El infinito.

En la monografía G077 (Descanso divino), página 5, párrafo 2 (de la Nota), se decía que es permisible pensar que la desbordante complejidad y la inasequible profundidad que para el científico (supuestamente “liberado” de prejuicios perceptivos) tiene la realidad haga que ésta aparezca ante sus ojos como caótica y desordenada, pero eso no quiere decir que así sea efectivamente. Por ejemplo, tomemos el caso de los números primos; éstos se nos presentan “indomables” desde el punto de vista matemático, puesto que hasta el presente todo indica que es imposible formular una ley que permita obtener un término general analítico que dé cuenta de todo número primo; por consiguiente, dada nuestra finitud operativa, podemos decir que para el ser humano los números primos son “anárquicos o caóticos” (no admiten una regla formativa, es decir, una forma algorítmica compuesta por un número finito de pasos o etapas de cálculo). Ahora bien, cabe preguntarse: ¿Admiten los números primos un algoritmo de infinitos pasos? O, todavía más general: ¿Pueden ser concebidos los números primos como un algoritmo resultante de una relación entre valores numéricos que pertenecen a un conjunto de infinitos elementos, con un orden de infinitud para este último de carácter superior al del conjunto de los números primos? La idea que se pretende transmitir es la siguiente: La apariencia caótica de la realidad puede no serlo realmente (de hecho, no puede serlo, si es que en verdad ha sido diseñada por el Sumo Hacedor); tal vez, como en el caso de los números primos, nuestra finitud algorítmica impida la visión no caótica que nos proporcionaría un algoritmo infinito; pero nuestra mente “finita o limitada” es incapaz de usar algoritmos infinitos, ya que esta capacidad intelectual sólo podría pertenecer a una mente “infinita o ilimitada”, a saber, la mente del Todopoderoso (para una mejor consideración de la infinitud operativa, ver G081: La omnipresencia).

Eternidad.

En G050 (Trascendencia), página 2, se expuso lo siguiente: «Al parecer, tanto Adán como Eva tenían un concepto bastante claro de lo que es la muerte. Es posible que el hebreo arcaico básico, es decir, el idioma original con el que fue dotado Adán al tiempo de ser creado, con el objeto de facilitarle la comunicación con el Creador, contuviera ya el vocablo “muerte” o similar. No obstante, como quiera que los animales y las plantas morían o dejaban de existir, y este hecho era bien evidente para la primera pareja humana, no sólo de manera teórica sino también de forma experimental u observable, ellos, pues, quizás comprendían muy bien el significado de este concepto».

Del relato sagrado del Génesis se desprende que Dios tenía previsto para el ser humano una vida sin fin, en un entorno paradisíaco: «Y Jehová Dios procedió a tomar al hombre y a establecerlo en el jardín de Edén para que lo cultivara y lo cuidara. Y también impuso Jehová Dios este mandato al hombre: “De todo árbol del jardín puedes comer hasta quedar satisfecho. Pero en cuanto al árbol del conocimiento de lo bueno y lo malo, no debes comer de él, porque en el día que comas de él, positivamente morirás”» (Génesis 2:15-17).

El propio primer hombre debió percatarse rápidamente de que su existencia se prolongaría indefinidamente si respetaba la prohibición divina, de manera que el fantasma de la “muerte” no le afectaría en el futuro. Por consiguiente, la noción rudimentaria de <u>eternidad</u> (vida sin fin, infinitud en el tiempo) debió surcar ya por su mente.

Así, pues, una primera aproximación al concepto de INFINITUD lo proporciona la noción de ETERNIDAD (infinitud en el tiempo). La ETERNIDAD es un concepto más concreto que la INFINITUD, puesto que se refiere a un tipo particular de INFINITUD, a saber: Infinitud en la corriente del Tiempo.

NOTA:
La definición breve de "Eternidad es infinitud en la corriente del Tiempo" introduce un concepto polémico: Tiempo... ¿Qué es el Tiempo?... Por lo tanto, esta cuestión será analizada en una próxima monografía.

Infinitud.

Tal como se expone en G063 (Limitaciones científicas), página 7, nota, William Thomson (1824-1907), primer barón Kelvin (Lord Kelvin), fue un físico y matemático británico que se destacó por sus importantes trabajos en el campo de la termodinámica y la electrónica gracias a sus profundos conocimientos de análisis matemático. Es uno de los científicos que más hicieron por llevar a la física a su forma moderna. Es especialmente famoso por haber desarrollado la "escala Kelvin" de temperatura. Recibió el título de "barón Kelvin" en honor a los logros alcanzados a lo largo de su carrera.

En varios libros de texto de Física universitaria, se atribuye a Lord Kelvin la siguiente declaración: "Suelo repetir con frecuencia que sólo cuando es posible medir y expresar en forma numérica aquello de que se habla, se sabe algo acerca de ello: nuestro saber será deficiente e insatisfactorio mientras no seamos capaces de traducirlo en números. En otro caso, y sea cual fuere el tema de que se trate, quizás nos hallemos en el umbral de su conocimiento, pero nuestros conceptos apenas habrán avanzado en el nivel de la ciencia".

Si de alguna manera estas palabras atribuidas a Lord Kelvin expresan una verdad fundamental, entonces el concepto de INFINITUD debería ser matematizado para que pudiéramos obtener un conocimiento profundo del mismo. De otra manera, habríamos de contentarnos con una noción superficial y nebulosa.

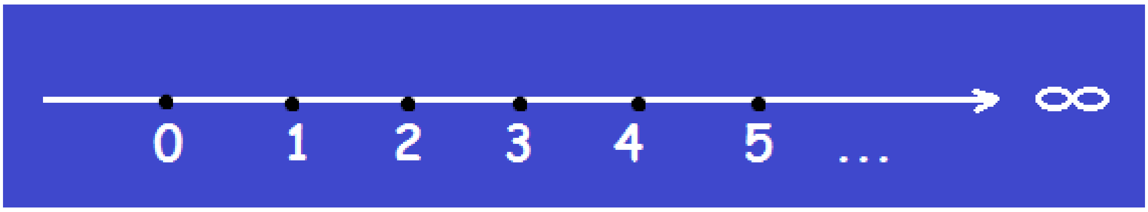
Pues bien, se estima que uno de los logros de la matemática moderna ha sido encarar con cierta medida de éxito el reto de "domesticar racionalmente" uno de los conceptos más inaccesibles y paradójicos que haya podido pretender la fragilidad del intelecto humano: el concepto de Infinito. La matemática es la única disciplina que actualmente puede proveer el lenguaje que se necesita para hablar con mayor exactitud o precisión acerca del infinito, o la ciencia que pretende medir el infinito.

Vulgarmente se suele utilizar la palabra "infinito" para denotar algo muy grande, ilimitado, imposible de contar, indefinido... Por lo tanto, se impone una definición más rigurosa de este concepto para poder incorporarlo al ámbito matemático. Y esto se ha hecho introduciendo previamente la noción de "conjunto", o entidad formada por "elementos"; es decir, se ha tenido que crear la "Teoría matemática de conjuntos".

Desde el punto de vista matemático, un "conjunto" es una entidad formada por elementos, o la reunión de "elementos" (cualesquiera que sean dichos elementos). Por ejemplo, un bosque puede ser considerado como un conjunto formado por muchos árboles, siendo cada árbol de dicho bosque un elemento del conjunto; por su parte, un árbol puede ser considerado como un conjunto formado por muchas hojas, siendo cada hoja un elemento del conjunto; así mismo, una hoja de árbol puede ser considerada como un conjunto formado por muchas células vegetales, siendo cada célula un elemento de dicho conjunto; y así sucesivamente. Evidentemente, un bosque está formado por árboles, arbustos, fauna boscosa, etc., pero por necesidades teóricas de simplificación lo hemos definido matemáticamente como "conjunto de muchos árboles"; igualmente podríamos decir de un árbol (integrado por hojas, raíces, ramas, etc.) o de una hoja (formada por células, elementos minerales de la savia intercelular, gases circulantes, etc.).

Definido, pues, el concepto de "conjunto" matemático", nos encontramos ahora en la posición ventajosa de poder definir lo que es un "conjunto finito": conjunto formado por una cantidad limitada de elementos, o por una cantidad de elementos que se pueden contar. Entonces, un "conjunto infinito" es todo conjunto "no finito", esto es, un conjunto formado por una cantidad ilimitada de elementos o por una cantidad tal de elementos que no se pueden contar.

Así, por tanto, el concepto de "infinito" matemático está asociado a la idea de cómputo impracticable o cantidad incontable de elementos. Y esto vale también para definir el concepto de infinito en la medida, cuyo símbolo es "∞", al ser jalonada la "recta real" por números naturales o números que sirven para contar: en este caso "∞" (infinito) equivale a una posición numérica en la recta real que se encuentra más allá de todo número natural:



Pero el infinito matemático va más allá de lo "muy grande" y de la posibilidad humana (temporal) de contar, como muy bien se ha descubierto hace más o menos un siglo. En realidad, los recientes hallazgos acerca del infinito matemático hacen compleja la noción de infinito y establecen una infinita jerarquía de conjuntos infinitos, cada uno de los cuales es diferente de los demás por ser de mayor o menor cardinalidad (cantidad de elementos) que el resto de ellos.

Ahora bien, la noción de "infinito" como idea de algo ilimitado o inalcanzable ha sido una fuente de confusión y controversias a través de la historia de la ciencia. Perturbó a los antiguos griegos, quienes trataron inútilmente de comprenderlo por vía de someter el concepto (de "infinitud") a la intuición del sentido común, la cual, lamentablemente, estaba inspirada en un mundo percibido como finito y, consecuentemente, los condujo a conclusiones contradictorias y paradójicas.

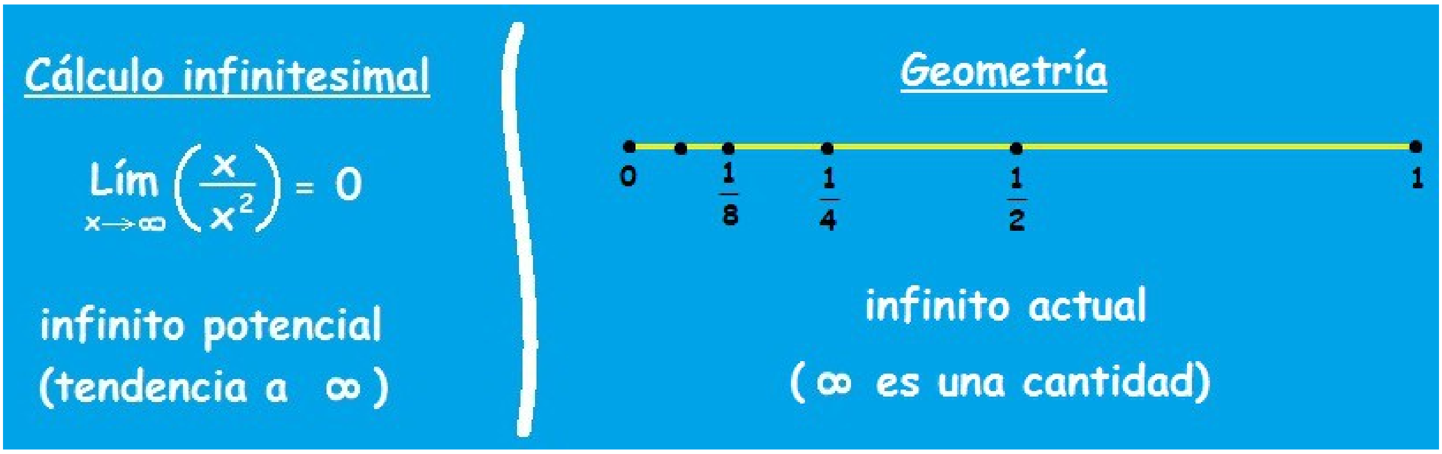
Para Platón (427-347 antes de la EC) y Pitágoras (580-495 antes de la EC) el infinito era "apeiron" (el caos), pues el infinito carecía de medida (metron). La voz "apeirón", tal como la empleaba Anaximandro (610-546 antes de la EC), significaba "sin fin, sin límite", y suele traducirse como "lo infinito, lo indefinido, lo ilimitado".

La idea del infinito también fue evitada o marginada por Aristóteles (384-322 antes de la EC) y por los escolásticos (siglos XI a XV de la EC), quienes basaban su aversión hacia el susodicho concepto en las propias absurdidades o contradicciones que el "infinito" les generaba. Uno de los típicos argumentos esgrimidos en contra del "infinito" era el conocido como "la aniquilación de los números finitos", pues según este argumento los números finitos son absorbidos por los números infinitos; es decir, para todo número finito "a", sucede lo siguiente: "$a + \infty = \infty$", y de esta forma los números infinitos aniquilan a los números finitos.

Sin embargo, Aristóteles percibía que la necesidad de apelar al "infinito" era inexorable, a pesar de la animadversión teórica que éste pudiera desencadenarle, por lo que trató de enfrentar el problema del infinito a través de dos representaciones, o dos concepciones complementarias, y cuya interacción dialéctica ha influido en el propio desarrollo de la matemática. En el tercer libro de su obra "Física", Aristóteles distingue dos tipos de infinito; el infinito como un proceso de crecimiento sin final o de subdivisión sin final y el infinito como una totalidad completa. El primero es el "infinito potencial" y el segundo es el "infinito actual".

La noción de "infinito potencial" se centra en la idea de una operación reiterativa e ilimitada, es decir, en la "recursividad" (recurrencia, o hacer que vuelva a ocurrir) interminable. Así, por muy grande que sea un número natural siempre podemos concebir uno mayor que ése, y otro mayor que este último y así sucesivamente, donde la última expresión "y así sucesivamente" encierra la propia idea de reiteración ilimitada, tendente al infinito. Este tipo de infinito potencial es el que sirve de base a la noción de "límite" en el cálculo infinitesimal.

Por su parte, la noción de "infinito actual" (o infinito como totalidad) fue ampliamente desarrollada en geometría, ya en la Grecia Antigua, al dividir un segmento de recta en un número infinito de puntos. En efecto, pronto constataron los matemáticos griegos que un segmento rectilíneo cualquiera podía ser dividido en dos subsegmentos iguales mediante un punto medio que sirviera de frontera; a su vez, uno de los dos subsegmentos admitía la misma operación (recurrencia), y así sucesivamente, hasta el infinito. Se podía obtener así una sucesión de infinitos puntos (1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, …) pertenecientes, todos ellos, a un mismo segmento rectilíneo; la conclusión inequívoca era que todo segmento rectilíneo contiene una infinidad de puntos (infinito actual).



En la Edad Media, la mayor parte de la matemática relacionada con lo infinitamente grande (infinito) y lo infinitamente pequeño (infinitesimal) tomó la forma de una serie de especulaciones en torno a las ideas de Platón y Aristóteles sobre la relación entre punto y recta, la naturaleza de lo inconmensurable, las paradojas de Zenón, la existencia de lo indivisible y la potencialidad y actualidad de lo infinito. Pero más que nada, en esta época, el debate sobre la naturaleza del infinito tuvo connotaciones teológicas antes que matemáticas, al considerarse el "infinito" como una propiedad exclusiva de la majestad divina. Así, Agustín de Hipona creía que sólo Dios y sus pensamientos eran infinitos; y Tomás de Aquino, por otra parte, pretendía demostrar en su "Summa Theologiae" que, aunque Dios era "ilimitado" (ver NOTA, a continuación), Él no podía crear cosas absolutamente ilimitadas.

NOTA:

Es una afirmación obscura y vaga decir que "Dios es ilimitado", lo cual puede llevar a error y, de hecho, así ha sucedido. Bien es verdad que, de acuerdo con las sagradas escrituras, Dios es ilimitado en amor, justicia, sabiduría (omnisciencia) y poder (omnipotencia), entre otras características. Pero corporalmente reside en los cielos según las sagradas escrituras, no en todas partes (omnipresencia); en consecuencia, posee límites corpóreos, puesto que no se encuentra ubicado en cualquier lugar o en todo lugar. La aberración de atribuir omnipresencia al Todopoderoso es un grave error antibíblico que desacredita la fiabilidad de la "Summa Theologiae".

Parece que la idea original de la omnipresencia divina fue desarrollada por la comunidad judía de "los fariseos" (siglo VI antes de la EC a siglo II de la EC). La revista LA ATALAYA del 15-3-1995, páginas 25-26, editada en español y en muchos otros idiomas por la Sociedad Watchtower Bible And Tract, informa:

«El nombre "Fariseos", o "Peruschím" (en hebreo), probablemente significa "separados". Los fariseos se consideraban seguidores de Moisés. Formaron su propia sociedad o fraternidad (en hebreo: javuráh). Para ser admitido, había que prometer ante tres miembros que se observaría con rigurosidad la pureza levítica, se evitaría la relación estrecha con los "amhaárets" (la multitud ignorante), y se pagarían meticulosamente los diezmos. [El evangelio de] Marcos 2:16 menciona a "los es-

cribas de los fariseos". Algunos fariseos eran escribas y maestros profesionales, mientras que otros eran laicos.

Los fariseos creían que Dios es "omnipresente". Razonaban que, puesto que "Dios estaba en todas partes, podía adorársele dentro y fuera del Templo, y que no se le invocaba sólo mediante sacrificios. Así que promovieron la sinagoga como lugar de culto, estudio y oración, y la convirtieron en un lugar central e importante en la vida de la gente, hasta el punto de rivalizar con el Templo" (Encyclopaedia Judaica)...

Los fariseos también creían en una mezcla de predestinación y libre albedrío. En otras palabras, "todo está predestinado, pero se da libre albedrío". En cualquier caso, ellos creían que Adán y Eva estaban predestinados a pecar y que hasta un leve corte en el dedo estaba predeterminado.

Puede que Jesús tuviera presente estas ideas falsas cuando habló del derrumbamiento de una torre que provocó la muerte de dieciocho personas. Preguntó: "¿Os imagináis vosotros que con eso se probó que [las víctimas] fueran mayores deudores que todos los demás hombres que habitaban en Jerusalén?" (Lucas 13:4). Este accidente, como casi todos, fue consecuencia del "tiempo y el suceso imprevisto", no del destino, como creían los fariseos (Eclesiastés 9:11)...».

La doctrina de la "omnipresencia divina" (capacidad de estar presente en todas partes simultáneamente) se infiltró en el cristianismo primitivo progresivamente, entre otras cosas porque parece que algunos fariseos se hicieron cristianos y posteriormente trataron de conjugar sus viejas creencias con las enseñanzas de Jesucristo. Entonces, tras la muerte del último apóstol, Juan, hacia finales del primer siglo de la EC, al no existir ya ninguna "restricción" que frenase las tendencias apóstatas anticristianas que estaban floreciendo en el seno mismo del cristianismo (tal como había sido profetizado previamente por Jesús, Pablo, Pedro y otros), la doctrina de la omnipresencia cobró auge.

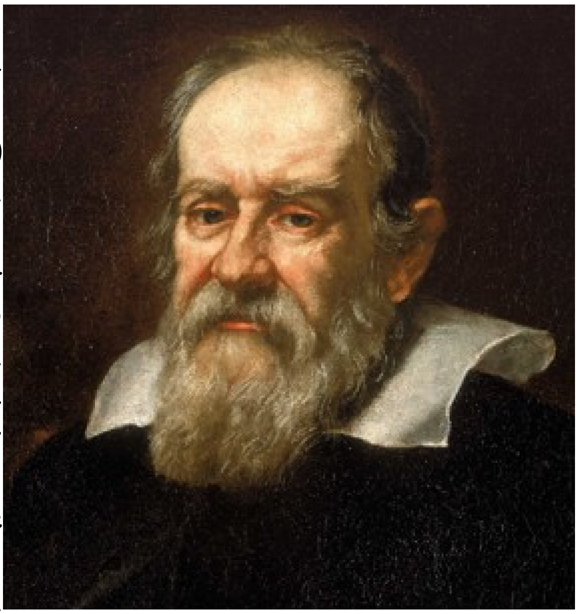
La inclusión de esta cualidad (la omnipresencia) entre las capacidades de la divinidad, sumada al atributo de omnipotencia, ha dado lugar a un conflicto teológico denominado "Paradoja de Epicuro" o "Problema del mal", según el cual no debería ser posible el mal en un mundo donde Dios está en todas partes y es todopoderoso. Éste es uno de los principales argumentos que esgrimen las llamadas "religiones deístas" (que consideran que la divinidad es únicamente creadora del mundo y nada más, sin posterior interacción con lo creado), contra las denominadas "religiones teístas" (que atribuyen a la divinidad no sólo un papel creador, sino también un papel activo o interactivo con lo creado).

La escolástica medieval cree haber refutado esta cuestión (el problema del mal) afirmando que la existencia de todas las cosas deriva de Dios, pero no son Dios; considerando que Dios es el Ser puro, que reúne en sí todas las perfecciones, y los demás entes del universo, al ser creados, recibieron el acto de ser por participación divina, reuniendo en sí ciertos actos y teniendo otros en potencia. El mal, entonces, no es considerado como una creación de Dios, sino como una imperfección por ausencia de bien, de forma análoga a como se puede interpretar la oscuridad, no como un ente en sí mismo, sino como ausencia de luz.

Sin embargo, en buena medida, los argumentos escolásticos a este respecto han resultado ser como el humo de un incendio, el cual, si deviene suficientemente denso, impide ver el fuego que lo produce. Así, el oportuno uso de una terminología teológica excesivamente abstracta, ambigua, irreal y rebuscada, capaz de aburrir y ahuyentar a las mentes científicas más inquietas, ha sido la estrategia más eficaz empleada por los astutos escolásticos. Pero, de todas formas, al afirmar que la omnipresencia es una de las perfecciones de la divinidad, el olor de la polémica no se pudo desprender de ellos. Por ejemplo, al asumir la doctrina antibíblica del "infierno de fuego" no pudieron evitar que algunos de sus propios correligionarios sinceros se preguntaran de qué manera un Dios omnipresente y santo pudiera estar (o no estar) fuera de ese lugar de tormento eterno.

Galileo y el infinito.

Galileo Galilei nació en Pisa el 15-2-1564, cuando esta ciudad pertenecía al Gran Ducado de Toscana, y fue el mayor de sus siete hermanos e hijo de un músico y matemático florentino llamado Vincenzo Galilei, quien quería que éste, su hijo mayor, estudiase medicina. Pero los Galilei eran una familia de la baja nobleza y se ganaban la vida gracias al comercio, por lo que se encargaron de la educación de Galileo



hasta los 10 años, edad en la que el niño pasó a cargo de un vecino religioso llamado Jacobo Borhini cuando sus padres se trasladaron a Florencia. Por mediación de éste, el pequeño Galileo accedió al convento de Santa María de Vallombrosa (Florencia) y recibió una formación más religiosa que científica y le llevó a plantearse unirse a la vida religiosa, algo que a su padre le disgustó. Por eso, Vincenzo Galileo —un señor bastante escéptico— aprovechó una infección en el ojo que venía padeciendo su hijo Galileo para sacarle del convento alegando "falta de cuidados". Entonces, 2 años más tarde, Galileo fue inscrito por su padre en la Universidad de Pisa, donde estudió medicina, filosofía y matemáticas.

En 1583 Galileo se inició en la matemática por medio de Ostilio Ricci, un amigo de la familia y alumno del famoso Tartaglia. Ricci tenía la costumbre, rara en aquella época, de unir la teoría a la práctica experimental. Atraído por la obra de Euclides, sin ningún interés por la medicina y todavía menos por las disputas escolásticas y la filosofía aristotélica, Galileo reorienta sus estudios hacia las matemáticas. Todavía estudiante, descubre la ley de la "isocronía" de los péndulos, primera etapa de lo que será el descubrimiento de una nueva ciencia: la mecánica. Murió en Florencia, el 8-1-1642, casi con 88 años de edad.

Hoy día, en retrospección, Galileo Galilei es considerado un astrónomo, filósofo, matemático y físico italiano de altísimo nivel para su época, relacionado estrechamente con la "revolución científica occidental", la cual, según se dice, hizo que la ciencia se librara del estado infructífero en el que estaba empantanada a causa del dogmatismo religioso que tenía impuesto y que la encorsetaba. Además de esto, Galileo fue un eminente hombre del Renacimiento que mostró interés por casi todas las ciencias y artes conocidas en sus días (música, literatura, pintura). Sus logros incluyen la mejora del telescopio, gran variedad de observaciones astronómicas, la primera ley del movimiento y un apoyo determinante para el copernicanismo. Ha sido considerado como el "padre de la astronomía moderna, padre de la física moderna y padre de la ciencia moderna".

Su trabajo experimental es visto como complementario a los escritos de Francis Bacon en el establecimiento del moderno método científico y su carrera científica es complementaria a la de Johannes Kepler. Su trabajo se considera una ruptura de las teorías de la física aristotélica y su enfrentamiento con la Inquisición católica romana suele presentarse como el mejor ejemplo de conflicto irresoluble entre religión y ciencia en la sociedad occidental.

NOTA:

Bien es verdad que Galileo Galilei fue un científico digno de admiración, pero, como en el caso de toda otra persona humana imperfecta, tuvo sus defecciones y algunas de éstas le causaron graves problemas a la hora de enfrentarse con la Iglesia Católica en Roma, donde fue citado obligatoriamente y recriminado por ésta mediante el Tribunal de la Inquisición debido a que las declaraciones públicas de sus convicciones apolillaban la integridad de la doctrina católica y, consecuentemente, ponían en aprietos la autoridad papal y eclesiástica de la época. Por ejemplo, la revista DESPERTAD del 22-5-1984, página 9, editada en español y en muchos otros idiomas por la Sociedad Watchtower Bible And Tract, en un contexto en el que se señalan delitos fraudulentos cometidos por la casi totalidad de los más famosos hombres de ciencia de la historia, declara, en parte:

«Científicos famosos del pasado no fueron todos tan puros y dedicados como se nos hace creer. Además de sir Isaac Newton (1642-1727), he aquí una lista de otros cuyos delitos también han salido a luz: Claudio Ptolomeo, Galileo Galilei, Gregorio Mendel, etc., … [En cuanto a Galileo Galilei,] matemático y astrónomo italiano, conocido por las pruebas que hizo lanzando pesas desde la torre inclinada de Pisa, fue considerado el fundador de la ciencia experimental moderna debido a que para sus respuestas dependía de hechos observables más bien que de los escritos de Aristóteles. Pero a sus contemporáneos se les hizo difícil reproducir los resultados que él obtuvo, y llegó a ser conocido por sus "experimentos pensados", lo cual daba a entender que él se imaginaba los resultados en vez de observarlos».

Galileo ante el Santo Oficio (la Inquisición católica)

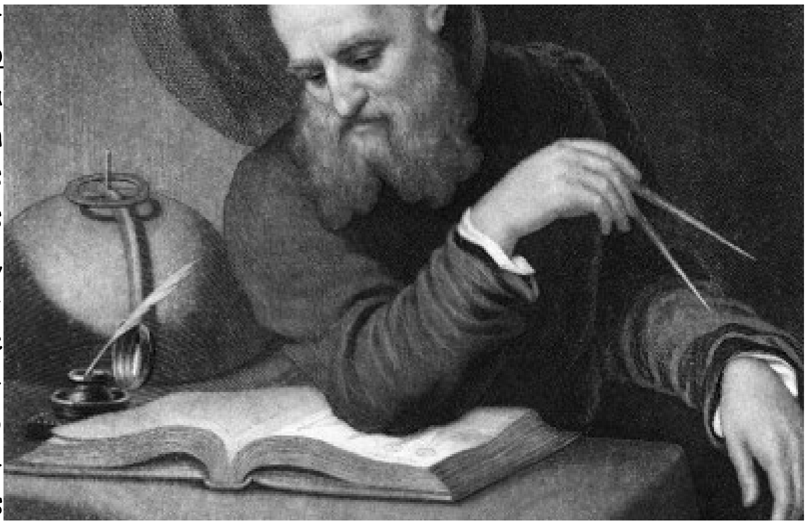
Según Bertrand Russell ("El panorama de la ciencia", 1951), el conflicto entre Galileo y la Iglesia Católica fue un conflicto entre el razonamiento inductivo y el razonamiento deductivo. La "inducción" basada en la observación de la realidad, propia del método científico que Galileo usó por primera vez, ofrecía pruebas experimentales de sus afirmaciones y publicaba los resultados para que pudiesen ser repetidas, frente a la "deducción", a partir en última instancia de argumentos basados en las declaraciones formales de alguna autoridad considerada incuestionable, ya sea de filósofos como Aristóteles o de las sagradas escrituras.

El 8 de febrero de 1616, Galileo envía su "teoría de las mareas" (Discorso del flusso e reflusso) al cardenal Orsini en un intento de refutar el geocentrismo (defendido por la Iglesia Católica) y afianzar el heliocentrismo copernicano (repudiado por la Iglesia). Esta teoría (a la cual se le ha reprochado durante mucho tiempo de estar en contradicción con el principio de la inercia enunciado por el mismo Galileo, y que sólo puede explicar pequeños componentes del fenómeno) pretendía demostrar que el movimiento de la Tierra (alrededor del sol) producía las mareas, mientras que los astrónomos jesuitas ya postulaban con acierto que las mareas eran producidas por la atracción de la Luna.

Aunque oficialmente, desde la Iglesia, no se le instó personalmente, no obstante se le rogó a Galileo exponer su tesis presentándola como una hipótesis y no como un hecho comprobado, cosa que el sabio no hizo a pesar de que no le fue posible demostrar dicha tesis. Esta intransigencia de Galileo, que rechazó la equivalencia veritativa de las hipótesis copernicana (heliocentrismo) y ptolemaica (geocentrismo), pudo haber precipitado los eventos que le llevaron a un desenlace desfavorable. Un estudio del proceso por Paul Feyerabend (aparentemente no comprometido con ninguna ideología religiosa) muestra que la actitud del inquisidor católico Roberto Belarmino contra Galileo fue al menos tan científica como la de Galileo, siguiendo los criterios modernos de la metodología de la ciencia.

En el proceso inquisitorial, que hizo caer en desgracia a Galileo, se presentaron argumentos que refutaban el método supuestamente experimental que el sabio decía utilizar para probar el heliocentrismo como un hecho consumado, en lugar de una hipótesis. Y lo cierto es que, frente a las poderosas mentes inquisitoriales y con el menoscabo añadido de haber cometido fraude en la declaración de los resultados de determinados experimentos (tal como expone la revista Despertad citada anteriormente), la argumentación galileana no pudo menos que perder mucha fuerza.

Ahora bien, la Iglesia Católica, como institución, a pesar de haber sido asistida por mentes tan brillantes como las de Agustín de Hipona, Tomás de Aquino, Roberto Belarmino y otros, ha fracasado rotundamente en cuanto a aferrarse a la verdad bíblica y difundirla. Al haber hecho un sincretismo entre el cristianismo primitivo y las doctrinas filosóficas de Platón (inmortalidad del alma humana), Aristóteles y el fariseísmo (omnipresencia divina), entre otros, ha adulterado la sagrada escritura para que su mensaje case con creencias de filósofos clásicos prominentes y determinadas otras enseñanzas antibíblicas (como las doctrinas del tormento eterno en un infierno de fuego y una santísima trinidad). Ha tricotado teóricamente a partir de falsas premisas, usando el método deductivo, hasta componer una teología que no es más que un engendro religioso abominable que ofende al Dios de las sagradas escrituras.



En 1600, Galileo, con cierta ambigüedad, rechazó la idea del infinito matemático como paradójica, ya que, según él, atentaba contra la razón. Galileo llegó a esta conclusión después de observar que los puntos de dos segmentos de recta de diferentes longitudes podían hacerse corresponder biunívocamente, es decir, punto a punto. O sea, el infinito permitía que la parte fuera del mismo tamaño que el todo. Otro ejemplo muy utilizado por Galileo, y popular en su época, fue el del conjunto de los "números cuadrados perfectos" (un número se dice "cuadrado perfecto" cuando es un número natural elevado al cuadrado): el conjunto de los números cuadrados perfectos es apenas una parte del conjunto de los números naturales, sin embargo cada número natural es la raíz cuadrada de un único número cuadrado perfecto ($n \to n^2$); o sea, ambos conjuntos poseen la misma cantidad infinita de elementos (el todo, o conjunto de números naturales, tiene el mismo tamaño o cantidad de elementos que una de sus partes: el conjunto de los números cuadrados perfectos).

Galileo no escribió ningún libro sobre los aspectos matemáticos de su trabajo, pero, a pesar de rechazar por sin sentido el infinito actual, frecuentemente consideró un segmento de recta formado por un número infinito de puntos y aceptó el continuo de la recta como un infinito actual. Esto significa que el sabio italiano necesitaba aceptar el infinito de la recta para poder desarrollar su trabajo científico, pero, a su vez, el análisis de la idea le generaba paradojas insoportables desde el punto de vista de la razón. ¿Cómo conciliar lo uno con lo otro, si es que en verdad es posible ello?

Todo indica que ni Galileo ni muchas otras mentes privilegiadas que vinieron después de él consideraron reconciliables ambos aspectos, y algunos trataron incluso de evadir el infinito actual introduciendo artificios matemáticos que aparentemente eludían la necesidad de recurrir a dicho concepto.

El indigesto infinito actual.

Immanuel Kant (1724-1804) coincidía con Aristóteles al señalar que el límite absoluto es imposible en la experiencia, es decir, nunca podemos llegar al infinito (actual). Afirmaba que las cosas existen en el espacio cuando son percibidas por la mente; en consecuencia, los espacios infinitos no existirían, ya que no pueden ser percibidos por la mente tras reflexionar un período de tiempo finito (Kant, 1781).

El gran matemático Karl Friedrich Gauss (1777-1855), en 1831, enfatizaba su protesta contra el uso del infinito como algo consumado (infinito actual): "Protesto contra el uso de una cantidad infinita como una entidad actual; ésta nunca se puede permitir en matemática. El infinito es sólo una forma de hablar, cuando en realidad deberíamos hablar de límites a los cuales ciertas razones pueden aproximarse tanto como se desee, mientras otras son permitidas crecer ilimitadamente". Pero Gauss no fue el único matemático de su época en rechazar el infinito actual.

También Cauchy (1789-1857) rechazó la idea de una colección infinita, por razones parecidas a las de Galileo; es decir, la existencia de una "biyección" (o estricta correspondencia uno a uno) entre la totalidad infinita y una de sus partes, lo cual echaba por tierra el axioma euclidiano de que el todo es mayor que la parte (es decir, que una parte más pequeña de ese "todo"). Sin embargo, para esa época la geometría euclidiana comenzaba a ser cuestionada y poco después fue considerada como un caso particular de un tipo de geometría no euclidiana. A pesar de todo, el citado axioma euclidiano permaneció incuestionable en aquel tiempo.

NOTA:

Euclides (325-265 antes de la EC) fue un matemático y geómetra griego, al que se conoce como "Padre de la geometría". Vivió en Alejandría (Egipto) durante el reinado del faraón helenista Tolomeo I Soter (323-285 antes de la EC) quien, deseando modernizar los tratados de geometría existentes, encomendó a Euclides escribir una compilación o refundición completa. El resultado fue los "Elementos", en 13 volúmenes, a los que posteriormente se añadieron 2 volúmenes más, atribuidos a Hipsicles de Alejandría.

Se cuenta que el faraón Tolomeo preguntó a Euclides si no habría alguna manera más simple de aprender Geometría, en lugar de tener que estudiar los "Elementos"; a lo que el autor respondió: "No existe un camino real hacia la geometría". Los "Elementos" de Euclides sistematizan todos los conocimientos de su época, estando ordenadas las enseñanzas a la manera del autor y estando demostrados los teoremas siguiendo el <u>método axiomático</u>; es decir, todo se deduce a partir de cinco axiomas y cinco postulados, cuyas verdades se consideran evidentes o cuasi evidentes. Los axiomas son:

1.- Dos cosas iguales a una tercera son iguales entre sí.
2.- Si cantidades iguales se suman a cantidades iguales, las sumas son iguales.
3.- Si cantidades iguales se restan de cantidades iguales, las diferencias son iguales.
4.- Dos figuras que coinciden son iguales entre sí.
5.- El todo es mayor que cualquiera de sus partes.

Los postulados son:

1.- Es posible trazar una línea recta entre dos puntos cualquiera.
2.- Todo segmento puede extenderse indefinidamente en línea recta.
3.- Un círculo puede tener cualquier centro y cualquier radio.
4.- Todos los ángulos rectos son iguales.
5.- Por un punto exterior a una recta no puede trazarse más que una paralela a ella.

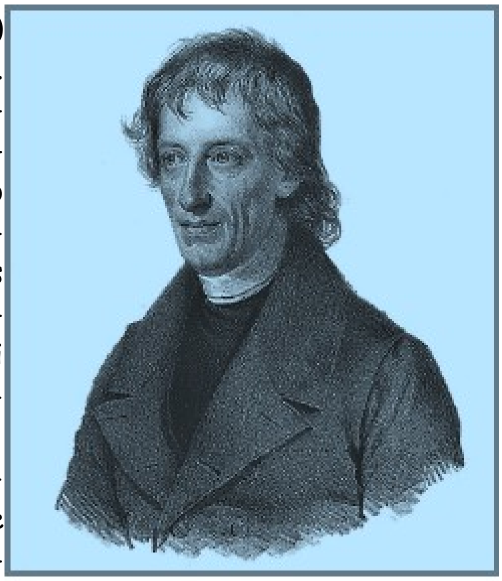
Como quiera que el <u>5º postulado</u> nunca ha resultado demasiado evidente, durante mucho tiempo los geómetras lucharon por demostrarlo a partir de los otros cuatro postulados y de los cinco axiomas precedentes, sin conseguirlo. A partir del siglo XIX de la EC surgieron nuevas geometrías llamadas "no euclidianas", que niegan este postulado o que lo sustituyen por otros diferentes.

Por ejemplo, una forma equivalente del 5º postulado es "Dos rectas paralelas nunca se cortan", el cual se sustituye por otro que dice: "Dos rectas paralelas pueden cortarse en el infinito". De esta manera se introduce una <u>geometría no euclidiana</u> que alberga a la euclidiana como caso particular: la geometría euclidiana vendría a ser una geometría que no se extiende hasta el infinito, por eso, en su dominio, el 5º postulado puede afirmar que dos rectas paralelas nunca se tocarán. En cambio, si extendemos dicha geometría hasta el infinito, el 5º postulado permitiría que ambas paralelas se interceptaran.

Los "Elementos" de Euclides tuvieron una influencia enorme sobre los matemáticos árabes y occidentales, y se han mantenido en vigor como el exponente máximo de la geometría durante más de 2000 años. Ello se ha debido a la exquisitez teórica con la que fueron elaborados. Sin embargo, a principios del siglo XX de la EC, el 5º axioma de Euclides ("El todo es mayor que cualquiera de sus partes") también fue cuestionado. ¿De qué manera?

Fue cuestionado de forma similar a como lo fue el 5º postulado, a saber, por medio de introducir la noción del infinito en el asunto. Al introducirse la idea de conjunto formado por infinitos elementos, fue fácil probar que una parte propia de un conjunto infinito puede ponerse en correspondencia biyectiva con el conjunto completo, dando como resultado que "el todo es igual a una de sus partes" (ver página 8, números cuadrados perfectos y conjunto de los números naturales). Los matemáticos contemporáneos Bolzano, Cantor y Dedekind contribuyeron decisivamente al derrocamiento del 5º axioma euclidiano, al aceptar y hacer aceptar el infinito actual en las matemáticas.

El teólogo y matemático checo Bernhard Bolzano (1781-1848) fue el primero en tratar de fundamentar la noción de infinito actual. En su obra póstuma "Paradojas del infinito" (1851), defendió la existencia de un infinito actual y enfatizó que el concepto de equivalencia entre dos conjuntos (nota: dos conjuntos son equivalentes cuando admiten la biyección) era aplicable tanto a conjuntos finitos como infinitos. Bolzano, pues, aceptó como algo normal el que los conjuntos infinitos fueran equivalentes a una parte propia de ellos mismos. Esta definición del infinito (a saber: un conjunto es infinito si y sólo si es equivalente a una parte propia de sí mismo) fue utilizada posteriormente por Cantor y Dedekind.



Retrato de Bernard Bolzano

A pesar de que la obra de Bolzano, "Paradojas del infinito", era más bien de corte filosófico que matemático, ya que carecía de conceptos cruciales tales como "conjunto" y "número cardinal" (potencia), podríamos decir que Bolzano fue el primer matemático en sentar las bases para la construcción de una teoría de conjuntos.

Los transfinitos.

A finales del siglo XIX, Cantor (1845-1918) desarrolló una teoría formal sobre el infinito actual. Todos los argumentos dados, señaló Cantor, en contra del infinito han sido insensatos, ya que han tratado la aritmética de los números infinitos como una extensión de la aritmética de los números finitos. Uno de los objetivos de su obra "Grundlagen" era demostrar que no había ninguna razón para aceptar las viejas ideas en contra del infinito actual. Si los conjuntos infinitos se comportan de manera diferente a los conjuntos finitos no quiere decir que éstos sean inconsistentes, sino que obedecen a una aritmética diferente.

Cantor demostró, contra la famosa paradoja de "la aniquilación de lo finito por lo infinito" ("a + ∞ = ∞", página 3), que los números infinitos eran susceptibles de ser modificados por los números finitos. Esto lo hizo por medio de introducir en 1897 la noción de "números ordinales transfinitos". En la "teoría de números ordinales infinitos o transfinitos" (se llama "número cardinal transfinito" al que expresa la cantidad de elementos que tiene un conjunto infinito, y se llama "número ordinal transfinito" al que expresa el orden más allá de lo finito que ocupa un elemento alejado infinitamente de otro elemento que lo antecede en un conjunto infinito que está "bien ordenado") se hace distinción entre "w" (primer ordinal transfinito) y "w +1", demostrándose, dentro de la teoría de los números transfinitos, que los números finitos podían ser sumados a los números infinitos sin ser aniquilados.

Así, pues, en el caso infinito, los ordinales ofrecen una distinción mas fina que los cardinales, que sólo representan la cantidad de elementos. Por tanto, mientras sólo existe un cardinal infinito numerable, qu es $\aleph_0$ (alef-sub-cero), existen infinitos ordinales infinitos y numerables, a saber: w, w+1, w+2, w+3, … , w·2, w·2+1, w·2+2, …, w·n, w·n+1, … , w^2, …, w^n, … , w^w, … , los cuales se corresponden con distintas maneras de ordenar el conjunto infinito de los números naturales.

Por otra parte, Cantor también rechazó la distinción aristotélica entre infinito actual e infinito potencial, ya que, según Cantor, en matemáticas todo infinito potencial presupone la existencia de un infinito actual. En efecto, al ser atemporales (esto es, la noción de tiempo no está definida), las matemáticas no pueden albergar la noción de cambio, movimiento o progreso en el tiempo, sino que cualquier cambio u operación matemática se considera actual o atemporal. De hecho, si en una teoría matemática se tuviera en cuenta la dimensión del tiempo, entonces, automáticamente, dicha teoría pasaría al campo de la Física.

Georg Cantor fue el creador de la teoría de conjuntos transfinitos y, siguiendo los pasos de Bolzano, consideró que la idea de una biyección sería el principio básico para comparar conjuntos infinitos. Si existe al menos una biyección entre dos conjuntos, podemos decir que dichos conjuntos son equipolentes, equipotentes o que tienen la misma potencia. El término de potencia de un conjunto dio paso al término de número cardinal o cardinal de un conjunto (cantidad de elementos de ese conjunto).

Infinita cantidad de infinitos.

El conjunto de los números naturales se denota por N y está formado por toda la infinidad de números que sirven para contar, hecho que se representa así:

N = {1, 2, 3, 4, … }

La representación de N en la recta numérica es así:

Como N carece de último elemento (es decir, se prolonga hasta el infinito), debe tener una cantidad infinita de elementos y a dicha cantidad se la llama CARDINAL o POTENCIA de N, y se la denota por "card(N)". Dicho cardinal se conoce también como POTENCIA DEL NUMERABLE y es el infinito más pequeño que existe, esto es, no hay un infinito matemático menor que "card(N)". George Cantor designó a dicho cardinal como "$\aleph_0$"(alef-sub-cero).

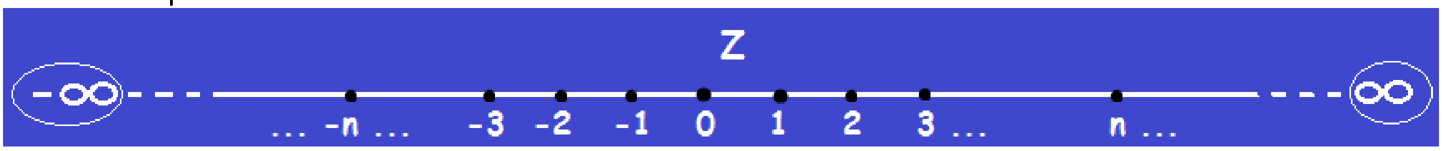
El conjunto de los números enteros se forma a partir de los números naturales, dando signos negativo y positivo a éstos y añadiendo el cero. Se denota por Z y está formado por toda la infinidad de los números positivos y negativos, hecho que se representa así:

Z = { … -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3, … }

También, los números positivos pueden escribirse sin el signo + delante, con lo que entonces Z se podría expresar así:

Z = { … -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, … }

La representación de Z en la recta numérica sería:



Como Z carece de primer y último elementos (es decir, se prolonga desde el infinito hasta el infinito), aparentemente debería tener una cantidad infinita de elementos aproximadamente igual al doble de "card(N) =$\aleph_0$". Sin embargo, esto no es así. Se prueba, mediante rigurosa biyección, que la cantidad de elementos de Z o "card(Z)" es igual a "card(N)"; o sea: "card(Z) =$\aleph_0$". Esto, evidentemente, invalida el axioma 5º de Euclides (página 9), pues es obvio que N es una parte propia (o subconjunto propio) de Z.

NOTA:

Dado un conjunto A = {a, e, i, o , u}, tal que card(A)= 5, se dice que B es PARTE o SUBCONJUNTO de A si B está formado por elementos tomados de A. Cuando B está formado por todos los elementos de A, o sea, cuando B=A, a B se le llama PARTE o SUBCONJUNTO IMPROPIO de A. Evidentemente, todo conjunto C es parte impropia de sí mismo; por tanto, cualquier conjunto C sólo puede tener una única parte impropia: él mismo.

Cuando B está formado por algunos (pero no todos) los elementos de A, como en el caso B = {a, i, o}, en donde card(B)= 3, se dice que B es PARTE o SUBCONJUNTO PROPIO de A. Para conjuntos finitos, es obvio que el cardinal de un conjunto A (finito) coincide con el de su parte impropia, pero siempre es mayor que el de toda parte propia del mismo. Sin embargo, tal cosa no sucede cuando el conjunto es infinito, es decir, cuando su cardinal es infinito. En efecto, pues N es parte propia de Z y, sin embargo: card(N) = card(Z).

El conjunto de los números racionales se forma a partir de los números enteros y se denota por Q, y está constituido por toda la infinidad de los números fraccionarios que caben entre 2 números enteros cualesquiera, hecho que se representa así:

$$Q = \{ z/n \mid z \in Z \text{ y } n \in N \}$$

y se lee: "**Q** es el conjunto formado por todas las fracciones **z/n** tal que **z** pertenece a **Z** y **n** pertenece a **N**".

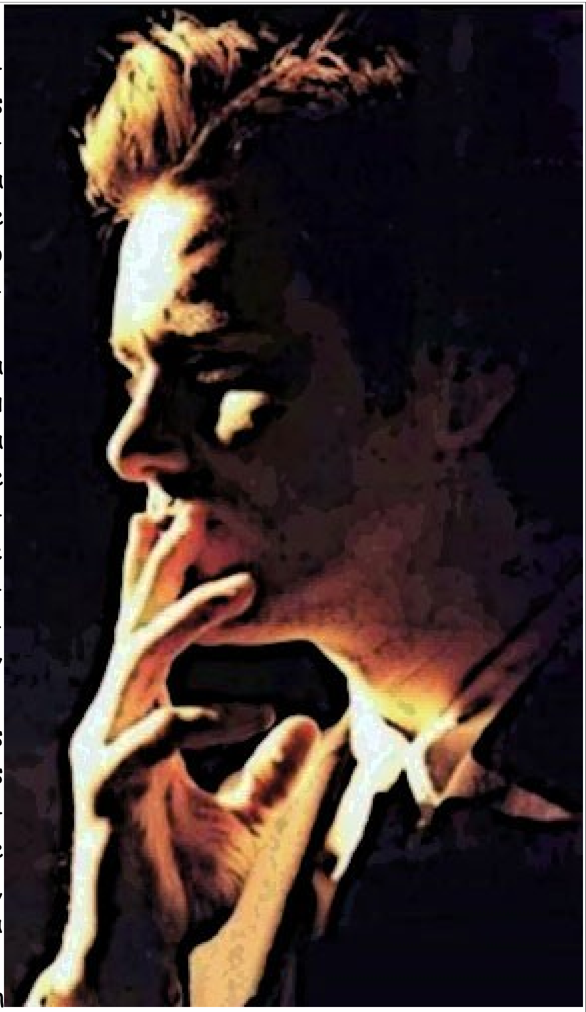
Aparentemente, según el sentido común, el "card(Q)" debería ser igual al "card(Z)" multiplicado por el "card(N)", pero esto no es así en absoluto. También aquí se puede probar con rigor que el "card(Q)" es igual al "card(Z)". Por consiguiente, tenemos que:

$$\text{card}(N) = \text{card}(Z) = \text{card}(Q) = \aleph_0$$

Ello a pesar de que N es parte propia de Z y Z es parte propia de Q. En consecuencia, N, Z y Q poseen la misma potencia, a saber: la potencia del numerable ($\aleph_0$).

NOTA:

El "sentido común" es lo que la gente piensa a nivel general sobre un tema en particular. Es un acuerdo natural de las personas sobre algo. Se entiende como una creencia que la gente considera prudente sobre un tema o situación, sin necesidad de que esa información esté comprobada científicamente o que sea parte de un conocimiento esotérico; lo único que importa en este caso es que la mayoría de las personas lo crean o lo tengan en "común".

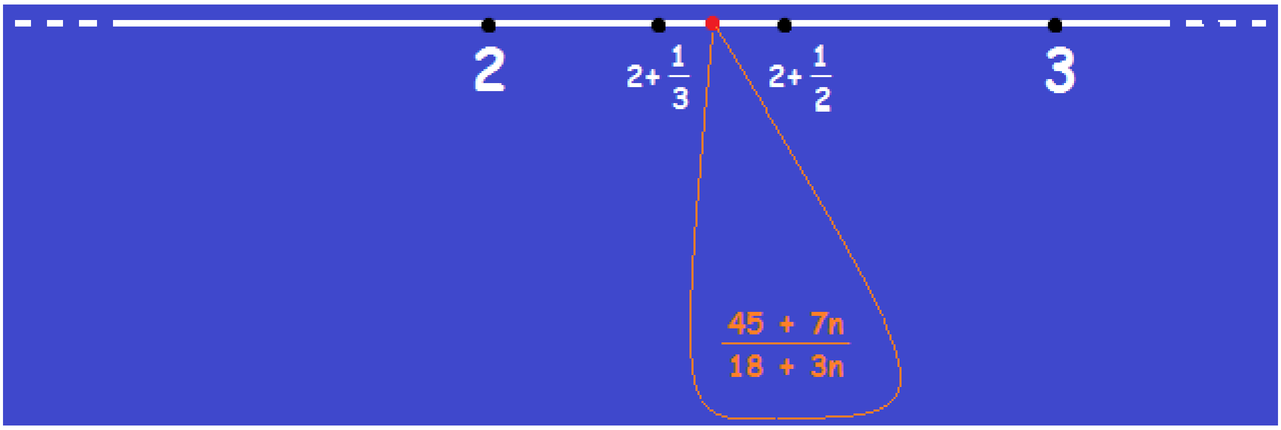


Un factor importante relacionado con el sentido común es la experiencia que cada persona ha tenido en el transcurso de su vida. Muchas de esas experiencias resultan en algo positivo para la mayoría de las personas, por lo que, según el conocimiento que se adquiriere en base a esas experiencias, se establecen creencias que a nivel popular son de buen juicio. De hecho, muchas de las cosas que se creen como correctas, vienen desde generaciones pasadas, de tiempos anteriores en los cuales, por la experiencia de otros, se establecieron como buenas o prudentes y han perdurado hasta hoy.

El "sentido común" es uno de los sentidos más valorados en las sociedades humanas, tal vez porque es el menos común de los sentidos y uno cuya aplicación generalmente produce buenos resultados. El concepto se compone de 2 palabras: "sentido", que da la idea de percepción o de capacidad para captar la realidad, y "común", que incluye a un conjunto de personas que tienen la misma visión o dan la misma orientación a las situaciones.

Según esto, es evidente que los transfinitos de Cantor violan el sentido común de la gente, porque dicho sentido común se basa en el conocimiento y experiencia tomados de la realidad finita que percibimos como humanos. Sin embargo, la matemática cantoriana nos informa de que el infinito posee ciertas reglas cuya percepción es dificultada por nuestro habitual sentido común.

Entre 2 números enteros cualesquiera, consecutivos entre sí, existe una infinidad de números racionales. Por ejemplo, los enteros consecutivos 2 y 3 son frontera de una cantidad infinita de números racionales de la forma "2+(1/n)" = "(2n+1)/n". Sin embargo, entre esa infinita cantidad de racionales, comprendidos entre 2 y 3, se puede tomar 2 de ellos tan próximos entre sí como se desee, tales como "$2+\frac{1}{2}$" y "2+(1/3)" y todavía encontrar entre estos últimos una infinidad de números racionales, y así sucesivamente e ilimitadamente:



El sentido común, sin hacer más averiguaciones, nos dictaría que es sensato pensar que los números racionales, o el conjunto Q de ellos, llenarían la recta numérica y la saturarían; es decir, todo punto (ente adimensional) de la recta numérica quedaría nombrado por un elemento de Q (esto es: por un número racional), y ya no quedaría absolutamente ningún punto sin nombrar. Al parecer, ésta fue la manera de ver la geometría que tuvieron los sabios griegos de la antigüedad durante un cierto periodo de tiempo. Veamos.

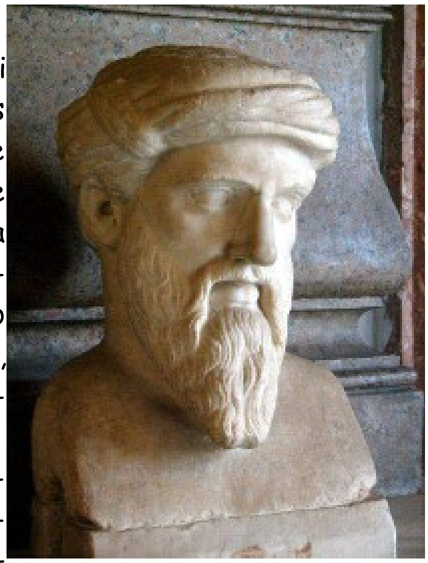
Pitágoras de Samos (580-495 antes de la EC) fue un filósofo y matemático griego considerado el primer matemático puro. Contribuyó de manera significativa al avance de la matemática helénica, la geometría y la aritmética, derivadas particularmente de las relaciones numéricas, y aplicadas por ejemplo a la teoría de pesos y medidas, a la teoría de la música o a la astronomía. Fundador de la Hermandad Pitagórica (cuna del pitagorismo), una sociedad cerrada que, si bien era de naturaleza predominantemente religiosa, se interesaba también en medicina, la cosmología, la filosofía, la ética y la política, entre otras disciplinas, además de las matemáticas. El pitagorismo formuló principios que influyeron tanto en Platón como en Aristóteles y, de manera más general, en el posterior desarrollo de la matemática y en la filosofía racionalista de Occidente.

El pitagorismo era, pues, un movimiento esotérico, metafísico, filosófico, científico y religioso fundado por Pitágoras de Samos y sus seguidores: los pitagóricos. Éstos formaban la Escuela Pitagórica, que era una secta griega de astrónomos, músicos, matemáticos y filósofos que creían que todas las cosas son, en esencia, números.

Los pitagóricos se dedicaron a las matemáticas con gran afán, y fueron los primeros que hicieron progresar esta disciplina de manera notoria. Habiéndose formado en el concepto de número, pensaron que los principios que regían las relaciones numéricas eran los principios que regulaban todas las cosas. Tenían el entusiasmo propio de los primeros estudiosos de una ciencia en pleno progreso, y les cautivó la importancia del número en el cosmos: todas las cosas son numerables, y muchas las podemos expresar numéricamente. Así la relación entre dos cosas de la misma especie se puede expresar por una proporción numérica, o sea, mediante el concurso de los números racionales; el orden existente en una serie de objetos ordenados se puede expresar mediante números ordinales, y así sucesivamente.

Pero parece que lo que más les impresionó fue el descubrir que los intervalos musicales que hay entre las notas de la lira pueden expresarse numéricamente. Cabe decir que la altura de un sonido depende del número, en cuanto que depende de las longitudes de las cuerdas, y es posible representar los intervalos de la escala con razones numéricas (números racionales). A partir de esto surge la idea de cantidad, lo cuantitativo, como principio y esencia de la realidad, es decir, que lo cualitativo se determina en lo cuantitativo. Suponían que lo mismo que la armonía musical depende del número, la armonía del universo también depende del número.

El pensamiento pitagórico se levantó sobre una estructura matemático-racional. El hecho de que descubrieran que las relaciones armónicas entre las notas musicales correspondían a cocientes de números enteros (esto es, a números racionales) les inspiró a buscar proporciones numéricas en todas las demás cosas, y lo expresaron con la máxima: "Todo es número".



Busto de Pitágoras

En la matemática pitagórica, dos magnitudes son conmensurables si es posible encontrar una tercera tal que las primeras dos sean múltiplos de la última, es decir, es posible encontrar una unidad común para la que las dos magnitudes tengan una medida entera. El principio pitagórico de que "todo número es un cociente de enteros", expresaba en esta forma que cualesquiera dos magnitudes deben ser conmensurables. Pero el ambicioso proyecto pitagórico de solidificar la matemática en torno al número racional se tambaleó ante el problema de medir la diagonal de un cuadrado, o la hipotenusa de un triángulo rectángulo, pues no es conmensurable respecto de los catetos.

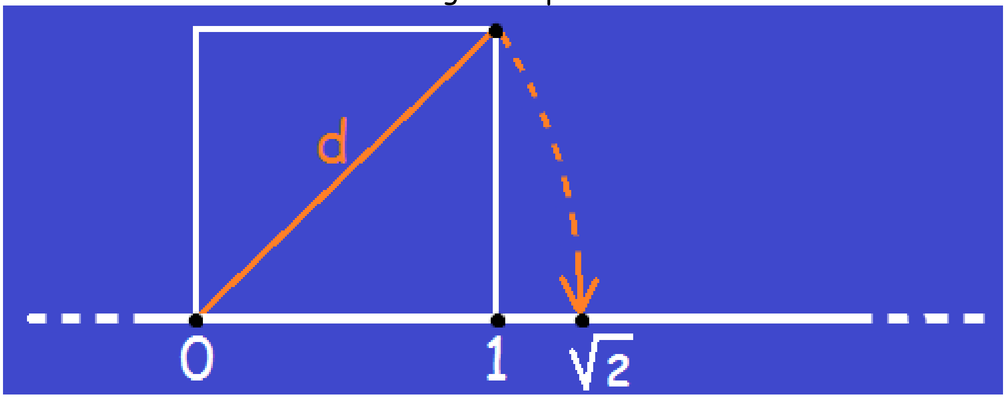
Surgió entonces un dilema, ya que de acuerdo al principio pitagórico de que "todo número era racional", la hipotenusa de un triángulo rectángulo isósceles violaba esa máxima, pues no era conmensurable con los catetos. Esta afrenta contra la norma pitagórica implicó que en adelante las magnitudes geométricas y las cantidades numéricas tendrían que tratarse por separado, hecho que tuvo consecuencias funestas en el desarrollo de la matemática durante los dos milenios subsiguientes.

Desde el mismo ámbito matemático en el que se desenvolvían los pitagóricos provino el descubrimiento que pondría en crisis los fundamentos del pitagorismo, pues se trataba del descubrimiento de lo irracional (es decir, entidades pseudonuméricas que violaban la racionalidad pitagórica), de magnitudes que no se podían racionalizar o convertir en fracciones racionales (números racionales). Éste era el caso de la raíz cuadrada de dos.

Los pitagóricos supusieron que el número racional podía medirlo todo, pero esta convicción no era aplicable a la relación entre los lados de un cuadrado y la diagonal del mismo. Los pitagóricos encontraron que en el caso del lado y la diagonal del cuadrado no existe ningún patrón que los mida exactamente a ambos. Fue un hallazgo que tuvo una gran incidencia negativa en la escuela, ya que cuestionaba los cimientos de su racionalismo numérico, en el cual tenían afianzado su convencimiento de la inviolable coherencia interior y la solidez incuestionable de su doctrina. Esto causó grandes desequilibrios y estragos entre los pitagóricos.

Hipaso de Metaponto fue un matemático, teórico de la música y filósofo presocrático, miembro de la Escuela pitagórica. Se cuenta entre los más renombrados de los pitagóricos, de la época más temprana. Se cree que fue quien probó la existencia de los números irracionales, en un momento en el que los pitagóricos pensaban que los números racionales podían describir toda la geometría del mundo. Hipaso habría roto la regla de silencio de los pitagóricos, revelando al mundo la existencia de estos nuevos números. Eso habría hecho que éstos lo expulsaran de la escuela y erigieran una tumba con su nombre, mostrando así que para ellos él estaba muerto. Los documentos de la época dan versiones diferentes de su final. Parece ser que murió en un naufragio, en circunstancias misteriosas. Algunos dicen que se suicidó como autocastigo, dejando así libertad a su alma para ir a buscar la purificación en otro cuerpo. Otros afirman que un grupo de pitagóricos lo mataron.

Si sobre la recta numérica erigimos un cuadrado de lado 1 y trazamos una diagonal "d" a dicho cuadrado, obtenemos un segmento "d" que, al caer sobre la recta numérica, determina un número que no es racional. Por el famoso "teorema de Pitágoras" se prueba que "d" es igual a la raíz cuadrada de 2 y, a partir de ahí, se demuestra rigurosamente que la raíz cuadrada de 2 no se corresponde con ningún número racional. Esto contraviene las previsiones del sentido común, al demostrar que los elementos de Q (los números racionales) no son capaces de saturar la recta numérica. De momento, tenemos el irracional "$\sqrt{2}$", el cual señala un punto de la recta numérica no cubierto por ningún número racional. Ahora bien, desarrollos modernos de la teoría de los llamados "números reales" (cuyo conjunto, R, es la unión del conjunto Q de los números racionales con el conjunto I de los números irracionales) muestran que "card(I)$\neq$ card(Q)"; además, "card(I) > card(Q)". Por lo tanto, los números irracionales casi saturan la recta numérica, en tanto que los números racionales salpican muy débilmente dicha recta; dicho de otro modo: la inmensa mayoría de los puntos de la recta numérica están designados por números irracionales.



En la teoría de los números transfinitos, al cardinal de I se le designa por "$\aleph_1$" (alef-sub-uno). Éste es, pues, un infinito (un número transfinito) mayor (o de orden superior) a "$\aleph_0$". Por otra parte, se tiene que "card(I) = card (R) = $\aleph_1$"; en consecuencia: "$\aleph_0 + \aleph_1 = \aleph_1$"; o sea: "card(Q) + card (R) = card (R)". Al "card (R) = $\aleph_1$" se le llama POTENCIA DEL CONTINUO.

En la teoría de conjuntos se toma en cuenta la posibilidad de que un conjunto carezca de elementos, representándose "{ }". A un tal conjunto se le denomina CONJUNTO VACÍO, y también se le designa con el símbolo "Ø". Es evidente que "card(Ø)=0". Y, si bien existen infinitos conjuntos finitos cuyo cardinal es un número natural "n" dado, en cambio sólo hay un único conjunto cuyo cardinal es cero: Ø.

Dado un conjunto A, se llama CONJUNTO POTENCIA (o CONJUNTO DE LAS PARTES DE UN CONJUNTO) A al conjunto P(A) formado por todos los posibles subconjuntos que se pueden formar con los elementos de A, incluido el propio A (su parte impropia) y el Ø (pues Ø es subconjunto o parte propia de todo conjunto no vacío, así como parte impropia de sí mismo). Por ejemplo, siendo A = {a, e, o}, todos sus posibles subconjuntos son: Ø, A_1= {a}, A_2= {e}, A_3= {o}, A_4= {a, e}, A_5= {a, o}, A_6= {e, o}, A. Por lo tanto, tenemos que: P(A) = { Ø, A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A}. Además, "card(A) = 3" y "card[P(A)] = $2^{card(A)} = 2^3 = 8$".

En general, siendo A finito o infinito, se tiene que "card[P(A)] = $2^{card(A)}$". Para el caso de que A sea finito, es evidente que "card(A) < card[P(A)]". Pero, ¿qué ocurre cuando A es infinito?

Un resultado de gran importancia para la teoría de los números transfinitos es el llamado TEOREMA DE CANTOR, que dice: "Siendo A un conjunto finito o infinito, se cumple que **card(A) < card[P(A)]**". Además, posteriores investigaciones mostraron que, modificando conveniente y legítimamente la teoría, resulta que, si bien "card(N) = $\aleph_0$", es "card(R) = card[P(N)] = $\aleph_1$". En consecuencia:

$$\aleph_1 = 2^{\aleph_0}.$$

El teorema de Cantor, por tanto, permite construir una jerarquía infinita de cardinales transfinitos, cada uno de ellos estrictamente más grande que el anterior:

$$\aleph_0,\ \aleph_1,\ \aleph_2,\ \aleph_3,\ \dots\ ,\aleph_n,\ \dots$$

y tales que:

$$\aleph_n = 2^{\aleph_{n-1}}.$$

puesto que, siendo A infinito, es:

$$\mathbf{card(A) < card[P(A)] = 2^{card(A)}}.$$

Algoritmos.

Un "<u>algoritmo</u>" es un conjunto finito de instrucciones o pasos que sirven para ejecutar una tarea o resolver un problema. De un modo más formal, un "<u>algoritmo</u>" es una secuencia finita de operaciones realizables, no ambiguas (deben ser claramente definidas), cuya ejecución da una solución a un problema. El término "algoritmo" no está exclusivamente relacionado con las matemáticas, las ciencias de la computación o la informática. En realidad, en la vida cotidiana empleamos algoritmos en multitud de ocasiones, para resolver diversos problemas. Ejemplos de algoritmos son el uso de una lavadora (se siguen las instruc-

ciones al respecto), el cocinar (se siguen los pasos de la receta), etc. También existen ejemplos de índole matemática, como el algoritmo de la división para calcular el cociente de dos números decimales, el algoritmo de Euclides para calcular el máximo común divisor de dos números naturales, etc.

La palabra "algoritmo" proviene del nombre de un matemático musulmán persa llamado Al-Juarismi (780-850 de la EC), cuyos escritos, traducidos al latín en el siglo XII, tuvieron una gran influencia en Europa Occidental. Al-Juarismi fue el iniciador de la rama de las matemáticas que hoy conocemos como Álgebra. Fue, además, el principal difusor del sistema de numeración decimal posicional que usamos comúnmente hoy día y que llamamos "sistema indoarábico de numeración", pues en realidad dicho sistema y parte de su grafismo se originó en la India, siendo los árabes meros transmisores del mismo.

En el siglo XII todavía predominaba en Europa el sistema romano de numeración que, como es sabido, carece del cero y hace extremadamente difíciles operaciones tan simples como multiplicar o dividir dos números naturales. En cambio el sistema indoarábico proporciona procedimientos sistemáticos para estas operaciones de un tecnicismo tan simple que todos los niños pueden aprenderlos en la escuela a muy corta edad. Como era de esperar, esta forma de calcular fue desplazando rápidamente a los métodos realizados mediante el ábaco, y recibió el nombre de "algoritmo" (pronunciación aproximada de Al-juarismi). Con el tiempo todo procedimiento sistemático y rutinario para resolver un problema matemático recibió, por analogía, el nombre de "algoritmo". Actualmente, el nombre se sigue aplicando a tales procedimientos, muchas veces manuales o puramente teóricos, pero sobre todo a los que son realizados por una computadora.

Un "algoritmo" es, pues, un conjunto de reglas que, aplicadas sistemáticamente a unos datos de entrada adecuados (expresados en el enunciado del problema a tratar), resuelven un cierto problema en un número finito de pasos elementales. El conjunto de reglas ha de ser finito, de otro modo su definición o descripción algorítmica no terminaría. Además, el número de pasos elementales (que puede invocar la aplicación de todas o parte de las reglas, y hacerlo repitiendo o no algunas de tales reglas) ejecutados por el algoritmo ha de ser igualmente finito, pues de otra manera nunca se alcanzaría una solución (dicha solución requeriría una eternidad de tiempo para ser elaborada).

NOTA:

Por lo que se sabe, el trabajo de Al-Juarismi consistió en preservar y difundir el conocimiento de la antigua Grecia y de la India. Sus libros eran de fácil comprensión, de aquí que su principal valor no fuera el de crear nuevos teoremas o nuevas corrientes de pensamiento, sino el simplificar las matemáticas a un nivel lo suficientemente bajo para que pudiera ser comprendido por un amplio sector del público. Cabe destacar cómo él señaló las virtudes del sistema de numeración decimal indio, en contra de los sistemas tradicionales árabes, y cómo explicó mediante una especificación clara y concisa la manera de calcular sistemáticamente y que se podrían definir algoritmos que fueran usados en dispositivos mecánicos en vez de usar las manos (por ejemplo, ábacos). También estudió la manera de reducir las operaciones que formaban el cálculo. Es por esto que aún no siendo el creador del primer algoritmo, el concepto lleva un parecido a su nombre, a saber, el pseudónimo "algoritmo".

En principio se usó la palabra "algorismo", que originalmente hacía referencia a las reglas de uso de la aritmética utilizando dígitos indoarábigos. Posteriormente, "algorismo" evolucionó hacia la palabra latina "algobarismus". Finalmente, en el siglo XVIII, el término se posicionó definitivamente en la forma actual: "algoritmo". La palabra ha cambiado de forma a través de los siglos, pero la esencia de su definición incluye a todos los procedimientos finitos que sirven para resolver problemas.

El análisis y estudio de los algoritmos es una disciplina de las ciencias de la computación, y en la mayoría de los casos su estudio es completamente abstracto y no usa ningún tipo de lenguaje de programación ni cualquier otra implementación. Por eso, en este sentido, comparte las características de las disciplinas matemáticas. Así, el análisis de los algoritmos se centra en los principios básicos del algoritmo, no en los de su implementación particular. Una forma de plasmar (o algunas veces codificar) un algoritmo es escribirlo en pseudocódigo o utilizar un lenguaje muy simple cuyos códigos pueden estar en el mismo idioma del programador.

Algunos escritores restringen la definición de algoritmo a procedimientos que deben acabar en algún momento, mientras que otros dan cabida además a procedimientos que podrían ejecutarse eternamente sin parar (algoritmos eternos o infinitos), y para ello especulan con la existencia teórica de algún dispositivo físico que fuera capaz de funcionar eternamente. En este último caso, la finalización con éxito del algoritmo no se podría definir como la terminación de éste con una salida o solución satisfactoria al problema, sino que el éxito vendría definido en función de las secuencias de salidas evaluadas como satisfactorias y alcanzadas durante un cierto periodo de tiempo (o vida finita) extraído de la ejecución eterna del algoritmo.

Por ejemplo, la tarea "calcular el número π (léase: pi) en forma decimal" no es un algoritmo para los partidarios de la algoritmia tradicional (que excluye los algoritmos infinitos), pues la secuencia decimal de π contempla infinitas cifras y cada cifra supone un paso elemental del cálculo. En cambio, para los apoyadores de la algoritmia infinita, π ofrece la posibilidad de un cálculo algorítmico teóricamente factible, aunque infinito, cuyas secuencias de salida son satisfactorias y presentan una aproximación al valor real de π plenamente aceptable. El valor numérico de π, truncado a sus primeras cifras, es el siguiente: 3'14159265358979323846...

El algoritmo de Euclides **(ejemplo de algoritmo finito)**

Calcula el máximo común divisor de dos números naturales no nulos:

a	b
60	18
42	18
24	18
6	18
6	12
$\boxed{6}$	$\boxed{6}$

Es decir, 6 es el máximo común divisor de 60 y 18.

1. Si $a = b$, terminar devolviendo a.
2. Reemplazar la pareja (a, b) por la pareja $(a - b, b)$ siempre que sea $a > b$, y por la $(a, b - a)$ siempre que sea $b > a$.
3. Llamar (a, b) a la pareja resultante.
4. Volver al paso 1.

Algoritmos infinitos.

Según hemos visto en la nota anterior, algunos expertos admiten como algoritmos ciertos procedimientos que podrían ejecutarse eternamente, como, por ejemplo, la tarea "calcular el número π en forma decimal". Figuras relevantes en el análisis matemático, tales como Leibnitz, Wallis y Euler han provisto algoritmos o fórmulas matemáticas capaces de aproximar el valor decimal de π tanto como se quiera y/o se pueda (dependiendo de los medios y del tiempo disponible para utilizar dichos medios). Gottfried Wilhelm von Leibnitz (1646-1716) proporcionó la denominada "serie de Leibnitz":

$$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{2n+1} = 1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - \frac{1}{7} + \frac{1}{9} - \cdots = \frac{\pi}{4}.$$

NOTA:

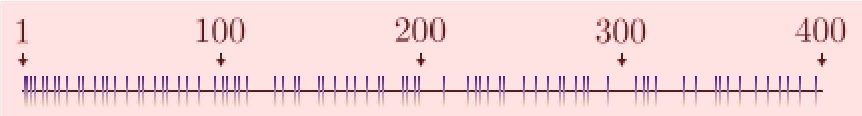
El número π es la relación o cociente entre la longitud L de una circunferencia y su diámetro D, en el seno de la geometría euclidiana. Es un número irracional y una de las constantes matemáticas más importantes. Se emplea frecuentemente en análisis matemático, física e ingeniería.

Los primeros millones de dígitos (cifras) decimales de π se han podido calcular gracias a los modernos ordenadores. Uno de los récords mas recientes fue alcanzado en diciembre de 2002 por Yasumasa Kanada de la Universidad de Tokio, fijando el numero π con 1 241 100 000 000 dígitos; se necesitaron unas 602 horas, con un superordenador de 64 nodos Hitachi SR8000 y con una memoria de un "terabyte" capaz de llevar a cabo 2 billones de operaciones por segundo. Estas aproximaciones proporcionaron una cantidad tan ingente de dígitos que puede decirse que ya no es útil la tarea, salvo para comprobar el funcionamiento de los superordenadores. La limitación no está en la computación, sino en la memoria necesaria para almacenar una cadena con una cantidad tan grande de números.

Números primos.

En matemáticas, un "número primo" es un número natural mayor que 1 que tiene únicamente dos divisores distintos: él mismo y el 1. Los números primos se contraponen así a los "números compuestos", que son aquellos números naturales que tienen algún divisor natural aparte de sí mismos y del 1. El número 1, por convenio, no se considera ni primo ni compuesto. Los números primos menores que 100 son los siguientes: 2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31, 37, 41, 43, 47, 53, 59, 61, 67, 71, 73, 79, 83, 89 y 97.

El estudio de los números primos es una parte importante de la "teoría de números", rama de las matemáticas que comprende el estudio de los números enteros. Los números primos están presentes en algunas especulaciones centenarias, tales como la "hipótesis de Riemann" y la "conjetura de Goldbach". La distribución de los números primos en la recta numérica es un tema recurrente de investigación en la teoría de números: si se consideran números individuales, los primos parecen estar distribuidos aleatoriamente, pero la distribución "global" de los números primos sigue leyes bien definidas.



El conjunto de los números naturales N = {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, ... } queda "partido", pues, en 2 subconjuntos disjuntos (que carecen de elementos comunes entre sí), a saber:

- El conjunto de los números primos, con el 1 incluido: P = {1, 2, 3, 5, 7, ... }.
- El conjunto de los números compuestos: C = {4, 6, 8, 9, ... }.

La primera prueba indiscutible del conocimiento de los números primos se remonta a alrededor del año 300 antes de la EC, y se encuentra en los "Elementos" de Euclides (tomos VII a IX). Euclides definió los números primos, demostró que hay infinitos de ellos y definió el máximo común divisor y el mínimo común múltiplo de un número natural en base a los números primos.

Por lo dicho anteriormente, el conjunto P de los números primos posee la potencia del numerable, por lo que teóricamente debería poder encontrarse una biyección (correspondencia uno a uno entre los elementos de 2 conjuntos) entre P y N, o al revés: entre N y P. Esto significa que todo número natural "n" debería poder ser transformado mediante una fórmula matemática o algoritmo "α(n)" en un número primo de manera biyectiva, siendo "α(n)" el término general de la sucesión de los números primos, todos obtenibles mediante la hipotética biyección citada. Sin embargo, hasta el presente, esto ha resultado imposible.

El estudio de los números primos es uno de los campos que más ha apasionado a los grandes matemáticos de la Historia. De carácter aparentemente impredecible, lo cierto es que los primos obedecen muchas leyes y aparecen en muchos teoremas matemáticos. Sin embargo, sólo con los ordenadores más potentes del mundo se puede seguir comprobando, para números naturales muy grandes, qué números son primos y cuáles son compuestos. De momento, no se conoce ninguna fórmula matemática práctica que nos permita predecir si un determinado número natural es primo. Para cada posible "candidato" se tiene que comprobar su "primalidad" mediante diversos algoritmos de "fuerza bruta" en potentes ordenadores. El primo más grande conocido hasta ahora es "$2^{43112609}$-1", descubierto el 8-8-2009; tiene casi 13 millones de cifras o dígitos.

El modelado geométrico de la distribución de los números primos es un tema de investigación recurrente entre los teóricos de los números. La "primalidad" de un número natural es (hasta ahora) impredecible a pesar de que existen leyes, como el "teorema de los números primos" y el "postulado de Bertrand", que gobiernan su distribución a gran escala. Leonhard Euler (1707-1783) comentó: "Hasta el día de hoy, los matemáticos han intentado en vano encontrar algún orden en la sucesión de los números primos, y tenemos motivos para creer que es un misterio en el que la mente jamás penetrará".

Don Bernard Zagier (nacido el 29 de junio de 1951) es un reputado matemático americano, cuya principal área de trabajo se centra en la teoría de los números. Actualmente es uno de los directores del Instituto Max Planck de matemáticas en Bonn, Alemania, y profesor en el Collège de France, de París. En una conferencia de 1975, comentó: "Hay dos hechos sobre la distribución de los números primos de los que espero poder convencerles de forma tan incontestable que éstos quedarán permanentemente grabados en sus corazones. El primero es que, a pesar de su definición simple y del papel que desempeñan como ladrillos con los que se construyen los números naturales, los números primos crecen como malas hierbas entre los números naturales, y no parecen obedecer ninguna otra ley que la del azar, y nadie puede predecir dónde brotará el siguiente. El segundo hecho es aún más asombroso, ya que dice justo lo contrario: que los números primos muestran una regularidad pasmosa, que hay leyes que gobiernan su comportamiento, y que obedecen estas leyes con precisión casi militar".

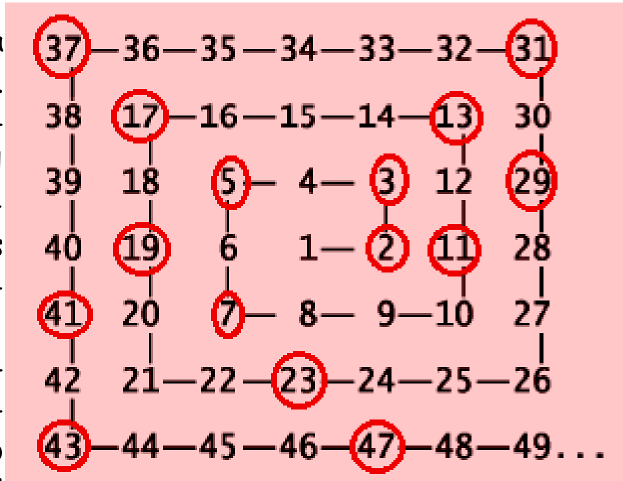
Al presente, matemáticamente hablando, los números primos poseen en general un carácter aleatorio. Aparecen aquí y allá sin que se pueda predecir dónde. No hay una fórmula conocida que nos devuelva siempre números primos, y, de hecho, se debe verificar computacionalmente si los posibles 'candidatos' a número primo realmente lo son. Sin embargo, hay ciertos números primos que siguen determinadas fórmulas matemáticas, pero eso no quiere decir que todos los números que siguen dichas fórmulas sean necesariamente primos. En algunas ocasiones, esto implica curiosas propiedades matemáticas, de manera que en el mejor de los casos nos encontramos con estos datos acumulados sobre la "personalidad" de los números primos, pero no hay nada definitivo en cuanto a ellos como "colectividad" global.

Dado que siempre ha sido patente que tratar de encontrar una ecuación o fórmula matemática que sólo sea cumplida por los números primos (una expresión matemática característica de todos los números primos y sólo de ellos) es una utopía, frecuentemente los matemáticos han buscado la manera de rodear el problema y hallar formas de aproximarse a la solución. Por ejemplo, Adrien-Marie Legendre, en 1798, intuyó que, si bien era imposible calcular qué números son primos en cualquier intervalo de números naturales, no obstante se podría hallar un algoritmo matemático capaz de dar una estimación aproximada sobre cuántos números primos hay por debajo de cierto número natural "n", por grande que sea este "n". Entonces él lanzó una conjetura (o proposición matemática no demostrada) que fue probada cierta un siglo más tarde por los matemáticos Jacques Hadamard y Vallée Poussin, independientemente. Dicha conjetura, ya demostrada, ha pasado a llamarse TEOREMA DE LOS NÚMEROS PRIMOS. De dicho teorema se desprende la consecuencia de que «para un número natural arbitrario "n", tan grande como se quiera, la probabilidad de que dicho número sea primo es aproximadamente igual a 1/L(n)», siendo "L(n)" el logaritmo neperiano de "n"; es decir, cuanto más grande sea el número "n", menos probable es que "n" sea primo. Esto significa que, a medida que la sucesión (ordenada de menor a mayor) de los números primos crece también crece la distancia o separación media entre 2 números primos consecutivos en la recta numérica.

Hadamard (1865-1963)

Un importante paso en la distribución geométrica de los números primos lo dio Stanislaw Marcin Ulam (1909-1984), nacido en Lvov (Lemberg), Polonia. Su familia formó parte de la minoría judía de Lvov. Él estudió en la escuela de Matemáticas de Lvov, donde su mentor fue el matemático polaco Stefan Banach. Cursó estudios de postgrado en el Instituto politécnico de Lvov, donde se doctoró en 1933. Gracias a su amigo John von Neumann logró llegar a Estados Unidos y ser aceptado en la Universidad de Harvard, en 1938. Regresó a Polonia en 1939 y logró escapar de los nazis junto con su hermano Adam, hacia Estados Unidos, y con ayuda de Neumann pudo encontrar un trabajo en el Instituto de Estudios Avanzados de Princenton. Mientras tanto, toda su familia murió asesinada en el Holocausto perpetrado por los alemanes durante la II Guerra Mundial.

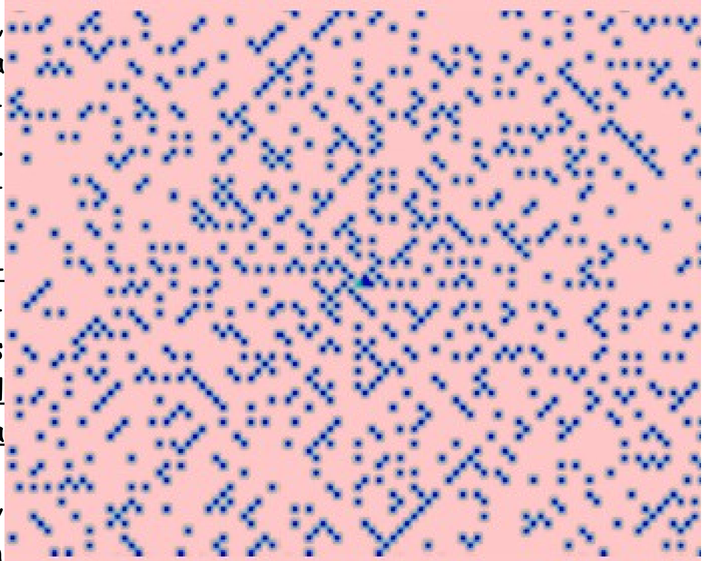
En 1963, Ulam, aburrido durante una conferencia científica, estaba haciendo garabatos en una hoja de papel. Dispuso una malla de números naturales en espiral, empezando por el 1 en el centro, el 2 a su derecha, el 3 arriba, el 4 encima del 1, el 5 a la izquierda, y así sucesivamente. Posteriormente, marcó los números primos y descubrió que los números marcados tendían a distribuirse a lo largo de líneas diagonales.



Espiral de Ulam.

Todos los números primos, excepto el 2, son impares. Como en la "espiral de Ulam" algunas diagonales contienen números impares y otras contienen números pares, no sorprende ver cómo los números primos caen todos (salvo el 2) en diagonales alternas. Sin embargo, entre las diagonales que contienen números impares, unas contienen una proporción visiblemente mayor que otras de números primos. Las pruebas que se han hecho hasta ahora confirman que, incluso si se extiende mucho la espiral, se siguen mostrando esas diagonales. El patrón se muestra igualmente aunque el número central no sea 1 (en efecto, puede ser mucho mayor que 1). Este hallazgo fue tan célebre que la "espiral de Ulam" apareció en la cubierta de la revista Scientific American en marzo de 1964.

Existen otras variantes de la espiral de Ulam, tal como la "espiral de Sacks", que también muestra patrones geométricos sin explicación aparente. La espiral de Sacks fue descrita en 1994 por Robert Sacks. Se diferencia de la espiral de Ulam por 3 características fundamentales, a saber:

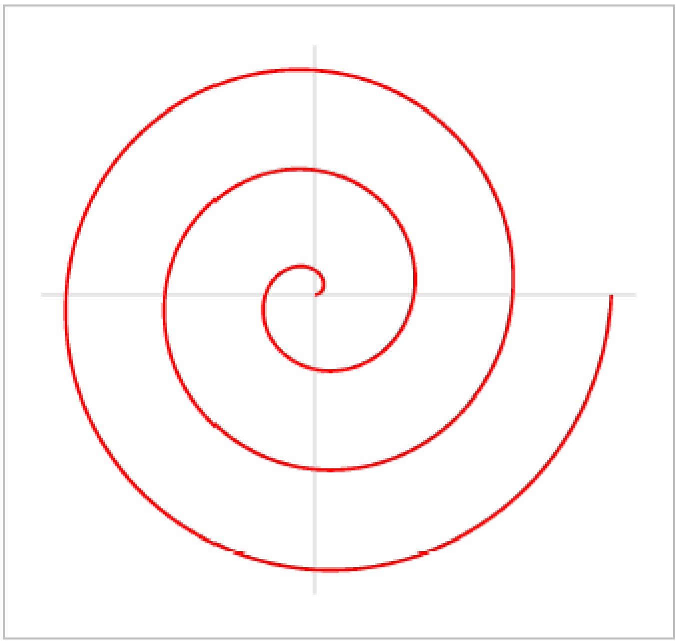


Espiral de Ulam. Nótese cómo los números primos están más presentes en unas diagonales que en otras.

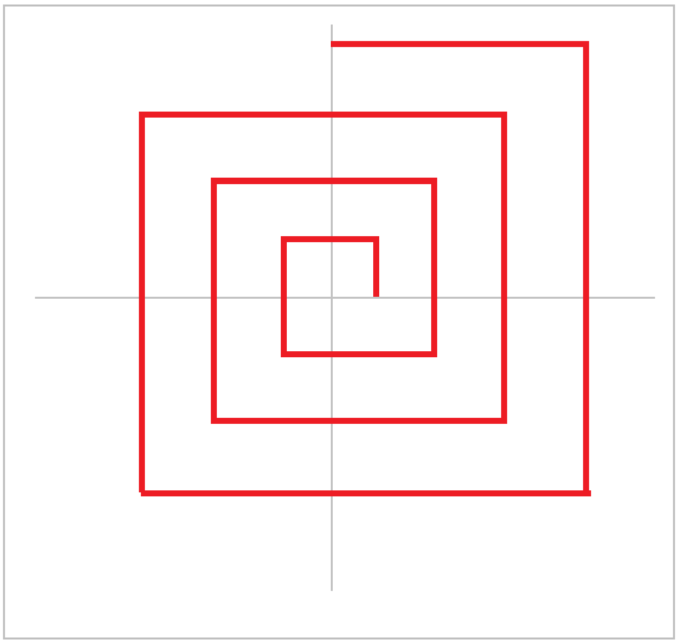
1. Los puntos (elementos equivalentes a los píxeles o puntitos de la pantalla de un ordenador: blancos para los números naturales compuestos y negros para los naturales primos) se ubican sobre una espiral de Arquímedes, en vez de sobre una espiral cuadrada como la que utilizó Ulam (ver figura abajo).

2. El número 0 (cero) se admite como natural y se ubica en el centro de la espiral arquimediana, en vez del 1 de la espiral de Ulam.

3. En la espiral de Sacks se realiza un giro completo para cada cuadrado perfecto (número natural elevado al cuadrado: n^2), mientras que en la espiral de Ulam se ubican dos cuadrados perfectos por giro o rotación.



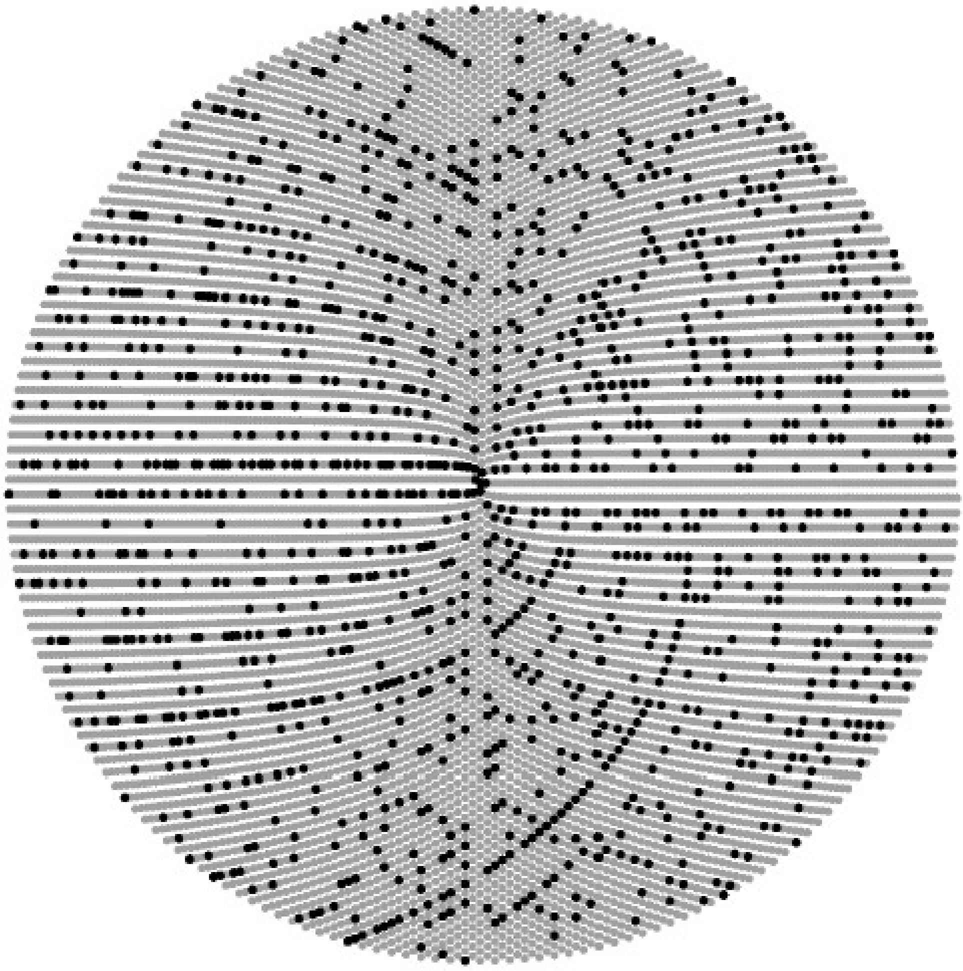
Espiral curvilínea de Arquímedes.



Espiral cuadrada de Ulam.

En la espiral de Sacks (ver figura de la página siguiente) se observa que algunas curvas que comienzan en el origen parecen tener una gran densidad de números primos, y una de estas curvas, por ejemplo, contiene números del tipo "$\mathbf{n^2 + n + 41}$", que curiosamente viene a ser un famoso polinomio abundante en números primos descubierto por Leonhard Euler en 1774. Sin embargo, se desconoce actualmente hasta qué punto las curvas de la espiral de Sacks permiten predecir grandes números primos o compuestos.

Estos curiosos descubrimientos son relativamente recientes. La espiral de Sacks data de 1994 y la de Ulam de 1963. Quién sabe qué otras sorpresas no descubiertas aún nos pueden deparar los números primos. Pero, de todas formas, una cosa sí va quedando clara: cuando se consideran grandes cantidades de números primos, comienza a aparecer cierto orden o regularidad en la distribución de los mismos. En otras palabras: cuando se tiende a considerar una cantidad cuasi infinita (o tendente a un cardinal infinito) de números primos, tiende también a emerger un orden en medio del aparente caos.



Espiral de Sacks, mostrando ciertos patrones que poseen los números primos.

Conclusión.

Si bien los números primos son construcciones puramente matemáticas (con algunas aplicaciones a la tecnología de las computadoras), su distribución geométrica en la recta numérica o en el plano numérico, cuando se hace tender hacia el infinito la cantidad representada de números, nos enseña una lección importante, a saber: un conjunto de entes que solían percibirse como caóticos, en su manifestación, pueden, por otra parte, presentar una notable regularidad cuando el enfoque científico de los mismos se realiza de una manera especial, o cuando eventualmente se descubre una nueva forma de interpretar la presencia de tales entes. También, el concepto mismo de "infinitud", al ser matematizado y precisado en su definición, con George Cantor como pionero en esta labor, ha dejado de parecer caótico y nebuloso y ha adquirido un nuevo talante, más comprensible y más racional.

Estos ejemplos deberían servirnos de advertencia en cuanto a calificar dogmáticamente al universo de "amasijo caótico" de entes y fenómenos y afirmar que la única ordenación de éste es aparente y sólo se produce en nuestra imaginación. Desde el punto de vista eriseísta, nos inclinamos a pensar que existe un diseño fundamental en el universo y, por ende, éste no puede ser anárquico y caótico en su esencia. No obstante, la realidad subyacente y su lógica de base es prácticamente desconocida para nosotros, siendo tarea de la ciencia el descubrir progresivamente indicios fidedignos del orden creativo que se esconde detrás de la apariencia de las cosas. No pocas veces nos equivocamos y atribuimos caos a lo que simplemente no somos capaces de comprender; o atribuimos un orden erróneo a un género de orden que no hemos descubierto todavía, y esto nos produce desagradables paradojas.

El libro “¿Existe un Creador que se interese por nosotros?”, publicado en español y otros idiomas en 1998 por la Sociedad Watchtower Bible And Tract, páginas 24 y 25, expone:

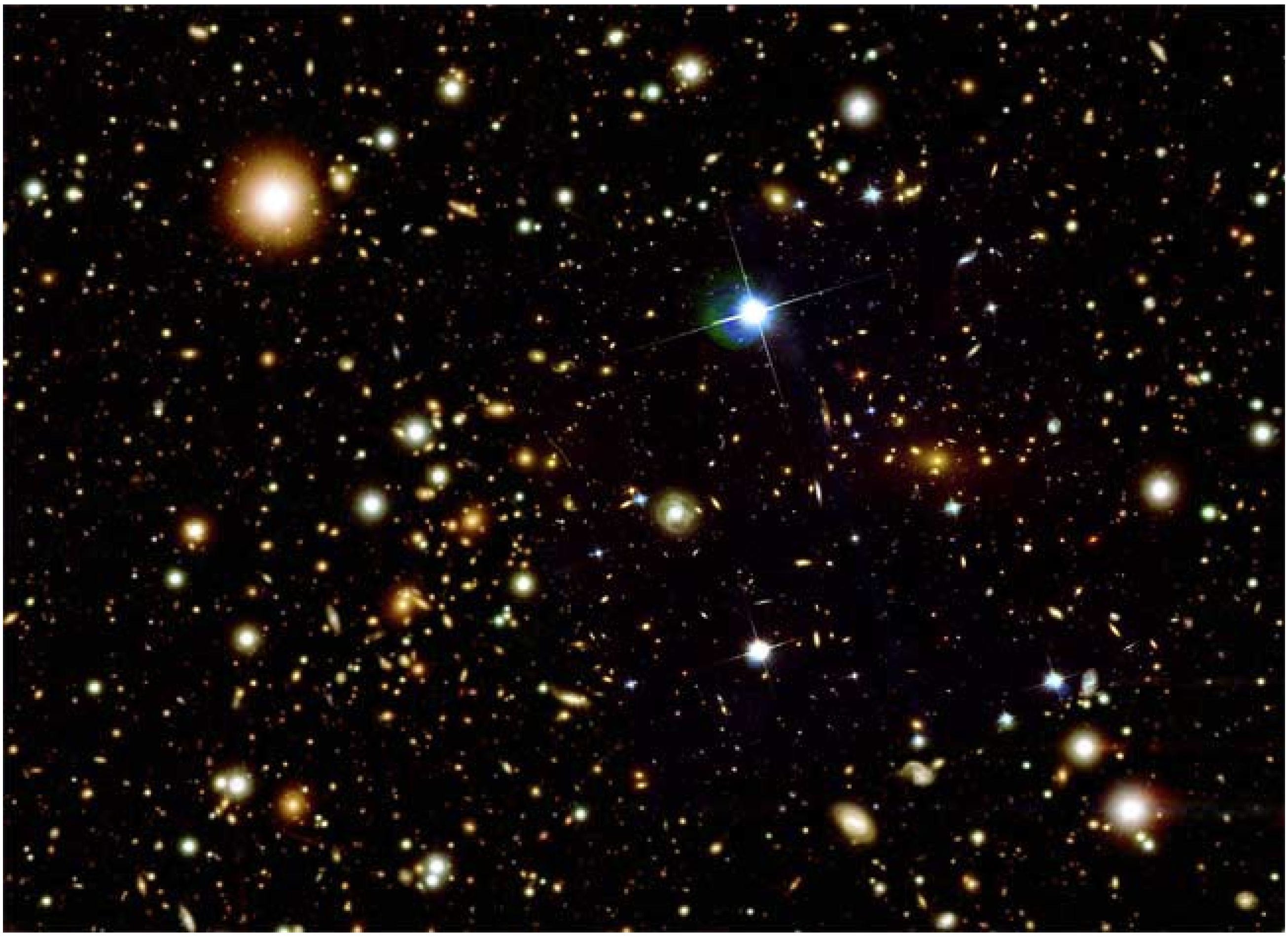
«Probablemente sepa por experiencia propia que todas las cosas tienden al desorden. Como todo propietario de una vivienda ha observado, las cosas tienden a deteriorarse o descomponerse cuando se abandonan. Los científicos se refieren a esta tendencia como “la segunda ley de la termodinámica”. Podemos ver los efectos de esta ley todos los días. Si se abandona un automóvil o una bicicleta nuevos, inevitablemente se estropean. Desatienda un edificio y acabará en ruinas. ¿Qué puede decirse del universo? También le es aplicable esta ley. El orden del universo debería dar paso con el tiempo al desorden completo.

Sin embargo, no parece que el universo tienda al desorden, como el físico y matemático Roger Penrose descubrió cuando estudió el estado de desorden (o entropía) del universo observable. Una manera lógica de interpretar estos hallazgos es concluir que el universo empezó en un estado ordenado y todavía lo conserva. El astrofísico Alan Lightman dijo que a los científicos “les parece misterioso el hecho de que el universo fuera creado con este elevado grado de orden”. También dijo que “cualquier teoría cosmológica viable debería explicar en última instancia esta contradicción de la entropía”, es decir, que el universo no se halle en estado caótico».

La revista Newsweek (9 de noviembre de 1998) reseñó las implicaciones de algunos descubrimientos relativos a la creación del universo. Según señaló, los hechos “indicaban que la materia y el movimiento surgieron de forma muy parecida a como se presentaba en [el libro bíblico del] Génesis, ex nihilo (de la nada), en un extraordinario estallido de luz y energía”. Examinemos las razones que adujo Newsweek para comparar el comienzo del universo con la descripción bíblica de ese acontecimiento.

“Las fuerzas desatadas estuvieron —y están— maravillosamente (¿milagrosamente?) equilibradas: Si la Gran Explosión hubiese sido un poco menos violenta, la expansión del universo habría sido menos veloz, de modo que rápidamente (en pocos millones de años, o hasta en pocos minutos) se habría colapsado y habría entrado en recesión; pero si hubiera sido un poco más potente, tal vez se hubiese dispersado hasta formar un caldo tan ralo que no habría podido condensarse para formar las estrellas. Las probabilidades que teníamos en contra eran, haciendo plena justicia al término, astronómicas. En el momento de la Gran Explosión, la relación existente entre la materia y la energía con respecto al volumen del espacio debe de haberse desviado menos de una milbillonésima del 1% del ideal".

Newsweek indicó que existía, por así decirlo, un "Regulador" del cosmos: "Quitemos tan sólo un grado (véase la milbillonésima del 1% mencionada antes como margen de error) [...] y lo que sigue no es sólo desbarajuste, sino entropía y hielo por toda la eternidad. Así pues, ¿qué —o quién— fue el gran Regulador?".



La revista DESPERTAD del 8-10-2000, páginas 3 y 4, dice, en parte: «La mayoría de las galaxias se concentran en cúmulos que comprenden desde unas cuantas galaxias a miles de éstas. Por ejemplo, han calificado a la vecina Andrómeda de gemela de nuestra Vía Láctea. La gravedad vincula a estas dos inmensas galaxias, que junto con otras pocas galaxias cercanas forman parte de un cúmulo.

El cosmos está compuesto de un sinnúmero de cúmulos galácticos. Algunos de ellos, en mutuo abrazo gravitatorio, forman supercúmulos. Pero, a partir de esa escala, el efecto de la gravedad se anula. Los astrónomos opinan que los supercúmulos se van distanciando unos de otros, es decir, el universo está en expansión. Este asombroso descubrimiento denota que hubo un principio en el que el cosmos era mucho más pequeño y denso. Para referirse a su origen, a menudo se utiliza la frase "la gran explosión".

Algunos científicos dudan mucho que el hombre logre saber algún día cómo nació el universo. Otros especulan sobre las maneras en las que pudo haberse originado sin una fuente inteligente. La revista "Investigación y Ciencia", en su número de marzo de 1999, analizó el tema "Así empezó el universo". Ya hay teorías científicas que se han demostrado carentes de base. La publicación comenta: "Resulta muy difícil [...] que los astrónomos sometan a prueba cualquiera de estas hipótesis".

La idea de que el universo es obra del azar requiere fe en lo que los científicos llaman una serie de "accidentes afortunados" o "coincidencias". Por ejemplo, el universo consta de un sinfín de átomos de hidrógeno y de helio, los más simples. La vida, sin embargo, no sólo depende del hidrógeno sino también de una infinidad de otros elementos más complejos, especialmente el carbono y el oxígeno. La comunidad científica se preguntaba de dónde provenían esas valiosas partículas.

¿Es simple coincidencia que los complejos átomos necesarios para el sostén de la vida se formen en el interior de ciertas estrellas gigantescas? ¿Y es sólo por azar que algunas de estas estrellas explotan en supernova y arrojan su tesoro de átomos raros? Sir Fred Hoyle, quien participó en estos descubrimientos, dijo: "No creo que científico alguno que examine las pruebas pueda llegar a otra conclusión que ésta: las leyes de la física nuclear se han formulado a propósito"».