

El Modelo Estándar de la Cosmología (segunda parte)

Una entrevista exclusiva al PhD. en Ciencias Físicas **Gustavo Esteban Romero**. Entre los temas tratados se encuentran: una breve historia de la Cosmología Moderna, el Modelo Lambda-CDM, el espacio-tiempo de De Sitter, el Big Bang y las Fluctuaciones Cuánticas, la Constante Cosmológica, la Materia Oscura, la Energía Oscura, los Agujeros Negros, los Quasars, los Blazars, la Radiación Cósmica de Fondo, la polarización de modo-B, la radiación de Cherenkov, otras teorías Cosmológicas, la Teoría M, la divulgación de la Cosmología en medios, los aportes de la Filosofía y sobre sus trabajos de investigación en la actualidad.

[ver la primera parte](#)



* incluye subtítulado por transcripción



Introducción

El Modelo Estándar de la Cosmología, más conocido como Lambda-CDM, es una teoría Astrofísica que describe la estructura y evolución a gran escala de todo el Universo. Es consistente con la Mecánica Cuántica, la Relatividad General, y actualmente es el más acorde con las observaciones astronómicas vigentes al incluir las hipotéticas materia oscura y energía oscura.

Para darnos una explicación más detallada de este modelo, su estado actual y limitaciones, Magazine de Ciencia se reúne con el Dr. Gustavo Esteban Romero, quien se licenció en Ciencias Físicas en el año 1991 en la Universidad Nacional de La Plata, y se doctoró en la misma institución en el año 1995. En 1997 y 1998 trabajó en el Instituto Astronómico y Geofísico de San Pablo en Brasil, desde 1991 en el Instituto Argentino de Radioastronomía; entre 1995 y 2000, y desde 2003 en la Universidad Nacional de La Plata.

Ha sido Presidente de la Asociación Argentina de Astronomía, dos veces Premio Bernardo Houssay del Ministerio de Ciencia y Tecnología, Premio Sársic de la Asociación Argentina de Astronomía, Premio Gaviola de la Academia Nacional de Ciencias; y en dos oportunidades Mención de Honor en la Gravity Research Foundation. Actualmente es Profesor Titular de Astrofísica Relativista en la Universidad Nacional de La Plata y es Investigador Superior del CONICET en el Instituto Argentino de Radioastronomía, donde dirige el grupo de Astrofísica Relativista y Radioastronomía GARRA.

Transcripción de la entrevista

La radiación Cherenkov

Cuando una partícula muy energética relativista se mueve a una velocidad muy cercana a la de la luz, interactúa con la alta atmósfera, se propaga en ese medio, la atmósfera, más rápido que la velocidad de la luz. Esto no quiere decir que esté violando las restricciones que impone la Relatividad Especial, sino que en ese medio, que es un medio material, se propaga más rápido que la velocidad de la luz, en el medio, no en el vacío; jamás una partícula se propaga más rápido que la velocidad de la luz en el vacío. Sin embargo cuando sí se propaga más rápido que la luz en un medio, se produce una onda de choque en ese medio, el medio resulta ionizado y perturbado, y cuando las características del medio se restablecen se produce un pulso de luz que se llama Radiación Cherenkov.

Ese pulso de luz puede ser detectado en la tierra por medio de cámaras foto-multiplicadoras, entonces a través de la intensidad de la radiación óptica producida por la luz Cherenkov en la atmosfera uno puede reconstruir la energía de la partícula original que incidió en la alta atmósfera. Esa partícula puede ser un rayo cósmico o también puede ser un fotón de rayos Gamma entonces esta tecnología puede servir para detectar rayos Gamma en forma indirecta desde la superficie de la Tierra. A pesar de que los rayos Gamma no penetran la atmósfera terrestre. Los telescopios Cherenkov como MAGIC, HESS, VERITAS, son arreglos de grandes telescopios formados por espejos, grandes superficies colectoras que reciben la luz de esta radiación Cherenkov producida por rayos Gamma en la alta atmosfera, la concentran en un foco del telescopio donde hay una cámara foto-multiplicadora, y a partir de este registro de la luz Cherenkov uno puede reconstruir la emisión Gamma.

Entonces, esencialmente son telescopios de rayos Gamma pero que operan en el rango óptico a partir de la detección de luz, destellos muy muy rápidos de luz en la atmósfera. La técnica es muy compleja porque cuando uno trata de detectar un rayo Gamma tienen toda la contaminación de fondo que producen los rayos cósmicos que normalmente siempre están presentes en la alta atmósfera, rayos cósmicos de origen solar o también rayos cósmicos que vienen de fuera del sistema solar entonces hay que saber diferenciar aquellas cascadas, aquellas lluvias Cherenkov producidas por rayos Gamma de las que son producidas por el fondo de Rayos Cósmicos en Nuestra Galaxia; entonces, esa separación puede ser complicada. Pero en años recientes se han desarrollado tecnologías como para poder obtener una separación confiable y la astronomía de rayos Gamma desde Tierra hoy en día es una de las ramas más pujantes de la astrofísica de altas energías.

La polarización de Modo-B y la Inflación Cósmica

La radiación de fondo cósmica puede estar polarizada, esto significa que las cargas que generaron esa radiación es posible que hayan oscilado en una dirección preferencial; esa dirección preferencial de oscilación puede haber sido impuesta por la presencia de ondas gravitacionales en ese plasma primigenio. Esas ondas gravitacionales podrían haber tenido su origen en la desaceleración abrupta del Universo luego de un período de expansión acelerada llamado período de inflación.

La inflación cósmica se introduce en el modelo Lambda-CDM a fin de poder eliminar ciertas anomalías que los modelos anteriores tenían en lo que se refiere a la geometría del Universo: ¿por que el Universo es tan chato en direcciones completamente diferentes del cielo?; la temperatura del Universo parece ser la misma en direcciones completamente opuestas de la radiaciones de fondo: esas regiones parecerían estar causalmente desconectadas; entonces, lo que se hace introduciendo la inflación es sugerir que la velocidad de expansión no fue constante, en el pasado hubo período en el cual esas regiones estuvieron en contacto luego hubo un período de aceleración en la cual esas regiones se separaron y quedaron causalmente desconectadas, y hoy observamos el Universo desacelerado que evolucionó a partir de esa inflación.

El modelo inflacionario ha sido criticado por algunos autores, no es la única alternativa, pero ofrece una cierta solución bastante elegante a algunos de estos problemas cosmológicos; introduce otros problemas que también son difíciles de explicar. En cualquier caso es una hipótesis de trabajo no es una parte ineludible del modelo Lambda-CDM. Lo que si lleva a algunas predicciones como por ejemplo, la formación de ondas gravitacionales cuando el Universo deja de acelerarse. Esas ondas gravitacionales como decíamos pueden polarizar

la radiación de fondo y esa polarización se podría en principio llegar a detectar. No mucho tiempo atrás, un año o algo así, el experimento BICEP2 que mide la radiación de fondo cósmico, en particular los modos-B de polarización de esa radiación, esto es la polarización de la radiación circular. Los de BICEP2 clamaron en conferencia de prensa haber detectado indicios de la existencia de esta polarización circular en la radiación de fondo que sería indicativa de la presencia de ondas gravitacionales en el Universo temprano, y esas ondas gravitacionales serían indicio directo de la existencia de un período inflacionario.

Sin embargo, análisis subsiguientes realizados sobre la radiación de fondo cósmica detectada por el satélite Planck, con mayor precisión que los realizados por BICEP2, indicaron que es casi seguro que esa polarización se ha originado en el medio que hay entre nosotros y la época de recombinación; o sea es un efecto de propagación de la radiación electromagnética de fondo de microondas a través del medio intergaláctico e interestelar de nuestra propia galaxia. Entonces sería un efecto extrínseco que no estaría indicando la presencia de ondas gravitacionales sino a efectos de propagación de la propia radiación. Hoy en día es un tema abierto si esas ondas gravitacionales primigenias existieron o no, si hubo un período inflacionario o no.

Los Modelos $f(R)$, STVG y $f(T)$

Así como el modelo Lambda-CDM presupone cambios mínimos a la Teoría General de la Relatividad a través de la introducción de una constante cosmológica, hay otros modelos posibles que implican cambios mayores en la teoría de fondo del campo gravitacional.

Existen muchas de estas modificaciones con distintos grados de importancia, por ejemplo existen modificaciones llamadas $f(R)$ donde lo que se cambia es la dependencia de la densidad Lagrangiana que uno usa para deducir las ecuaciones de campo gravitacional con el escalar de curvatura; esto da lugar a teorías más complejas con acciones repulsivas del campo gravitacional, diferentes de las que se pueden introducir con la constante cosmológica, y algunas de esas modificaciones permiten deshacerse de ciertas hipótesis como por ejemplo que el Universo pueda tener una densidad de energía negativa llamada energía oscura. Son formas de introducir una expansión acelerada modificando la Relatividad General.

Otras modificaciones más importantes incluyen modificaciones que se pueden hacer en la teoría de la gravitación para no requerir la hipótesis de materia oscura. Esto ya es más complejo, requiere introducir aspectos en la gravitación, implica que aparezcan a ciertas escalas fuerzas similares a las fuerzas de Lorentz en Relatividad General o en la teoría de Newton. Esas desviaciones están calculadas para dar cuenta de los movimientos anómalos que explica la introducción de la materia oscura; entonces, modificando la gravedad uno puede evitar las hipótesis ontológicas fuertes de postular clases desconocidas de materia, clases de materia que uno no sabe cómo se han originado, como la materia oscura, o incluso las energías oscuras. Hay una gran cantidad de estas teorías, hay otras teorías que se llaman $f(T)$ que introducen aspectos llamados de torsión en la teoría de la Relatividad y muchas otras modificaciones.

Entonces, hay en este momento una gran cantidad de teorías alternativas con distintos grados de complejidad que ofrecen algunas ventajas y también algunas desventajas respecto a las modificaciones mínimas que son la de la constante cosmológica en el modelo Lambda-CDM. ¿Cuáles de esas teorías son correctas o no? bueno, es algo que debe decirlo la experiencia. Lo que se trata de hacer es aplicar estas teorías en régimen donde la gravitación por ejemplo está en campo fuerte para tratar de ver test a las cuales estas teorías pueden ser sometidas por medio de observaciones astronómicas de objetos compactos o donde la gravitación esté en campo fuerte. En general las teorías están pensadas para que a niveles de gravitación débil todas dan aproximadamente lo mismo, dan lo mismo que la Relatividad General que ha sido muy bien testeada en el ámbito del sistema solar. Entonces, las diferencias empiezan a ocurrir ya sea sobre escalas espaciales grandes o cuando la gravitación está en un régimen de campo fuerte como podría haberlo estado en un Universo temprano.

Sobre la Teoría M

Pienso que la llamada Teoría M no es una teoría; es un conjunto de conjeturas e hipótesis sobre la constitución de la materia, que se realiza en el marco de las llamadas teorías de cuerdas, que tampoco son teorías completamente formadas en el sentido que no son teorías que tengan ecuaciones dinámicas para sus objetos principales: las cuerdas, que serían los constituyentes últimos de la materia.

La Teoría M fue propuesta por Edward Witten en los años 90, a mediados de los años 90, para tratar de unificar 5 diferentes tipos de teorías de cuerdas que se postulaban por esa época. Lo que básicamente propuso Witten es que detrás de estas teorías podría ser que existiese una representación más amplia de las interacciones de las cuerdas que permitiese obtener los resultados de estas teorías como casos particulares, y en realidad serían estas distintas teorías representaciones de distintos aspectos de una misma realidad más grande, pero que estaba siendo descripta en forma parcial.

Entonces, esta supuesta teoría estaría por arriba de las otras teorías, permitía unificar las predicciones de estas distintas teorías es un marco más amplio, ese marco incluía el agregado de una dimensión extra a las 10 que ya estaban postulando las teorías de cuerdas de esa época y a su vez ampliaba el número de dimensiones en las cuales podían oscilar las cuerdas: pasaban de tener cuerdas de 1 o 2 dimensiones a cuerdas multidimensionales llamadas las branas.

En general todas estas teorías son teorías que no han llegado a tener el grado de maduración suficiente como para hacer predicciones, también son teorías que no permiten recuperar las teorías conocidas de la física en los distintos límites, por ejemplo el Modelo Estándar de la Física de Partículas no puede ser recuperado a partir de la Teoría de Cuerdas, la Relatividad General tampoco puede ser recuperada.

Son teorías o ámbitos de trabajo y de cálculo que en ciertas forma están separados de la investigación principal en física teórica de partículas y también en física teórica gravitacional, y tiene problemas internos de consistencia y de predictividad, en el sentido de que estos modelos pueden realizarse en distintos tipos de espacios, por ejemplo las cuerdas pueden oscilar en distintos tipos de espacios de Calabi-Yau, pero no en unos pocos, sino digamos hay infinitas prácticamente opciones diferentes para estas oscilaciones, lo cual lleva a predicciones diferentes, de acuerdo a cual es el fondo que uno esté utilizando para realizar los cálculos. Entonces si uno no tiene un criterio preciso para determinar cuál es el espacio de Calabi-Yau que corresponde a nuestro Universo real entonces no puede hacer ninguna predicción sobre ese Universo.

Entonces, yo creo que la Teoría de Cuerdas en años recientes ha degenerado de ser un campo de investigación promisorio a ser un área específica de los cálculos de matemática que ya prácticamente no aspiran a dar una representación realista del Universo a escala microscópica para digamos pasar a ser básicamente un área de especulación y de cálculo matemático puro. Entonces en general no soy optimista respecto al futuro de estos programas de investigación.

La Divulgación de la Cosmología en los medios

La ciencia es parte fundamental de la cultura occidental; de hecho en mi opinión es la principal contribución de occidente a la cultura. Divulgar la ciencia por lo tanto tiene una importancia capital en cuanto es un retorno cultural al ciudadano; que en mi opinión toda sociedad avanzada debería tratar de implementar.

Ahora, en el área de la Cosmología específicamente que es quizás la forma más extrema de Macrociencia: es la ciencia aplicada al estudio del Universo como un todo; lo que estamos discutiendo es ¿cuáles son nuestras ideas generales acerca de la estructura de todo lo que existe?, la forma que esto evoluciona; entonces lo que se está discutiendo es ¿cuál es el contexto general que uno le da a la visión del mundo que tiene?. En ese sentido creo que es muy importante realizar divulgación seria en Cosmología. Al ser un área, sin embargo, extremadamente especializada y que para ser comprendida cabalmente requiere de conocimientos muy especializados: Relatividad General, Teoría Cuántica de Campos; la divulgación de la Cosmología a veces es un serio desafío, es muy difícil lograr divulgar manteniendo un cierto nivel y sin desfigurar los conceptos de la Cosmología para llegar al gran público.

Muchos científicos a veces tienen la tendencia de enfatizar los aspectos más estrambóticos de la Cosmología o de algunas teorías, incluso teorías periféricas, porque hace predicciones que son particularmente llamativas por ahí desde el punto de vista epistemológico u ontológico; por ejemplo, se habla de las teorías de muchos mundos, se habla del multiverso, se hablan de argumentos antrópicos y otras cosas que por ahí son más bien limítrofes en la discusión entre cosmólogos, pero que la hora de hacer divulgación empiezan a adquirir un papel central como si toda la Cosmología girase en torno a esos asuntos. Quizás son los más llamativos por ahí desde el punto de vista de lo que podría pensarse como el entretenimiento, o por ahí se relacionan con tópicos de ciencia ficción y resultan más llamativos para el gran público, pero yo creo que el divulgador serio debería tratar de mantener

siempre la sobriedad, tratar de llegar al público con una información que sea lo más representativa y fiel posible a la verdadera descripción de la naturaleza que está haciendo.

Es decir, si estos aspectos en la discusión cotidiana del cosmólogo tienen solo una importancia marginal no deberían tener una importancia esencial a la hora de hacer divulgación, simplemente porque resulten más llamativos a ciertos grupos de la audiencia o porque los programas donde se toquen estos temas resulta que tienen un rating mayor. Lamentablemente muchos científicos ceden a la tentación de darle al público lo que el público quiere escuchar en vez de divulgar la Cosmología tal como se está investigando y esto genera un sistema de realimentación positivo que tiene a veces consecuencias desagradables. Entonces, se empieza a tener una imagen distorsionada de qué es la Cosmología actual y la investigación actual, y esa imagen distorsionada hace que el público reclame cada vez cosas más en ese sentido, y los divulgadores le dan al público ese tipo de información que está buscando, y entonces cada vez se obtiene una imagen más distorsionada de la investigación científica. Es de esperar que este tipo de cosas se corrijan y que en los próximos años pueda haber una divulgación un poco más seria.

El problema también es que la divulgación científica mueve mucho dinero; hay intereses creados alrededor de esto, se venden a veces muchísimos libros, se venden programas de televisión, entonces al ser también un negocio el que hay atrás de la investigación eso no siempre ayuda a mantener la calidad y la sobriedad de lo que se está divulgando. Es de esperar que la conciencia de los científicos de alguna manera juegue algún tipo de papel a la hora de volver a balancear este tipo de situaciones y no predominen las tendencias puramente basadas en los intereses comerciales; pero bueno, no soy demasiado optimista en ese sentido tampoco.

Los aportes de la Filosofía a la Cosmología

Filosofía y Cosmología en mi opinión van de la mano, de hecho nacieron de la mano. Los primeros intentos de dar una imagen racional del Universo comenzaron de la mano de los filósofos presocráticos en Jonia, unos 500 años antes de Cristo; Anaximandro probablemente fue el primer filósofo de la naturaleza y también el primer cosmólogo.

La Cosmología como disciplina nace con Anaximandro y después hay toda una tradición griega en Cosmología, donde las personas que hacían Cosmología también eran las mismas personas que hacían Filosofía. Entonces, ha habido una tradición de que los cosmólogos siempre se han preocupado por cuestiones filosóficas; Newton, Galileo, se preocuparon por cuestiones filosóficas, por supuesto Einstein se preocupó por cuestiones filosóficas. Ahora, hoy en día la Cosmología ha entrado en un área de enorme especialidad, de enorme complejidad técnica, y por eso creo que la Filosofía todavía puede hacer aportes importantes. Algunos cosmólogos tienden a decir que la Filosofía ha muerto, que es una especulación vacía que no está ayudando a los cosmólogos; yo creo que no es así, creo que eso se podría decir de cierto tipo de Filosofía, pero así como hay una Filosofía delirante, una Filosofía llena de vaguedad, también por otro lado hay una Filosofía exacta, hay una Filosofía que puede aportar al mejor entendimiento de las teorías físicas.

Hay un montón de cuestiones relacionadas con la Cosmología que requieren atención del filósofo, cuestiones como ¿qué son en última instancia el espacio y el tiempo? ¿cuáles son las unidades básicas de las que está formada la realidad? ¿son eventos, son cosas, son procesos?. Cuestiones relacionadas con la naturaleza de las propias leyes de la física; la Cosmología utiliza las leyes de la física para construir una imagen del mundo pero nada nos dice de donde vienen estas leyes de la física o que son las leyes de la física. Por otro lado, la Filosofía también puede dar herramientas muy útiles a la hora de sopesar las teorías científicas; hay actualmente una gran controversia en el área de la Cosmología por el intento de introducir formas de hacer ciencia que provienen de la Teoría de Cuerdas. Esta forma de hacer ciencia tienden a, digamos, los representantes de estas formas, tienden a querer que la ciencia se evalúe por criterios más estéticos, más de consenso en una comunidad que por contrastación con la experiencia.

La Cosmología ha entrado en una etapa de precisión, se contrasta con datos de muy alta precisión obtenidos por satélites, obtenidos por telescopios en tierra. Entonces, algunos cosmólogos ven con alarma que se intente rebajar los estándares de calidad de las distintas teorías y modelos cosmológicos a los niveles de la Teoría de Cuerdas, donde un aspecto o un modelo se imponga o no en una comunidad básicamente depende de criterios puramente subjetivos, estéticos o de consenso en esa comunidad.

Hace poco hubo una conferencia organizada por dos de los más importantes cosmólogos actuales: George Ellis y Joseph Silk, precisamente para discutir la integridad de la evaluación de las teorías en la Cosmología. Lo que preocupaba a estos dos cosmólogos es que se introduzcan en la Cosmología formas de evaluar las teorías que son bastantes comunes en el área de la teoría de cuerdas y por lo tanto trataron de hacer una reunión multidisciplinaria entre cosmólogos, físicos de partículas y filósofos para tratar de llegar a una conclusión respecto a ¿qué es una teoría?, ¿cuál es la diferencia entre una teoría y un modelo? y ¿cómo se contrastan las teorías y los modelos? y ¿cuáles son los criterios objetivos de verdad en Cosmología?. Yo creo que esto es una tarea esencialmente filosófica, entonces aquí tenemos un ejemplo concreto de cómo la colaboración entre científicos y filósofos puede llevar a una ciencia mejor. No tengo la menor duda que es necesario entender mejor la ciencia que estamos haciendo, eso requiere un conocimiento de la semántica de nuestras teorías, y eso a su vez está relacionado directamente con la Filosofía. Poder dominar completamente el lenguaje que utilizamos para describir la realidad, entender los presupuestos básicos que estamos haciendo acerca del mundo, son cuestiones esencialmente filosóficas.

Entonces, en mi opinión, la Filosofía tiene mucho para dar a la ciencia y en particular a la Cosmología, y a su vez la ciencia con sus métodos rigurosos y lenguajes exactos tiene mucho para enriquecer a la Filosofía. Entonces, la Filosofía que es útil para la ciencia es la que está científicamente informada; mientras que a su vez la ciencia que es útil a la Filosofía es la ciencia que está separada del disparate y se mantiene siempre fiel a la contrastación empírica, la falsación y la imagen del mundo que proviene de los experimentos que realizamos para tratar de sondear las manifestaciones de lo real.

Sobre el Universo

Bueno, no profeso tener una visión personal del Universo, ni siquiera creo que nadie puede llegar a manifestar que sabe que cosa es el Universo, o que realmente comprende un aspecto del Universo. Lo que entendemos por esa palabra Universo es básicamente el sistema que forman todos los existentes, digo sistema y no conjunto porque un conjunto es un objeto matemático, mientras que un sistema es algo físico en la cual las distintas componente interactúan. En el Universo las distintas galaxias que la forman, los distintos campos que lo populan, interactúan unos con otros, y dan lugar a esta serie de procesos que nosotros estamos viendo y estamos empezando a descubrir con nuestros instrumentos. ¿Qué es realmente todo eso? no lo sabemos, estamos haciendo conjeturas, estamos haciendo hipótesis, estamos tratando de estructurar estas conjeturas en teorías y luego estamos tratando de contrastar estas teorías por medio de modelos; siempre representan aspectos muy parciales del Universo.

Sea lo que sea que es el Universo, es algo que parece ser extraordinariamente complejo, es algo mucho más complejo no solo de lo que hemos imaginado sino probablemente de lo que somos capaces de imaginar. Sin embargo, a medida que vamos cada vez obteniendo más información con nuestros instrumentos, estamos obteniendo representaciones más y más confiables de lo que pasa al menos en parte de ese Universo.

Yo creo que lo que podemos hoy decir con seguridad es que el Universo cambia con el tiempo, el Universo evoluciona, el Universo no es estático como se pensó alguna vez; esa evolución, esa dinámica, tiene su origen en eventos muy importantes que parecen haber ocurrido hace unos 13.800 millones de años. Exactamente la naturaleza de esos eventos que están detrás de la palabra Big Bang que solemos usar para designarlo, no sabemos cuáles fueron. Quizás, lo que hoy llamamos la fase de expansión del Universo se originó por una contracción previa de un Universo colapsante; quizás, hubo un periodo de expansión inflacionaria a partir de un vacío cuántico cuyo origen no está claro; quizás un campo escalar que decayó jugó un papel importante en esa expansión exponencial llamada la inflación; no lo sabemos, no sabemos realmente de qué está hecho el Universo, no sabemos qué es la materia oscura, no sabemos si existe eso que se suele llamar campos oscuros con energías oscuras; sabemos muy poco, pero lo que sí sabemos es que estamos decididos a aprender más, nuestros instrumentos cada vez nos están dando más y más pistas sobre cuáles son los constituyentes de la realidad.

Entonces, si bien sabemos muy poco, creo que uno puede ser optimista en el sentido de que cada vez vamos a ir sabiendo más, y cada vez vamos a ir teniendo representaciones más y más confiables de esa cosa tan extraña, tan inverosímil como decía Borges, que es el Universo.

Sus trabajos de investigación en la actualidad

Estoy trabajando en muchos temas, soy director de un grupo de investigación, grupo GARRA, Grupo de Astrofísica Relativista y Radio-Astronomía. Hay varias líneas dentro de ese grupo en las cuales yo trabajo y algunas de las cuales lidero. Hay líneas en física fundamental y hay líneas en Astrofísica, y también líneas en Astrofísica aplicada.

Las más importantes acaso sean las siguientes: en el ámbito de la física fundamental con algunos de mis alumnos estamos estudiando teorías alternativas de la gravitación: lo que se llama teorías Escalares, Vectoriales, Tensoriales de la Gravitación (STVG), son teorías que van mucho más allá de la Relatividad General y en esas teorías se trata de estudiar el campo gravitacional con objetos muy complejos que podría dar lugar no sólo a las manifestaciones que tradicionalmente son asignadas al campo tensorial de la Relatividad General sino también a otras manifestaciones como la expansión acelerada del Universo o la existencia, o no, de un sector de materia oscura en el Cosmos. Entonces la materia oscura podría por alguna de esas teorías ser desplazada y reemplazada por la gravitación pura, y lo mismo los efectos expansivos no requerirían de ecuaciones de estado extrañas o no requerirían de la presencia de campos oscuros, sino la propia gravitación podría dar lugar a expansiones aceleradas. Estas teorías son muy complejas y no se sabe muy bien cómo se comportan en los límites de campo fuerte; entonces lo que hacemos es tratar de estudiar cómo es el comportamiento, cómo es la física de la materia, si uno piensa que estas teorías son verdaderas; entonces, tratamos de responder preguntas como: ¿qué pasa en el entorno de un agujero negro? si la gravitación realmente es descrita por estas teorías, o ¿qué pasa en un cuásar?, ¿qué pasa en una estrella de neutrones?, etc; esa es una línea de investigación.

Otra línea de investigación está relacionada con lo que sucede con los agujeros negros cuando el Universo se expande, lo que se llama agujeros negros dinámicos; también la posibilidad de que no existan en realidad agujeros negros, sino que lo que entendemos como un agujero negro sea un objeto en el cual las leyes de la física cuando se aproxima el colapso al llamado "horizonte de eventos" se comportan diferente, entonces, lo que llamaríamos un agujero negro podría llegar a interpretarse como un sistema dinámico que evoluciona sobre escalas de tiempo muy muy grandes pero en el cual en realidad nunca llega a haber una formación de agujero negro; la fenomenología externa permanece inalterada, pero los detalles de la física interna podrían llegar a ser muy diferentes.

Otros fenómenos que estamos estudiando son los llamados Fast Radio Burst (FRB), son destellos muy rápidos que se han descubierto hace pocos años en radio que ocurren en el Universo, no se sabe el origen de estos destellos, duran unos 10 a las menos 3 segundos, o sea una milésima de segundo, son muy rápidos, y tienen una enorme energía; ¿Qué son, que los producen?, no se sabe; estamos desarrollando modelos que tratan de explicarlo.

También estudiamos cuestiones como qué pasa con los agujeros negros que forman sistemas binarios con estrellas, estos sistemas son sistemas acretantes, la materia y la estrella es arrancada y cae sobre el agujero negro formando un disco llamado Disco de Acreción, y se producen unos chorros de plasma relativistas llamados Jets; estudiamos la física de esos Jets, las interacciones de partículas de esos Jets; esos Jets en cierta forma son como laboratorios naturales, grandes aceleradores de partículas donde hay toda clase de interacciones; estudiar esas interacciones es realmente muy interesante; podemos alcanzar energías a las cuales no se llega ni siquiera en Large Hadron Collider (LHC) del CERN en estos sistemas astrofísicos. Entonces, podemos conocer muchas cuestiones de física fundamental a partir del estudio de estos laboratorios naturales. Entonces, en mi Grupo estamos trabajando en varios modelos y varias contrastaciones relacionadas con Micro-Cuásares, Agujeros Negros Acretantes, Agujeros Negros de masa intermedia, y también de Agujeros Negros Supermasivos (SMBH). Estudiamos Núcleos Galácticos Activos, Blazares en particular, estos son núcleos de galaxias donde un agujero negro de 100 millones de masas solares o más se está comiendo parte de la galaxia. Estudiamos ciertos sistemas en los cuales por ejemplo pueden haber sistemas binarios de Agujeros Negros Supermasivos que producen ondas gravitacionales, qué es lo que se debiera detectar en la Tierra, qué sucede con la acreción de materia oscura si la materia oscura existe en esos ambientes etc. etc.

Y finalmente estudiamos cuestiones relacionadas con el medio interestelar en nuestra propia galaxia: ¿qué pasa cuando estrellas se mueven a gran velocidad en ese medio? ¿cómo acretan materia? ¿cómo interactúan con la materia? ¿cómo aceleran rayos cósmicos? ¿cómo se produce radiación gamma? ¿qué señales podemos recibir en la Tierra de esas interacciones?.

En general lo que más nos interesa en el Grupo son los fenómenos más extremos de la Astrofísica, aquellos que nos permiten a partir de esos comportamientos muy violentos, poder vislumbrar un poquito de la física subyacente más compleja, la física relativista que es subyacente a los procesos de emisión en altas energías.



El Modelo Estándar de la Cosmología (segunda parte) por [Magazine de Ciencia](#)

Licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional License](#). Licencia completa.

Creado a partir de la obra en <http://www.magazinedeciencia.com.ar/el-modelo-estandar-de-la-cosmologia-2>.