**Un contraste entre dos determinismos: Laplace y Leibniz**

**Resumen (500 palabras):**

El concepto de determinismo posee diversos usos y es entendido por sus matices distintamente de acuerdo a desde qué contexto se interprete, sin embargo hay constantes en las ideas que orbitan su definición. De algún modo, se sostiene que el mundo, el universo y/o la naturaleza están determinados. Esto supone que los fenómenos que percibimos y deducimos poseen una razón que explique su estado actual. Tales razones pueden hacerse evidentes mediante la consideración de sus causas.

El hecho de que el mundo esté determinado o no, posee implicancias que se extienden en múltiples sentidos. Un hecho que se encuentra en medio de la discusión, es el considerar la “estabilidad” del mundo. Para ello debemos colocarnos en el contexto del proyecto de Newton, quien busca formular funciones matemáticas para explicar la dinámica de los eventos naturales. Gracias a sus principios es posible predecir el movimiento de cuerpos bajo la estimación de las fuerzas gravitatorias, sin embargo muchos aspectos de su propuesta permanecieron oscuros y tales anomalías amenazaban la pretendida universalidad de tales leyes naturales que rigen el cielo y la tierra. Un ejemplo muy puntual puede ser el de las desviaciones o perturbaciones en el recorrido de ciertos astros. Los seguidores de Newton sostenían que tales desviaciones orbitacionales resultan de la sumatoria de distintos cuerpos con influjo gravitatorio sobre otros cuerpos de menor masa. Así, por ejemplo, el Sol, con una masa mayor, atrae gravitacionalmente a Júpiter y a la Tierra, y en menor escala, la Tierra hace lo propio con la Luna, y asu vez la Luna influye la orbitación de la tierra, a la vez. De éste modo, considerando la multiplicidad de astros, podemos pensar que las órbitas están armonizadas en sus recorridos.

El problema al que se enfrentaron muchos matemáticos y astrónomos fue el de explicar tales anomalías gravitacionales, pues no se tenía claro si tales alteraciones eran acumulativas o si se compensaban con el tiempo. De ser el caso de lo primero, se corría el riesgo de que un astro sacara de su órbita a otro y era por tanto una posibilidad real el que un cuerpo colisionara con nuestro planeta. La búsqueda de la estabilidad y determinación del sistema solar y las leyes naturales apuntaban a pacificar tales inquietudes, y más aún permitía creer en un mundo que puede ser interpretado en una suerte de lenguaje o lógica matemática, lo que a su vez se traducía en el dominio de la naturaleza por medio de la razón instrumental y geométrica, lo que constituye el fundamento de las ciencias modernas que incrementan el rango de predictibilidad.

Laplace y Leibniz representan hitos en el desarrollo del pensamiento moderno. Ambos autores sostienen un racionalismo mecanicista que los lleva a reformularse la idea de un universo determinado, estable y asegurado. Podemos notar que cada cual tiene sus razones para sostener ello y del mismo modo, se hace evidente que hay puntos muy específicos en donde no están de acuerdo en lo absoluto. Tales ideas son las de Dios y Libertad.

**Palabras clave:**

Modernidad, Determinismo, Libertad, Laplace, Leibniz

**Abstract (500 words):**

The concept of determinism possesses several distinct uses and it is understood accordingly to the nuances from the context upon it is interpreted; Nevertheless, there is a constant among these ideas that orbits its definition. In a broad way, it is hold that the world, the universe and/or nature are determined. This implies that the phenomena that we perceive and deduct have a reason that explains its actual state. Such reasons can be made evident upon the consideration of its causes.

That fact that the world is determined, or not, has several repercussions that extends into multiple senses. A fact that is found among the discussion is the consideration of world´s stability. For this regard we can situate ourselves into the context of Newton´s project, which seeks to formulate mathematical functions to explain the dynamics o natural events. Thanks to his physical and mathematical principles it’s possible to predict the movement of bodies under the estimation of gravitational forces. But many aspects of his theory remained obscure and such anomalies threaded the pretended universality of the natural laws that reign sovereign over heaven and earth. A very specific example can be found in the study of the deviation or perturbation in the displacement of some space bodies. Sometimes the keplerian ellipses incur in seemingly odd behaviors. The followers of Newton hold that such orbit deviations are the result of the summatory of distinct bodies with gravitational influx on other bodies with less mass. Thus, the Sun, with a bigger mass attracts gravitationally Jupiter and the Earth, and in a lesser scale, the Earth makes the same with the Moon, and the Moon also affects Earth´s gravitation accordingly, And so, in this way, considering the great multiplicity of space bodies, we can think that the orbits are harmonized within its paths of gravitational displacement.

One problem that many astronomers and mathematicians faced was such as the one that supposes the explanation of these orbit anomalies. It wasn’t clear if these alterations where accumulative or if they compensated over time. If it was the case of the first presumption, then we put ourselves closer to the idea of the risk that a meteor or asteroid could collide with our planet. The hunt of world´s stability and determination of solar system (and natural laws) pointed to pacify such concerns, and further, it allowed to think in a world which can be read in a logical or mathematical language, which again translated into nature´s domination thanks to instrumental and geometrical reason, and this constitutes that modern sciences amplifies its range of a successful prediction.

Laplace and Leibniz represent cornerstones in the development of modern thought. Both authors hold a rational mechanicism which leads them to reformulate the idea of a deterministic universe, stable and assured. We can consider that each one has its reasons to hold this ideas and in the same way, it´s evident that there are other specific points where they strongly disagree. Such ideas are the ones of God and Freedom.

**Key Words:**

Modernity, Determinism, Freedom, Laplace, Leibniz

**Un contraste entre dos determinismos: Laplace y Leibniz**

Por: Fernando García Alcalá

El determinismo, entendido como aquella idea que supone un cosmos y devenir asegurado, estable y preestablecido, es un concepto muy antiguo, pero es en la modernidad cuando alcanza sus puntos más interesantes de desarrollo por las nociones mecánicas que orbitan la era. Algunos romanos sostuvieron el llamado “determinismo astrológico”, es decir, la idea de que mediante la lectura de ciertos elementos, realizada por algún iniciado oracular, se permitía la adivinación de los destinos. Esta idea desde otro enfoque también se encuentra en la medievalidad con un énfasis más intenso, pues el gran determinador es entendido como Dios, de quien se predican los más altos y positivos conceptos como el de infinita sabiduría, justicia, bondad y perfección. A pesar de la extensa discusión y consecuente exégesis teológica, no dejó de advertirse el papel del libre albedrío en un mundo predestinado. A ese respecto podemos mencionar los problemas de la providencia, la concurrencia, la futurición, o el conocimiento de los futuros contingentes asegurados, el necesitarianismo, además del problema luterano de la predestinación de la salvación de las almas. El determinismo ha sido anticipado en la reflexión escolástica y desde entonces no es ajeno al problema de la libertad.

Es en la modernidad cuando las ideas mecanicistas y el concepto de un universo definido en caracteres matemáticos conllevan al determinismo a una solidez en donde se piensa en la estabilidad asegurada del mundo, así como en la existencia de una razón para cada causa. En este sentido es sumamente ilustrador el caso de dos pensadores que de algún modo han sido relacionados al pensamiento determinista; nos referimos a Pierre-Simon Laplace y Gottfried Willhem Leibniz.

Mientras el primero se ubica en la plena y avanzada modernidad, el segundo se encuentra con un pie en la escolástica tardía y otro en la vanguardia de la era moderna. Laplace recibe un fuerte impacto por parte del pensamiento matemático de Leibniz, en especial, lo que se refiere a la aplicación del cálculo integral o diferencial, tal y como los pasos de Leonhard Euler, entre otros, habían prefigurado. En este sentido, Laplace, rodeado de un ambiente enciclopedista, tiene a Leibniz como una notable influencia, ya que junto al desarrollo de la geometría analítica cartesiana, el establecimiento de las bases del cálculo infinitesimal configura un pilar del pensamiento de la modernidad y las ciencias modernas.

Revisemos en los segmentos siguientes las nociones deterministas de ambos autores; Al final del desarrollo de ambos determinismos, podremos constatar que mientras el de Laplace parece ser lo que se entiende como un “determinismo fuerte”, es decir, uno donde no cabe la libertad humana, tendremos en Leibniz algo cercano a un “determinismo suave” o “compatibilismo”, es decir, la idea que supone a la libertad humana y a la determinación de los hechos como posibles a la vez.

Debemos tener en mente que por virtud del contraste es que colocamos a estos autores bajo estas consideraciones, y ciertamente el caso de Laplace no produce mayores problemas, pues es abiertamente un determinista fuerte, pero el caso de Leibniz puede ser discutible, pues diversos autores le han interpretado como un determinista fuerte, mientras que otros han negado la eficacia de su defensa de libertad y él mismo rechaza una etiqueta análoga a la de compatibilista. En miras de contrastarlos es que vamos a tener, de momento, la idea de un Leibniz armonizador, defensor de la libertad, pero determinista, aunque debemos tener muy presente que tal etiqueta es cuestionable y, al respecto, mucho se ha discutido.

Dicho esto, haremos una breve revisión del pensamiento determinista de cada uno de los autores, para luego esbozar un contraste con la finalidad de ilustrar en qué podría diferenciarse una versión del determinismo de otra, a la vez que podremos factorizar sus elementos comunes.

**La mecánica celeste de Laplace**

Los Pitagóricos habían sentado las bases de la idea de una armonía articulada tal y cómo se puede considerar en la noción de la “música de las esferas”. Tal idea suponía que, del mismo modo en que un proyectil, por ejemplo, una flecha, al rasgar el aire, mientras realiza su veloz recorrido, produce un sonido particular; así, análogamente, debía haber un sonido que realizaran los cuerpos celestes al surcar el firmamento, aún más, al notar las relaciones armónicas en las orbitas de los astros, se podía pensar en que toda esa estabilidad de proyectiles ordenados debían formar una especie de armónica música en el firmamento. Esta noción pitagórica señala que, al parecer, hay una correlación entre el orden celeste y el terrestre y además, da cuenta de una racionalidad para los fenómenos naturales.

Esta consideración será rescatada por el pensamiento moderno que busca revolucionar el paradigma aristotélico y escolástico. El concepto de un mundo escrito y legible en caracteres matemáticos es una influencia renacentista para la modernidad, pero como podemos atestiguar, es una idea que tiene una raíz muy lejana; Es Isaac Newton quien articulará los aportes de Galileo, Copérnico, Brahe, Kepler y otros, en una cruzada por la transformación de los fenómenos naturales y observables en funciones matemáticas de elementos dinámicos y sus respectivos ritmos de variación. La gran empresa y logro de los modernos parte y desemboca en tal ideal; la creencia en que todo fenómeno natural sucede por una razón y que tal función es traducible a un pensamiento lógico matemático. Leibniz no es ajeno a tal propuesta. Así, se perfila una mentalidad que busca entender la naturaleza para dominarla y predecirla. Como ilustración de dicha fascinación, puede bastar señalar el hecho de que Laplace enseñaba en la academia militar francesa el cálculo del recorrido de proyectiles balísticos orientados al uso práctico de la artillería, es decir, aplicaba las matemáticas y las ciencias para una de las actividades más humanas: la guerra.

Laplace, en este horizonte, se veía inscrito en un contexto en donde las mayores preocupaciones científicas se cuestionaban sobre la real forma de la tierra, la órbita de los cuerpos celestes, las anomalías en dichas órbitas y en un sentido general, la estabilidad del sistema solar. Todos ellos, problemas heredados y relacionados a la revolucionaria mecánica de Newton.

En ese contexto, Laplace encajaría todas estas piezas mediante el desarrollo del principio de gravitación estipulado por el gran científico inglés. Mediante el análisis de las anomalías en las órbitas, Laplace buscaba demostrar que las leyes propuestas por Newton no eran tales que se aplicaban en ciertos casos particulares, sino, precisamente lo contrario. Podemos atender al siguiente pasaje de la *Mecánica Celeste* (1839), en donde Laplace establece la ley de gravitación como una de alcance universal.

It is an invariable law of nature, that a body cannot act on another, without experiencing an equal and contrary reaction; therefore, since the planets and comets are attracted towards the sun, they must in like manner attract that body. For the same reason the satellites attract their planets; this attractive property is therefore common to the planets, comets and satellites; consequently we may consider the gravitation of the heavenly bodies, towards each other, as a general law of the universe. (1839:256)[[1]](#footnote-2)

Para explicar la reformulación del principio de gravitación y en miras de considerar la idea laplaciana de un universo estable y determinista, consideremos el contraste entre la teoría de los vórtices de Descartes y la teoría gravitacional de Newton. Los partidarios de ambos bandos coincidían en la interpretación mecanicista del mundo, pero mientras los vórtices cartesianos explicaban algunos fenómenos, como la propagación del movimiento, mediante el contacto de elementos materiales, (desde que el espacio es un pleno extenso y el vacío se niega), por otro lado los principios de gravitación newtonianos suponían que una fuerza invisible atraía desde la distancia, al modo en que el sol atrae diversas órbitas. Según los principios newtonianos la fuerza de gravitación crece con la masa y decrece con la distancia, lo que concuerda con la ley de Kepler, la cual supone a las órbitas como elipses. Del mismo modo, tal idea coincide con la segunda ley de Newton, la cual postula que la fuerza equivale a la masa por la aceleración.

Si esto se daba con regularidad en el ámbito celeste, luego podría pensarse que análogamente la tierra era regida por la misma ley general, estableciendo así, para nuestro mundo, el determinismo y la estabilidad de su orden; pero antes de dar la teoría por cierta, hacía falta aclarar algunas irregularidades que atribularon a los pensadores de la época, tarea que, entre muchos otros, llevará a cabo Laplace. En la línea del contraste entre Descartes y Newton, atendamos a algunas ideas sobre la forma de la tierra.

Considerando que los cuerpos se desplazan de uno, u otro modo, haría falta pensar que la tierra adoptaría correspondientemente una, u otra forma. Ya hace muchos siglos Eratóstenes había calculado con un margen de error minúsculo la circunferencia de la tierra y había propuesto que su forma era esférica. Los newtonianos sostenían que un cuerpo celeste orbitando debería adoptar, de acuerdo a sus leyes, la figura de un esferoide semi-aplastado, mientras que los cartesianos sostenían que de acuerdo a la propuesta de los vórtices, la esfera debería ser alargada en el otro eje, no achatada, sino enlongada. Para ello se experimentó lo siguiente. Godin propuso medir un meridiano cercano a la línea ecuatorial y luego un meridiano del polo norte. De este modo, desde Paris, se organizó una expedición al virreinato peruano y luego a la nórdica Laponia. Las mediciones latitudinales comprobaban que la tierra era como una orbe achatada por los polos, por lo que en este punto, se le dio la razón a los newtonianos. Pero quedaban muchas preguntas aún por explicar, como el de las mareas o el de las irregularidades de algunas órbitas, antes de establecer la certeza del determinismo.

Laplace propuso una función inspirada en los polinomios de Legendre el cual inspiró muchos campos, tal y como la termodinámica, el magnetismo y el estudio de la electricidad. (Incluso estos aportes serían rescatados por Schrödinger para explicar el comportamiento de los electrones atómicos.) Pero el ámbito que más nos interesa en este caso es el aporte de dicha función al estudio de la gravitación newtoniana, especialmente, en lo que refiere a las órbitas irregulares, ya que podrían entenderse como impredecibles. Aunque puedan haberse entendido en la antigüedad en tonos de augurio o arcanos, lo cierto es que la existencia de meteoros, asteroides, cometas y demás cuerpos celestes nos preceden en la existencia con extensa ventaja.

El estudio del recorrido por dónde surcan los cuerpos el firmamento era fundamental para la época. Edmond Halley había observado el cometa que conocemos por su nombre y logró relacionarlo a avistamientos anteriores con un espacio cronológico regular de aproximadamente 75 años. Cuando predijo su siguiente aparición, estaba en discusión la idea de una orbitación alterada por otras gravitaciones resultando algunas veces en una suerte de elipsis excéntrica, es decir, que la gravitación de un cuerpo, como el de los cometas, debía asimismo, implícitamente en su recorrido, estar afectada por cuerpos de mayor masa. Halley proponía que tal cometa podría ser de tal suerte; estando perturbado por gravitaciones varias, podría realizar un recorrido aparentemente caprichoso, pero regular.

Ya muerto su profeta, el cometa Halley apareció en la fecha señalada y demostró que tales órbitas, siguiendo los principios de Newton, eran posibles. Pero al considerar la excentricidad y alteración de tales órbitas, se propuso del mismo modo, lejos de solucionar algo, que había cierta posibilidad de que algún cuerpo se desviara y chocara con la Tierra, o que un cuerpo pesado se descarrilara de su camino habitual, o que un cuerpo menor sea atraído por nuestra fuerza gravitacional, como por ejemplo un meteorito siendo atraído por nuestra gravitación terrestre; ideas tales que aterraban, (y aterran) a los habitantes de la orbe.

Otro hecho debe tenerse en cuenta; Herschell descubrió un nuevo cuerpo que se pensó al inicio como un cometa, pero fue un gran revuelo el notar que se trataba de un nuevo planeta: Urano; Desde los griegos, incluyendo a Leibniz y hasta entonces, en 1781, se pensaba que el sistema solar se componía de los cinco planetas visibles naturalmente. Los descubrimientos de nuevos elementos celestes de otro tipo se multiplicaron por entonces exponencialmente y la posibilidad de mayores actores en escena, aumentaba la idea de una mayor propensión al colapso terrestre. Pero no olvidemos que Laplace busca defender la idea de gravitación como una ley universal e inmutable, tal y cómo se evidencia en el siguiente pasaje de la *Mecánica Celeste* (1839):

The same law (of gravitation proportional to mass) is observed upon the surface of the earth; for it has been found by very exact experiments, made with a pendulum, that if we neglect the resistance of the air, all bodies would fall towards the centre of the earth with an equal velocity. Such bodies gravitate therefore towards the earth, in proportion to their masses, in like manner as the planets gravitate towards the sun, and the satellites towards their primary planets. This perfect conformity in the operations of nature, upon the surface of the earth and in the immensity of space, proves, in the most striking manner, that the gravity observed upon the earth, is only a particular case of a general law extending throughout the universe. (1839:258)[[2]](#footnote-3)

El problema de las perturbaciones en las trayectorias anómalas de los cuerpos que son alterados por varias gravitaciones a la vez puede ilustrarse con el problema matemático de los tres cuerpos, ó de los “*n”* cuerpos. Consideremos que para dos cuerpos, Newton, Bernoulli y Euler ya habían resuelto que el movimiento entre dos cuerpos desplazándose como efecto de las fueras gravitatorias resultaba en un segmento de una sección cónica, es decir, podría dibujar una circunferencia, una elipse, una parábola o una hipérbola. La necesidad de resolver el problema con tres cuerpos se retrotraía a un punto muy práctico, y era el de corroborar las aplicación de las leyes propuestas en la dinámica dada entre la Tierra, la Luna y el Sol. Las irregularidades anti elípticas de dicha mecánica fueron el dolor de cabeza de Newton, Euler y otros. Euler pudo otorgar una respuesta preliminar para el caso de las líneas rectas, pero un aporte más significativo fue el de Lagrange, quien definió el problema de los tres cuerpos cuando se prefiguran con la posición de un triángulo equilátero. Esto no pasó de una curiosidad teórica hasta que se notó que dicha ordenación se presentaba en la triangulación de las órbitas de la Tierra, Júpiter y el asteroide Aquiles, pero dicha constatación se dio casi un siglo más adelante. Sin embargo, tal hipótesis – para él virtual- le ayudo a Lagrange a estudiar problemas comunes en la época como el de las órbitas en la triangulación del Sol, Júpiter y Saturno y el Sol, la Luna y la Tierra.

Considerando la sumatoria de las gravitaciones, se ponía en cuestión el asunto de si las perturbaciones en el desvío de las trayectorias eran acumulativas o si se balanceaban eventualmente, es decir, si las anomalías en las órbitas eran propensas a un colapso, o si estaban ordenadas eternamente. Había un asunto fundamental de fondo: el teológico, debido a que si el universo podría colapsar, parecería que su creador no era ni sabio, ni perfecto y por ello era importante la idea de un universo estable que no requiera de un relojero cósmico que tenga que estar ajustándolo para que no se descalabre.

Fue Laplace quien resolvió la tensión en la controversia sobre la gravitación de tres cuerpos, mediante la aplicación de la función polinomial de Lagrange. Notó que dentro de las irregularidades de las órbitas, existían movimientos medios dentro de un límite, y tal constancia no se desbordaba. Las perturbaciones y anomalías comportaban un límite estable y ello permitía que sus recorridos a largo plazo sean constantes y potencialmente predecibles. Así, usando los principios de Newton, definió que el universo debía estar determinado establemente por cuanto las perturbaciones e inclinaciones en los recorridos y aceleraciones de los cuerpos celestes mostraban excentricidades cuando se observaban por cortos espacios de tiempo, pero mantenían un promedio regular y estable periódicamente, por lo que a largo plazo, denotaban una regularidad racional y predecible. En el apartado de Inequidades Seculares, de la *Mecánica Celeste* (1839), Laplace refiere lo siguiente respecto a la referida estabilidad del sistema solar:

It follows from what has been proved, that the excentricities of the orbits, and the position of the transverse axes, are subject to considerable variations, which in the course of time change the form of these orbits, in periods depending on the roots (*g1*, *g2*, …); and as it respects the planets, these periods include many centuries. We may therefore consider the excentricities as variable ellipticities, and the motions of the perihelia (the point in the orbit of a planet, asteroid, or comet at which it is closest to the sun) as not being uniform. These variations are very sensible in the satellites of Jupiter; and we shall show hereafter, that they explain the singular inequalities which have been observed in the motion of the third satellite. But the question arises whether these variations of the excentricities are limited in extent, so that the orbits will always be nearly circular. This is a subject which ought to be carefully examined. We have just shown that if the roots of the equation in *g* be all real and unequal, the excentricity *e* of the orbit of *m* will be always less the the sum (*N* + *N1*+ *N2* + …) of the coefficients of the sines of the expression of *h*, taken positively; and as these coefficients are supposed to be vert small, the value of *e* will always be small. Therefore, if we notice only the secular variations, the orbits of the bodies (*m, m1, m2. …* ) may become more or less excentrical, but they will never vary much from a circular form, though the positions of the transverse axes may suffer considerable variations. The axes will be invariably of the same magnitudes, and the mean motions, which depend on them will always be uniform, as we have seen before. The preceding results, founded on the smallness of the excentricities of the orbits, will always take place, and may be extended to all past or future ages; so that we can affirm, that the orbits of the planets and satellites never were, at any former period of time, and never will be, hereafter, considerably excentrical, so far as as it depends on their mutual attraction. But this would not be the case, if any of the roots (*g1*, *g2*, …), were equal or imaginary: the sines and cosines of the expressions of (*h, l, h1, 1l, …*) corresponding to these roots, would become arcs of a circle, or exponential quantities; and as these quantities would increase indefinitely with the time, the orbits would at length become very excentrical. The stability of the planetary system would in this case be destroyed, and the results we have found would cease to take place. (1839: 604) [[3]](#footnote-4)

Para Newton el sistema solar se iba ajustando gracias a la mano de Dios. Leibniz criticaba que tal idea no le hacía justicia a las bondades divinas. Laplace propuso la estabilidad del diseño universal en donde no hacía falta tal ajuste. El pie que le permite sostener la estabilidad y determinismo del universo radica en que las supuestas excentricidades no escapan de cierto límite, por lo que pueden considerarse regulares y no amenazan con un colapso. Laplace logró demostrar con la regularidad de las perturbaciones la determinación estable del cosmos sin recurrir a la intervención divina. Es particularmente irónico que luego de enunciar la estabilidad del mundo Francia reciba a un personaje como Napoleón. Es además interesante notar que la revolución francesa explotaría en detrimento de la monarquía amparada en dogmas divinos. Es importante considerar además la profesión de ateísmo de Laplace, en especial en su defensa de la hipótesis de la nebulosa primitiva para explicar la creación del sistema solar, en lugar de Dios.

En el pensamiento de Laplace, el azar no tiene entidad, no existe. Todo está determinado. Podemos aproximarnos mediante probabilística (campo al que aportó con la ayuda de Condorcet) a los eventos, pero nada más; la suerte puede interpretarse como nuestra ignorancia sobre algunas causas, pero el mundo es estable y determinado al margen de nuestras percepciones. La contingencia, así, no nos salva de lo necesario. En este horizonte, se puede advertir que el sistema determinista de Laplace, cede muy poco espacio al concepto de libertad.

Laplace es conocido además por haber propuesto la idea de una inteligencia eterna y omnisciente, con una capacidad superlativa e inhumana para el cálculo. Tal inteligencia es conocida como “el demonio laplaciano”, lo cual para muchos representa otro aspecto de su determinismo. Atendamos a esta cita de Laplace en el libro de Madrid Casado (Madrid Casado, 2012)

Debemos pues considerar el estado presente del universo como el efecto de su estado anterior y como la causa del siguiente. Una inteligencia que, en un instante dado, conociera todas las fuerzas de que se halla animada la naturaleza, así como la situación respectiva de los seres que la componen, si, además, fuera lo suficientemente amplia como para someter estos datos a análisis, podría abarcar en un sola fórmula los movimientos de los cuerpos más grandes del universo y los del átomo más pequeños: nada le resultaría incierto y, tanto el futuro como el pasado, se hallarían presentes a sus ojos. La mente humana ofrece en la perfección que ha sabido dar a la astronomía un débil esbozo de esta inteligencia. Sus descubrimientos en mecánica y geometría, junto al de gravitación universal, han puesto a su alcance comprender en las mismas expresiones analíticas los estados pasados y futuros del sistema del mundo. (2012: 144)

Veremos que éste pasaje conserva un claro paralelo con el pensamiento de Leibniz expuesto en la *Monadología.* Podemos considerar, habiendo revisado brevemente estas ideas, la intensa defensa de un determinismo fuerte por parte de este autor moderno. Para Laplace, el mundo está articulado de un modo estable y está regido por leyes universales, tal y cómo las de gravitación. Es muy particular que bajo sus preceptos, se niegue tajantemente lo que bajo la vista de Leibniz, es indispensable. Las dos negaciones en las que incurre Laplace y que va en sentido contrario a lo propuesto por Leibniz, supone la apología del papel que desenvuelven las ideas de Dios y Libertad, que en el caso del alemán, son fundamentales y a diferencia del francés, no pueden ni dejarse de lado, ni desestimarse.

**El mejor de los mundos posibles : El determinismo de Leibniz y su defensa de la libertad**

Habiendo visto ideas sobre el determinismo de Laplace, veamos brevemente las ideas deterministas de Leibniz y sobre todo, su defensa de la libertad. Empecemos considerando que Leibniz es un gran diplomático y conciliador, como se evidencia en los grandes proyectos de unificar el lenguaje con la lógica o la combinatoria, o al atestiguar su intento de confesiones en medio del cisma religioso que originó Lutero, como se evidencia en la propuesta de defender la conjunción entre fe y razón. Para Leibniz el universo también está determinado, pero no en detrimento de la libertad y mucho menos sin excluir a Dios. Uno de aquellos grandes proyectos de armonizar tensiones supone precisamente su defensa de la libertad en contra de un determinismo fatalista.

En virtud de lo anterior, podemos considerar porqué es Leibniz conocido como un padre fundamental de la teología natural. Debemos tener en mente que es un autor que se encuentra influenciado directamente por la escolástica, y en ese sentido, su papel como vanguardista de la modernidad es incluso más loable. A diferencia de Descartes, Spinoza, y otros, Leibniz no reniega de las propuestas metafísicas pasadas, y prueba de ello puede ser la reformulación de una teoría metafísica de las substancias individuales: la *Monadología*.

Leibniz propone la armonía universal, y en esa línea, el determinismo. Es interesante notar que, desde que busca defender la libertad al mismo tiempo, encontrará diversos obstáculos que intentará resolver, especialmente en *La Teodicea*. Veremos hacia el final que muchos han objetado las soluciones de Leibniz y diversos estudiosos sostienen que su armonización, al menos en el caso del necesitarianismo y su libertad basada en la contingencia, no es satisfactoria. Sin embargo, no podemos dejar de señalar que propone una orientación ética antifatalista y antiquietista, aunque uno esté o no de acuerdo con su defensa de la libertad humana.

Antes de revisar algunas ideas de Leibniz, otorguemos un espacio para recalcar el carácter de polímata que le acompaña. Su aporte a la filosofía, en una muy pequeña proporción, es de lo que tratamos en este breve apartado de este artículo, y está relacionado a sus influencias en los campos de la ética, teología y metafísica. Debemos añadir sin embargo, al menos de paso, sus innumerables aportes a los campos de la matemática, lógica, física, tecnología, ingeniería, teoría de la probabilidad, biología, medicina, geología, psicología, lingüística, ciencia computacional, política, jurisdicción, historiografía, filología, bibliotecología y las ciencias sociales.

Entre muchas otras cosas, Leibniz busca responder a la pregunta del mal, pues parecería contradecir la idea de un Dios bueno y justo. En la línea de la desontologización del mal de San Agustín, sostendrá que el mal es necesario en el mejor de los mundos posibles, y debe haber una razón para que su creador lo haya querido así. En *Diálogo real sobre la libertad humana (2006)* nos dice que el mal en el mundo es como la disonancia en la música o las sombras en las pinturas, por cuanto embellecen por contraste un sentido superior. Así, panorámicamente, el mal es como un mal menor que se compensa armónicamente. Esta idea está en la línea de la esencia del pensamiento determinista de Leibniz: la idea de que todo tiene una razón de ser lo que es, para toda consecuencia hay una causa y para cada evento existe una determinada razón suficiente. Se podrá advertir que la última razón de todo es Dios y hasta el mal y el pecado en el mundo tienen un papel.

Podemos encontrar un punto de encuentro muy claro con el demonio laplaciano al atender a este pasaje de la *Monadología (2007)*; Recordemos que Leibniz influyó a Laplace no sólo en los métodos de cálculo integral y diferencial: “Cada estado momentáneo de una substancia simple es la consecuencia natural de su estado inmediatamente precedente, de modo que el presente está preñado con el futuro” (2007:4)

En la armonía de las substancias individuales podemos experimentar un orden en varios niveles, pues Dios, de acuerdo a Leibniz, no sólo ha organizado las relaciones entre todas las mónadas, sino que además ha prefigurado sus esencias, cambios posibles, ritmos y en suma, sus destinos. Se señala que ningún cambio puede provenir desde adentro, ni desde afuera, sino que los cambios de estado de las mónadas están prefigurados de antemano. No hay nada en ellas que deba ser “arreglado”. Esto puede ser problemático para la libertad cuando se afirma lo siguiente: “Hay cierta clase de autosuficiencia que les hace fuentes de sus propias acciones internas, lo que les hace de algún modo autómatas inmateriales”(*Ib.*)

Y tal como hemos anticipado, podremos encontrar que la causa primordial para tal ordenamiento se encuentra en el más justo, bueno y sabio creador.

La última razón para las cosas debe estar en una substancia necesaria que llamamos Dios. Los detalles de todos los cambios contingentes están contenidos en él sólo eminente o virtualmente, como su fuente. Esta substancia necesaria es razón suficiente para todo este detalle, el cual está interconectado a través de sí mismo, por lo que hay un solo Dios, y este Dios es suficiente. (*2007:6*)

El determinismo que plantea Leibniz es contundente y muchos autores sostienen que sus preceptos teológicos vuelven inviable a la libertad, a pesar de que busque defenderla. Para relacionar el contenido de la *Monadología* con la defensa de la libertad humana, revisemos el ejemplo de Julio César que Leibniz esboza en el *Discurso sobre Metafísica (2007)*. En este particular ejemplo, podremos ver que se introduce la separación entre los hechos necesarios y los contingentes. En general, y en la línea de un universo estable y determinado, Leibniz establece que no hay hecho que no haya estado ordenado y a raíz de ello es complicado discernir entre las acciones de Dios y las acciones de las criaturas. Al respecto, señalemos el problema de la Concurrencia, en donde algunos sostenían que detrás de todo acto humano está la mano de Dios. Esto era especialmente problemático al considerar las acciones perversas o injustas. Leibniz ubica el acento en la importancia de la espontaneidad para los actos que llamamos libres.

En la misma línea, podemos señalar una idea que orbita la noción de demonio laplaciano. El problema de la futurición, o de los futuros contingentes, supone que Dios, al ser omnisciente, conoce, cuando menos de modo virtual, el resultado total del mundo, por lo que los hechos objetivamente están determinados aunque para nosotros tal devenir esté velado. En el ejemplo de Julio César, Leibniz sostendrá que todos los hechos del mundo están “asegurados” o “inclinados” pero sin incurrir en la necesidad, que de otro modo destruiría la contingencia.

Consideremos a Julio César cruzando el Rubicón. Para ello, hace falta contextualizar el evento. Pensemos quién es el protagonista del ejemplo y de dónde proviene. Aunque Julio César es conocido por ser un gran líder y estadista, más específicamente es recordado por ser acaso el más importante emperador de la gloriosa civilización romana, la cual es un paradigma indiscutible de la cultura occidental. El punto se encuentra en que la mayor república de la historia antigua se convirtió en cierto momento en el mayor imperio del mundo entonces, en aquél momento en que Julio César, sin saber el resultado, cruza el río Rubicón. César regresa de las campañas de las Galias, en donde ha apaciguado y asegurado las provincias. El senado le niega la entrada y sin una invitación no puede cruzar con su ejército hacia la ciudad de Roma. Los problemas y eventos de la política luego del triunvirato son largamente complicados y enredados, pero baste recordar que luego de la batalla de Alessia, César ha sido declarado como enemigo del senado. Desde que sus aliados del triunvirato, Craso y Pompeyo, le han abandonado, César no tiene apoyo ni alianzas estratégicas, muy al contrario es perseguido políticamente por personajes como Catón. Por otro lado, en pocos años la inmunidad senatorial de César expirará oficialmente y podrá ser blanco de diversas acusaciones y persecuciones. Es en este complejo contexto que Julio César cruza con sus legiones el Rubicón y al hacerlo, desafía al senado del pueblo de Roma y desata una cruenta guerra civil que culmina en su empresa exitosa de instauración del Imperio Romano.

César no conoce el desenlace, y es fundamental resaltar su espontaneidad, su audacia y el coraje para actuar a ciegas y con el mero cálculo de su razón para afrontar una situación en la que el devenir lo conocemos nosotros bien desde la lejanía, pero que, como referimos, César desconoce desde su experiencia subjetiva al momento de decidirse a cruzar.

Si pensamos en la mónada de Julio César tenemos que hay distintos momentos cambiantes, como el joven Gaio Julio César, el joven questor, o Julio César, el exitoso estratega de innumerables hazañas militares y también César, el emperador supremo de la más poderosa nación conocida en su tiempo. Si la mónada de Julio César es la sumatoria integral de todos estos instantes, ¿Cómo podríamos decir que su empresa no estaba asegurada con necesidad?

Leibniz refiere que la noción individual de una substancia individual presupone toda su esencia y está predeterminada, pero con este ejemplo busca introducir la distinción entre lo necesario y lo contingente. Todo lo que sucede por sus antecedentes puede decirse asegurado, pero no es necesario en cuanto su contrario no es imposible por sí mismo. Así, César ganando en Farsalia es un evento racional y comprobado, pero aunque esté asegurado, podría haber ocurrido lo contrario. De este modo Leibniz busca explicar que los eventos del mundo están inclinados pero sin necesidad. Al respecto de esta idea, debemos señalar algo que puede anticiparse fácilmente, y es que la solución no parece satisfactoria. La separación entre una necesidad lógica o metafísica y otra moral parece más bien conducir a lo que se combate, al fatalismo. La separación lingüística parece no adquirir un alcance real, en especial cuando atendemos al siguiente pasaje del *Discurso sobre Metafísica (2007):* “Las decisiones no tienen efecto en lo absoluto en las posibilidades de las cosas(…)Él determina nuestra voluntad a elegir lo que se nos aparece como lo mejor, pero sin hacer el evento necesario” (2007:7)

Al parecer, no es sólo César quien puede decir que la suerte está echada, sino que es una frase que le calza precisamente a Dios, el soberano de la república de mónadas. Con este ejemplo podemos ver la relación que tiene la predeterminación de la substancia individual y su problema con la libertad, pero a la vez, consideremos que para Leibniz es fundamental tanto la espontaneidad, como la contingencia sin necesidad, para el despliegue de los actos libres.

Así, hemos esbozado fugaz y someramente el aspecto determinista del pensamiento de Leibniz y queda ahora establecer los puntos en que ha intentado realizar una defensa de la libertad humana, para en último término poder integrar sus ideas.

Del pensamiento de Leibniz, podemos atender a diversos pasajes para derivar su defensa de la libertad, pero es especialmente en *La Teodicea (2014)* que hace un exhaustivo y clínico tratado sistemático de la controversia. Sería ella la fuente primordial de quien quisiera estudiar el fondo de este asunto, aunque muy probablemente carezca de sentido actualmente investigar un tema como el del problema de la libertad y el determinismo en el caso de Leibniz.

Nosotros intentaremos hacer un panorama, extrayendo lo exclusivamente necesario de tan extensiva cuestión. Podemos empezar por señalar lo expresado en *Libertad y Posibilidad (2006)*, en donde se estipula que sólo Dios es totalmente libre, mientras que las mónadas creadas encarnadas y con entelequias o almas poseen como una sombra minimizada de aquella libertad absoluta. A ello se añade lo dicho en *Diálogo real sobre la libertad humana (2006)* lo cual supone que la futurición no añade necesidad a los hechos, es decir, en la mente superlativa que excede nuestros límites, en el entendimiento divino, objetivamente, los futuros “contingentes” están asegurados, pero no se añade necesidad ni determinación a los actos “libremente” realizados.

Un aspecto fundamental de la defensa de la libertad leibniziana se puede encontrar en la crítica del silogismo del hombre perezoso. La falacia establece lo siguiente. Si algo va a suceder, sucederá con o sin mi esfuerzo. Si algo no va a suceder, no sucederá, sea que me esfuerce o no. De modo que no hace falta que me esfuerce en ningún sentido. Leibniz critica arduamente este argumento debido a que considera que la dejadez moral y la negligencia ética son consecuencias indeseables del fatalismo o del nihilismo. En la misma línea, critica el quietismo de los turcos, debido a que cuando los soldados otomanos recibían leves heridas, no se las trataban arguyendo que Dios lo quería así. Para Leibniz es singular que en un país con tan buenos médicos se permita tales fanatismos fatalistas, pues muchísimas muertes eran reportadas de tal estilo. Esto es llamado en la *Teodicea* como el fatalismo mahometano o fatalismo turco. Leibniz defiende un antiquietismo, es decir, la idea de que el problema moral de la libertad metafísica no debe atormentarnos en las deliberaciones prácticas. En el mismo sentido señala que no es un problema que interese a los geómetras o artesanos, pero sí a los teólogos y filósofos morales. En este sentido y otros que no vamos a aproximar, se rechaza la consideración de pseudo-problema de la controversia.

Vayamos, por fin, al corazón de la defensa de la libertad expuesta en la *Teodicea*. En la misma línea de la situación de un César cruzando el río para levantarse contra el poderoso senado, tenemos en este pasaje la importancia del desconocimiento subjetivo desde nuestra espontaneidad de los futuros contingentes, a la vez que se converge con la propuesta antifatalista.

Todo el porvenir está determinado, sin duda, pero como no sabemos el cómo, ni lo que está previsto y resuelto, debemos cumplir con nuestro deber, siguiendo a la razón que Dios nos ha dado y observando las reglas que nos ha prescrito, y luego debemos mantener el espíritu en reposo, dejando a cargo de Dios mismo el cuidado del resultado. (2014:158)

Aunque es discutible, a la luz de lo dicho en ese pasaje, podría pensarse en un compatibilismo para el caso de Leibniz, es decir, invita a pensar en que determinismo y libertad son compatibles de un modo armónico. Lo cierto es que si la perspectiva varía hacia otros pasajes, entonces se hace claro por qué tantos autores interpretan más a Leibniz en cuanto a un determinista. Pero al margen de si uno esté de acuerdo o no con sus teorías, o específicamente con su defensa de la libertad, lo cierto es que expresamente promueve un antiquietismo y un antifatalismo respecto a la aplicación práctica y moral de la libertad.

Atendamos a la puntual definición de libertad expuesta en este célebre pasaje de la *Teodicea*, en donde Leibniz resume su propuesta:

Hemos hecho ver que la libertad, tal como se explica en las escuelas de teología, consiste en la inteligencia, que envuelve un conocimiento claro y distinto del objeto de la deliberación; en la espontaneidad con la que nos resolvemos, y en la contingencia, es decir, en la exclusión de la necesidad lógica o metafísica. La inteligencia es como el alma de la libertad, y el resto es como el cuerpo y la base. La substancia libre se determina por sí misma y esto, según el motivo del bien, percibido por el entendimiento, que la inclina sin necesitarla; y todas las condiciones de la libertad están comprendidas en estas pocas palabras. Conviene, sin embargo, mostrar que la imperfección que se encuentra en nuestros conocimientos y en nuestra espontaneidad, y la indeterminación infalible que va envuelta en nuestra contingencia, no destruyen ni la libertad ni la contingencia. (2014:300)

Tal y como referimos al inicio de ésta sección, la tensión entre libertad y determinismo es notable en el caso de Leibniz y por ello lo podemos estimar como un gran armonizador y, siguiendo a algunos otros autores, podemos interpretarlo como un optimista. Leibniz sostiene el determinismo en el horizonte del mejor de los mundos posibles creado por el más sublime creador. Sostiene al mismo tiempo que el hombre es libre porque la “aseguración” de los hechos no los “determina”, sino que nuestras voluntades hacen falta, por mucho que hayan sido proyectadas en el conocimiento divino de los futuros contingentes, o a pesar de que las substancias individuales tengan predeterminadamente sus desenlaces y ritmos escritos.

Expuesto esto, podemos considerar que hemos hecho una exposición breve y parcial del aspecto determinista del pensamiento de Leibniz, así como de su defensa de la Libertad. A continuación, y finalmente, hagamos un contraste de los determinismos revisados anteriormente.

**Contraste entre los determinismos de Laplace y Leibniz**

La palabra determinismo tiene innumerables matices. Existen los determinismos neuro-biológicos, materialistas, sociológicos, teológicos, genéticos, psicológicos, culturales, económicos, lógicos, geográficos, históricos, ambientales y otros. En este caso hemos atendido a dos versiones filosófico-matemáticas del determinismo desarrollados en la modernidad. Su relación con la expectativa de un universo geométrico es inherente y como veremos tienen claros encuentros y evidente desencuentros. El determinismo de Leibniz se aproxima a la teología y busca no deshacer el sentido de la moral; podemos llamarlo un determinismo optimista o compatibilista (aunque, como ya referimos, esto sea discutible). El determinismo de Laplace es más extremo y llega al punto de negar a Dios y los actos libres. Podemos considerarlo como un determinismo mecanicista.

Lo más claro del recorrido supone que ambos están de acuerdo con que el mundo esté determinado, pero sus razones para sostener lo mismo los hace bifurcarse de caminos. Las razones que tiene Laplace para sostener el determinismo del mundo están relacionadas al horizonte de estabilidad cosmológica, en donde gracias a los principios newtonianos es posible predecir los desplazamientos de los cuerpos celestes y análogamente, los eventos de la Tierra se entienden gobernados por las mismas leyes universales. Si alguna vez hubo la propuesta de formular funciones geométricas para entender, explicar y predecir el mundo o la naturaleza, fue Laplace quien termino de personificar dicha empresa. El origen del mundo se explica en Laplace con la idea de una nebulosa primitiva y no parece haber espacio para Dios en sus propuestas. Por otro lado, la libertad, queda del mismo modo excluida y gracias a ello, podemos apreciar a Laplace como un determinista fuerte muy puro.

Alternamente, Leibniz, para quien el principio de razón suficiente le hace coincidir en que el universo está determinado, encuentra su razón para ello y la estabilidad del cosmos en otra causa menos herética. El papel de Dios es fundamental en la filosofía de Leibniz, y ello no puede dejar de tomarse en cuenta. El origen del mundo, en detrimento de lo expuesto por Laplace, es para Leibniz, no otro sino el creador más sublimemente bueno y sabio. Aunque siglos los separan, no es difícil adivinar que el ateísmo laplaciano hubiera escandalizado a Leibniz.

El otro aspecto esencial que separa sus pensamientos deterministas es el del papel de la libertad, ya que mientras en el caso de Laplace no tiene cabida alguna, para la filosofía de Leibniz es fundamental la defensa de la libertad humana, aunque conflictúe metafísica, teológica o prácticamente con otros aspectos del pensamiento de Leibiniz. Queda claro que mientras para Laplace no hay mayor problema en negar la libertad, reforzando sus postulados deterministas, por otro lado, Leibniz realiza un arduo esfuerzo por justificarla y alejar al hombre común del llamado fatalismo turco o el quietismo moral.

Hemos expuesto el determinismo de uno y otro, para poder matizar sus diferencias y aunque puede exceder las intenciones de éste artículo, no podemos dejar de mencionar posibles razones que expliquen tales conductas divergentes. Pensemos en que el cortesano Leibniz tenía un contexto mucho más cercano al medieval y a las prácticas inquisitivas. Tengamos presente que conocía del destino de Galileo y de la excomunión de Spinoza. Por otro lado, atendamos a que Laplace fue educado por una generación de enciclopedistas, ilustración que derivó en el colapso de la monarquía.

De este modo nos podemos quedar con la primera constatación de esta sección. Ambos racionalistas modernos sostienen versiones del determinismo mecanicista que pueden ser sopesados en contraste, específicamente, en los puntos de la libertad humana y sobre la existencia y el papel de Dios.

**Bibliografía**

* **Laplace, Pierre Simon, marquis de** (1839) *Mécanique Céleste.* Traducción al inglés de Nathaniel Bowditch LL. D. University of California Libraries. <https://archive.org/details/mcaniquecles01laplrich/page/n29>
* **Carlos Madrid Casado** (2012) *Laplace, la mecánica celeste: Este universo funciona como un reloj*. RBA Contenidos Editoriales y Audiovisuales, Navarra.
* **G.W. Leibniz** (2014) *Teodicea.* Ed. Biblioteca Nueva, Madrid.
* **G.W. Leibniz** (2006) *Real life dialogue on human freedom and the origin of evil* Ed. Jonathan Bennett. Early modern texts
* **G.W. Leibniz** (2006) *Freedom and Possibility* Ed. Jonathan Bennett. Early modern texts
* **G.W. Leibniz** (2006) *Making the case for god in terms of his justice which is reconciled with the rest of his perfections and with all his actions.* Ed. Jonathan Bennett. Early modern texts
* **G.W. Leibniz** (2007) *Monadology.* Ed. Jonathan Bennett. Early modern texts
* **G.W. Leibniz** (2007) *Discourse of Metaphysics.* Ed. Jonathan Bennett. Early modern texts

The same law (of gravitation proportional to mass) is observed upon the surface of the earth; for it has been found by very exact experiments, made with a pendulum, that if we neglect the resistance of the air, all bodies would fall towards the centre of the earth with an equal velocity. Such bodies gravitate therefore towards the earth, in proportion to their masses, in like manner as the planets gravitate towards the sun, and the satellites towards their primary planets. This perfect conformity in the operations of nature, upon the surface of the earth and in the immensity of space, proves, in the most striking manner, that the gravity observed upon the earth, is only a particular case of a general law extending throughout the universe. (1839:258)

It is an invariable law of nature, that a body cannot act on another, without experiencing an equal and contrary reaction; therefore, since the planets and comets are attracted towards the sun, they must in like manner attract that body. For the same reason the satellites attract their planets; this attractive property is therefore common to the planets, comets and satellites; consequently we may consider the gravitation of the heavenly bodies, towards each other, as a general law of the universe. (1839:256)

In Secular Inequalities:

It follows from what has been proved, that the excentricities of the orbits, and the position of the transverse axes, are subject to considerable variations, which in the course of time change the form of these orbits, in periods depending on the roots (*g1*, *g2*, …); and as it respects the planets, these periods include many centuries. We may therefore consider the excentricities as variable ellipticities, and the motions of the perihelia (the point in the orbit of a planet, asteroid, or comet at which it is closest to the sun) as not being uniform. These variations are very sensible in the satellites of Jupiter; and we shall show hereafter, that they explain the singular inequalities which have been observed in the motion of the third satellite. But the question arises whether these variations of the excentricities are limited in extent, so that the orbits will always be nearly circular. This is a subject which ought to be carefully examined. We have just shown that if the roots of the equation in *g* be all real and unequal, the excentricity *e* of the orbit of *m* will be always less the the sum (*N* + *N1*+ *N2* + …) of the coefficients of the sines of the expression of *h*, taken positively; and as these coefficients are supposed to be vert small, the value of *e* will always be small. Therefore, if we notice only the secular variations, the orbits of the bodies (*m, m1, m2. …* ) may become more or less excentrical, but they will never vary much from a circular form, though the positions of the transverse axes may suffer considerable variations. The axes will be invariably of the same magnitudes, and the mean motions, which depend on them will always be uniform, as we have seen before. The preceding results, founded on the smallness of the excentricities of the orbits, will always take place, and may be extended to all past or future ages; so that we can affirm, that the orbits of the planets and satellites never were, at any former period of time, and never will be, hereafter, considerably excentrical, so far as as it depends on their mutual attraction. But this would not be the case, if any of the roots (*g1*, *g2*, …), were equal or imaginary: the sines and cosines of the expressions of (*h, l, h1, 1l, …*) corresponding to these roots, would become arcs of a circle, or exponential quantities; and as these quantities would increase indefinitely with the time, the orbits would at length become very excentrical. The stability of the planetary system would in this case be destroyed, and the results we have found would cease to take place. (1839: 604)

1. Es una invariable ley de la naturaleza, el que un cuerpo no puede actuar sobre otro, sin experimentar una igual y contraria reacción; por lo tanto, desde que los planetas y cometas están atraídos por el Sol, ellos deben de la misma manera atraer a tal cuerpo. Por la misma razón, los satélites atraen sus planetas; ésta propiedad de atracción es por lo tanto común a los planetas, cometas y satélites; consecuentemente podemos considerar la gravitación de cuerpos celestes, entre sí mismos, como una ley general del universo. [↑](#footnote-ref-2)
2. La misma ley (de gravitación proporcional a la masa) es observada sobre la superficie de la Tierra, por cuanto se ha encontrado en experimentos muy exactos, hechos con un péndulo, que si obviamos la resistencia del aire, todos los cuerpos tienden a caer hacia el centro de la tierra con una velocidad igual. Tales cuerpos gravitan, por lo tanto, hacia la Tierra, en proporción a sus masas y en la misma manera en que los planetas gravitan en torno al Sol, y los satélites sobre sus planetas principales. Esta conformidad perfecta en las operaciones naturales, sobre la superficie de la Tierra y en la inmensidad del espacio, prueba, de la manera más contundente, que la gravedad observada en nuestro planeta, es sólo un caso particular de una ley general que se extiende a través del universo. [↑](#footnote-ref-3)
3. Se sigue de lo que ha venido probándose, que las excentricidades de las órbitas, y la posición de ejes transversales, están sujetos a variaciones considerables, las cuales en el curso del tiempo cambian la forma de tales órbitas, en períodos dependientes de sus raíces (g1, g2, ..); y en lo que respecta a los planetas, estos períodos pueden incluir siglos. Podemos, por lo tanto, considerar las excentricidades como elipticidades variables, y los movimientos perihélicos (el punto en la órbita de un planeta, asteroide o cometa en que se encuentra más cercano al sol) como no siendo uniformes. Tales variaciones son muy sensibles en los satélites de Júpiter; y mostraremos, en adelante, que explican las singulares inequidades que han sido observadas en el movimiento de un tercer satélite. Pero la pregunta surge al considerar si tales variaciones de las excentricidades están limitadas, de modo que las órbitas siempre serán casi circulares. Este es un tema que debe ser cuidadosamente sopesado. Acabamos de mostrar que si las raíces de la ecuación para “*g”* son reales y desiguales, la excentricidad “*e”* de una órbita de “*m”* serán siempre menores a la suma de los coeficientes de los senos de la expresión de “*h*”, tomado positivamente; y desde que los coeficientes se suponen muy pequeños, el valor de “*e”* será siempre pequeño. Por lo tanto, si notamos sólo las variaciones seculares, las órbitas de los cuerpos pueden volcarse en más o menos excéntricas, pero nunca varían mucho de una forma circular, aunque la posición de los ejes transversales puedan sufrir variaciones considerables. Los ejes serán invariablemente de la misma magnitud y los movimientos principales que depende de éstos serán siempre uniformes, tal y como hemos visto. Los resultados precedentes, fundados en la pequeñez de las excentricidades de las órbitas, siempre tomarán lugar y ello puede extenderse al pasado o a futuras edades; de modo que podemos afirmar, que las órbitas planetarias y satelitales nunca fueron en ningún pasado período de tiempo, y nunca serán, en adelante, consideradas excéntricas, por cuanto depende de su atracción gravitacional mutua. Pero esto no sería el caso si cualquiera de tales raíces fueran iguales o imaginarias: los senos y cosenos de las expresiones h, l, h1, l1, etc, correspondientes a tales raíces, se convertirían en arcos de un círculo, o cantidades exponenciales; y desde que tales cantidades crecieran indefinidamente con el tiempo, las órbitas a la larga se tornarían en muy excéntricas. La estabilidad del sistema planetario se vería, así, destruida y los resultados que hemos encontrado dejarían de tener lugar. [↑](#footnote-ref-4)