**VENTANAS AL UNIVERSO**

(Adaptación del texto de Jesús Mosterín)

Nunca podremos averiguar acerca del universo más de lo que el universo nos comunica a través del océano de señales en que nos baña. Estamos genéticamente preprogramados para detectar y procesar sólo algunas de esas señales, las que son relevantes para nuestra supervivencia. Sin embargo, nuestra curiosidad nos ha llevado a trascender esos límites naturales, detectando señales previamente vedadas mediante extensiones tecnológicas de nuestros sentidos y procesando la información así obtenida mediante extensiones artificiales de nuestro cerebro.[conceptos, doctrinas y teorías científicas, la inteligencia y comprensión]

El conocimiento que podemos adquirir de un sistema depende sobre todo de dos factores: de las señales emitidas (o reflejadas) por ese sistema que nosotros seamos capaces de detectar, y del procesamiento a que podamos someter la información contenida en esas señales, a fin de sacarles todo su jugo cognitivo. Si nos limitamos a nuestros medios naturales (genéticamente dados) de detectar y procesar señales (es decir, a nuestros sentidos y nuestro cerebro), llegamos a la noción de mundo perceptible.

**I. MUNDO PERCEPTIBLE**

Nuestro mundo perceptible es el ámbito de nuestras percepciones, vivencias y experiencias. Cada animal tiene su mundo. De la inmensa cantidad de información objetiva presente en su medio, cada animal detecta sólo una parte, aquella que está genéticamente preprogramado para detectar, interpretar y experimentar. El zorro percibe la trayectoria que ha seguido el conejo, detectando con su fino olfato las moléculas que su presa ha dejado a su paso prendidas en los matorrales. El murciélago se orienta sin dificultad en la oscura caverna o en la penumbra del bosque, localizando sus objetivos o los obstáculos a su vuelo mediante la detección del eco rebotado de sus propios ultrasonidos. Las abejas ven los colores ultravioleta de las flores. Algunas serpientes detectan direccionalmente el infrarrojo, lo que les permite cazar de noche. Algunos peces perciben las variaciones del campo magnético. Todas esas experiencias son inimaginables para los animales que no las tenemos pues caen fuera de nuestro mundo perceptivo. Y menos aún, si cabe, podemos imaginar qué percepciones y vivencias puedan tener los desconocidos organismos que posiblemente pueblen otros rincones del Universo alejados de nuestro sistema solar.

Los mundos perceptibles de los animales de la misma especie se solapan considerablemente, por lo cual podemos hablar del mundo perceptible de la especie, o de su horizonte perceptible. No puedo tener cualesquiera sensaciones o experiencias, sino sólo aquellas que mi aparato neurosensorial, en contacto con los estímulos a los que responde, pueda generar. Las percepciones y experiencias de animales dotados con aparatos neurosensoriales muy alejados de los nuestros están más allá de nuestro horizonte vivencial [y lo mismo puede decirse de los ciegos de nacimiento con el mundo visible, o a los sordomudos natos con el mundo sonoro]. Mi horizonte vivencial marca los límites de mis experiencias posibles.

Las principales limitaciones de nuestro mundo perceptible se deben a nuestro aparato neurosensorial, que sólo responde a una cierta gama de estímulos, que sólo detecta cierto tipo de señales. Aunque nuestro sentido del oído es muy importante en nuestra vida social, su alcance cosmológico es nulo, pues las señales acústicas que detecta sólo se producen y transmiten en el interior de la atmósfera [las señales acústicas son ondas de presión en el aire y se apagan cuando se acaba la atmósfera]. De hecho, toda la información perceptiva que recibimos de fuera de nuestro planeta nos llega por el sentido de la vista.[pero no olvidemos que nuestro sentido de la vista es ciego al 99% del espectro cromático solar, la pequeña franja de radiaciones electromagnéticas situada entre los infrarrojos ( y radar, ondas de radio media, corta y larga), de mayor longitud de onda y menor frecuencia) y los ultravioletas (y rayos X y rayos gamma) de menor long. Y mayor frecuencia)]

Algunas limitaciones del mundo perceptible pueden ser parcialmente superadas, como ocurre con aquellas que se deben a nuestra posición en el espaciotiempo. Mediante la exploración o el viaje puedo extender mi mundo perceptible [es decir, trasladándonos. Si carezco de la experiencia de la nieve porque vivo en un país cálido, puedo adquirirla trasladándomo a uno frío]. Pero en el caso del cosmos la exploración está excluida. Podemos explorar el sistema solar, y ya lo estamos haciendo. No es imposible que algún día podamos explorar la vecindad de otras estrellas próximas o incluso gran parte de nuestra galaxia. Pero está prácticamente excluido que nos traslademos a otras galaxias. La inmensísima mayor parte del Universo queda para siempre fuera del alcance de nuestra exploración. Otra limitación consiste en que tampoco podemos experimentar (que es la mejor manera de llegar a conocer bien los objetos, personas o sistemas de nuestro mundo perceptible [provocar su reacción a factores que nosotros podamos controlar]), en que tenemos que limitarnos a observar, a recibir pasivamente y a procesar la información transmitida por los objetos cósmicos observados.

Vedado el recurso a la experimentación y a la exploración, si queremos ir más allá del mero mundo perceptible en nuestro conocimiento del Universo, tenemos que diseñar y fabricar extensiones artificiales de nuestros sentidos, que nos permitan detectar señales inaccesibles a estos últimos. [¿Qué es el mundo perceptible? ¿De qué depende y cuáles son sus límites?]

**II. EL UNIVERSO OBSERVABLE**

El Universo observable abarca no sólo lo perceptible con los sentidos naturales, sino también todo aquello de lo que recibimos noticia a través de las extensiones artificiales de nuestros sentidos que son los instrumentos científicos de observación (tales como telescopios y radiotelescopios, detectores de diversas radiaciones colocados en satélites, placas fotográficas, CCDs [Un **CCD** (del inglés ***C****harge-****C****oupled* ***D****evice*, "dispositivo de cargas (eléctricas) interconectadas) es un [circuito integrado](http://es.wikipedia.org/wiki/Circuito_integrado) que contiene un número determinado de [condensadores](http://es.wikipedia.org/wiki/Capacitor) enlazados o acoplados, es decir, microprocesadores que componen las computadoras], detectores de neutrinos…). El Universo observable es el Universo accesible a la ciencia observacional, y en especial a la astronomía.

Un horizonte observacional es un límite a la observación, una frontera que separa lo que puede ser observado de lo que no puede serlo. Los progresos tecnológicos de las instrumentación traen consigo ampliaciones del horizonte observacional y del Universo observable. El mero paso del tiempo y los eventuales desplazamientos en el espacio traen también consigo desplazamientos del horizonte observacional.

Ninguna señal puede viajar a velocidad superior a la de la luz. Por lo tanto, aquí y ahora no podemos recibir señales de lo que pasó hace menos de un año en un lugar alejado de nosotros más de un año luz [9´4 billones kilómetros. La estrella más cercana, Próxima Centauro”, está a 4´2 años luz]. Sólo pueden llegarnos señales de eventos ocurridos a distancias (medidas en unidades de tiempo-luz)menores que el tiempo transcurrido desde entonces.[si el evento ocurrido se sitúa a 2 años luz no podremos detectarlo antes de dos años] De hecho sólo podemos recibir señales de los objetos cósmicos en determinados momentos de su trayectoria temporal. Así, no podemos tener un mapa actual del Universo, sino sólo una cierta imagen temporalmente heterogénea [vemos las galaxias cercanas como estas son (o eran) en su madurez, mientras que las señales que recibimos de los remotos cuásares fueron emitidas en su lejana infancia. No podemos observar la juventud de las galaxias ni la madurez de los cuásares. Los cuásars son los objetivos más lejanos que conocemos y seguramente son una primera etapa violenta en la evolución de las galaxias( puede que la Vía Láctea haya sido un cuásar. Puede emitir más energía en un segundo que el Sol en toda su vida]. Nuestra imagen del Universo es un mosaico, cuyas piezas provienen de tiempos muy distintos, un peculiar corte espaciotemporal determinado por la singular perspectiva del observador.

Cuando en 1987 nos llegaron las primeras señales de la supernova 1987A, lo que estábamos observando era una explosión que tuvo lugar en la Gran Nube de Magallanes hace unos 170.000 años. Qué esté pasando allí ahora es imposible de saber, al menos observacionalmente [la misma Gran Nube podría haber desaparecido por completo hace 100.000 años, sin que nadie se hubiera enterado]

El Universo observable es siempre un Universo pasado, antiguo. El universo actual es inobservable. No podemos observar cómo es el Universo hoy, sólo cómo era hace mucho tiempo (distintas partes en distintos tiempos). El universo entero (excepto nuestro grupo local) podría haber desaparecido hace un millón de años, mucho antes de que surgiese nuestra especie. Nosotros no nos habríamos enterado. No hay manera de enterarse. Esas posibles galaxias actuales están más allá del horizonte del Universo observable.

El Universo está en expansión. El espaciotiempo se expande, haciendo que unas galaxias se alejen de otras a velocidades proporcionales a la distancia [al menos en los casos de galaxias pertenecientes a supercúmulos distintos, pues en el interior del mismo supercúmulo, la atracción gravitatoria puede ligar las galaxias con tal intensidad que contrapese la expansión del espaciotiempo (en nuestro grupo local, Andrómeda se acerca a nuestra galaxia, su espectro está desplazado hacia el azul)]. La constante de Hubble fija la expansión del Universo o velocidad de recesión de las galaxias lejanas. Una galaxia distante de nosotros 10 megaparsecs (1 megaparsec= 3´26 millones de años luz), por ejemplo, se aleja a una velocidad de 650 km/sg. Una galaxia que distara más de 4.615 megaparsecs (es decir, más de 15.000 millones de años luz) se alejaría de nosotros a una velocidad superior a la de la luz. Por tanto, tal galaxia nunca podría ser observada por nosotros y quedaría para siempre fuera de nuestro Universo observable, pues cualquier señal que emitiera viajaría hacia nosotros a una velocidad inferior a aquella a la que nos estamos alejando de ella, por lo que nunca podrá alcanzarnos [Es cierto que ninguna señal ni objeto puede viajar a una velocidad superior a la de la luz, pero la expansión del Universo es una expansión del espaciotiempo, que no es una señal ni objeto material, por lo que la relatividad especial no le pone límites] [¿Qué es el universo observable?¿Cuáles son sus límites?

¿Por qué no podemos observar un mapa actual del universo, sino solo una imagen temporalmente heterogénea?

**LUZ VISIBLE**

Toda la información perceptiva que recibimos de fuera de nuestro planeta nos llega por el sentido de la vista, que es sensible a la luz visible, es decir, a la radiación electromagnética de longitud de onda entre 0´4 y 0´7 micrómetros [ un micrómetro= 10 -6 m. Esta banda visible del espectro electromagnético constituye la única ventana al Universo perceptible, y a través de ella nos ha llegado toda la información sobre el Universo observable de la que disponíamos hasta la Segunda Guerra Mundial]. El Universo observable superó los límites del perceptible con la introducción de extensiones artificiales de nuestros ojos a partir del siglo XVII, empezando por el catalejo de Galileo y siguiendo por una sucesión de telescopios cada vez más pefeccionados. La sustitución de la retina del observador por la placa fotográfica también representó un gran progreso, así como la de esta última por los dispositivos fotoeléctricos de detección de fotones [CCDs: charge-coupled devices] que permiten recuperar casi toda la información que nos llega en las señales y someterlas a tratamiento digital. Otro paso adelante decisivo se dio con la puesta en órbita a 500 km por encima de la superficie terrestre del telescopio espacial *Hubble*, que permite mejorar considerablemente la resolución de las imágenes, al situarse fuera de la atmósfera y evitar así las distorsiones que esta ocasiona. Así, pues, gracias a nuestras innovaciones tecnológicas hemos conseguido rebasar la estrecha franja del espectro electromagnético en que consiste la luz visible a la que se limita nuestro mundo perceptible y abrir así nuestro Universo observable. Veamos más detenidamente lo que hemos descubierto con ello. [Relaciona el universo perceptible y el universo observable]

**FOTONES DE BAJA ENERGÍA**

Casi todas las partículas del Universo son fotones o neutrinos [hay más de mil millones de fotones y neutrinos por cada electrón o protón]. Mientras que los neutrinos nos resultan casi imposibles de detectar, los fotones visibles constituyen nuestra principal fuente de información.

En orden de frecuencia o energía creciente [o de longitud de onda decreciente] los fotones se clasifican en ondas de radio, microondas, infrarrojo, luz visible, ultravioleta, rayos X y rayos gamma. Todos los cuerpos del Universo emiten (en función de su temperatura y otros factores) radiación electromagnética, es decir, fotones. Después de la Segunda Guerra Mundial, las técnicas desarrolladas durante la contienda se emplearon en la exploración sistemática de las ondas de radio que nos llegan del espacio exterior. Así surgió la radioastronomía, que ha permitido el descubrimiento de tipos de objetos cósmicos antes insospechados como las radiogalaxias, los púlsares [una estrella de neutrones que gira; los puntos calientes de la superficie de esas estrellas emiten ondas de radio. Si la estrella gira rápidamente sobre sí misma, las ondas de radio barren el espacio de una forma muy parecida a como el haz de luz de un faro barre el océano. En la Tierra detectamos esas ondas de radio como pulsaciones, una pulsación por cada vez que el haz hace un barrido]y los cuásares [aunque no se sabe con certeza qué son, tiende a pensarse que constituyen una primera etapa violenta en la evolución de las galaxias. Pueden emitir con facilidad más energía en un segundo que el sol en toda su vida. Puede que la Vía Láctea haya sido un cuásar, y puede que ahora parezca ser uno para los que están al otro lado del Universo. Son los objetos más distantes que conocemos]. La detección de señales de radio se realiza mediante radiotelescopios, que son enormes antenas, y los radiointerferómetros, que son sistemas coordinados de antenas [alejadas unas de otras, obteniéndose mejores resoluciones angulares].

Aunque los objetos cósmicos emiten ondas de radio de todas las frecuencias, a nosotros sólo nos llegan las de longitud de onda menor que 10 4 m. porque los fotones de longitud de onda mayor son absorbidos por los gases ionizados [átomos que han perdido o ganado electrones y por tanto generan electrones interestelares libres y no alcanzan nuestro sistema solar. La información contenida en tales fotones de baja frecuencia se pierde para siempre antes de llegar aquí. La ventana observacional abierta por la radioastronomía tiene un horizonte infranqueable, el del límite de 104 m de las longitudes de onda de las ondas de radio que nos llegan.[el límite de la longitud de onda que nos llega]

También las microondas de la radiación cósmica fondo[son como ondas de radar, emiten con long. de onda de alrededor de 10 -2 = 1 cm, ya cercano al infrarrojo. En concreto , las ondas descubiertas por Arnold Penzias y Robert Wilson eran de 7´35 cm., más cortas que las de radio. También se las llama microondas ] pueden ser consideradas como un descubrimiento radioastronómico. Esta radiación transmite información sobre la época pregaláctica de nuestro Universo, y más en concreto sobre la época en que el Universo se hizo transparente para los fotones, unos 300.000 años después del *Big Bang*. Hasta esta última fecha, los fotones interaccionaban constantemente con los electrones libres energéticos, estaban acoplados con ellos. Hacia esta época la temperatura había descendido suficientemente [hasta unos 3.000 K, 2727 C] como para que los electrones libres fueran cazados por los protones, que se combinaban con ellos para formar átomos de hidrógeno. Al final de esa época el desacoplamiento de la materia y la energía, con los electrones ligados en átomos y la temperatura más baja, los fotones dejaron de interaccionar con los electrones y empezaron a moverse libremente por el universo, que se hizo transparente para ellos. La radiación cósmica de fondo, descubierta por Arno Penzias y Robert Wilson en 1965, es el remanente fosilizado y enfriado [hasta 2´7 K, -270 C] de aquella radiación entonces liberada [en 1989 la NASA lanzó el satélite COBE dedicado a medir la radiación cósmica de fondo de microondas en todas direcciones. En 1992 se dieron a conocer los resultados: en la radiación se detectaron ligeras variaciones correspondientes a variaciones de densidad en la era del desacoplamiento]. El *horizonte de fotones* es la frontera temporal que separa las porciones del espaciotiempo anteriores y posteriores al momento en que el Universo se hizo transparente a los fotones. Sólo a partir de ese horizonte los fotones fueron capaces de transmitir información acerca del estado del Universo. Representa una barrera fundamental que limita la información observacional directa que podemos obtener sobre el Universo temprano. Por mucho que progrese nuestra tecnología de detección de señales, nunca podremos obtener mensajes electromagnéticos del Universo anterior al horizonte de fotones.

Aunque la atmósfera sólo es transparente para frecuencias de radio y visibles, la colocación de detectores en satélites artificiales que orbitan la Tierra por encima de la atmósfera nos ha permitido ampliar considerablemente el horizonte del Universo observable, conduciéndonos a nuevas ramas de la astronomía, como la de los rayos infrarrojos. La radiación infrarroja [ondas electromagnéticas con longitud de onda entre 10-7 y 10-3] es emitida por todos los objetos a temperaturas entre 10 y 1.000 K [-263/727 C], como las nubes interestelares frías de polvo y gas, los planetas y los animales. Esta radiación penetra en nuestro mundo perceptible en forma de sensación de calor. El gran problema de la astronomía infrarroja es que los propios instrumentos de observación emiten radiación infrarroja, con lo que es muy difícil detectar la débil señal procedente de otros astros, lo cual sólo se consigue a base de enfriar muchísimo el detector y su entorno. Aun así detectores de infrarrojos instalados en satélites artificiales han descubierto multitud de galaxias ocultas a la luz visible, así como agua en el espacio interestelar y en muchos rincones de nuestra galaxia.[Objeto y límites de la radioastronomía y de la astronomía de infrarrojos. ¿Sobre qué nos informa la radiación cósmica de fondo y por qué el horizonte de fotones representa un límite infranqueable del universo observable?

**FOTONES DE ALTA ENERGÍA**

Otras señales cósmicas llegan a la Tierra en forma de radiación ultravioleta [en la otra frontera de la luz visible, de menor long. de onda y mayor frecuencia]. La mayor parte de esa radiación es absorbida por la capa de ozono que rodea la atmósfera, por lo que su detección se realiza desde satélites artificiales. Aunque gran parte de la radiación ultravioleta extrema (la de mayor frecuencia dentro de la gama) emitida por objetos cósmicos lejanos es absorbida por los átomos de hidrógeno interestelares, la distribución irregular de estos permite pasar en algunas direcciones esa radiación. Por lo tanto, no hay un horizonte insalvable en el ultravioleta.

Los rayos X es una radiación electromagnética todavía más energética, es emitida sobre todo por gases a muy altas temperaturas y la atmósfera es completamente opaca a ella, por lo que sólo puede captarse más allá de los 120 km por encima de la superficie terrestre. La información contenida en los rayos X ha permitido descubrir nuevas fuentes de emisión, como estrellas y galaxias de rayos X, así como estrellas binarias (uno de cuyos miembros es una estrella de neutrones o un agujero negro), y tener noticias frescas de los cuásares y de los movimientos de las grandes y lejanas nubes de gas.[una estrella de neutrones es un posible resultado de una supernova. Durante el colapso de una supernova, los electrones son forzados a entrar en los protones del centro. Esta reacción convierte cada protón en un neutrón y el resultado es una estrella de neutrones: una estrella de unos 15 km de diámetro pero tan masiva como el sol].

Los rayos gamma son los fotones más energéticos del espectro electromagnético y contienen valiosa información sobre el Universo, parte de la cual somos incapaces de interpretar adecuadamente, como los misteriosos y fugaces fogonazos cósmicos de rayos gamma. Son el objeto de una nueva rama de la astronomía observacional, que utiliza telescopios de rayos gamma montados en satélites artificiales. Eso permitió en el año 1997 detectar el fogonazo de rayos gamma de la mayor explosión cósmica hasta entonces conocida, ocurrida hace unos 12.000 millones de años y que liberó en un solo segundo una energía comparable a la que emite toda nuestra galaxia en dos siglos. La detección e interpretación de rayos gamma amplía el universo observable, pero impone su propio horizonte, situado en la longitud de onda de 10-21 m. Los fotones con longitud de onda menor son destruidos por colisiones con los fotones de la radiación cósmica de fondo, dando lugar a pares electrón-positrón.

En resumen, hay señales electromagnéticas del cosmos que nunca podremos detectar, por mucho que adelante nuestra tecnología, por la sencilla razón de que no llegan hasta aquí, pues se pierden antes por el camino que conduce de su fuente a la Tierra. A nuestro rincón del Universo sólo llegan ondas electromagnéticas con longitud de onda entre 10 4 m [límite superior de las ondas de radio]y 10 -7 m[ultravioleta], y entre 10 -8 [rayos X]m y 10 -21 [límite de los rayos gamma]m. Esta banda de frecuencia es infranqueable y constituye el horizonte electromagnético del Universo observable. [límites observacionales de ondas de radio y de los rayos gamma][Explica algunos límites observacionales de las señales electromagnéticas]

**RAYOS CÓSMICOS Y METEORITOS**

No todas las señales que nos llegan son electromagnéticas. Por ejemplo, una gran cantidad de rayos cósmicos bombardean constantemente la Tierra desde todas direcciones. En realidad, los rayos cósmicos son partículas y núcleos atómicos ionizados muy energéticos que llegan a la atmósfera con energías cien millones de veces superiores a las alcanzables en nuestros aceleradores. Chocan con algún átomo del aire y se aniquilan, dando lugar a una cascada de partículas secundarias, que pueden ser captadas por detectores esparcidos sobre la superficie terrestre. No entendemos cómo se forman y no sabemos de dónde vienen.

Otra fuente potencial de información son los meteoritos que llegan a la Tierra. El problema aquí reside en que, al parecer, todos los meteoritos proceden del sistema solar, con lo cual su interés cosmológico sería limitado, aunque aportan valiosa información sobre los orígenes de nuestro sistema solar.

**NEUTRINOS**

Los neutrinos fueron postulados en 1930 [Pauli, para asegurar la conservación de la energía en la desintegración beta (los electrones son conocidos como rayos beta), emisión de un electrón o positrón en la desintegración de un núcleo: en la desintegración beta un neutrón escupe un electrón, y se convierte él mismo en un protón] pero no fueron detectados hasta 1956.[es una partícula sin masa ni carga eléctrica pero con espín intrínseco y con momento y, por tanto con energía. Es un fermión -son las entidades que estamos acostumbrados a imaginar como partículas,poseen un número semientero como espín y por tanto obedece al principio de exclusión de Pauli (dos partículas de la misma clase no pueden ocupar el mismo estado simultáneamente) como los electrones y los quarks, y no un bosón (son los cuantos de campo, responsables de transmitir las fuerzas, como los fotones y gluones, poseen un número entero de espín y principio de antiexclusión (dos o más partículas de la misma clase muestran una tendencia a ocupar el mismo estado al mismo tiempo, como el fotón. Esta propiedad de los fotones hace posible el funcionamiento del láser, donde fotones en un mismo estado estimulan la emisión de más fotones en ese mismo estado, viajan en la misma dirección y poseen la misma frecuencia, constituyendo el haz del láser ). Y es un leptón, como el electrón (y a diferencia de los quarks) pues es inasequible a la interacción fuerte]. El problema para estudiar los neutrinos consiste en que apenas interactúan con otras partículas, por lo que son difíciles de detectar [pues ignoran la interacción fuerte y la electromagnética y sólo afectan a otras partículas mediante la interacción débil y quizá (si tienen alguna masa) la gravitación]. Los métodos para detectarlos se basan hasta ahora en la acumulación en minas profundas de enormes cantidades de material detector [cloro y agua] con la esperanza de que el elevado número de átomos compense la minúscula probabilidad de interacción.Todo está lleno de neutrinos y todo es transparente a los neutrinos. Nuestro planeta es completamente transparente para ellos y atraviesan nuestro cuerpo por miles de millones (a razón de unos 3000 a 6000 salen de nuestro cuerpo cada segundo). Uno o dos segundos después del *Big Bang* la temperatura y la densidad del Universo habrían bajado suficientemente como para que los neutrinos [y antineutrinos] se desacoplaran de la materia ordinaria con la que antes estaban en equilibrio, y se convirtieran en partículas libres. El Universo se hizo así transparente a los neutrinos, como 300.000 años más tarde se haría transparente a los fotones. Esos neutrinos todavía están ahí, formando otra especie de “radiación” cósmica de fondo [análoga a la de los primeros fotones transparentes. Desde entonces se ha enfriado hasta unos 2K] que contiene información fresca acerca del Universo temprano. Ninguna otra señal nos llega desde época tan antigua. El problema es que somos incapaces de detectar dichas señales. Por razones teóricas pensamos que ese fondo de neutrinos existe, pero de momento no podemos detectarlo. Por tanto, el Universo observable tropieza con un horizonte temporal opaco más allá (hacia atrás) de los 300.000 años después del *Big Bang*. La detección de esa radiación de neutrinos abriría una ventana hacia el Universo temprano y haría recular el horizonte temporal del Universo observable hasta dos segundos tras el *Big Bang* . Además de los neutrinos de origen cósmico que impregnan todo el espacio, están los solares que bañan nuestro sistema. Para detectarlos se habiliatron profundas minas como detectores. Se han detectado neutrinos solares pero muchos menos de los esperados.

Los neutrinos no pertenecen a nuestro universo perceptible y apenas se asoman a nuestro universo observable. Sin embargo contienen valiosa información objetiva acerca del cosmos, que posiblemente nos sea permitido explorar en el futuro.

**ONDAS GRAVITACIONALES**

Según la teoría general de la relatividad, las rápidas aceleraciones de grandes masas producen ondas de gravitación, es decir, distorsiones en el espaciotiempo que se propagan a la velocidad de la luz a partir de su fuente. Los colapsos gravitatorios que se producen en el centro de las galaxias, los agujeros negros, los cuásares, las explosiones estelares y otros fenómenos violentos deberían ser fuentes abundantes de ondas gravitacionales. Además, es posible que estemos también bañados por una “radiación” cósmica fósil de tipo gravitatorio, comparable a la de microondas y a la de neutrinos, y que contendría señales procedentes del momento más temprano del Universo, cuando supuestamente se habría desacoplado la fuerza gravitatoria de la fuerza unificada restante, quizá tan sólo 10 -35 sgs. tras el *Big Bang*. Por desgracia, las ondas gravitacionales son aún más difíciles de detectar que los neutrinos [la probabilidad de detectar un gravitón es sólo de una entre 1023 ]. De hecho, estas siguen perteneciendo exclusivamente al Universo inteligible, como consecuencia de la relatividad general, pero no puede considerarse que hayan sido detectadas hasta ahora. Todavía no han entrado en nuestro Universo observable.

**SEÑALES INSOSPECHADAS**

Fotones, rayos cósmicos, neutrinos y ondas gravitacionales [gravitones, mediadores de la fuerza gravitacional] constituyen todas las señales que nos llegan del cosmos. Las fuentes de estas señales constituyen el Universo observable, al menos en la medida en que seamos capaces de detectarlas. Esta evaluación del Universo obsevable es función del Universo inteligible, es decir, depende de la vigencia actual de ciertas teorías físicas y modelos cosmológicos. Esta situación teórica podría alterarse en el futuro y en consecuencia también podría hacerlo nuestra evaluación de los horizontes del Universo observable. Podría muy bien ser que existieran formas de radiación o campos de partículas correspondientes a teorías todavía inmaduras o no vigentes [como los fotinos, gravitinos y selectrones, postulados por ciertas teorías superunificadoras]. También podría ser que llegasen a nuestro sistema solar señales totalmente ignoradas e imprevistas y ni siquiera postuladas por teoría actual alguna. Lo que pasa es que de tales partículas o señales no podemos decir nada, aparte de reconocer su posibilidad. Así como no toda la energía existente es energía libre, utilizable para producir trabajo, así también no toda la información existente es información detectable, utilizable para producir conocimiento.

Si nuestras teorías físicas son correctas, la mayor parte de la masa inferible de nuestras observaciones está constituida por materia oscura, es decir, por materia no luminosa, no visible, no irradiante, por materia situada más allá de nuestro horizonte observacional. No sabemos en qué consiste la materia oscura. Hay distintas hipótesis, como que quizá se trate de estrellas enanas apagadas, o de grandes cantidades de astros parecidos al planeta Júpiter, o tal vez sea debida a que los neutrinos tengan alguna pequeña masa, que, multiplicada por el enorme número de neutrinos, dé una gran masa total; o, quizá se deba a la enorme profusión de agujeros negros. Pero no se sabe nada con certeza.

**III. EL UNIVERSO INTELIGIBLE**

El Universo inteligible es nuestra construcción teórico-conceptual máximamente comprensiva acerca de la realidad en su conjunto, en la medida en que ésta nos sea accesible científicamente. El Universo inteligible incorpora y da cuenta del Universo observable, pero va más allá de él, lo extrapola y lo trasciende. Incorpora todas las leyes y teorías científicas relevantes y vigentes, así como las entidades por ellas postuladas [abarca tanto los métodos de representación como las matemáticas subyacentes, tanto la física como los presupuestos básicos y cualesquiera otros recursos conceptuales empleados en su construcción]. No todas las teorías son tenidas igualmente en cuenta a la hora de elaborar ese Universo inteligible. El resultado de ese proceso de conceptualización integrada es una imagen científica más o menos idealizada del Universo en su conjunto, imagen que se plasma en la forma de un modelo cosmológico. Cada modelo cosmológico distinto es una imagen diferente del Universo inteligible, o, si se prefiere, un Universo inteligible distinto.

Un horizonte de inteligibilidad o teórico es un límite a aquello que puede saberse o pensarse en base a cierto modelo cosmológico. Por ejemplo, en el Universo inteligible newtoniano no puede plantearse siquiera la cuestión de la curvatura del espacio, pues la geometría euclídea (una geometría del espacio plano) es uno de los horizontes de inteligibilidad. De forma comparable, la singularidad en que consiste el origen del universo en el modelo cosmológico del *Big Bang* es un horizonte de inteligibilidad de dicho modelo. Al llegar a ese punto las ecuaciones dejan de tener soluciones, los conceptos dejan de tener sentido, el modelo deja de funcionar. Ya no se puede ir más allá. Incluso, dentro de este esquema conceptual, deja de tener sentido ir más allá. En el modelo del *Big Bang* carece de sentido la pregunta por lo que ocurriera antes del *Big Bang*, pues no hay un antes del *Big Bang*. En este modelo, el Universo ha existido siempre, es decir, para todo instante temporal *t*, el Universo ha existido en *t*.

La uniformidad de las leyes de la física en todos los puntos del espaciotiempo es un horizonte de inteligibilidad de todo Universo inteligible. Lo cual no implica que la realidad tenga que ser así. La realidad podría ser muy distinta. Las leyes que conocemos podrían tener sólo validez local. La velocidad de la luz podría ser una constante sólo en nuestro rincón del Universo. El corrimiento del espectro de las galaxias lejanas hacia el rojo, su velocidad de recesión, podría no deberse al efecto Doppler[es uno de los más importantes efectos del movimiento de ondas que permite deducir la velocidad de recesión de galaxias lejanas en función de su distancia. Si una fuente de ondas se mueve respecto a un observador, la acumulación de estas ondas tendrá efectos diferentes según se acerquen o se alejen del observador inmóvil. En el primer caso, éste verá las crestas concentrarse, es decir se reducirán las longitudes y aumentará la frecuencia, mientras que si se alejan el observador las verá dispersarse, reduciéndose la frecuencia de las mismas. Si la onda es de sonido, una persona a la que se le acerque oirá un sonido cada vez más agudo, mientras que aquella de la que se aleja lo oirá cada vez más grave. Si es una onda electromagnética, la primera verá que la luz se desvía hacia el azul, mientras que para la seguna se desviará hacia el rojo] , sino a otros factores desconocidos. Las masas podrían repelerse y la energía podría no conservarse. Desde luego, un Universo así iría contra nuestras leyes científicas y nos resultaría ininteligible. Pero es que el Universo real podría no ser inteligible, en cuyo caso no habría ninguna posibilidad de entenderlo. De todos modos, en la medida en que queramos pensar acerca del Universo, en la medida en que queramos conceptualizarlo, necesitamos concebirlo como un Universo inteligible, como un modelo cosmológico, al menos provisionalmente. Nuestra única posibilidad de traspasar los límites de un modelo cosmológico insatisfactorio consiste en construir un nuevo modelo de mayor alcance, con lo cual no habremos abandonado el Universo inteligible; simplemente lo habremos ampliado.

El mundo perceptible, al estar anclado en nuestra constitución genética, tiene cierta estabilidad [ no es fácilmente modificable]. El Universo observable es una extensión del perceptible, y entre ambos hay una obvia interrelación. Los resultados observacionales no perceptibles (por ejemplo, los correspondientes a las ondas de radio) se traducen a imágenes perceptibles, aunque no sea más que una forma de diagramas o imágenes sintetizadas por ordenador, a fin de poder ser intuitivamente asimilados. Y las intuiciones perceptibles son corregidas por los datos observacionales[Aunque es perceptivamente evidente que el Sol sale cada mañana por el Oriente, se mueve sobre nuestras cabezas y se pone cada tarde por el Oeste, acabamos rechazando esa evidencia en función de otros datos observacionales menos evidentes].

El Universo inteligible marca los límites del Universo observable y corrige sus datos. Por ejemplo, creemos que hay más masa de la que se ve, basados en argumentos teóricos, pero esto crea a veces polémicas y tensiones en la comunidad científica acerca de la validez de esos argumentos teóricos [p.e., el astrónomo Halton Arp cree tener buenas razones para pensar que los cuásares presuntamente lejanos son excrecencias de galaxias mucho más cercanas. Y si ambos presentan espectros con desplazamientos hacia el rojo distintos, tanto peor para la ley de Hubble. Arp piensa que lo que hay que cambiar es la ley de Hubble. Pero la gran mayoría de la comunidad científica, comprometida con un modelo cosmológico en el que la ley de Hubble juega un papel esencial, se niega a aceptar tal conclusión, al menos mientras no se le ofrezca un modelo global más convincente].

El universo observable, por otro lado, sirve de piedra de toque al Universo inteligible, cuya primera función es dar cuenta de los datos de la observación. Por eso nuevos datos observacionales pueden conducir al abandono de ciertos modelos cosmológicos [como ocurrió con el modelo del estado estacionario tras el descubrimiento de la radiación cósmica de fondo. Lo mismo podría ocurrir en el futuro con el modelo inflacionario -variedad del modelo del *Big Bang* en boga en los últimos veinte años- si se llegara a descubrir una radiación de fondo de ondas gravitacionales]

**IV. LA REALIDAD TOTAL**

Los límites del Universo inteligible son los límites de nuestros recursos intelectuales y conceptuales, y no tienen por qué ser los límites de la realidad. La realidad es precisamente todo lo que hay, sin limitación alguna, y con independencia de que sea pensable o cognoscible o no [la realidad es lo ilimitado, el *ápeiron* que diría Anaximandro].

Ahora bien, en la medida en que podamos pensar o decir algo inteligible acerca del Universo, por definición estaremos en el ámbito del Universo inteligible, que es el ámbito del lenguaje, de la matemática y de la teoría. En la medida en que la realidad vaya más allá del Universo inteligible, se trata de una realidad inefable, con la que quizá puede tenerse una relación mística, pero de la que no se puede hablar, aunque sí mencionar. Así K. Jaspers lo ha llamado “lo envolvente” y lo define como “aquello dentro de lo cual se halla encerrado todo horizonte particular y que no es ya visible como horizonte”. Otros lo llaman “el Todo”. Algunos, “the Boundless” (lo ilimitado). Este todo ilimitado y envolvente, esta realidad última y total, a la vez abarca y trasciende todos los horizontes perceptibles, observables e inteligibles.

Nuestra percepción no llega más allá del horizonte perceptible, ni podemos hacer observaciones fuera del Universo observable, ni podemos representar, pensar o entender la realidad fuera del Universo inteligible. A pesar de ello, es asombroso cuánto conseguimos. La realidad total es como el límite inalcanzable de una sucesión de Universos observables e inteligibles, variables en el tiempo. Sólo un dios podría alcanzar ese límite y lograr que su Universo inteligible coincidiera con la realidad misma.