Orsted encuentra la interrelación entre magnetismo y electricidad al mostrar un campo magnético asociado a una corriente eléctrica.
- En 1820, el francés Ampère inventa el primer telégrafo eléctrico, descubre que la dirección de brújula depende de la dirección de la corriente eléctrica, y formula la ley de la mano derecha.
- Galvani en Italia, con la “bioelectrogénesis” aplicada a cadáveres, hacia 1870 demuestra la verdadera naturaleza eléctrica del sistema nervioso.
- En 1831, el británico Faraday obtiene corrientes eléctricas a partir de campos magnéticos variables.

El electromagnetismo de Faraday, Maxwell y Hertz

Michael Faraday (1791-1867)

Físico y químico británico, fundador del electromagnetismo y de la electroquímica.

James Clerk Maxwell (1831-

1879) Físico escocés, que desarrolla la teoría electromagnética clásica, y sintetiza todas las anteriores observaciones, experimentos y leyes sobre electricidad y magnetismo, y sobre óptica, en una teoría consistente.

Heinrich Rudolf Hertz (1857 -

1894) Físico alemán descubridor del efecto fotoeléctrico, demuestra que las ondas electromagnéticas se propagan a la velocidad de la luz y consigue la forma de producirlas y detectarlas.



Faraday



Maxwell



Hertz

- Faraday, descubre la inducción electromagnética que permite la construcción de generadores y motores eléctricos, y de las leyes de la electrólisis.
- Maxwell, considerado el científico del siglo XIX que más influencia tuvo sobre la física del siglo XX, por sus contribuciones fundamentales facilita la comprensión de la naturaleza.

Hertz, quien reformuló las ecuaciones de Maxwell para tomar en cuenta su nuevo descubrimiento, probó experimentalmente que las ondas electromagnéticas pueden viajar a través del aire libre y del vacío, como lo habían predicho Maxwell y Faraday. Ver: [Protagonistas de la astronomía](#)

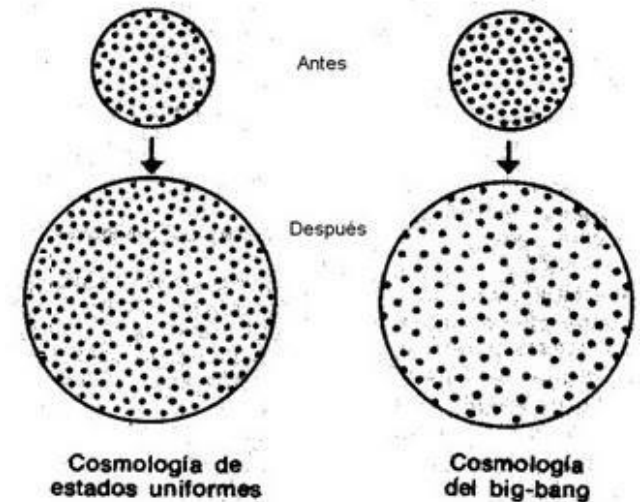
Edwin Hubble (1889-1953)

Edwin Powell Hubble con dicho descubrimiento, se consagró como **el padre de la cosmología observacional**. La expansión relativista del Universo, recesión que se establece con la constante de Hubble, se conoció midiendo el desplazamiento al rojo de 46 galaxias distantes: dicha noticia fue sorprendente por su simplicidad y trascendencia.

El Estado Estacionario del Universo de Bondi, Gold y Hoyle (1948), proponía que el Universo debería verse idéntico desde cualquier lugar y no debería experimentar cambios en el tiempo, de conformidad con el Principio Cosmológico, lo que se supone la creación continua de materia.

Si a mayor distancia, sistemáticamente las galaxias muestran una mayor velocidad de alejamiento calculada con el corrimiento al rojo de sus espectros, entonces no son las galaxias sino el espacio, quien se expande. Dicha **expansión relativista** debe conducir a un límite para el Universo observable, dado por los cuerpos que se alejan a velocidades cercanas a la velocidad de la luz. En el modelo del Big Bang, la cantidad de materia se mantiene constante en el tiempo, por lo que se modifica la densidad de galaxias. Ver:

[Protagonistas de la astronomía](#)

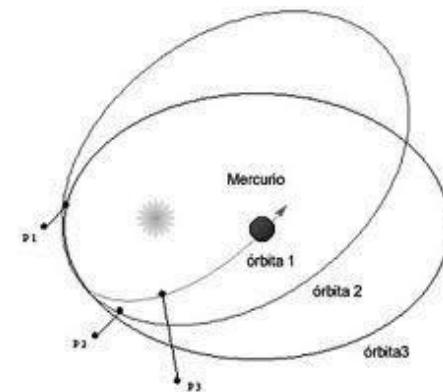


El Universo Estacionario de Bondi, Gold y Hoyle (1948) supone la creación continua de materia para mantener su aspecto uniforme, Imagen Izquierda.

Albert Einstein (1879-1955)

- Albert Einstein, considerado el científico más importante del siglo XX, nace en Ulm en 1879, estudia en la Escuela Politécnica de Zurich y regresa a Berlín en 1913 donde dirige el Instituto de Investigación Física Kaiser Wilhelm, donde se hace ciudadano suizo. Einstein, se preguntaba en 1907, si la gravedad es fuerza, ¿por qué una persona en caída libre no siente su peso?.

- En 1905 publica su Teoría de la Relatividad Especial, en 1916 presenta la **Teoría General de la Relatividad**, y en 1921 recibe el Nobel de Física por el descubrimiento del efecto fotoeléctrico; dado su origen judío, ante el ascenso del nazismo y la política antisemita de Hitler, en 1933 se traslada a EE. UU., donde se hace ciudadano norteamericano y muere en 1955).



Efecto relativista en la precesión de la órbita de mercurio

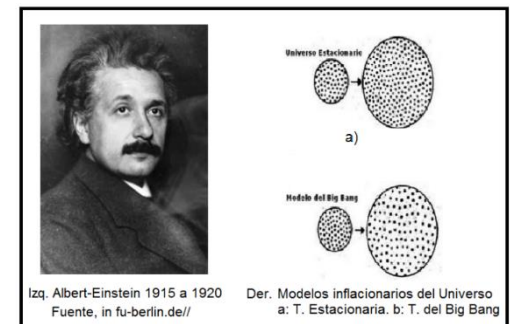
<http://electromagneochoa.blogspot.co>

- Einstein elimina el concepto newtoniano de espacio absoluto y de éter, y demuestra que la luz es onda-partícula. Su expresión $E=mc^2$ dice que Materia y Energía son dos aspectos de la misma cosa. El principio de que la velocidad de la luz C es una constante, junto con el principio de causalidad y la equivalencia de los marcos de inercia, es uno de los postulados fundamentales de la **Relatividad Especial**, en 1905.

Ver: [Protagonistas de la astronomía](#)

La teoría de la relatividad

- Sea cual fuere la velocidad a la que un objeto se mueve, ciertos procesos, como la velocidad de la luz, resultan invariantes
- En esta teoría, la atracción gravitacional es la manifestación de la curvatura del Espacio-Tiempo, causada por la presencia de materia y de energía. La materia le dice al espacio como curvarse y el espacio a la materia cómo moverse.
- En cualquier sistema de referencia en movimiento, el tiempo se dilata, todo se contrae en la dirección del desplazamiento y los cuerpos materiales aumentan su masa.
- La Teoría de la Relatividad Especial generaliza la mecánica de Newton, al explicar los movimientos de los cuerpos cuando éstos se desplazan a velocidades cercanas a la de la luz.



Albert Einstein y los
Modelos inflacionarios del Universo;
en:
<https://godues.wordpress.com/2016/02/01/>

Ver: [Albert Einstein en los cien años de la Teoría de la Relatividad.](#)

Relatividad General

- El campo de la cosmología se establece con la **Teoría general de la relatividad**, una teoría de la gravedad creada por Albert Einstein en 1915 y 1916.
- Los principios fundamentales introducidos en dicha teoría son:
 - 1- **El Principio de equivalencia**, que describe aceleración y gravedad como dos aspectos distintos de la misma realidad, y que dice "un sistema inmerso en un campo gravitatorio es puntualmente indistinguible de un sistema de referencia no inercial acelerado".
 - 2- **El principio de covariancia generalizado**, según el cual todos los sistemas de coordenadas son equivalentes.
- Para Einstein, en un punto concreto no se puede distinguir experimentalmente entre un cuerpo acelerado uniformemente y un campo gravitatorio uniforme.
- En esta teoría, el espacio-tiempo se considera de 4 dimensiones y con una geometría que se curva por la presencia de masa, energía y momento lineal. Ver:
Ver: [Albert Einstein en los cien años de la Teoría de la Relatividad.](#)

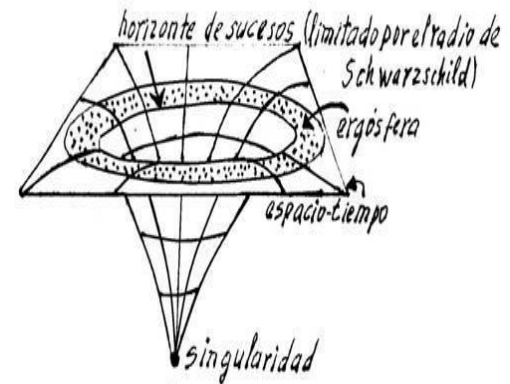


Imagen bidimensional de un agujero negro, donde el espacio se curva en torno a la singularidad. El agujero negro, es la fase final de una estrella de más de dos masas solares, y la estrella neutrónica cuando la masa final es de 1,4 a 2 masas solares .

Fuerzas fundamentales

- En los años 1920 Einstein se emplea sin éxito en la hallar una relación matemática que permita integrar el electromagnetismo y la atracción gravitatoria, tal cual lo hizo **James Clerk Maxwell** (1831-1879) con la Electricidad y el Magnetismo.
- Mientras a nivel macro existen dos fuerzas fundamentales de gran alcance, la Gravedad y el Electromagnetismo, a nivel atómico también existen dos fuerzas: la interacción débil que explica la radiactividad y la interacción nuclear fuerte que integra el núcleo atómico. El orden de intensidades de las fuerzas, es:

$F_{\text{Nuc. F}} > F_{\text{E-Mag}} > F_{\text{Nuc. D}} > F_{\text{Grav}}$

Ver: [Elementos de Astrofísica y Las Estrellas.](#)

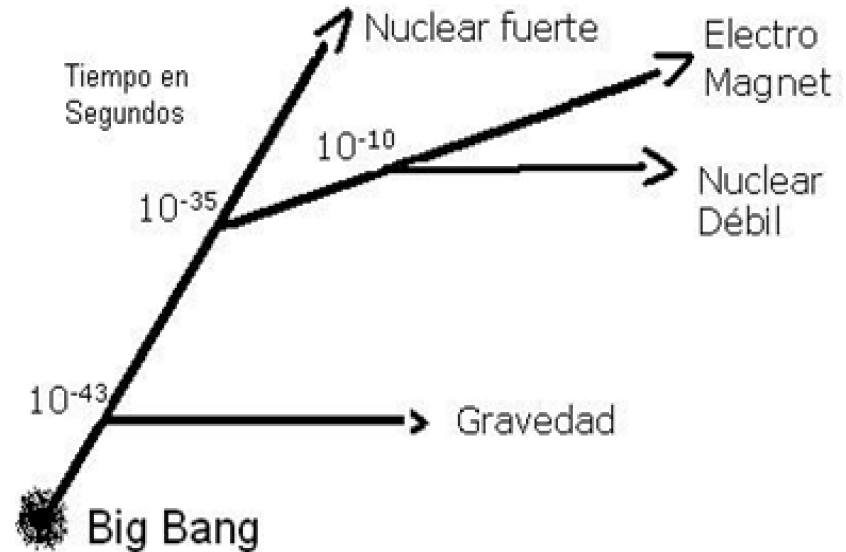


Imagen: Origen temporal de las fuerzas fundamentales.

Después del Big Bang, a los 10^{-43} seg surge la Gravedad, y a los 10^{-35} seg se separa la Fuerza Nuclear Fuerte. La Fuerza Nuclear débil y la Fuerza E-M, se separan a los 10^{-10} seg.

El Universo de Einstein

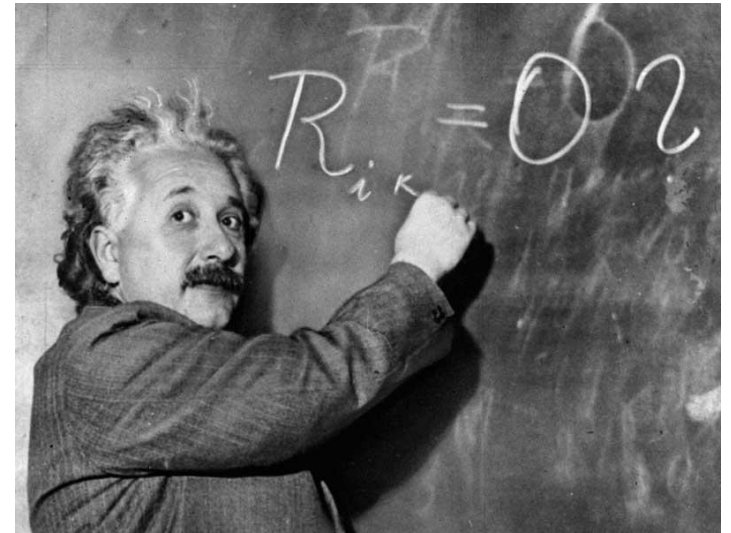
Para Newton el Universo permanece infinito e inmutable, y por lo tanto es eterno; en ese Universo, **espacio y tiempo continúan desacoplados**.

Además éste no requiere de un origen en el tiempo, aunque podría tenerlo, y en él no se puede señalar un centro en torno al cual esté colapsando.

Albert Einstein (1879-1955) con su teoría de la Relatividad considera **un espacio que se contrae y un tiempo que se dilata** cuando la velocidad aumenta; y los efectos de la gravedad sobre un espacio euclidiano, isótropo y homogéneo: la presencia de la masa como propiedad de la materia que causa la atracción gravitatoria: “curva el espacio”.

Einstein continuó creyendo en **un Universo estático e inmutable**, aunque la relatividad general deja en firme las bases para los nuevos modelos cosmológicos.

Ver: [Día mundial del medio ambiente: El Universo](#)

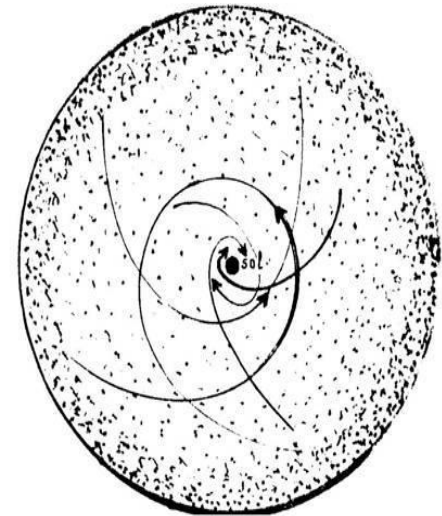


Albert Einstein, en
<http://stringers.es>

Modelos dinámicos del Universo

- Einstein creía en un **Universo estacionario**, y para lograrlo había incluido en sus ecuaciones una “constante cosmológica” que contrarrestaba la expansión para obtener con ella un Universo estable.
- El Ingles Willem De Sitter plantea en 1917 una expansión en la cual **la curvatura** del Universo en el tiempo se va reduciendo.
- El nuevo Universo dinámico puede tomar una de dos alternativas posibles:
 - 1: Un **Universo cerrado**
 - 2: Un **Universo abierto**.
- Todo dependerá de si el Universo cuenta con la cantidad de materia requerida para controlar su actual expansión. De ser cerrado, se contraería.

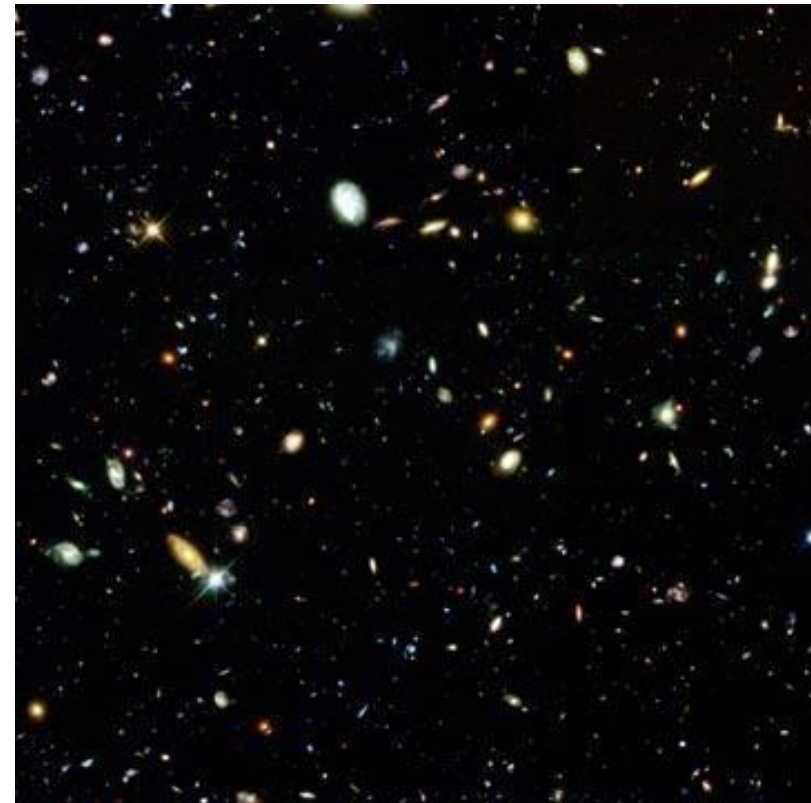
Ver: [*Dia mundial del medio ambiente: El Universo*](#)



Los cometas con su trayectoria, expresan la métrica del espacio-tiempo. Los cometas provienen de dos acumulaciones trans-neptunianas más cercanas que la nube de OORT: el cinturón de Kuiper y el disco disperso.

El Universo

- El Universo tiene cerca de **100 mil millones de galaxias**, cada una con 100 mil millones de estrellas como el Sol, en promedio. Así el Universo contendría el equivalente a 10^{22} “soles”.
- En los años de la década de 1910, el astrónomo estadounidense Vesto Slipher, y después el astrónomo de Estrasburgo Carl Wilhelm Wirtz, determinaron con el Efecto Doppler, que algunas nebulosas espirales que eran las galaxias lejanas, se alejaban de la Tierra.
- Ya en 1929, el astrónomo **Edwin Hubble**, descubrió en las galaxias más lejanas, una mayor **velocidad de recesión** o alejamiento que en otras menos alejadas, fenómeno que le permitió formular la tesis de una **expansión relativista** del Universo en su conjunto. Ver: [Albert Einstein en los cien años de la Teoría de la Relatividad.](#)

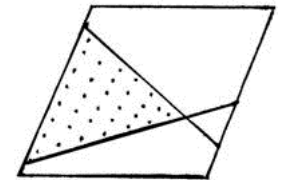


Galaxias lejanas, en:

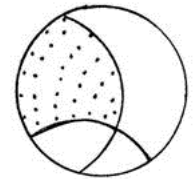
<http://wallpaper-photo.ru>

Forma del Universo

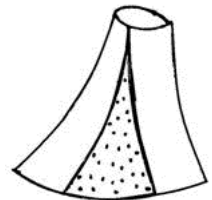
- La **curvatura del Universo**, podría ser cero, positiva o negativa, según se trate de la geometría de Euclides, Riemann y Lobachevski en su orden, y en cada caso sus propiedades serían diferentes, como también son diferentes los resultados matemáticos en las tres geometrías asociadas a dichas curvaturas. Observaciones recientes confirman la **ausencia de masa y energía** en regiones del Universo, por lo que se supone una estructura esponjosa del Espacio Tiempo, lo que sugiere un Universo con forma de pumita.
- Aunque normalmente las estrellas forman galaxias, las galaxias forman cúmulos llamados **Metagalaxias**, y estos supercúmulos llamados **Hipergalaxias**, la estructura del Universo en su conjunto parece ser uniforme.
- Dependiendo de la cantidad de materia en el Universo, éste puede **expandirse** indefinidamente o frenar su expansión lentamente hasta producirse una contracción global: **el Big Crunch** o 'Gran Colapso'. Ver: [Día mundial del medio ambiente: El Universo](#)



$c = 0$ (Euclides)



$c > 0$ (Riemann)



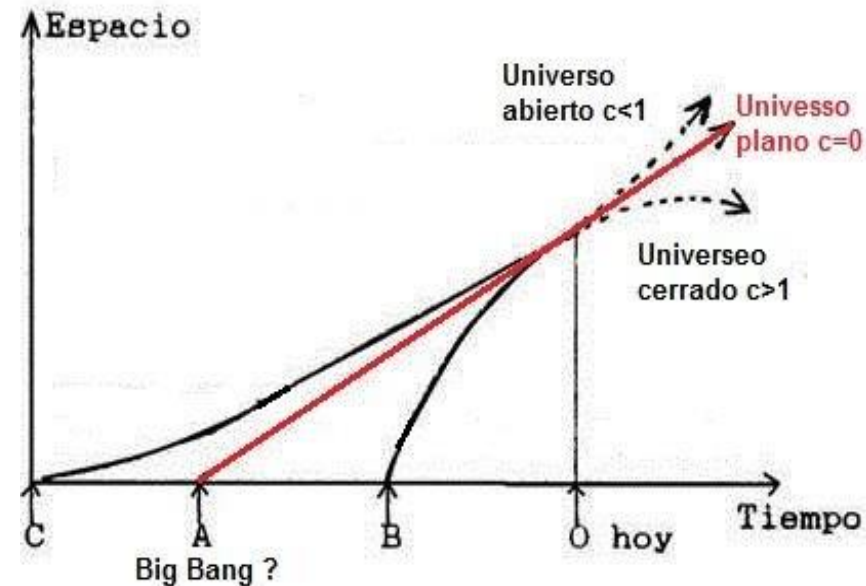
$c < 0$ (Lobachevski)

Curvatura c de un espacio continuo.

El origen del Universo

Considerando el **flujo del tiempo hacia atrás**, este Universo actualmente en expansión debió nacer de una altísima densidad de masa y energía concentrada en un solo punto: esto es, partió de **“una singularidad”**.

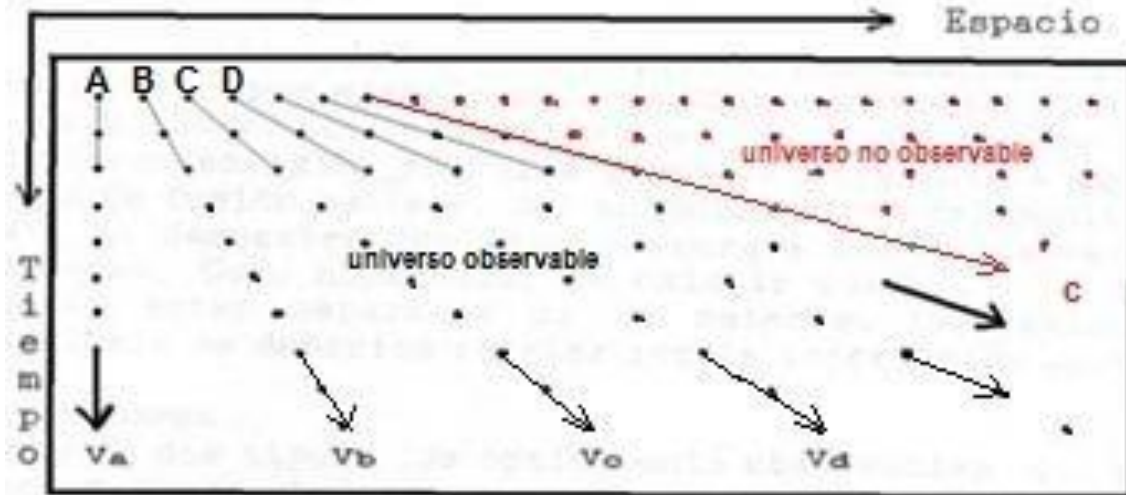
En la figura el origen del tiempo será A, B o C. Una de las paradojas del Universo, es su **tendencia a tener una curvatura cero o euclidiana**, con lo cual B y C estarían en las vecindades de A.



El inverso de la constante de Hubble, se correspondería con **la edad del Universo**. Como aquella Constante se estima entre 65 y 77 km/seg/Mpc, el Universo tendría cerca de 15 mil millones de años de antigüedad. Ver: [Dia mundial del medio ambiente: El Universo](#)

La expansión relativista del U

El tejido de expansión del Universo, viajaría a una velocidad cercana a la de la luz, conformando el límite del **Universo observable**. Más allá todo viajaría a esa velocidad, sin que pueda llegar información.

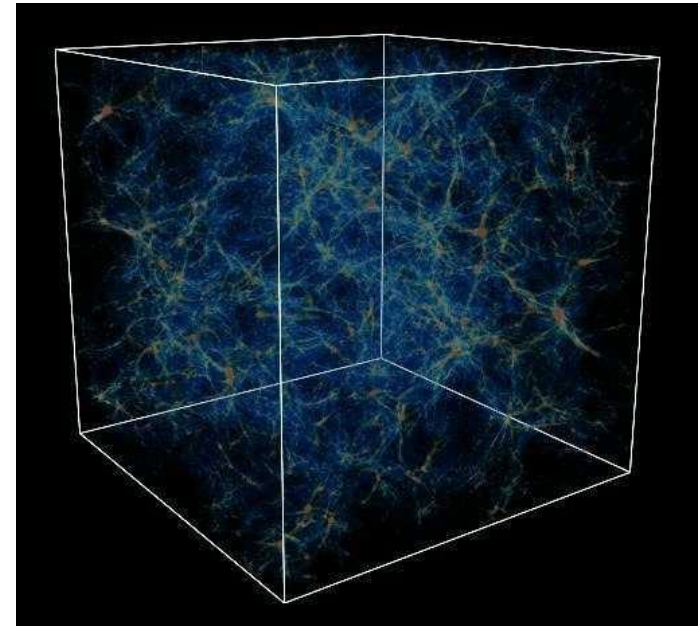


Las flechas en la imagen son la velocidad creciente de recesión de las galaxias A, B y C, fenómeno que se explica por la expansión del espacio-tiempo.

Si el Universo que se expande posee un límite o frontera, yendo hacia el pasado también tendría un origen en el tiempo. Así, además de ser finito, tampoco sería eterno. Ver: [*Día mundial del medio ambiente: El Universo*](#)

Estructura del Universo

- El "**principio cosmológico**" establece la homogeneidad del espacio, y según este el aspecto de Universo es el mismo independientemente del lugar en que se encuentre el observador.
- El radio de **Universo observable** es de unos 15 mil millones de años luz, su densidad es 10^{-25} g/cm³, su volumen 10^{78} m³, y la masa 10^{52} Kg, equivalentes a 10^{80} nucleones. Más adelante estimaremos la energía del Big Bang a partir de estos valores.
- En astrofísica y en cosmología física se considera la **materia oscura**, una hipotética forma de materia que no emite suficiente radiación electromagnética para ser detectada con los medios técnicos actuales, pero cuya existencia se puede inferir a partir de los efectos gravitacionales sobre la materia visible. Ver: [Dia mundial del medio ambiente: El Universo](http://www.emprendedoresnews.com)



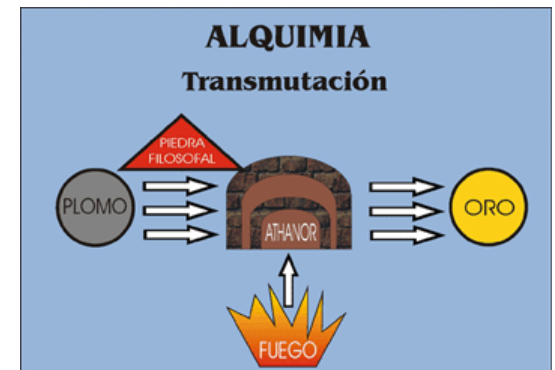
La energía del Big Bang según la expresión $E=mc^2$ y su masa estimada de 10^{52} kg, es del orden de $10^{55} \times 10^{21} = 10^{76}$ ergios.

Arquitectura del Universo, en:
<http://www.emprendedoresnews.com>

Los elementos

- Un **elemento químico** es un tipo de materia constituida por átomos de la misma clase. En su forma más simple posee un número determinado de protones en su núcleo. Los elementos se combinan para formar compuestos. En **estado natural**, conocemos 92 clases de elementos (del hidrógeno al uranio), los demás son artificiales; en nuestro ambiente solamente dos son líquidos (bromo y mercurio). Los compuestos son combinaciones de átomos de elementos y la molécula es la unidad más pequeña de un compuesto.
- La materia se compone de átomos, estos de **electrones, protones y neutrones**; los átomos son la unidad más pequeña de un elemento y poseen masa y carga eléctrica. En el átomo normal el número de electrones y protones es igual.

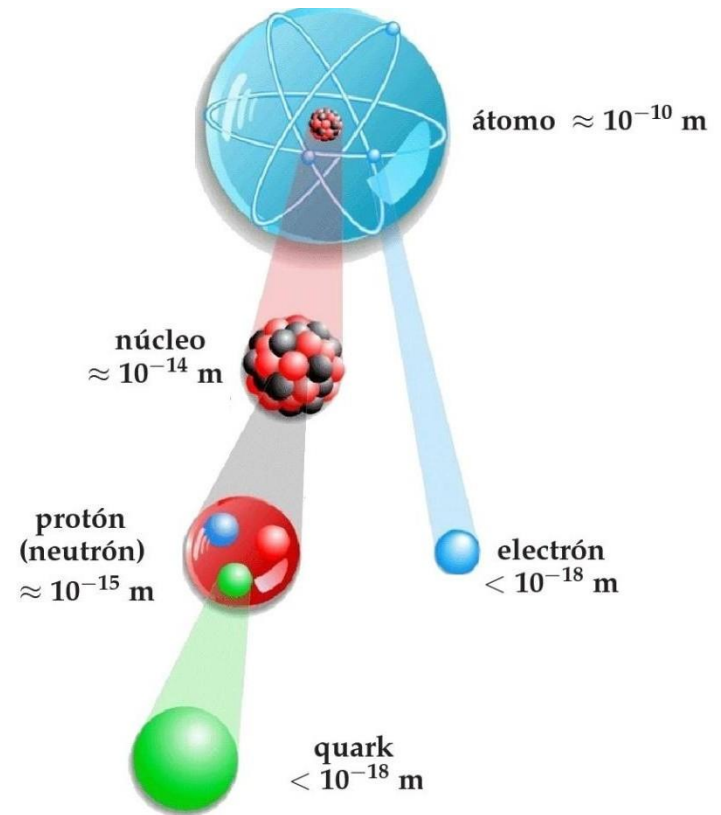
- Imagen: Esquema para la transmutación de los metales: por ejemplo, del plomo en oro. Fuente: <http://cmpleguezuelos3.blogspot.com.co>



El átomo

- En el átomo normal el número de electrones y protones es igual. Un **ion** es un átomo desequilibrado por la vía de los electrones, mientras un **isótopo** es un átomo desequilibrado por la vía de los neutrones. En el hidrógeno no hay neutrones; en los átomos de elementos **livianos**, el número de neutrones y protones es igual; en los átomos **pesados** el número de neutrones supera al de protones.
- El 99.95% de la **masa** del átomo está en el núcleo, cuya densidad es de 100 millones de toneladas por cm^3 . El **diámetro** del átomo varía entre 20000 y 200000 veces el del núcleo.

Aunque en el siglo XIX se consideraba que el átomo era indivisible, y **de ahí su nombre**, desde principios del siglo XX se conoce su estructura compuesta por un núcleo atómico, rodeado de una nube de electrones. Ver: [Elementos de Astrofísica y Las Estrellas](#).



Estructura del átomo, en:
<http://cafpe.ugr.es>

Partículas elementales.

• Desde el punto de vista de las interacciones, hay tres clases de partículas elementales: **Leptones**, **Quarks** y **Bosones**.

A los quarks y leptones se les llama **fermiones**.

• **Leptones** (no interaccionan fuertemente): Son el electrón y los mesones muón y del tau, con sus correspondientes neutrinos. **Quarks** (forman los mesones): Se necesitan tres para formar un protón o un neutrón; y sus nombres son: arriba, abajo, extraño, encantado, cima y fondo.

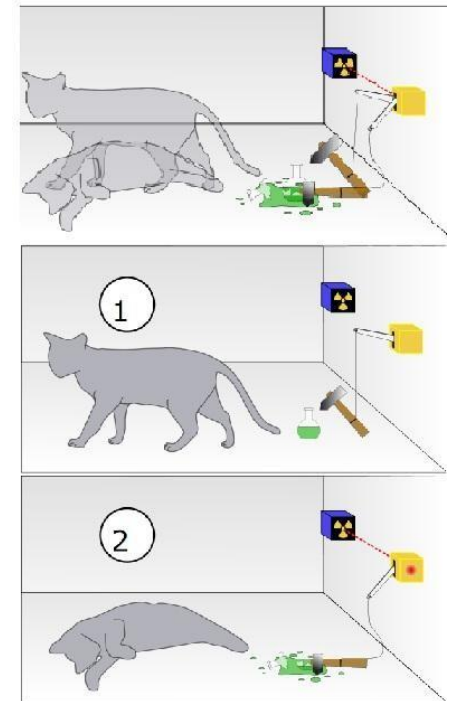


Imagen en: <http://www.protestantedigital.com>

Los Bosones (el intercambio de Bosones virtuales entre dos fermiones explica las 4 fuerzas): son ellos **el fotón** (electromagnetismo), **el gravitón** (gravedad), **los 8 gluones** (interacción nuclear fuerte) y **las partículas W y Z** (interacción nuclear débil). Gravedad y electromagnetismo son dos fuerzas de gran alcance; mientras las otras 2 son fuerzas del nivel atómico. **Los quarks forman protones y neutrones**. A nivel atómico, hay dos fuerzas: una de ellas responde por la unidad de los protones en el núcleo atómico mientras la segunda explica cómo el núcleo captura a los electrones (las cargas iguales se repelen y las cargas contrarias se atraen). **El electrón, el protón y el neutrón tienen masa**; en el electrón la carga es -1, en el protón es +1 y en el neutrón es 0. La masa del protón, similar a la del neutrón, es 1840 veces la del electrón. Ver: [Elementos de Astrofísica y Las Estrellas](#).

Principio de Incertidumbre

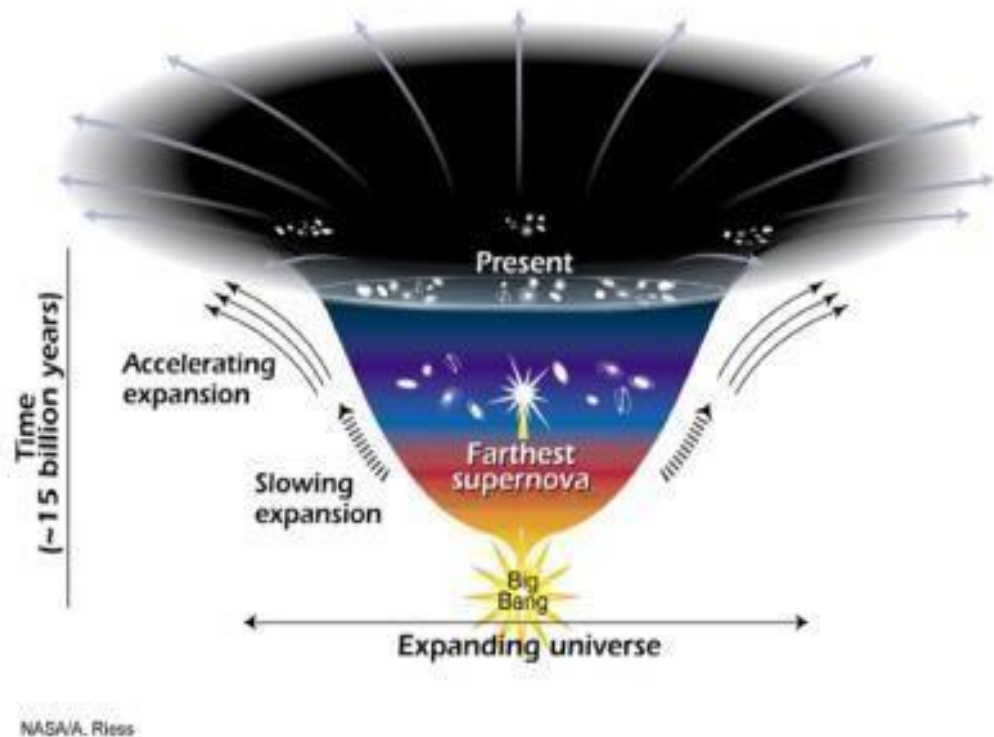
- Este principio enunciado por **Werner Heisenberg** en 1927, afirma que no se pueden determinar simultáneamente y con precisión arbitraria ciertos pares de variables físicas, como la posición y la cantidad de movimiento de una partícula dada.
- Según el Principio de Incertidumbre, durante la **fase inflacionaria** el Universo presentó fluctuaciones primordiales que se amplificaron a la escala cósmica, y que afectaron toda la estructura del Universo actual (Ver COBE)
- Al pasar la inflación, el Universo se expande de forma relativista siguiendo la **Ley de Hubble**, y las regiones demasiado separadas para interactuar entre ellas, vuelven al horizonte de sucesos.
- El **gato de Schrodinger**, aplicando el principio de incertidumbre de Heisenberg, ilustra cómo los resultados siempre estarán alterados por la propia observación del experimento. Ver: [Elementos de Astrofísica y Las Estrellas](http://upload.wikimedia.org).



El gato de Schrodinger, en <http://upload.wikimedia.org>

Cosmología del Big Bang

- Esta teoría explica **la expansión del Universo** a partir de un estado de densidad infinita, físicamente paradójico y altamente radiactivo. Explica **el origen de los elementos** químicos primordiales y la formación de los cuerpos celestes, pero no el origen mismo del Universo.
- El Universo, inicialmente radiactivo, se despeja **300 mil años** después del Big Bang.
- Un **Cuásar** es una fuente astronómica de energía electromagnética, que incluye radiofrecuencias y luz visible, y que presenta un enorme corrimiento al rojo.
- **Dado que los cuásares** están a 4000 Mpc, los vemos con una antigüedad de 13000 millones de años; esto es: se trata de cuerpos que se encuentran en el tejido de expansión del Universo.
- **NOTA:** hoy la expansión en lugar de ser atenuada, como se esperaba, extrañamente se acelera. Ver: [Elementos de Astrofísica y Las Estrellas](http://cienciageografica.carpetapedagogica.com).



Expansión del Universo a partir de una gran explosión, conocida como el Big Bang, en:
<http://cienciageografica.carpetapedagogica.com>

Secuencia de la teoría

- Alexander **Friedman** en 1922 y Georges **Lemaître** en 1927, utilizaron la teoría de la relatividad para demostrar que el Universo estaba en movimiento constante.
- Poco después, en 1929 el astrónomo Edwin **Hubble** descubrió en las galaxias lejanas la expansión relativista del Universo. De conformidad con ella, en las galaxias se observan dos movimientos: el propio de la Galaxia y el del continuo Espacio-Tiempo.
- A partir de este modelo, George **Gamow** en 1948 pudo predecir que debería existir como evidencia del Big Bang una radiación de fondo de microondas cósmicas.
- En los años 1960, Stephen **Hawking** y otros demostraron que la singularidad del modelo cosmológico de Friedman es un componente esencial de la gravedad de Einstein. Esto llevó a la mayoría de los cosmólogos a aceptar la teoría del Big Bang, según la cual el universo que observamos se inició hace un tiempo finito.

A finales de los años 1990 y principios del siglo XXI se lograron enormes avances en la cosmología del Big Bang como resultado de importantes avances en telescopía en combinación con grandes cantidades de datos satelitales de **COBE**, el telescopio espacial Hubble y WMAP. Ver: [*La Cosmología de Stephen Hawking*](#)

Después de la época de Planck

- El **tiempo de Planck** es la menor unidad de **tiempo** que puede ser medido, y la **longitud de Planck** es la mínima longitud requerida para que el espacio tenga una geometría clásica.
- En cosmología, la **época de Planck** es el primer momento en la historia del Universo, entre cero y 10^{-43} seg, período breve durante el cual las cuatro fuerzas fundamentales estaban unificadas y no existían partículas elementales.
- En 1926 Robert Lévi acuña el término **Cronón** para denominar el Tiempo de Planck y el término **Hodón** para denominar la Longitud de Planck.
- Aproximadamente 10^{-35} segundos después de la época de Planck, un cambio de fase causó que la expansión exponencial del Universo entrara a un período de “**inflación cósmica**”.
- Al terminar la “**inflación cósmica**”, los componentes materiales del Universo forman un plasma quark-gluón, cuyos componentes actúan con movimiento relativista. El físico alemán **Max Karl Ernest Ludwig Planck** (1858 1947) fue el fundador de la teoría cuántica, galardonado con el Nobel de Física en 1918. Ver: [*La Cosmología de Stephen Hawking*](#)

Los siguientes instantes del U

- A 0,01 seg después del Big Bang, la temperatura, es de 100.000 millones de °K. Pero 1 seg después, cae a 10.000 millones de °K.
- A los 13.8 segundos el universo continúa en expansión y los electrones y positrones ya se aniquilan generando **energía en forma de fotones**.
- El Universo dominado por radiación apenas cuenta con algunos **neutrinos y fotones**, y muy pocos electrones, neutrones y protones, que serán la base para la formación de las estrellas y galaxias actuales.
- **Mientras los neutrinos no se desacoplen del resto de la materia**, el Universo continuará constituido fundamentalmente por neutrinos, electrones, positrones y fotones, todos en equilibrio termodinámico.

• Ver: [Stephen Hawking: gravedad cuántica y origen del Universo](http://es.wikipedia.org).

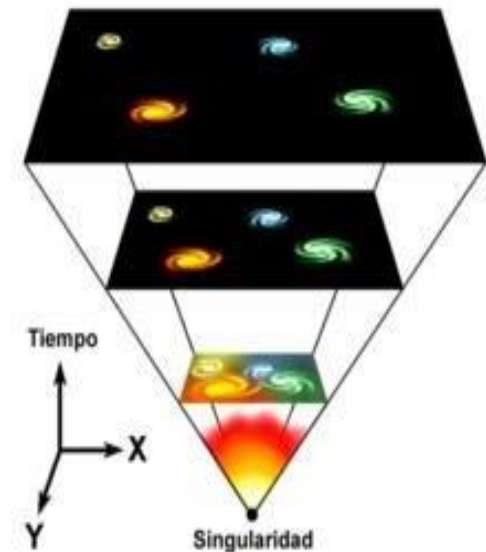


Imagen. Universo en expansión, en <http://es.wikipedia.org>

A los 3 min y con 1000 millones °K

- Ya existen las condiciones de menor temperatura para la formación de los primeros núcleos atómicos: el más sencillo es el de Deuterio, resultado de la **fusión nuclear** de 1 protón mas 1 neutrón.
- De 4 protones se puede formar un átomo de helio, y la masa restante se transforma en energía. Enseguida se puede formar el núcleo de Helio, cuyo núcleo posee 2 protones y 2 neutrones.
- La imagen ilustra la formación del Helio por la cadena Protón - Protón, y por el ciclo CNO.
- Aunque la **cadena protón-protón** es la más importante en las estrellas de masa pequeña y larga vida como el Sol, el ciclo CNO parece ser la fuente de energía dominante en las estrellas de gran masa, como lo es el caso de las estrellas variables pulsantes. El **proceso triple alfa** es el proceso por el cual tres núcleos de helio se transforman en un núcleo de carbono, para generar energía. Ver: [Stephen Hawking: gravedad cuántica y origen del Universo](#).

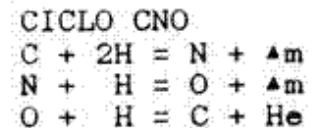
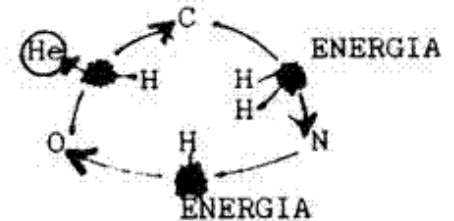
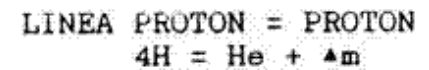
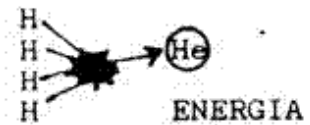
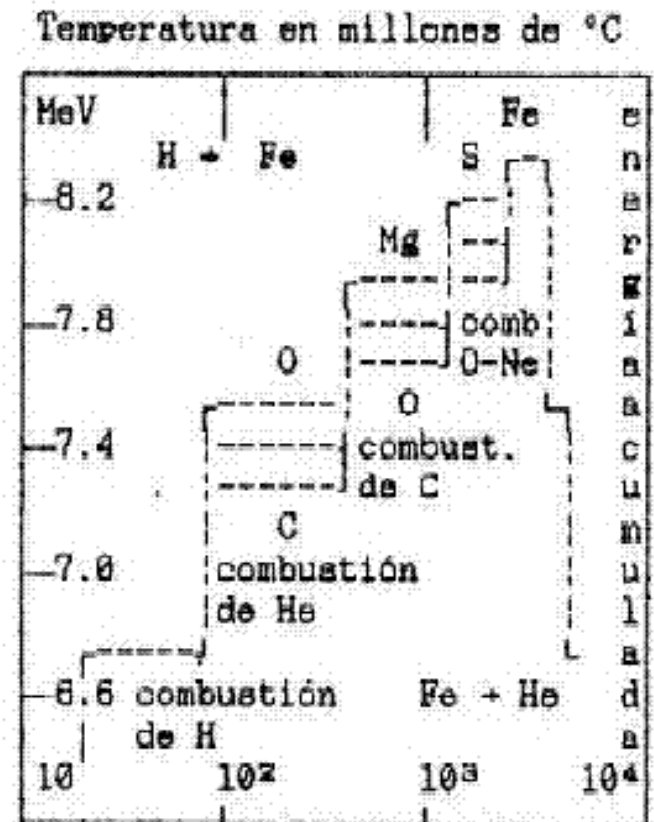


Imagen: Fusión del Hidrógeno

Fin de la nucleosíntesis

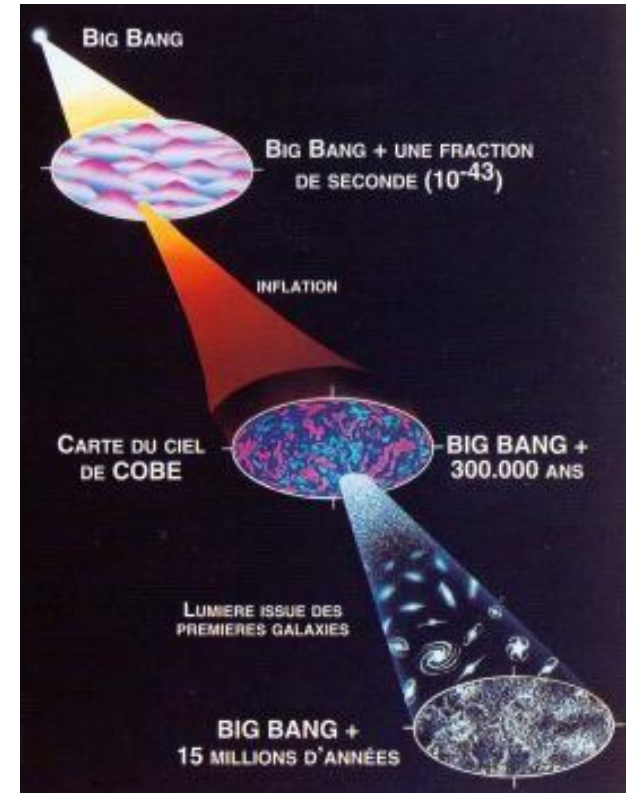
- A los 34 minutos se frena la producción de núcleos atómicos porque cae la temperatura y no se da la **fusión nuclear**.
- La **fusión nuclear del hidrógeno** para formar Helio, y que será el primer combustible estelar, supone temperaturas del orden de 10 millones de $^{\circ}\text{K}$. Ver imagen de Nucleosíntesis estelar
- La del Helio, con la que se forman C, N y O, exige temperaturas mayores a 100 millones de grados K, tal cual lo muestra la imagen.
- El resultado final, una composición química primordial para el Universo, así: 25% **helio** (${}^4_2\text{He}$), 75% **hidrógeno** (${}^1_1\text{H}$) y unas pequeñas trazas de **deuterio** (${}^2_1\text{H}$), **helio-3** (${}^3_2\text{He}$) y **litio** (${}^7_3\text{Li}$). Ver: [Elementos de Astrofísica y Las Estrellas](#).



Pasan 300000 años

- Un evento **importante** sucede a los 300000 años de edad del Universo: los electrones que estaban libres, ya absorbidos por los átomos permiten que el Universo brillante y difuso tras un velo de intensa radiación, se despeje y **quede transparente**, oscuro y de apariencia vacía.
- La temperatura baja a 3.000°K , y esto permite **la formación de átomos eléctricamente neutros**.
- Ahora la única radiación que lo llenará completamente, será una tenue **radiación de fondo y omnidireccional** asociada al Big Bang, puesto que no hay estrellas o galaxias formadas que emitan rayos de luz.

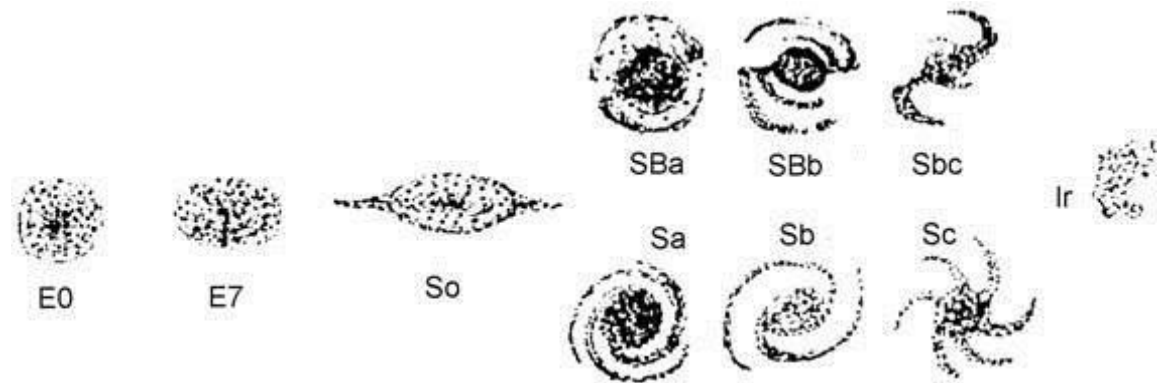
Ver: [Elementos de Astrofísica y Las Estrellas](#).



A los 300 mil años del Big Bang, el Universo se despeja. Imagen en: www.umich.edu

Primeras estrellas y galaxias

A los 200 millones de años se forman las primeras estrellas, por el colapso gravitacional de las grandes nubes de materia, y **finaliza el período oscuro** del Universo precedente.



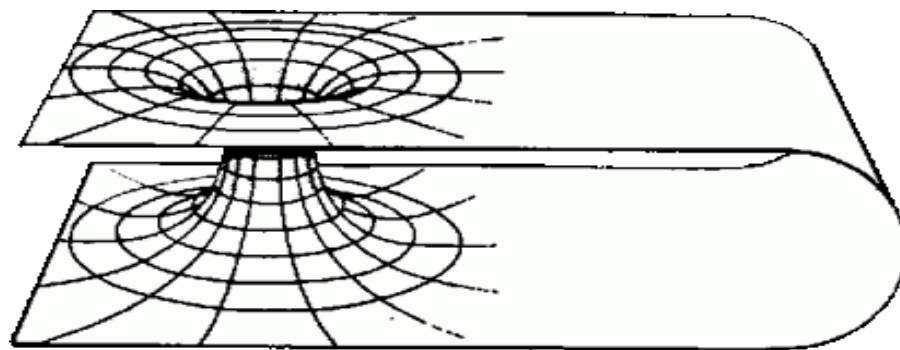
A los 700.000 años se forman las primeras galaxias por agregación de estrellas y nubes de gas interestelar. Más adelante, las galaxias se agruparán en sistemas mayores, como los cúmulos galácticos y supercúmulos que explican la actual estructura del Universo.

El 70% de las galaxias son **elípticas**, que se denotan con la letra E y un índice entre 0 y 7 para indicar su nivel de achatamiento. Las **galaxias lenticulares** se denotan con So y las espirales con S o BS según sean o no **galaxias barradas**, y un subíndice a, b c, que anuncia el grado de apertura en su estructura espiral. Las Ir son **galaxias irregulares**, como las nubes de Magallanes, vecinas a la Vía Láctea. Ver: [Elementos de Astrofísica y Las Estrellas](#).

Stephen Hawking (1942)

Hawking, el más famoso de los cosmólogos actuales, articula dos grandes Teorías: la Teoría General de la Relatividad TGR y la Mecánica Cuántica MC. Con ellas crea la Gravedad Cuántica, para entrar al horizonte de sucesos de los Agujeros Negros y al momento del Big-Bang, donde se supone surgen el tiempo y el espacio.

Según Hawking, la TGR de Einstein conduce a que el espacio y el tiempo deban tener un principio en el Big Bang y un final como agujero negro; y la Gravedad Cuántica, a que los agujeros negros no son totalmente negros Ver: [Protagonistas de la astronomía](#)



Agujero de gusano, una característica topológica del espacio-tiempo, descrita por las ecuaciones de la relatividad general.
Imagen en: <http://pythagoreanorderofdeath.ning.com>

El Universo de Hawking

- La idea de que el espacio y el tiempo han de tener un principio en el **Big Bang** y un final dentro de los **agujeros negros**, hace necesario unificar la Relatividad General con la **Teoría Cuántica**.
- Una consecuencia de esto es que el Universo queda sin bordes o límites en el tiempo imaginario, y por lo tanto que la forma como empezó está completamente determinado por las **leyes de la ciencia**.
- Si tiempo y espacio son finitos en extensión, pero no tienen ningún límite o borde, las **leyes de la ciencia** se sostendrían por todas partes, incluyendo el principio del Universo.
- Ver: [Stephen Hawking: gravedad cuántica y origen del Universo](#).

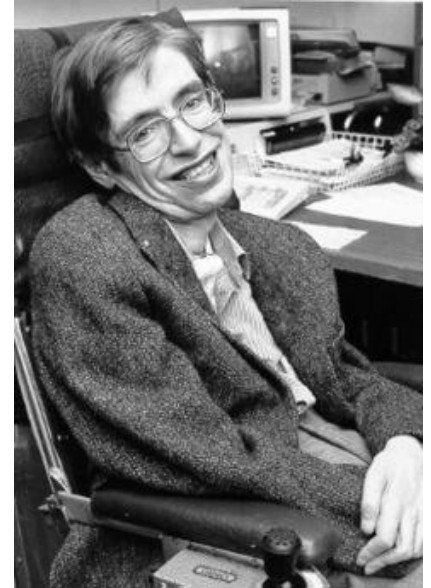


Los aportes de Hawking

a) Con el Físico-matemático Roger Penrose, dice que el tiempo (clásico) surge de una singularidad durante la gran explosión (Big Bang), que es el origen del tiempo (real) en el Universo consistente con la Teoría General de la Relatividad. La teoría del Big-Bang señala un comienzo para el tiempo (real) y para el espacio.

En 1974 **los agujeros negros irradian**, como cuerpo termodinámico, tienen una temperatura que es función de la gravedad en su superficie y **tiene una entropía** que es proporcional al área de su superficie.

c) Con su colega James Hartle, en el Modelo H&H, propuso la **Teoría de ausencia de límites**, según la cual el espacio y el tiempo imaginario juntos, forman una superficie finita en su extensión, pero sin fronteras ni bordes. Ver: [Stephen Hawking: gravedad cuántica y origen del Universo](#).

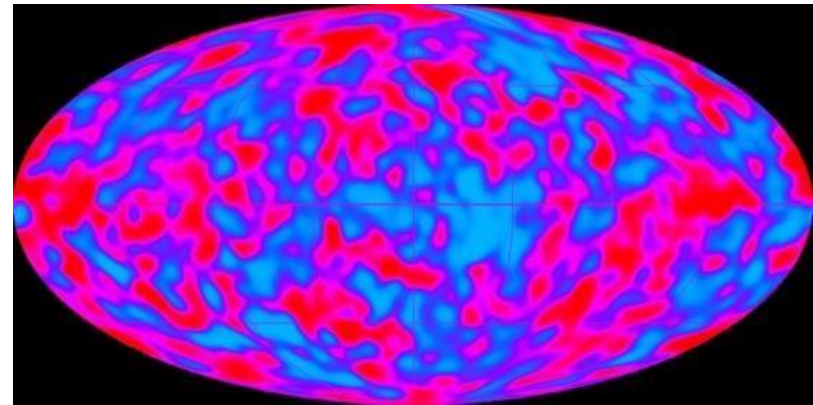


En el Universo primitivo, hubo variaciones de densidad, a causa de fluctuaciones cuánticas del vacío. Hawking en <http://en.wikipedia.org>

Proyecto COBE

- El Explorador del Fondo Cósmico **COBE**, tuvo como objetivo investigar la radiación de fondo, para confirmar las variaciones de densidad, a causa de fluctuaciones cuánticas del vacío que dan origen a las galaxias, según los postulados de la Teoría del Big Bang. Su misión comenzó en noviembre de 1989.
- Dos de los principales investigadores del COBE, George F. Smoot y John C. Mather, recibieron el Nobel de Física en 2006. El colombiano Sergio Torres hizo parte del proyecto.

George Gamow en 1948 pudo predecir que debería existir como evidencia una radiación de fondo omnidireccional, de 3°K. Ver: [Stephen Hawking: gravedad cuántica y origen del Universo.](#)



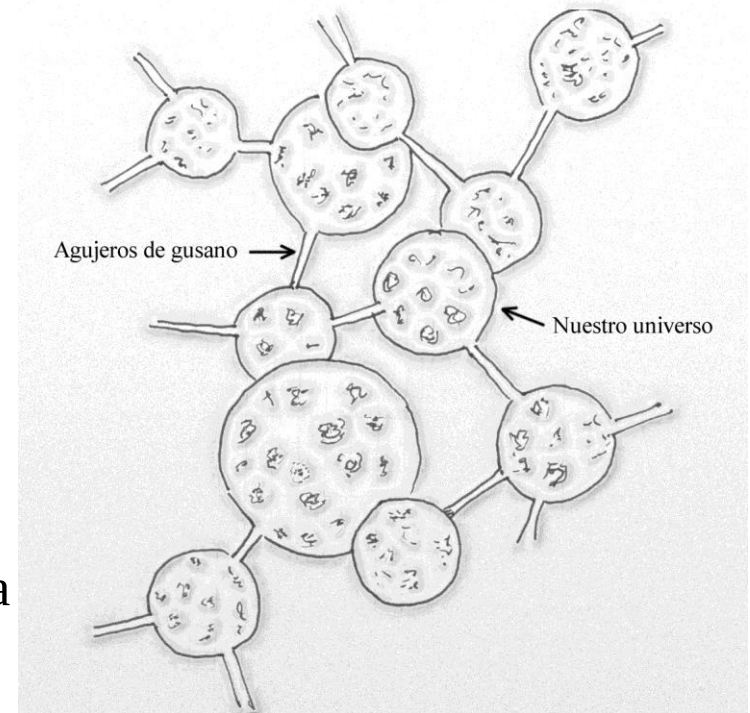
Anisotropías del *cosmic microwave background* CMB.

Las observaciones del COBE en la radiación de fondo en microondas CMB, mostraron estas anisotropías que coinciden con la curva de cuerpo negro predicha por la Teoría del Big Bang. <http://www.iar.unlp.edu.ar>

El modelo de Hartle-Hawking

- Si vamos del presente hacia atrás, al llegar al **origen del tiempo** real convencional, cambia la naturaleza del tiempo: este presentará una componente imaginaria que se hace más y más prominente, hasta que finalmente se desvanece el tiempo real para quedar en lo que debería ser la **singularidad** de la teoría clásica.
- Puede imaginarse el tiempo real como una línea que va del principio al final del Universo, pero también puede considerarse otra dirección ortogonal del tiempo para su **componente imaginaria**.

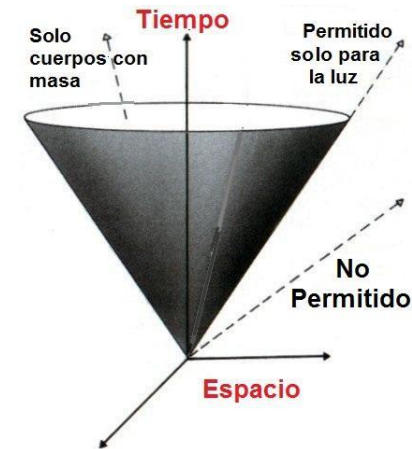
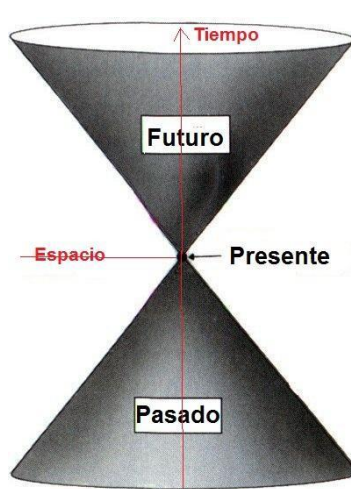
Quizás el tiempo imaginario sea el auténtico tiempo real, y lo que llamamos tiempo real sólo sea un producto de nuestra imaginación. En el **tiempo real**, el Universo tiene un principio y un fin. En el **tiempo imaginario** no hay singularidades ni límites. Ver: [Stephen Hawking: gravedad cuántica y origen del Universo.](#)



Universos múltiples y función de onda en: www.emiliosilveravazquez.com

Universo sin límites

- Entre 1982 y 1983 Hawking y Hartle aplicando la teoría cuántica de la gravedad, al calcular el estado inicial del Universo demostraron la inexistencia de fronteras.



Espacio y tiempo www.jmacosta.galeon.com

El **modelo Hartle-Hawking**, que en relatividad general clásica posee como singularidad el Big-Bang, carece de singularidad cuando se le aplica la versión cuántica.

Si la propuesta de ausencia de límites es correcta no habría singularidad, y entonces las leyes de la Ciencia serían siempre válidas, incluso comenzando el Universo. Ver: [Stephen Hawking: gravedad cuántica y origen del Universo.](#)

Tamaño del Universo

- Hemos visto que el Universo se expande arrastrando las galaxias, independientemente del movimiento propio que tengan, mediante fenómeno relativista, en el cual los cuerpos más lejanos parecen alejarse a velocidades cada vez mayores, puesto que ellos acumulan los desplazamientos del espacio correspondiente a los cuerpos celestes intermedios. También, que la expansión en lugar de atenuarse se está acelerando. Igualmente, consideramos que el tejido de expansión del Universo, viajaría a una velocidad cercana a la de la luz, y que más allá todo viajaría a esa velocidad -cuyo valor es un límite físico-, razón por la cual de esa región no nos llegará ningún tipo de información. Con fundamento en esto, podremos establecer el tamaño del Universo visible, así:

- El Universo observable cuyo radio se aproxima a 15000 millones de años luz, tendría una densidad es 10^{-25} g/cm³, un volumen de 10^{78} m³, y una masa 10^{52} Kg, equivalentes a 10^{80} nucleones. La edad del Universo, está dada por el inverso de la constante de Hubble H. Esta Constante H es: $(\Delta \lambda) / \lambda = v / C$. Siendo λ la frecuencia de la raya espectral original, $\Delta \lambda$ el corrimiento de la raya, C la velocidad de la luz y v la velocidad de recesión.

- Si $H = 65 \text{ Km/s} \times \text{Mpc}$, donde la velocidad alcanza el límite c, tenemos:

$$300000 \text{ Km/s} = 65 \text{ Km/s} \times \text{Mpc} \times R,$$

- Siendo R el radio del Universo visible. Luego:

$$R = 300000 / 65 \times 10^6 \times 3.26 \text{ años luz}$$

$$R = 15000 \text{ millones años luz}$$

- Ver: [Guía astronómica.](#)

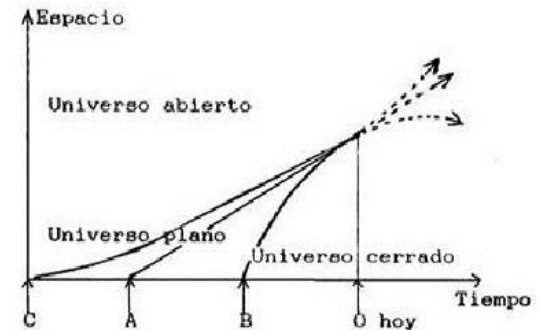
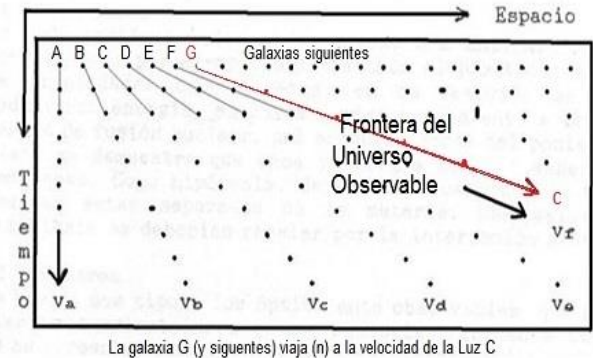


Imagen: Arriba, expansión relativista del Universo. Abajo, edad del universo asociada a la curvatura del Espacio-Tiempo. Fuente: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/3252/guiaastronomica.pdf>

Materia oscura y energía oscura

- Cuando se estima que **el Universo se constituye en un 73 % por energía oscura, 23 % por materia másica oscura y 4 % por materia bariónica** o en forma de átomos, de conocerse esa materia oscura que se rastrea tanto en laboratorios desde el espacio como en complejos subterráneos, la astronomía podría dar origen a una revolución comparable a la del tránsito del Medievo al Renacimiento en tiempos de Nicolás Copérnico (1473-1543), el astrónomo polaco que sustituye el modelo geocéntrico de Ptolomeo, por uno heliocéntrico y no con la Tierra como centro del universo.
- Primero, **la hipotética existencia de una materia oscura** que no emite radiación alguna, fue inferida de las observaciones fundamentales de la astrónoma estadounidense Vera Rubin (1928-2016), de la medición de la rotación anómala de las estrellas dentro de una galaxia, ya que si en el Sistema Solar según las leyes de Newton y Kepler la velocidad de rotación planetaria decrece conforme aumenta la distancia al Sol como centro de masa, en las galaxias se mantiene. Y segundo, desde principios del 2000, se propone la existencia de **una energía oscura uniforme, que al ejercer una presión negativa en el espacio tiempo** similar a la de la constante cosmológica, explicaría la actual expansión acelerada del universo,
- En suma, solo sabemos que la materia oscura, que se infiere también del efecto de lentes gravitacionales, y que no son neutrinos, ni átomos, ni materia oscura convencional, al igual que la energía oscura, **todavía son un gran misterio**.
- Fuente: El misterioso lado oscuro del Universo, en [Materia oscura y Energía oscura](#)

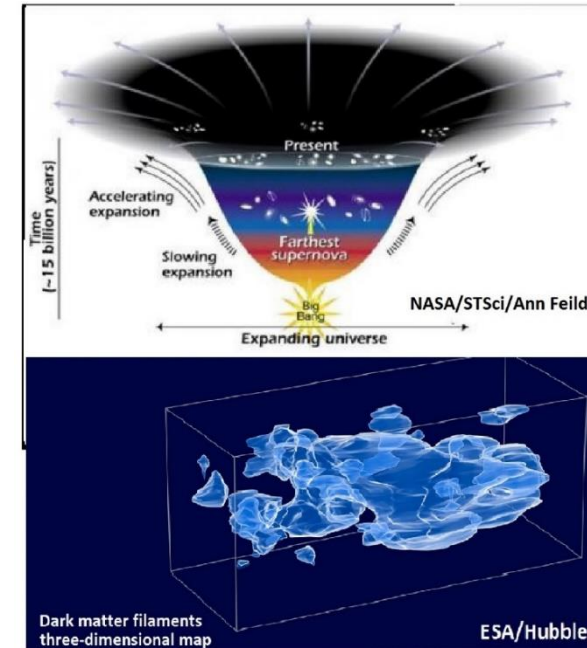


Imagen Superior: expansión acelerada del Universo causada por la Energía Oscura. Nasa-STScI. Imagen Inferior: Distribución de la materia oscura en el Universo. ESA – Hubble. Fuente:

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/3252/guiaastronomica.pdf>

Epílogo

- La **ciencia y la cultura**, sin duda alguna proporcionan un sin número de beneficios a los seres humanos, al permitir **el progreso, la innovación y el desarrollo**. De ahí que la misión de quienes hacemos por la astronomía y ciencias afines desde las diferentes instituciones, ya como aficionados o como profesionales, bien en la docencia, la investigación o la difusión del saber, es avanzar en el propósito de "**endogenizar la ciencia**" (*Colombia al filo de la oportunidad*. Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo MCED, 1995), para crear un ambiente cultural favorable que pueda contribuir al desarrollo de competencias necesarias en **actividades productivas y de innovación tecnológica**.
- Luego de haber visto en este periplo, que **la astronomía es la más antigua y al tiempo la más moderna de todas las ciencias**, esperamos haber identificado aportes significativos a la ciencia más notable de la historia, hechos desde las pretéritas civilizaciones hasta los tiempos recientes, los argumentos suficientes para **motivar la conciencia ciudadana** sobre la importancia que tienen las **ciencias básicas** para el desarrollo sostenible, y **la astronomía** en particular como temática estrategia para promover y estimular el acceso al conocimiento universal de las ciencias fundamentales. Ver: [Día mundial del medio ambiente: El Universo](#)

Fuentes Principales

<u>Albert Einstein.</u> <u>Astronomía en la Edad Media y en el Renacimiento.</u> <u>Cincuenta años de la Llegada del hombre a la Luna</u> <u>Colombia, por un desarrollo satelital.</u> <u>Cosmografía: cómo observar el cielo.</u> <u>Dinámicas del clima andino colombiano.</u> <u>El camino a las estrellas.</u> <u>Elementos de Astrofísica y Las Estrellas.</u> <u>El Universo.</u> <u>Galileo: el conflicto entre la razón y el poder.</u>	<u>Garavito Armero y Francisco José de Caldas.</u> <u>Guía astronómica.</u> <u>Isaac Newton.</u> <u>La astronomía en América Precolombina.</u> <u>La Astronomía en Colombia.</u> <u>La astronomía de los Muiscas a la Colonia.</u> <u>La farsa de las dos lunas en cielo.</u> <u>La Luna.</u> <u>Llegamos a Marte.</u> <u>Llegamos a Marte.</u> <u>Los albores de la civilización.</u> <u>Isaac Newton.</u>	<u>Manual de geología para ingenieros.</u> <u>Materia oscura y Energía oscura</u> <u>Mecánica Planetaria.</u> <u>ONG: desarrollo sostenible, gestión del riesgo y cambio climático.</u> <u>Sol, Lunas y Planetas del Sistema Solar</u> <u>Tiempo y Calendarios</u> <u>Tres décadas del Hubble</u> <u>Protagonistas de la astronomía.</u> <u>Stephen Hawking.</u> <u>Videos de Samoga.</u>
---	--	--



Gracias

Gonzalo Duque-Escobar, Profesor de la Universidad Nacional de Colombia y Director del Observatorio Astronómico de Manizales OAM.

Web: <https://sites.google.com/unal.edu.co/godues1>

Este documento del OAM, generado en octubre de 2007, ha sido complementado en 2022. <http://oam.manizales.unal.edu.co>

ENLACES DEL OAM 1

<u>A propósito de los 70 años de la U.N. Sede Manizales.</u> <u>Acciones frente al clima y el “desarrollo”.</u> <u>Acecha El Niño fortalecido por el calentamiento</u> <u>Acuerdo Climático: avance necesario pero insuficiente.</u> <u>Adaptación al cambio climático para Manizales.</u> <u>Agenda de eclipses para 2019.</u> <u>Agua como bien público.</u> <u>Agua, ordenamiento territorial y desastres.</u> <u>Agua y Clima en Colombia.</u> <u>Aire urbano contaminado... ¿qué hacer?</u> <u>Albert Einstein en los cien años de la Teoría de la Relatividad.</u> <u>Antropoceno... ¿concepto cultural o geológico?</u> <u>América Latina: oportunidades en la economía del conocimiento.</u> <u>Antropoceno... ¿concepto cultural o geológico?</u> <u>Año Internacional de la Astronomía 2009.</u> <u>Aspectos geofísicos de los Andes de Colombia.</u> <u>Astronomía en América Precolombina.</u> <u>Astronomía en Colombia: procesos y regalías</u> <u>Astronomía en la Edad Media y el Renacimiento.</u> <u>Astronomía, petróleo y río, en Barrancabermeja</u> <u>Atlantis cierra la era del transbordador.</u> <u>ASAFI: testimonio de la vitalidad cultural del Valle</u> <u>Bosques, Cumbre del Clima y ENSO.</u> <u>Caldas, el precursor de la ciencia neogranadina.</u> <u>Caldas en la Biorregión Cafetera.</u> <u>Calendario de eclipses de 2019.</u> <u>Calentamiento global en Colombia</u> <u>Cambio Climático en Caldas – Colombia.</u> <u>Cambio climático y pasivos ambientales del modelo urbano.</u> <u>Catálogo del Archivo Histórico del OAN.</u> <u>Cátedra “José Celestino Mutis”</u> <u>Cien años el universo relativista de Einstein.</u> <u>Ciencia Entre los Manglares de San Andrés.</u> <u>Ciencia, Protociencia y Seudociencia</u> <u>Ciencia, saberes, empleo y ruralidad, en el PND 2010-2014.</u> <u>Ciencia, Tecnología, Desarrollo y PIB en Colombia.</u> <u>Ciencia, Tecnología y Emprendimiento – CT&E.</u> <u>Ciencia, tecnología y ruralidad en el POT de Caldas.</u> <u>Ciencia, Tecnología Y Sociedad, CT&S.</u>	<u>Ciencia y contaminación en La Luna: a propósito del KAGUYA.</u> <u>Ciencias aeroespaciales: retos para el PND.</u> <u>Ciencias aeroespaciales: retos temáticos y organizacionales para el PND.</u> <u>Ciencias Naturales & CTS.</u> <u>Cincuenta años de la llegada del hombre a la Luna.</u> <u>Clima andino y problemática ambiental.</u> <u>Clima, deforestación y corrupción.</u> <u>Clima extremo, desastres y refugiados.</u> <u>Clima: las heladas en Colombia.</u> <u>Colombia: cuida y mira a tus océanos</u> <u>Colombia en UNAWÉ</u> <u>Colombia habla sobre asteroides, meteoros y chatarra espacial</u> <u>Colombia mira a la Cuenca del Pacífico.</u> <u>Colombia, por un desarrollo satelital.</u> <u>Colombia Tropical ¿y el agua qué?</u> <u>Colombia, trópico andino y agua.</u> <u>Con el solsticio, pasada la navidad se acentuará El Niño</u> <u>Con tecnología de punta se actualiza el Planetario de Bogotá.</u> <u>Contexto en Astronomía del OAM</u> <u>COP 21, un reto social y político a nivel global.</u> <u>COP 23, la cumbre del clima en Bonn</u> <u>Cosmografía</u> <u>Coordenadas astronómicas</u> <u>CTS, Economía y Territorio.</u> <u>Cuarta Escuela de Astronomía y Astrofísica del OAN.</u> <u>Cuatro PNN, patrimonio natural de la Ecorregión Cafetera</u> <u>Cultura y Astronomía (CyA)</u> <u>Cumanday, ¿el león dormido?</u> <u>Curso de capacitación CIDEAMA.</u> <u>Desafíos del Complejo Volcánico Ruiz-Tolima.</u> <u>Descubrir el Universo desde Colombia.</u> <u>Desarrollo y revoluciones tecnológicas.</u> <u>Día Internacional de La Tierra – Colombia.</u> <u>Diálogos con el Territorio y Gestión del Riesgo.</u> <u>Dinámicas del clima andino colombiano.</u> <u>Eclipses solares de 2017</u> <u>Educación con-ciencia para el desarrollo.</u> <u>Educación e investigación, para la construcción de la Nación.</u> <u>Eje Cafetero: Cambio climático y vulnerabilidad territorial.</u> <u>Eje Cafetero: construcción social e histórica del territorio.</u>	<u>Enlaces del Observatorio Astronómico de Manizales.</u> <u>El 2008 tendrá un segundo más.</u> <u>El analfabetismo en Colombia</u> <u>El Bosón de Higgs.</u> <u>El camino a las estrellas.</u> <u>El calentamiento global arrecia... ¿y las heladas qué?</u> <u>El X Encuentro de la Red de Astronomía de Colombia.</u> <u>El Ciclo geológico.</u> <u>El cuidado de la casa común: Agua y Clima.</u> <u>El desarrollo urbano y económico de Manizales.</u> <u>El día mundial del Medio Ambiente.</u> <u>El inestable clima y la crisis del agua.</u> <u>El Futuro de la Ciudad: caso Manizales.</u> <u>El Gran Telescopio Canarias</u> <u>El inestable clima y la crisis del agua.</u> <u>El misterioso lado oscuro del universo.</u> <u>El Museo Interactivo Samoga: 2001-2015.</u> <u>El Parque Explora de Medellín: En C&T un Proyecto de Ciudad.</u> <u>El porqué de los aguaceros en Colombia.</u> <u>El quehacer de los astrónomos en Colombia</u> <u>El remoto pasado de nuestro mundo</u> <u>El Río Cauca en el desarrollo de la región.</u> <u>El territorio caldense, ¿un constructo cultural? – UMBRA.</u> <u>El Territorio del Río Grande de La Magdalena.</u> <u>El tortuoso camino de los acuerdos climáticos.</u> <u>El Universo.</u> <u>El Universo acelerado.</u> <u>El volcán y el desastre de Armero.</u> <u>Elementos de Astrofísica y Las Estrellas.</u> <u>En órbita primer satélite colombiano: El Libertad 1.</u> <u>Encuentro del Asteroide 2011 MD, con la Tierra.</u> <u>Esperanza y acción en La Hora del Planeta.</u> <u>Estrategias de divulgación científica para Colombia.</u> <u>F J de Caldas y J Garavito Armero.</u> <u>Fisiografía y geodinámica de los andes de Colombia.</u> <u>Francisco José De Caldas (1768-1816)</u> <u>Fundamentos de economía y transportes.</u> <u>Galileo: el conflicto entre la razón y el poder</u> <u>Geociencias y Medio Ambiente.</u> <u>Geomecánica.</u>
--	--	---

ENLACES DEL OAM 2

Geomorfología. Geotecnia para el trópico andino. Gestión del Riesgo Natural en Colombia. Gobernanza Forestal en la Ecorregión Andina. Guía astronómica. Historia de la astronomía Historia de la Astronomía: Edad Media y Renacimiento. Huella hídrica en Colombia. Huracán Iota: el tifón que abate a San Andrés. Huracanes y Terremotos acechan. Innovación del Guion Museístico de Samoga. Ingeniería, incertidumbre y ética. Imperismo o meteorización. Intimidaciones del Ruiz para un examen de la amenaza volcánica. Introducción a la teoría económica. Isaac Newton. IYA 2009 invita a descubrir el universo desde Colombia. José María González Benito (1843-1903) Julio Garavito Armero (1865-1920). Juno auscultaría en Júpiter origen del Sistema Solar. La IV Escuela Colombiana de Astronomía y Astrofísica del OAN. La astronomía en América precolombina. La astronomía en Colombia: perfil histórico. La Astronomía en la Apuesta de Medellín por la Ciencia La astronomía es a Chile lo que la biodiversidad a Colombia La Comisión Colombiana del Espacio CCE. La cosmología de Stephen Hawking. La economía en la era del conocimiento. La enseñanza de las matemáticas. La farsa de las dos lunas en cielo. La Gran Cuenca Magdalena-Cauca. La Luna. La Luna Roja de Octubre 8 de 2014. La Universidad Tecnológica de Pereira y su Planetario U.T.P. Laderas del Trópico Andino: caso Manizales. Laderas del Trópico Andino: caso Manizales.	Laudato si: El Cuidado de la Casa Común. Memorias. Las Cuatro Estaciones y el Cambio Climático. Las cuentas del agua en Colombia. Las estrellas. Las galaxias. Las Revoluciones Tecnológicas. Lecciones de la Comisión Corográfica: un reto para el urbanismo de hoy LHC tras "la partícula de Dios" Libros U.N. de GDE. Los albores de la civilización. Los seis eclipses del 2020. Llegó La Niña... ¿Y entonces? Manizales, ¿entrando a la era del conocimiento? Manizales: un diálogo con su territorio. Manual de geología para ingenieros. Más allá de las profecías Mayas. Materia y Energía. Mecánica Planetaria. Medio ambiente, mercado y Estado. Misión de sabios en Caldas: encuesta Misiones Galileo y Cassini a los Planetas Jovianos. Modelo académico administrativo para el Planetario de Manizales. Museo Interactivo Samoga: 2001-2015. NASA: Asteroide Florence se acerca a la Tierra. Nobel de Física a tres astrónomos. Observación del Cielo y Carta Celeste. Observatorio Astronómico de Manizales OAM. ONG: desarrollo sostenible, gestión del riesgo y cambio climático. Otra prueba de la TGR: el agujero negro en M87. Otra vez El Niño: ¿cómo adaptarnos? Periplo científico de Humboldt por América. Plan de CTEI y TIC en Caldas Planes departamentales de CT&I Ponderación para informar del valioso trabajo astronómico de Pasto. Por una Red de Astrónomos Profesionales para Colombia. Primer alunizaje en la cara oculta de la Luna. Prioridades para más doctores investigadores en Colombia. Problema "ALEPH": un problema topográfico.	Procesos para una Astronomía que le aporte a Colombia. Protagonistas de la astronomía. Reflexiones sobre tecnología y medio ambiente Réquiem por la meteorología en Colombia Riesgo Sísmico: los terremotos y el caso de Colombia. Río Blanco, cuna de vida... Samoga en el Territorio de la Ecorregión Cafetera de Colombia. Samoga, lugar de asombro Siete lustros de la Sociedad Julio Garavito Significado de un bisieto y balance del 2016. Sinergia y pertinencia en las ciencias básicas Sismo, bahareque y laderas. Sistema solar. Sobre EL BEAGLE 2 y el SATARDUST. Sobre la Nueva Ley de Ciencia, Tecnología e Innovación Sol, clima y calentamiento global. Sol Lunas y Planetas del Sistema Solar. Stephen Hawking. Subregiones del departamento de Caldas: Perfiles. Teorías cosmogónicas Textos "verdes". Tiempo geológico Tiempo y Calendarios. Tierra y ruralidad en Colombia. Tifón se bate sobre San Andrés. Tránsito de Mercurio del 2016. Tránsito de Venus en 2004.. Tres décadas del Hubble. Últimos años: creación de La Escuela. UMBRA: la Ecorregión Cafetera en los Mundos de Samoga. Un nuevo modelo educativo. Un pacto con la sociedad y la naturaleza. Una mirada a los mares de Colombia. Una proeza tecnológica y un desafío para los cosmólogos. Videos de Samoga. Vulcanismo. Vulnerabilidad de las laderas de Manizales. Yuma, el río de Colombia impactando el territorio.
---	---	---

Fuentes I

- [Albert Einstein](#). Duque Escobar, Gonzalo (2016) In: Contexto en Astronomía, Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.
- Aliso: Física cuántica, en: http://www.alipso.com/monografias/fisica_cuantica/
- Arias De Greiff, Jorge. Astronomía en Colombia, Empresa Editorial Universidad Nacional de Colombia. 1980.
- ASIMOV, Isaac. El universo I y II. Biblioteca temática Alianza. I.S.B.N.: 84-7838-424-3 y 84-7838-425-1 Madrid. 1994.
- ASIMOV, Isaac. El colapso del universo. Editorial Diana. México 1987.
- ASIMOV, Isaac. Fronteras I y II. Ediciones B. I.S.B.N.: 84-406-2042-X, I.S.B.N.: 84-406-4473-6. Barcelona 1994.
- ASIMOV, Isaac. Soles en explosión. Editorial Planeta I.S.B.N.: 958-614-311-2. Colombia. 1989.
- [Aspectos geofísicos de los Andes de Colombia](#). (Workshop Item). Duque Escobar, Gonzalo (2009) In: 1er Congreso Internacional de Desempeño Humano en Altura, Noviembre 19 de 2009, Manizales.
- [Astronomía en la Edad Media y el Renacimiento](#). Claudia Torres Arango (2014) Contexto de Astronomía, OAM de la UN. De Col.
- Astronomía: Historia e historias de la Astronomía, en: [_www.astromia.com/historia/index.htm](http://www.astromia.com/historia/index.htm)
- [Astronomías precolombinas: Mayas y Aztecas](#). Claudia Torres Arango y Gonzalo Duque-Escobar. Contexto de Astronomía del OAM- U.N: de Colombia, Manizales. Septiembre 5 de 2026.
- [Astroseti: Breve historia de la cosmología](#). David Wands , Portsmouth. Traducción de Jesús Canive, en:
- Asuntos del clima andino en Colombia, GDE(2011), en: <http://godues.wordpress.com/2011/11/08/>
- BATTANER LÓPEZ, Eduardo. Planetas. El libro de bolsillo Alianza Editorial. I.S.B.N.: 84-206-0543-3. Madrid. 1991.
- BRIX, James. Un universo infinito. Revista Universo. No. 37, mayo 1998. Página 36 a 41. España. 1998.
- Bolslough, Jhon. El Universo de Stephen Hawking. Biblioteca Científica Salvat. 1986.
- [Bosques, Cumbre del Clima y ENSO](#). Duque Escobar, Gonzalo (2018) In: Foro sobre el Sector Forestal, como Alternativa de Desarrollo Sostenible, Diciembre 11 de 2018. Centro Cultural del Banco de la República. Manizales.
- [Calentamiento global en Colombia](#). Duque Escobar, Gonzalo (2011) In: El Día Mundial del Medio Ambiente, Junio 6 de 2011, Instituto Universitario de Caldas.
- CERNUSCHI, Félix, CODINA, Sayd. Monografía: Panorama de la astronomía moderna. Secretaría General de los Estados Americanos. Tercera edición. Washington D.C. 1976.
- Ciencias aeroespaciales: retos temáticos y organizacionales para el PND. Duque Escobar, Gonzalo (2011) Circular RAC 616 <http://www.bdigital.unal.edu.co/3713/>

Fuentes II

- Cifras para el arqueo de CT&I En Colombia. GDE, en: <http://godues.wordpress.com/2011/04/10/>
- GOLDSTEIN, Thomas. Los albores de la ciencia. Fondo Educativo Interamericano. I.S.B.N. 968-858-001-5. Méjico. 1985.
- [Civilizaciones Mesoamericanas – Mayas: Cultura maya](#); Olga Aguiar, en:
- Ciencia, tecnología y ruralidad en el POT de Caldas. Duque Escobar, Gonzalo (2013) <http://www.bdigital.unal.edu.co/9875/>
- Comellas, José Luis. El Universo. Colección Salvat, Temas Clave. 1985.
- Cosmología: Origen, evolución y destino del Universo Pedro J. Hernández, en: <http://astronomia.net/cosmologia/>
- DAVIES, PAUL. El Universo Desbocado. Biblioteca Científica Salvat. 1985.
- Educar en ciencia & arte para la paz y el trabajo Gonzalo Duque E (2009), en: <http://godues.wordpress.com/2009/06/12/>
- [Eje Cafetero: cambio climático y vulnerabilidad territorial](#). Duque Escobar, Gonzalo and Ortiz Ortiz, Doralice and Vélez Upegui, Jorge Julián (2019) In: 8° Congreso Internacional por el Desarrollo Sostenible y el Medio Ambiente, Universidad de Manizales.
- [El camino a las estrellas](#). Duque Escobar, Gonzalo (2006) In: Red Colombiana de Astronomía, RAC.
- [El cuidado de la casa común: Agua y Clima](#). Duque Escobar, Gonzalo (2016) In: Jornada Académica Laudato Si': El cuidado de la casa común, Octubre 25 de 2016, Auditorio Santo Domingo de Guzmán. Universidad Católica de Manizales.
- [El misterioso lado oscuro del universo](#). Duque Escobar, Gonzalo (2017) U.N. de Colombia. Curso de Contexto en Astronomía.
- [El Universo acelerado](#). Gonzalo Duque Escobar (2011). En:
- ERICKSON, Jon. La exploración de la tierra desde el espacio. Mc Graw Hill. I.S.B.N. 84-7615-781-9. España. 1991.
- Espacio profundo: Cosmología, en: <http://www.espacioprofundo.com.ar/versubcategoria/Cosmologia.html>
- Espacio profundo: Historia y Biografías, en: http://www.espacioprofundo.com.ar/vercategoria/Historia_y_Biografias.htm
- Evolución humana Michael J. Farabee. Traducción Jorge S. Raisman y Ana María González, en: <http://fai.unne.edu.ar/biologia/evolucion/evo3.htm>
- Evolución humana Michael J. Farabee. Traducción Jorge S. Raisman y Ana María González, en: <http://fai.unne.edu.ar/biologia/evolucion/evo3.htm>
- FERNÁNDEZ CASTRO, Telmo. La construcción de los cielos. Espasa Minor. I.S.B.N.: 84-239-6488-4. Madrid. 2000.
- FERRIS, Timothy. La aventura del universo. Editorial Crítica. I.S.B.N.: 84-8432-005-7. Barcelona. 1999.
- Fundamentos de CTS y Economía, Gonzalo Duque-Escobar (2006), en: www.galeon.com/cts-economia
- [Gestión del riesgo natural y el caso de Colombia](#). Duque Escobar, Gonzalo (2008) Documento de trabajo. UN de Colombia.

Fuentes III

- Grandes obras del pensamiento. Nicolás Copérnico. Traducción Carlos Mínguez Pérez. I.S.B.N.: 84-487-0158-5. Barcelona.1994.
- Grandes obras del pensamiento. Johannes Kepler. Traducción Eloy Rada García. I.S.B.N.: 84-487-0146-1. Barcelona. 1994.
- GREENE, Brian. El Universo Elegante. Editorial Crítica. I.S.B.N. 958-42-0248-0. Colombia. 2002.
- GIBILISCO, Stan. Cometas, meteoros y asteroides. Cómo afectan a la tierra. Mc Graw Hill. España. 1991.
- GÓMEZ CARDER, Gabriel Jaime. El día que Humboldt llegó a Cartagena de Indias. Editorial Colina. I.S.B.N.: 958-33-4018-9 Colombia. 2002.
- GONZÁLEZ VILBAZO, Kay E. Nicolás de Oresme. La rotación de la Tierra en la Edad Media. Revista Universo. No. 42 Octubre 1998. Página 30 a 35. España. 1998.
- Gribbin, Jhon. En Busca del Gato de Schrodinger. Biblioteca Científica Salvat. 1986.
- GUAL GARCIA, Carlos. Los siete sabios (y tres más). Biblioteca temática Alianza. I.S.B.N.: 84-7838-459-6 Madrid. 1995.
- [Guía Astronómica](#): Gonzalo Duque-Escobar (2003).
- HALLER, Johannes. La entrada de los germanos en la historia. Primera edición en español. Unión tipográfica hispano americana UTEHA. México. 1960.
- HATHAWAY, Nancy. El universo para curiosos. Editorial crítica. I.S.B.N: 84-7423-770-X. 1196.
- HAWKING, Stephen. A hombros de gigantes. Edición comentada Editorial Crítica. ISBN: 84-8432-435-4. Barcelona. 2002.
- HAWKING, Stephen. Agujeros negros y pequeños universos. Editorial Planeta. I.S.B.N. 950-742-530-6. Colombia.1996.
- HAWKING, Stephen. El universo en una cáscara de nuez. Editorial Planeta. I.S.B.N. 84-8432-293-9. Barcelona. 2002.
- HAWKING, Stephen. Historia del tiempo. Editorial Crítica. I.S.B.N. 958-639-048-9. Colombia. 1988.
- HERMAN, Robin. Fusión. La búsqueda de la energía eterna. Mc Graw Hill. I.S.B.N. 84-481-0085-9. España. 1993.
- Historia de la Astronomía, en: <http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd98/Astronomia/03/astronomia-03.html>
- Historia de la astronomía en Méjico. Fondo de Cultura Económica. I.S.B.N.: 968-16-5769-1. Tercera edición. Méjico. 1995.
- Historia de la Ciencia 1543 a 2001. John Gribbin. Editorial Crítica. ISBN: 84-8432-607-1. Barcelona. 2005.
- Historia del método científico moderno. Alejandro Vela Quico. Perú, 2007. En: <http://www.monografias.com>
- Historia Universal El Tiempo. I.S.B.N.: 958-95674-7-9. Colombia.
- [Isaac Newton: de Grecia al Renacimiento](#). Gonzalo Duque Escobar (2009). Universidad nacional de Colombia.
- José Gregorio Portilla B, (2001) "Elementos de astronomía de posición“. ed: Unibiblos Colombia.

Fuentes IV

- José Gregorio Portilla Barbosa, Alexis De Greiff, Armando Higuera, Benjamín Calvo, William Cepeda, Arturo Izquierdo, Róbel Arenas, Leonardo Castañeda, "El Universo y la Tierra". UN de Colombia, 2002.
- Juan Antonio Belmonte, Las leyes del cielo, Ediciones Temas deHoy, S.A., 1999, España.
- Juan Manuel Tejeiro Sarmiento (2005), "Sobre la teoría especial de la relatividad" ed: Panamericana, Bogotá.
- Juan Manuel Tejeiro Sarmiento (200, "Principios de relatividad general". ed: Unibiblos. Colombia.
- Keppler, Erhard. Sol, Lunas y Planetas. Biblioteca Científica Salvat. 1986.
- KOYRÉ, Alexandre. Del mundo cerrado al universo infinito. Siglo Veintiuno Ed. Méjico. I.S.B.N. 968-23-0499-7. Novena edición 1996.
- KRUPP, E. C. En busca de las antiguas astronomías. Ediciones Pirámide. I.S.B.N.: 84-368-0554-6. Madrid. 1989.
- [La astronomía en América Precolombina. Mayas, Aztecas e Incas](#). David Fernando Arbeláez Duque- Contexto de Astronomía UN. Observatorio Astronómico de Manizales.
- [La astronomía en Colombia: perfil histórico](#). (Documento de trabajo) Duque Escobar, Gonzalo (2009, Manizales, Caldas, Colombia.
- [La Luna](#). Gonzalo Duque Escobar (2009), Objeto de aprendizaje – Teaching Resource]
- [Laudato sí: El Cuidado de la Casa Común. Memorias](#). Book. Luis Guillermo Restrepo Jaramillo · Emilio Chuvieco · Paola Andrea Calderón Cuartas · Monseñor Gonzalo Restrepo Restrepo · Rafael Fayos Febrer · Andrés Salazar Arango · Gunter Pauli · Antonio Elio Brailovsky · Gonzalo Duque Escobar). U. Católica de Manizales.(2020)
- LEVY, David H. Observar el cielo. Editorial Planeta. I.S.B.N.: 84-08-01474-9. Barcelona. 1998. Los planetas. Colección científica. Time Life. Ediciones Culturales Internacionales S. A. de C. V. I.S.B.N.: 968-418-042-X Méjico. 1989.
- MACLAGAN, David. Mitos de la Creación. Editorial Debate. I.S.B.N.: 84-7444-325-3. España. 1989.
- [Manual de geología para ingenieros](#). .Book. (20 Book Section). Duque Escobar, Gonzalo (2003) Universidad Nacional de Colombia, Manizales
- MÁROV, M. Planetas del Sistema Solar. Editorial MIR. Impreso en la URSS. Moscú. 1985.
- Miguel Lorente; Epistemología y Filosofía de la Ciencia: El espacio-tiempo sigue siendo un enigma para la ciencia y la filosofía. En: <http://groups.msn.com/1407tubnl0p/>
- Nicolson, Ian. Astronomía. Biblioteca Juvenil Bruguera. 1980.
- Nicolson, Ian. La Exploración del espacio. Biblioteca Juvenil Bruguera. 1980.

Fuentes V

- Notas sobre Ciencia, Cultura, Educación y Desarrollo. GDE, en: <http://godues.wordpress.com/2011/07/06/>
- Miguel Lorente. Epistemología y Filosofía de la Ciencia: El espacio-tiempo sigue siendo un enigma para la ciencia y la filosofía. <http://groups.msn.com/1407tubnl0p/>.
- [ONG: desarrollo sostenible, gestión del riesgo y cambio climático](#). Duque Escobar, Gonzalo (2019) In: Foro Ambiental de Alianza Suma: ONG y Desarrollo sostenible, Junio 5 de 2019, Universidad de Manizales
- Por una red de astrónomos profesionales para Colombia (2009) GDE <http://godues.wordpress.com/2009/12/04/>
- Procesos para una Astronomía que le aporte a Colombia, GDE (2011), en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/4003/>
- PUERTA RESTREPO, Germán. Vida en otros mundos. Editorial Planeta. I.S.B.N.: 958-42-0008-9. 2001.
- Revista Colombiana de Astronomía, astrofísica, cosmología y ciencia afines. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1999.
- Recopilación De Artículos De La Recherche. Astrofísica. Biblioteca Científica "Muy Interesante". Ediciones Orbis. 1985.
- [Stephen Hawking](#). Gonzalo Duque Escobar (2009) In: Año Internacional de la Astronomía IYA 2009, Julio de 2009, Observatorio Astronómico de Manizales, OAM. Manizales.
- “Stephen Hawking para principiantes”, Joseph Mc Evoy y Oscar Zárate. Errepar. Buenos Aires, 1996.
- Seis diálogos con el territorio, Gonzalo Duque Escobar, en: <http://godues.wordpress.com/2012/05/13/>
- Sloan Digital Sky Survey: <http://cas.sdss.org/dr6/sp/>
- Temas de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación, GDE, en: <http://godues.wordpress.com/2012/06/22>
- The Reference Frame: Hartle-Hawking-Susskind unification: www.motls.blogspot.com/2006/02/
- Teoría de partículas elementales; Federico Tejeiro, en: <http://www.monografias.com/trabajos6/teori/teori.shtml>
- Trefil, James S. El momento de la creación. Biblioteca Científica Salvat. 1986.
- [UMBRA: la Ecorregión Cafetera en los Mundos de Samoga](#). Book. (5 Book Section). Duque-Escobar, Gonzalo (2015). Museo Interactivo Samoga. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.
- Un nuevo modelo educativo. Gonzalo Duque Escobar (2013) . En: <http://godues.wordpress.com/2013/06/12/>
- VAN DOREN, Charles. Breve historia del saber. Editorial Planeta. Primera reimpresión. I.S.B.N. 970-37-0558-8 México 2006.
- VÉLEZ, Antonio. Del big bang al homo sapiens. Editorial Universidad de Antioquia. I.S.B.N.: 958-655-159-8. Medellín. 1998.
- Viaje a través del universo. Time Life Libros. Tomos 1 a 40. I.S.B.N.: 84-7583-925-8 obra completa. España. 1995.
- Wagoner, Robert V. Y Goldsmith, Donal W. Horizontes Cósmicos. Editorial Labor. 1985.