



TIEMPO, CAMBIO Y MEDIO AMBIENTE

Eduardo SÁNCHEZ DE LA IGLESIA
edu48sanchez@gmail.com

Recibido: 27 de febrero del 2020
Enviado a evaluar: 3 de marzo del 2020
Aceptado: 15 de junio del 2020

RESUMEN

Esta investigación, trata acerca de la relación entre las hipótesis principales de la gravedad cuántica de bucles y la dinámica ambiental. Con este objetivo en mente, se ha realizado un análisis en profundidad de la obra: "El orden del tiempo", cuya autoría corresponde a Carlo Rovelli. Para ello, se han estudiado 70 términos presentes en el texto de referencia, analizando sus definiciones, influencias y relaciones con otras ramas científicas; teniendo en cuenta la presencia del tiempo, el cambio y la evolución, en la concepción de esos términos. Durante el transcurso de este trabajo, se apreciaron distintas peculiaridades utilizadas para estructurar la aplicación de los conceptos analizados, donde se presentan distintas temáticas ambientales que actualmente suponen una oportunidad, y que podrían resultar relevantes en un futuro. Además, se plantea la necesidad de modificar el lenguaje científico asociado a esta disciplina, en concordancia con sus hipótesis de trabajo.

Palabras clave: Gravedad cuántica de bucles, tiempo, naturaleza, cambio, lenguaje científico.

TIME, CHANGE AND ENVIROMENT

ABSTRACT

This exploratory research, focuses on the relationship between loop quantum gravity's main hypothesis and the environmental dynamics. With this aim in mind, we have analysed the book called: "The order of time", by Carlo Rovelli. In this way, we have studied 70 words, which are presented in the reference text of this research; analysing their definitions, influences and the common points with other scientific disciplines. Also considering the importance of the time, the change and the evolution in the conception of this words. During this research, it has been observed some singularities, which were key points for structuring the implementation of the analysed words application. Throuhout a chapter where we talk about several environmental topics, nowadays considered as an opportunity for future researches. Moreover, the research discusses about the need of the scientific language used by this discipline, according to its own hypothesis.

Keywords: Loop quantum gravity, time, nature, change, scientific language.

TEMPS, CHANGEMENT ET ENVIRONNEMENT

RÉSUMÉ

Cette recherche traite de la relation entre les principales hypothèses de la gravité quantique en boucle et la dynamique environnementale. Dans cet objectif, une analyse approfondie de l'œuvre a été réalisée: "L'ordre du temps", dont la paternité correspond à Carlo Rovelli. Pour ce faire, 70 termes présents dans le texte de référence ont été étudiés, analysant leurs définitions, influences et relations avec d'autres branches scientifiques; prise en compte de la présence du temps, du changement et de l'évolution dans la conception de ces termes. Au cours de ce travail, différentes particularités utilisées pour structurer l'application des concepts analysés ont été appréciées, où différents thèmes environnementaux sont présentés qui représentent actuellement une opportunité, et qui pourraient être pertinents à l'avenir. Par ailleurs, il est nécessaire de modifier le langage scientifique associé à cette discipline, en fonction de ses hypothèses de travail.

Mots-clés: Boucle gravitation quantique, temps, nature, changement, langage scientifique.

1. INTRODUCCIÓN

La relevancia de la dimensión comunicativa en el entorno de cualquier disciplina científica es más que evidente, y aún mayor parece su importancia, cuando la temática a tratar se complica de manera significativa, hasta llegar a discurrir acerca de uno de los elementos más profundos y desconocidos de la existencia vital: "el tiempo". Un tiempo que traspasa los límites del conocimiento humano, huyendo de la consideración subjetiva antropocéntrica, para posicionarse como una de las grandes incógnitas multidisciplinares de carácter natural, que afecta a cuantos acontecimientos suceden en el ámbito medioambiental más ampliamente definido. "Me detengo y no hago nada. No sucede nada. No pienso nada. Escucho el discurrir del tiempo" (Rovelli, 2018, p. 9).

Dejando a un lado la corriente más filosófica del estudio del tiempo, es palmario que la publicación de la Teoría de la Relatividad General en 1915, supuso un cambio radical en el escenario temporal. A pesar de que Einstein, buscaba la respuesta a las grandes preguntas existenciales de la razón humana, sus pensamientos tuvieron un efecto totalmente contrario, ya que a raíz de su publicación, surgieron nuevas cuestiones hasta ese momento inexistentes. Aunque la Teoría de la Relatividad, clarifica una cuestión trascendental para el desarrollo de la dinámica temporal, puesto que destaca el razonamiento de que la estructura temporal del universo define un orden de eventos que no son ni presentes ni futuros. Simplemente existen (Rovelli, 2018).

Para Einstein (1984), el tiempo es dependiente de las masas establecidas en un entorno específico, además de ser influido por sus movimientos y sus relaciones con el entorno. Discurriendo acerca de la idea del tiempo propio de los acontecimientos, una idea que conforma uno de los pilares básicos de la física actual. Es decir, el papel de la física moderna es comparar e intentar comprender la evolución de los tiempos propios de cada acontecimiento, uno con respecto a otro.

La Teoría de la Relatividad nos informa de la sutil estructura de la naturaleza, conformando además uno de los pilares fundamentales de la física del siglo XX. Pero no se puede omitir que el siglo XX, también viene marcado por el desarrollo de otra de las teorías físicas más exitosas de la historia de la humanidad: la mecánica cuántica. Estas dos formas de percibir la naturaleza permanecen vigentes en la actualidad científica, por su funcionamiento incuestionable a la hora de propiciar una transformación profunda en el modo de vida humano. Sin embargo, estas teorías aunque válidas, no pueden ser más contrapuestas entre sí; tanto que el propio Rovelli (2018), ironiza discurrendo acerca de un universo conformado de día, por un espacio curvo donde todo es continuo, en referencia a Einstein; y por la noche, con un universo entendido como un espacio plano donde saltan cuantos de energía, en relación con la mecánica cuántica.

Sea como fuere, estas dos teorías han inspirado a toda una generación de científicos que buscan dar respuesta a las preguntas cruciales de la existencia, intentando unificar ambas teorías mediante una disciplina denominada: "gravedad cuántica de bucles". Esta nueva perspectiva del universo en su conjunto, nos informa de la posibilidad no remota de establecer una teoría física general sin fijar un espacio y un tiempo elementales, sino fundamentando una dinámica cuántica, que no obedece los designios ni del espacio ni del tiempo, simplemente por el mero hecho de que no los conoce. "El mundo es percibido como eventos, sucesos y relaciones; prescindiendo del tiempo de la física elemental" (Rovelli, 2018, p. 75).

La gravedad cuántica de bucles, defiende la idea de un espacio no continuo, como establece la mecánica cuántica, que no se divide hasta el infinito, y que de manera novedosa está configurado por átomos de espacio. Estos átomos de espacio, determinados a partir de diversas fórmulas matemáticas, no son independientes unos de otros, sino que conforman una red anillándose entre sí. Siendo estos anillamientos denominados bucles, las estructuras clave que dan nombre a esta disciplina.

Sin embargo, esta modalidad no se compone únicamente del estudio de la física más teórica, sino que tiene en cuenta las ideas clásicas y su desarrollo en otras disciplinas. Este es uno de los motivos que permiten entender las diversas influencias que Carlo Rovelli muestra en sus escritos, donde menciona conceptos relacionados con Aristóteles, Platón o el propio San Agustín.

Por otra parte, el cambio también comienza a ser protagonista las nuevas formas de comprensión del universo. "El mundo no deja de cambiar ante nuestros ojos a medida que los vemos mejor" (Rovelli, 2016, p. 59). Las cosas cambian y evolucionan, al menos desde el punto de vista de cualquier ser humano. ¿Pero son las cosas las que cambian en el universo o es el universo el que cambia, y como consecuencia las cosas deben adaptarse a ese cambio? En este sentido, Zubiri (1996) argumenta que el cambio es un aspecto de la manera de cómo la cosa está en el mundo, es un momento de su ser.

Sea como fuere el cambio es un proceso sosegado, algo lento incluso. Tanto es así, que el filósofo francés Paul Virilio lo ilustra con la siguiente frase: "Estamos parados a velocidad vertiginosa" (Safranski, 2017). Nuestra experiencia es limitada, y a pesar de presenciar la duración del tiempo día tras día, es posible que el tiempo en sí no sea accesible para los organismos, sino que únicamente podamos ser testigos de sus efectos..

1.1. EL LENGUAJE CIENTÍFICO EN: "EL ORDEN DEL TIEMPO"

La obra científica de Carlo Rovelli, cuya relevancia en diversos campos pertenecientes tanto a la física teórica, siendo uno de los investigadores fundadores de la denominada "gravidad cuántica de bucles"; como a la filosofía de la ciencia, actuando como miembro de la Academia Internacional de Filosofía de la Ciencia; es un claro ejemplo de la importancia y el valor de la multidisciplinariedad en el seno de cualquier disciplina científica de primer nivel.

Además, el científico italiano destaca en la labor divulgativa a través de sus propios libros y publicaciones como "El orden del tiempo" o "7 breves lecciones de física"; y colaboraciones en prensa de prestigio. De hecho, tanta es su relevancia en esta materia, que se ha ganado el apodo del "Nuevo Hawking", impuesto por parte de la prensa internacional y de la comunidad científica.

La obra de Rovelli, contribuye de manera significativa a concebir una nueva percepción de la dinámica temporal, que entra en conflicto con la comprensión clásica del tiempo y que conduce a establecer una de las hipótesis de trabajo de esta investigación, en la que cabe preguntarse si realmente el lenguaje científico actual, está preparado para afrontar los cambios relativos a los descubrimientos actuales. "Las ciencias naturales han llegado a conocer que el tiempo no es una magnitud absoluta" (Safranski, 2017, p.19), y este hecho dota de gran incertidumbre al lenguaje actual.

Con esta cuestión como punto de partida, se ha establecido un minucioso análisis de la obra reciente de Carlo Rovelli, como una de las figuras más reconocidas pertenecientes a la gravidad cuántica de bucles. Para ello, ha sido estrictamente necesario focalizar el estudio en aquellos conceptos, a los que el autor hace especial hincapié, todos ellos clave para comprender las diversas influencias, especialmente clásicas, de las investigaciones actuales y soportar las nuevos campos que tratan de ampliar nuestro conocimiento del mundo.

El tamaño muestral de este análisis se corresponde 70 conceptos, relacionados con la concepción actual de la variable tiempo, según el punto de vista del autor y de su disciplina de referencia, asociada con la comprensión de las leyes naturales. Por esta razón, el primer paso de este análisis general, ha sido acudir a su último libro "El orden del tiempo", destacando aquellos términos apropiados para configurar este estudio.

A raíz de esta selección conceptual, se pretende establecer conexiones entre los mismos, y comprobar la influencia de las variables tiempo y

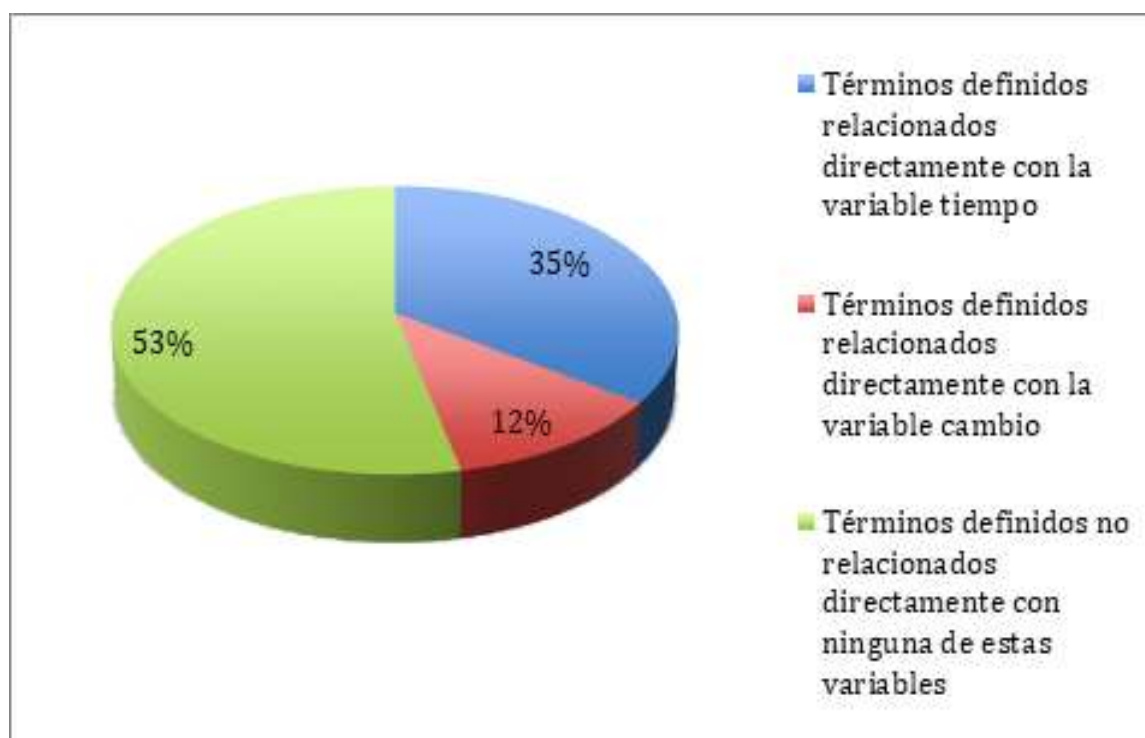
cambio, en la consideración moderna de la gravedad cuántica de bucles y la naturaleza. De la misma forma que comprobar la influencia de las teorías físicas clásicas y de otras disciplinas, en las vertientes de consideración actuales.

Tabla 1. Conceptos analizados en este trabajo. Elaboración propia.

Acontecimiento	Huella
Ahora	Independencia temporal
Agujero negro	Indeterminación
Baja entropía	Indexicalidad
Bucle	Indicidad
Calor	Longitud de Planck
Campo	Memoria
Campo gravitatorio	Naturaleza
Causa	No conmutatividad
Cuanto	Orden parcial
Desenfoque	Peculiaridad
Desordenamiento	Presente
Dinámica	Presente extendido
Elasticidad	Presente universal
Energía	Presentismo
Entropía	Red de tiempos
Espacio	Relatividad especial
Espacio contenedor	Ralentización temporal
Espacio ilimitado	Reloj
Espacio interplanetario	Sentido externo
Espacio vacío	Sentido interno
Espuma de spín	Suelo
Estado macroscópico	Tenuidad del aire
Estado microscópico	Teoría de bucles
Eterna corriente	Termodinámica
Eternalismo	Tiempo
Eternidad	Tiempo cuántico
Evolución	Tiempo de Planck
Fenómeno	Tiempo propio
Fluctuación	Tiempo real
Fluir	Tiempo térmico
Forma	Trayectoria
Fuerza de la gravedad	Unicidad
Granularidad	Universo de bloque
Gravedad cuántica	Velocidad

Fuente: Elaboración propia.

Figura 1. Términos definidos relacionados con la variable tiempo y cambio.



Fuente: Elaboración propia, a partir de la tabla 1.

En primer lugar, cabe señalar que existen 10 términos de los 70 recopilados, que no se encuentran definidos por Carlo Rovelli, lo que supone un 14% de la muestra total, dando lugar a la primera selección de términos establecida en el trabajo. Teniendo en cuenta esta circunstancia, se presenta la figura 1 donde se aprecian la cantidad de términos definidos en la obra de Rovelli, y que se asocian directamente con el tiempo o el cambio.

En relación con la figura 1, se descubre que de los 60 términos definidos dentro de la obra de Rovelli, 32 no pueden asociarse directamente con ninguna de las variables en cuestión, puesto que ni el término tiempo ni cambio aparecen explícitos en la interpretación de Rovelli. En contraposición, existen 21 conceptos en los que aparece la palabra tiempo en su definición, lo que supone un 35% del total de términos definidos. El 12 % restante, se encuentra ligado a los términos que incluyen el cambio en la obra de Rovelli, un total de 7 conceptos. Además llama la atención, que no exista ninguna definición que incluya las dos variables simultáneamente.

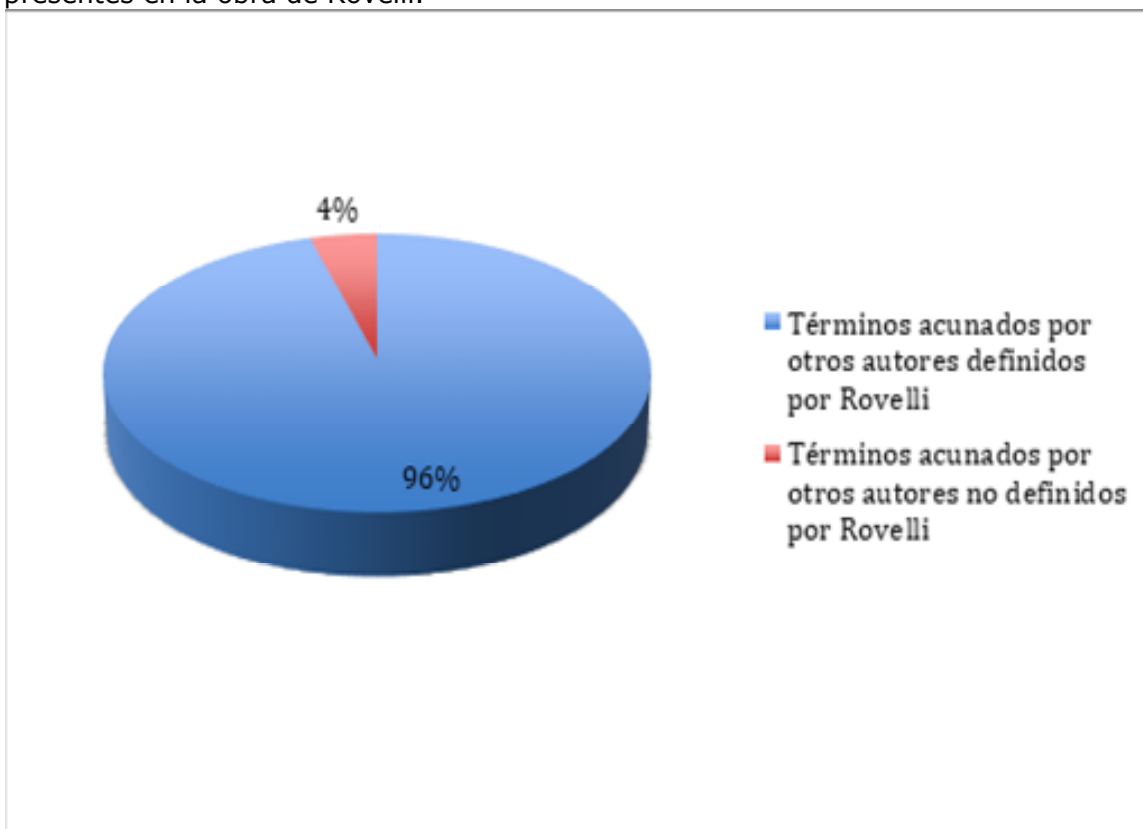
Sin embargo, es preciso apuntar que la figura 1 está efectuada a partir de las definiciones en las que aparecen tiempo y cambio explícitamente. De manera, que no están contabilizadas los términos que contienen en su determinación, palabras como evolución, que podrían relacionarse indirectamente con las variables anteriores. También hay que mencionar, que no se han añadido a la figura anterior los distintos tipos de tiempo que Rovelli diferencia.

2. LA IMPORTANCIA DE LOS AUTORES CLÁSICOS EN: "EL ORDEN DEL TIEMPO"

Uno de los objetivos que persigue esta investigación, consiste en evaluar la importancia e influencia de las teorías físicas clásicas (especialmente las desarrolladas a principios del siglo XX), en las hipótesis más recientes relativas a la variable tiempo. Con este fin en mente, y basándose en los conceptos analizados correspondientes a la tabla 1, se ha procedido al análisis de las distintas personalidades a las que Rovelli alude en su obra, a la hora de usar e ilustrar la procedencia de los conceptos seleccionados.

La figura 2, permite apreciar la importancia que otorga Rovelli a definir los conceptos citados en la tabla 1, procedentes de otros autores, con el empeño de aclarar sin ningún tipo de suspicacia o controversia, la utilización de cada uno de los términos en el contexto apropiado. Con ese propósito en mente, Rovelli define 22 de los 23 conceptos extraídos de la obra de otros autores, lo que supone el 96%, con la única excepción del espacio contenedor de Newton, del cual no se ofrece una definición como tal dentro del texto analizado.

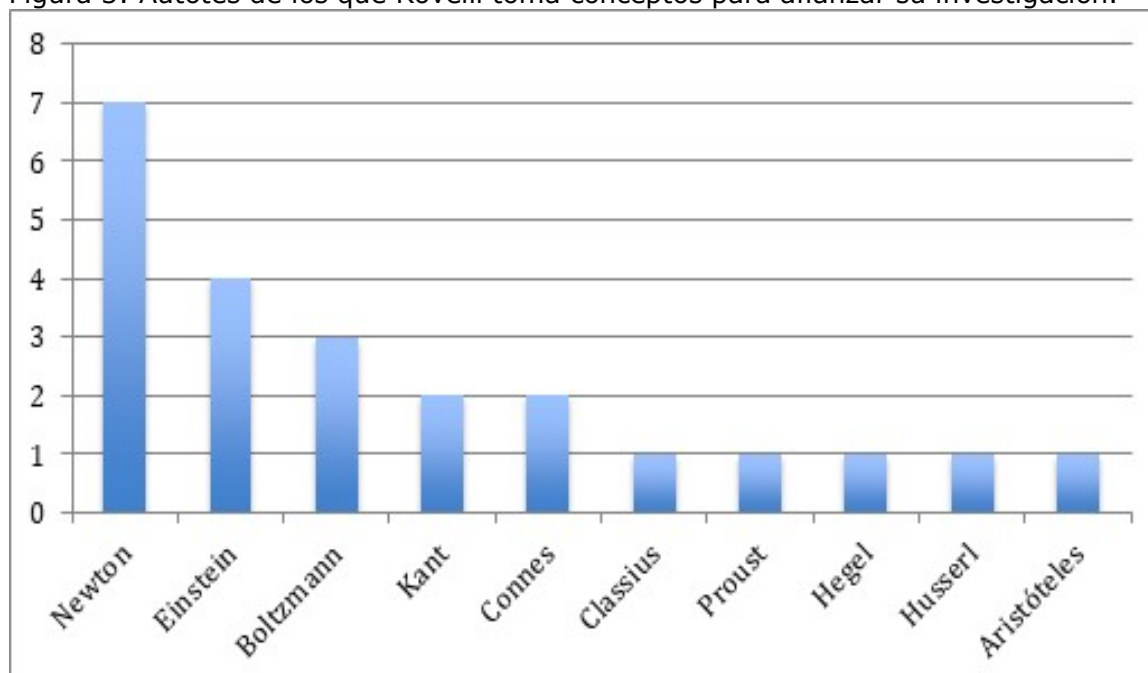
Figura 2. Número de términos constatados, acuñados por otros autores conocidos, presentes en la obra de Rovelli.



Fuente: Elaboración propia, a partir de la tabla 1.

A partir de la figura 3, se puede comprobar la diversidad de autores a los que Rovelli (2018) hace referencia en su obra, y de los que toma conceptos esenciales para afianzar sus propias ideas. Como se puede apreciar, Rovelli destaca por su gran admiración por las teorías físicas clásicas, especialmente por "El padre de la física", Sir Isaac Newton, del que utiliza 7 términos. También es tremendamente importante en su obra Albert Einstein, al que menciona en innumerables ocasiones y del que referencia 4 conceptos. Sin embargo la figura demuestra además, que el autor se interesa por investigadores de otras disciplinas y diversas épocas, como es el caso de Kant o Hegel, relacionados con su formación en filosofía.

Figura 3: Autotes de los que Rovelli toma conceptos para afianzar su investigación.



Fuente: Elaboración propia, a partir de la tabla 1

La figura 3 además, permite observar la multidisciplinariedad imperante en la concepción de la gravedad cuántica de bucles y en el estudio del tiempo, donde son necesarios términos acunados y utilizados en distintas especialidades, para dotar de sentido al conjunto de las investigación. Aunque resulta llamativo no encontrar ninguna influencia más relacionada con el estudio del medio ambiente, propiamente dicho. Debido a que no se puede obviar que la gravedad cuántica de bucles se establece como disciplina científica empírica, y cómo tal, está basada en la experiencia humana y en la percepción de los fenómenos naturales que acontecen en la naturaleza, integrando en ella, nuevas percepciones y matices.

A través de este razonamiento, y tras contemplar los datos aportados por las figuras 2 y 3, la gravedad cuántica de bucles se dispone como una disciplina enfocada en el futuro, pero en la también juegan un papel esencial las teorías físicas clásicas y diversas materias relacionadas de una manera u otra con el medio ambiente. Por lo que se puede afirmar, que los orígenes científicos personificados en figuras de la relevancia de Einstein o Newton, siguen a día de hoy, muy presentes en lo relativo a la comprensión

de la dinámica universal y del medio ambiente. Además, cabe destacar una multidisciplinariedad ligada a esta materia, que podría establecerse como una herramienta clave en el nivel de comprensión alcanzado por ésta en las próximas décadas.

3. APLICACIÓN DE LOS CONCEPTOS ANALIZADOS: RELACIÓN ENTRE LA GRAVEDAD CUÁNTICA DE BUCLES, EL MEDIO AMBIENTE Y OTRAS DISCIPLINAS

El estudio de la obra de Rovelli, ha puesto de manifiesto la relación de la gravedad cuántica de bucles con otras disciplinas, como se demuestra a raíz de diversos conceptos que se encuentran interrelacionados. Así pues, se presentan una serie de temáticas que asocian la gravedad cuántica de bucles, el análisis de la obra "El orden del tiempo", la evolución, el cambio, la naturaleza y teorías desarrolladas por científicos de gran prestigio, que podrían desembocar en estudios futuros de cierta relevancia.

3.1. RELOJ INTERNO DE LOS SERES VIVOS

La acción del factor tiempo en la dinámica ambiental, corresponde con una temática de gran importancia en la comprensión de la naturaleza. Por esta razón, es preciso ahondar en esta cuestión, dando pie a la labor concreta de la dinámica temporal en el interior de los propios seres vivos, y su relación con los distintos factores ambientales que tienen lugar en la naturaleza.

A pesar de que la gravedad cuántica de bucles, es una disciplina perteneciente al campo de la física teórica, Rovelli (2018), establece una relación directa entre esta materia y la biología moderna, a través de su definición de reloj. Un reloj, entendido como cada uno de los procedimientos intrínsecos que tienen lugar en los organismos vivos, y que da pie a la integración dentro de este contexto de una disciplina denominada "cronobiología".

En este caso la cronobiología es entendida como un campo científico relacionado estrechamente con un reloj biológico endógeno, que los seres vivos poseemos y que regula distintas funciones bioquímicas, fisiológicas y conductuales, asociado a los cambios ambientales a los que estamos expuestos a lo largo del día (Guido, 2013). Una materia que ha ido ganando peso en los últimos treinta años, debido al estudio de los procesos biológicos en función de la variable tiempo, aunque sus orígenes son mucho más remotos.

En 1729, el astrónomo francés Jean DeMairan, realizó la primera investigación cronobiológica de la historia, estudiando los ciclos de una planta sensitiva a la que sometió a intervalos luminosos y de oscuridad, además de variaciones de temperatura. Como resultado, obtuvo que el ritmo de la planta era endógeno, a la par que presentaba un periodo cercano a 24 horas, y que podía ser puesto en hora influenciado por la inversión del ciclo de luz-oscuridad (Guido, 2013).

El análisis de la cronobiología, lleva asociado la existencia de un tiempo biológico. Una variable interna y precisa, medida en el interior de cada organismo vivo, estrechamente relacionada con la conciencia del tiempo. Y es que, como se ha mencionado anteriormente, "medir el tiempo en el que

se desarrollan los procesos biológicos, mejora la comprensión de los seres vivos" (Levinas, 2008, p. 95). Según informa Guido (2013), los ritmos circadianos están dirigidos por relojes innatos, que se conservan evolutivamente a lo largo de todo el árbol filogenético, es decir, desde las cianobacterias hasta los seres humanos. Siempre y cuando, las condiciones ambientales se mantengan constantes, siendo además sincronizables, pues se ven influenciados por factores naturales como la luz o la temperatura.

Una vez conocidas estas características, se abre un debate un tanto filosófico sobre la libertad de los comportamientos de los seres vivos. Según indica Rovelli (2018), los comportamientos libres están determinados por lo que sucede en el interior de los seres vivos. Aunque esta libertad, se encuentra influida por las millones de interacciones fugaces que tienen lugar en el interior de los seres vivos. Sin embargo, estas interacciones ocurren durante una duración, producidas en el seno de los ritmos internos de cada organismo en particular, y confeccionando además, procesos biológicos diferentes. Por lo tanto, la supuesta libertad de comportamiento y acción de cualquier ser vivo, que evidentemente se encuentra influenciada por los cambios y la evolución del medio ambiente como factor externo, también se haya limitada por sus propios relojes internos y las interacciones producidas en su interior, en el seno de los distintos ritmos naturales que se aprecian en los seres vivos.

En palabras del filósofo Baruch Spinoza: "no hay un yo y mis neuronas, se trata de una misma cosa" (Rovelli, 2016, p. 86). En este caso, se produce una aproximación a esta temática entendiendo los organismos como procesos complejos, cuyo comportamiento es totalmente imprevisible, debido a la cantidad de variables externas e internas que intervienen en el mismo. "El yo que decide, es el yo que se forma, aunque no sabemos exactamente cómo" (Rovelli, 2016, p. 87). Esta afirmación, complementa perfectamente el razonamiento de Spinoza, un "yo" que se forma a través de su propia dinámica interna, cuya interacción depende de los procesos biológicos que ocurren en su interior.

Siguiendo con lo argumentado por (Golombek, 2001), se puede concluir que los factores ambientales se comportan como sincronizadores biológicos, que ajustan la duración de un reloj circadiano a veinticuatro horas del medio ambiente. Además, se asegura que los ritmos circadianos están presentes en todos y cada uno de los seres vivos. Por lo tanto, la existencia de estos relojes condiciona manera la dinámica ambiental, ejerciéndose una doble influencia: la que ejercen los factores ambientales sobre los ritmos circadianos, y la que ejercen los ritmos circadianos sobre el medio ambiente, puesto que afectan al comportamiento de los seres vivos.

Aunque para comentar la influencia de los relojes internos de los seres vivos, y determinar su relevancia dentro de la evolución del medio ambiente, es necesario introducir un nuevo término denominado "zeitgeber". En este caso, traducido del alemán como factor dador de tiempo o como un agente sincronizador en referencia a los cambios ambientales, cuya finalidad es mantener los ritmos biológicos. Diversas investigaciones han concluido, que el sincronizador ambiental más relevante existente en la naturaleza es el ciclo luz-oscuridad, esencial para el proceso fotosintético, y para establecer los comportamientos de multitud de animales.

Una vez analizado todo este planteamiento, y siguiendo la reflexión de Golombek (2001), es evidente que los ritmos circadianos están presentes

en todos los seres vivos, pudiendo establecerse como resultado, que todo organismo en cuyo interior se desarrollen relojes biológicos podría considerarse como ser vivo. Por lo tanto, estaríamos ante una nueva característica común de todos los seres vivos que conforman la naturaleza en su más amplia consideración. Por ello, se presenta un debate bastante controvertido sobre los seres vivos, puesto que a pesar de verse influenciados decisivamente por los distintos factores ambientales externos, deberían presentar relojes biológicos internos sincronizados con estos factores ambientales, para poder ser catalogados como tal, y evolucionar complementariamente a ellos.

También se establece la incógnita de conocer, cuál es la duración mínima de un ritmo biológico, y si ésta podría guardar relación con el denominado tiempo de Planck, siendo éste, la duración mínima donde se manifiestan los efectos cuánticos del universo, y donde la conciencia del tiempo deja de existir. En este caso Zubiri (1996), define la unidad del tiempo como el sincronismo de los distintos tiempos. Una definición, que podría completarse a través de la comprensión de los "zeitgeber" y de los relojes biológicos por parte de la comunidad científica, y que podría llevar a una consideración definitiva, de aquello que se denomina unidad temporal.

Asimismo, conviene establecer que la idea de sincronismo temporal de los relojes internos de los seres vivos, es una consideración colectiva de los seres vivos como conjunto integrante de la naturaleza, y no únicamente una concepción individual de cada organismo por separado. "Nacemos y morimos como nacen las estrellas, tanto individual como colectivamente" (Rovelli, 2016, p. 91). Y es que no hay que olvidar, que los organismos ejercen una influencia sobre el medio ambiente de manera individual, pero que además pueden generar otra influencia diferenciada de la anterior, de manera conjunta. Este hecho, es debido a que cada organismo particular cumple una función dentro de cada ecosistema, pero cada especie (entendida como conjunto de individuos con características similares), también tiene asociada una labor dentro del ecosistema. Una acepción colectiva, que se acentúa en función del sincronismo de los ritmos biológicos, relacionados con la acción irremediable de los distintos "zeitgeber" presentes en la naturaleza.

3.2. CALOR Y ENTROPÍA EN LA EVOLUCIÓN NATURAL

En todos y cada uno, de los acontecimientos y fenómenos que tienen lugar en el universo, la transferencia energética es un proceso que sucede de manera natural. Este hecho, ha provocado que la relación entre el calor, la entropía y el medio ambiente se haya acentuado de manera ostensible en las últimas décadas. De hecho, la relación existente entre la entropía, el calor y el medio ambiente puede entenderse propia de estudios multidisciplinarios.

¿Pero por qué es tan importante el estudio del calor y la entropía, dentro de la dinámica temporal y del cambio natural?

Rovelli (2018) lo indica perfectamente, afirmando que en las ecuaciones del mundo, la flecha del tiempo aparece únicamente cuando hay calor. Aunque Rovelli (2018), no se queda únicamente en este pensamiento, argumentando desde su formación filosófica que la diferencia entre presente y futuro, no existe en las leyes elementales que describen los mecanismos del mundo, sino que esta diferencia solo es apreciable si

durante el ocurrir de los acontecimientos, se produce un intercambio de calor entre los componentes de los mismos. En esta línea, se puede considerar que la existencia de causas comunes en el pasado, es resultado específico de la baja entropía pasada.

De hecho, si atendemos a la perspectiva más puramente teórica asociada a los grandes retos de la Física más actual, nos encontramos ante un periodo de búsqueda y análisis de una herramienta, que permita la articulación de la física cuántica y la gravedad. En este sentido, se está desarrollando una alternativa denominada: gravedad asintóticamente segura. Según Rodríguez (2018), esta corriente permite un enfoque diferenciado sobre la gravedad cuántica, proyectando un nuevo modelo de espacio. Aunque de manera simplificada, consiste en adoptar una nueva perspectiva de análisis de las ideas físicas tradicionales. Es decir, intenta demostrar que a distancias ínfimas (longitud de Planck, y menores), las propiedades del espacio- tiempo no se modificarían, facilitando la comprensión y los cálculos a escalas diminutas.

Una posibilidad, que recuerda en gran medida al comportamiento de un fractal (objeto o sistema complejo, que repite un mismo patrón o estructura en distintas escalas espacio- temporales). "La geometría fractal describe objetos geométricos que son autosemejantes o simétricos en escala" (de Spinadel, 2003, p. 85). Aunque en realidad, este tipo de simetría desarrollada por Mandelbrot en 1980, surge con el objetivo de tratar de modelizar fenómenos naturales de comportamiento peculiar.

Con este pensamiento, Rovelli (2018) indica la importancia de estas variables dentro de la gravedad cuántica de bucles, puesto que el intercambio de calor, la conservación de la energía y la entropía gobiernan no solo el pensamiento científico, sino la realidad del medio ambiente. Cuando cualquier ser vivo que se encuentre en una etapa de crecimiento o desarrollo, se produce un aumento progresivo de su energía interna, almacenada día tras día, como consecuencia directa de su aumento de masa (Cussó, López y Villar, 2004).

De la misma forma, Cussó et al (2004) defiende que durante el crecimiento de un ser vivo, se produce una disminución de la entropía como resultado del incremento del orden del mismo. Una entropía, definida por Rovelli (2018) como la magnitud que mide el transitar del calor en una dirección, y que supone el punto de partida de la idea, de que el tiempo discurre en el sentido correspondiente al incremento de entropía de los procesos espontáneos en sistemas aislados. De hecho, en el momento en que se produce un proceso irreversible en el seno de un sistema aislado, la entropía del sistema aumenta irremediablemente; mientras que si se produce un proceso reversible, la entropía del mismo permanece constante, es decir, no cambia. Sin embargo, estas consideraciones no son del todo aplicables a los seres vivos, y más concretamente los seres humanos como especie, ya que evidentemente no somos sistemas aislados ni podemos llegar a serlo.

La entropía de nuestro sistema es una ínfima parte de la entropía total del universo, lo que indica que una variación en la entropía del sistema formado por los seres vivos terrestres, hará variar la entropía total del universo; de la misma forma que una variación de la entropía del universo, provocada por el efecto de otro sistema ajeno, provocará irremediablemente un cambio en nuestro sistema. Es decir, cualquier cambio de estado de un subsistema se traducirá en una variación de su entropía y la de su entorno.

Nuestro desenfoque humano determina la imposibilidad de comprender, al menos a día de hoy, un tiempo repetible dentro del flujo temporal que propone la gravedad cuántica de bucles, pero no está claro si este hecho se debe a la imposibilidad física de su posible existencia o a la ignorancia humana. En otras palabras, ¿existiría la posibilidad de apreciar un tiempo repetible, en condiciones de intercambio de calor nulas?; es decir, ¿el calor además de determinar la diferencia entre pasado y futuro, puede influir en la ausencia de acontecimientos repetidos, dentro de la línea temporal?

En respuesta a estas cuestiones, (Zubiri, 1996) señala que es posible la pretensión de una reversibilidad de acontecimientos, pero en ningún caso el tiempo puede ser reversible. La diferencia entre presente y futuro no existe como tal, en las leyes elementales que describen los mecanismos de la naturaleza (Rovelli, 2018). Pero es posible que el fluir del tiempo, sea consecuencia directa de nuestra perspectiva de la naturaleza, y que incluso la flecha del tiempo, pueda deberse más a nuestro desenfoque que a la propia dinámica del universo en sí.

Con esta idea, Rovelli (2018) presenta el término baja entropía, fundamental para que el universo pueda seguir evolucionando, y no acceder a un estado de equilibrio térmico. Y es que es el incremento progresivo de entropía, impulsa la evolución, ya que desde la gravedad cuántica de bucles se da por hecho la baja entropía inicial del universo. Pero es más, la baja entropía inicial sería la responsable de la existencia de causas comunes en el pasado. Por lo que la baja entropía sería indispensable, aunque indirectamente, para comprender lo que se conoce como tiempo futuro.

Caso aparte, aparece la entropía del medio ambiente desde el punto de vista jurídico, en el que surgen discrepancias a la hora de complementar el desarrollo económico y la protección medioambiental. Hernández (2019), afirma que las zonas de protección ambiental como ZEC o LIC, que requirieren de una declaración administrativa para ser reconocidos como tales, tendrán un mayor impacto ambiental por la propia declaración de protección, que, por actividades extractivas de mineral, una vez restaurada la zona después de esta actividad. Apelando al término entropía, para reivindicar la aceptación en términos jurídicos de la evolución y cambios en los hábitats naturales, aunque sean provocados por la actividad humana o empresarial controladas.

Este hecho supone un peligro potencial, puesto que el concepto de entropía es por definición natural, y no puede aplicarse a cambios producidos por la actividad antrópica, por mucho que los seres humanos seamos parte integrante de la naturaleza. Aunque es palmario que existe una corriente jurídica derivada de la actividad industrial, forma parte del concepto de entropía del medio ambiente, e incluso solicitando su regulación para poder llevar a cabo actividades antrópicas que generan impactos, al menos durante un periodo de tiempo. Este peligro constituye una perspectiva real, por lo que es menester recordar que en ningún caso, una transformación brutal del medio como la relativa a una actividad minera, puede ser considerada como evolución del medio ambiente. Debido a que una extracción de material del subsuelo, está alterando de forma irreversible las características propias del subsuelo, afectando a su vez una serie de ecosistemas que perderían sus peculiaridades intrínsecas.

3.3 LA DINÁMICA TEMPORAL EN LA NATURALEZA

En esta ocasión, es momento de analizar la labor de la dinámica temporal en el contexto ambiental. Con este propósito en mente, es necesario acudir a la interpretación de Rovelli (2018), en la que se define naturaleza como concepto abstracto sobre el objetivo de la acción física. Precisamente la naturaleza, es el punto de partida del estudio del tiempo, puesto que los primeros pensadores versados en el estudio de esta materia, tomaron como referencia los fenómenos cíclicos observables que se sucedían, y siguen sucediéndose, de manera natural en el universo. Por ese motivo, el estudio del tiempo tiene una doble vertiente referenciada: por una parte, su relación con la naturaleza; y por otra, aquella que se asocia de manera directa con los seres humanos. De hecho, el filósofo alemán Martin Heidegger, nos otorga toda la responsabilidad de la existencia de una variable denominada tiempo, al asegurar que el tiempo, se temporaliza únicamente en la medida en que hay seres humanos (Rovelli, 2018).

La principal utilidad de analizar y determinar una magnitud temporal, no es otra que poder apreciar cómo cambian las cosas con el paso del tiempo; y con ello poder predecir de manera precisa cómo van a ser esos cambios. Por ello, se puede señalar que, si no se produce ningún cambio, el tiempo no transcurre, debido a que precisamente el tiempo, es nuestra herramienta para ubicarnos con respecto al cambio. A raíz de este razonamiento, surge el concepto de tiempo propio determinado por un fenómeno natural en particular, y medido por un reloj. Aunque el tiempo posee además una serie de peculiaridades ciertamente extravagantes, y que ejercen una influencia decisiva sobre el proceder de los acontecimientos naturales.

Así pues, y a través de las investigaciones llevadas a cabo por multitud de científicos, entre los que destaca Albert Einstein, se ha conseguido establecer y demostrar que el tiempo discurre más despacio de manera natural, para cualquier objeto que se encuentre en movimiento; y que a su vez, el tiempo pasa más deprisa en condiciones de altitud que en el llano. Sin embargo, también existe una región espacial, definida a través del concepto espacio interplanetario, donde el tiempo transcurre de manera uniforme.

Sin ir más lejos, algunas teorías mencionan una característica adicional ligada al tiempo: su continuidad. De hecho, la línea temporal aceptada comúnmente por el conjunto humano, podría definirse como una conexión de momentos temporales, donde se establece una dirección y un sentido (a priori conocidos), y cuya única incógnita aparece a la hora de esclarecer la distancia o duración existente entre dichos momentos.

Esta conexión, es lo que puede entenderse por continuidad del tiempo, donde se pone de manifiesto la interacción entre los distintos momentos de la línea temporal. Esta interconexión, refleja la influencia del pasado en el presente y del presente en el futuro; siguiendo el sentido y la dirección comúnmente aceptadas de la línea temporal. Aunque de este razonamiento surge una cuestión interesante, y planteada en multitud de ocasiones: ¿es posible que exista un campo temporal, conformado por partículas ínfimas que otorguen al tiempo sus características propias?

Pero, ¿y si esta línea temporal pudiera ser reversible?; es decir, ¿y si el extremo inicial de esta línea, fuera exactamente igual que el extremo final?

Una reversibilidad del tiempo, que de existir acabaría con la diferenciación de los tres grandes entes temporales: pasado, presente y futuro.

Por otra parte, el tiempo consiste en un elemento especialmente relevante dentro de la naturaleza, puesto que constituye la cuarta dimensión del mundo. "Los sucesos individuales pueden describirse mediante cuatro números: tres coordenadas espaciales y una coordenada temporal" (Einstein, 1984, p. 51). Siendo esta reflexión parte del denominado universo cuatridimensional de Minkowski, en el que Einstein se basa e inspira para construir su célebre, "Teoría de la Relatividad".

Aunque la importancia de esa coordenada temporal anunciada por Minkowski, a la hora de definir un suceso individual no queda únicamente ahí, sino que se introduce de manera indispensable en las leyes generales de la naturaleza. "Toda ley general de la naturaleza, debe estar constituida de tal modo, que se transforme en otra ley de idéntica estructura al introducir nuevas variable espacio-temporales" (Einstein, 1984, p. 41). Con ello se reivindica una vez más, el papel del tiempo en la comprensión de los fenómenos naturales, y en la física del medio ambiente. Pero analizando el tiempo de manera absoluta, parece que no es una propiedad misma del ser, ya que en la naturaleza todos y cada uno de los acontecimientos y fenómenos naturales, suceden en sus propios tiempos por estricta necesidad, aunque sin un final determinado.

Precisamente en la naturaleza, y derivado de su estudio y relación con la dinámica temporal, se ha conseguido identificar los diversos tipos de interacciones que tienen lugar en el medio ambiente, y que constituyen distintas líneas de investigación punteras a nivel internacional, donde las constantes de acoplamiento (que determinan la fuerza de una interacción), juegan un papel esencial. Actualmente, los estudios ligados con esta temática, se centran principalmente en el análisis de la gravedad y el electromagnetismo, cuya relevancia es bastante considerable en especialidades como bioquímica o en materia nuclear. Aunque estas constantes de acoplamiento, también adquieren importancia en materia ambiental, en cuestiones tales como el almacenamiento térmico subterráneo, a través del acoplamiento térmico ambiental. Siguiendo con lo argumentado por Busso y Reuss (2003), el acoplamiento ambiental está producido por el intercambio energético, basado en las altas temperaturas estivales y en las características ambientales de cada lugar. En este caso, la entropía, el calor y las condiciones ambientales, tienen una importancia esencial para el correcto funcionamiento de este tipo de proyectos.

3.4. NUEVA VISIÓN DE LA DINÁMICA TEMPORAL

La existencia de varias teorías, que tratan de aproximarse a la comprensión absoluta de la gravedad cuántica, como la gravedad asintótica segura, dificultan en cierta manera el descubrimiento y concepción de las leyes físicas que rigen la naturaleza. A pesar de que todas ellas, son necesarias para el avance y desarrollo de la Ciencia en su totalidad.

Con este punto de partida, es imprescindible sumergirse en el planteamiento de Rovelli (2018), quién alude a un comentario introductorio acerca de esta temática, ilustrando a la perfección el punto de partida de los estudios asociados a la ausencia de la variable tiempo, dentro del contexto creado por la gravedad cuántica de bucles. "El mundo sin la variable tiempo no es un mundo complicado" (Rovelli, 2018, p. 98).

Aunque para dotar de sentido a esta afirmación, es menester hacer un viaje en el tiempo, concretamente hasta el año 1967, cuando a través de las investigaciones realizadas por dos de los mejores físicos de finales del siglo XX, Bryce De Witt y John Wheeler, se formuló la primera ecuación de la historia relacionada con la gravedad cuántica sin que contuviera la variable tiempo.

Esta ecuación, pasó a ser conocida bajo la denominación de ecuación de Wheeler-De Witt, instaurando un precedente relevante, aunque no exento de crítica, debido a que su aplicación está basada en una determinada estructura del universo y su interpretación es demasiado complicada (Vucetich, 2017).

Sin embargo, (Vucetich, 2017) argumenta que el universo evoluciona porque está formado por materia, cuya secuencia de cambio origina un tiempo isomorfo con el tiempo universal. Esta consideración parte del reconocimiento principal de que el universo evoluciona, un hecho previsible pero difícilmente demostrable desde el terreno más teórico. Pero además establece que la evolución universal parte del cambio experimentado en la materia, dejando entrever que las secuencias de cambio en la materia son cíclicas e independientes del tiempo, dependiendo únicamente de la materia en sí. Y que además esas secuencias de cambio, producen un tiempo isomorfo que puede ser entendido como el tiempo propio de un acontecimiento mencionado en epígrafes anteriores, entendiendo siempre el cambio experimentado por la materia como un acontecimiento natural.

Una vez establecida esta concepción, es preciso esgrimir la importancia de la ecuación Wheeler- De Witt, ya que ofrece una perspectiva muy interesante acerca de la forma en la que el universo evoluciona. Cuando Rovelli (2018) indica que el mundo sin la variable tiempo no es un mundo complicado, parte de un planteamiento relacionado con dicha ecuación, en el que lo único necesario para la comprensión de la evolución del universo, es la creación de una teoría que determine la forma en que varían las cosas respecto a otras, en función de nuestra posición de observadores.

En este sentido, también se incorpora un razonamiento perteneciente a una de las personalidades más relevantes de finales del siglo XVII y principios del XVIII como Gottfried Leibniz, quién rechaza fehacientemente la idea del tiempo como magnitud absoluta. De hecho, y de manera sosegada, Leibniz anticipó la existencia del tiempo propio de los sucesos (Safranski, 2017).

Una vez argumentado este razonamiento, es conveniente divagar acerca de otra idea muy interesante, que se corresponde con la nueva visión de la dinámica temporal y que precede la siguiente pregunta: ¿ es absolutamente necesario, esgrimir la existencia de un principio o comienzo temporal para propiciar el cambio y la evolución del medio ambiente?

Aunque hay un detalle que no se ha de pasar por alto: "el comienzo del tiempo, sea cual fuere, no puede interpretarse como un primer suceso, ya que los sucesos son productores y producidos" (Safranski, 2017).

Este razonamiento implica una tremenda controversia, puesto que en cierto modo afirma que el tiempo tiene un comienzo, pero que ese momento, en el que se pasa de un transcurrir caótico a un universo marcado por la variable tiempo, no puede ser concebido como un acontecimiento natural por la única razón de no haber sido producido.

Sin embargo, es difícil resistirse a integrar una idea más acerca de esta temática: "podemos definir a Dios como la encarnación de las leyes de la naturaleza" (Hawking, 2018, p. 56).

Hawking (2018), analiza esta comparación entre las leyes físicas que rigen la naturaleza y la existencia de Dios, señalando que las leyes físicas son inmutables y universales. Aunque entre ambas afirmaciones, se establece en cierta manera una ligera controversia a la hora de dotar de realidad a Dios, quién se define como la encarnación de las leyes de la naturaleza, pero al no pertenecer directamente a ellas de manera intrínseca, no está sujeto necesariamente a la inmutabilidad y universalidad, que sí se manifiestan en las leyes naturales en sentido estricto.

Una vez mencionado todo lo anterior, es preciso reconducir el capítulo hacia la consideración de tiempo independiente desde el punto de vista de la gravedad cuántica de bucles. Aunque a la hora de analizar la existencia de un tiempo independiente, se aprecia una consideración muy controvertida y debatible. En este caso puede entenderse que el tiempo absoluto e independiente no existe, la mera posición física de cada una de las fases respecto a las demás, es justamente el tiempo en línea (Zubiri, 1996).

Esta consideración extraída de Zubiri (1996), rechaza la idea de la existencia de un tiempo independiente de los acontecimientos y fenómenos naturales, por lo que se encuentra en discordancia con el pensamiento Safranski (2017), en lo relativo a proponer la existencia de un comienzo del tiempo. Es decir, Safranski (2017) argumenta que el principio del tiempo existe, pero no puede entenderse como un suceso porque no ha sido producido, por lo tanto, establece que ese comienzo temporal se ha iniciado de forma independiente. Por esa razón, del razonamiento de Safranski (2017), se extrapola que al menos ese primer instante de tiempo, podría considerarse como un tiempo independiente. Aunque el resto de la secuencia temporal, se encuentre influenciada por ese instante independiente.

Por ese motivo parece razonable argumentar que el tiempo independiente ha existido, aunque esta consideración deja entrever dos cuestiones fundamentales: ¿si el tiempo independiente ha existido en algún momento desde la creación del universo, cuál ha sido su duración? ¿Y si el tiempo independiente ha existido, puede volver a tener lugar en algún instante del futuro?

Unas preguntas que hoy en día carecen de solución certera, y que se incluyen en el debate sobre los orígenes del universo, su principio y su hipotético final. "Se sabe tan poco sobre las flechas del tiempo, que es imposible demostrar que el tiempo no pueda invertir su dirección en un Universo que se estuviera contrayendo" (Morris, 1989, p. 205). En este caso, Morris (1989) aporta un nuevo factor sobre la compresión temporal, aludiendo a que no se puede asegurar que el tiempo, entendido desde la consideración humana, no sea reversible.

Con este razonamiento en mente, aparecen algunas teorías que mencionan la posibilidad de que el tiempo se invirtiera en un momento de máxima expansión, siendo realmente difícil poder establecer diferencias entre dos universos en expansión, debido a la arbitrariedad que este hecho supondría. Sin embargo en este punto, es conveniente regresar a la escala cuántica, y concretamente a la escala de Planck, donde tiene lugar la

denominada invariancia de escala. De esta manera, a una escala ínfima, ciertos objetos o sistemas complejos no varían su comportamiento, debido a sus características espacio-temporales. Como ejemplo de ello, encontramos los fractales, que establecen la posibilidad de aproximarnos a este tipo de escalas espacio-temporales.

Asimismo, también surgen voces discordantes a la invariancia de escala, y precisamente fundamentadas en la acción de la dinámica temporal sobre el medio ambiente. "Las vibraciones del punto físico debido a una influencia externa al universo (la acción del tiempo), implican fluctuaciones de la escala de Planck" (Cárdenas y Jacome, 2009, p. 58). Una afirmación, que supone una nueva perspectiva y oportunidad de estudio, para la multidisciplinariedad científica.

De la misma manera, Cárdenas y Jacome (2009) argumentan, que un punto físico (que posea un comportamiento resonante en equilibrio termodinámico, es decir, como un cuerpo negro), y que se encuentre ubicado en la escala de Planck, permitiría definir el estado de un sistema natural, a través de la unidad de distribución espectral de energía de dicho cuerpo negro. Una hipótesis, que podría dar lugar a una respuesta plausible sobre los componentes exactos que conforman los seres vivos. Por lo tanto, este análisis completo de la gravedad cuántica de bucles, presenta una concepción del medio ambiente muy diferenciada y poco conocida, aunque no única. Puesto que, en esta temática en concreto, aún queda mucho que investigar y descubrir para completar en buena medida, nuestro conocimiento sobre la naturaleza y sobre nosotros mismos, como parte de ella.

4. CONCLUSIONES

En este caso, este estudio pone en valor una disciplina científica, cuyo objetivo es averiguar y descubrir las leyes elementales que rigen la naturaleza, proponiendo incluso la posibilidad extendida, de entender el medio ambiente sin la variable tiempo. Sin embargo, el lenguaje científico asociado a esta disciplina, y analizado a lo largo de este trabajo, demuestra que hoy por hoy, no es posible utilizar conceptos que no lleven intrínsecos en su definición, la variable tiempo. Y no solo la variable tiempo de manera directa, sino otras magnitudes como el cambio o la evolución, que actualmente no son comprendidas por el grueso de la comunidad, sin tener presente el tiempo como factor. De hecho, es extraño que una disciplina empírica, basada en la experiencia y en la percepción del medio ambiente y los fenómenos ligados a la naturaleza, no incluya estos términos con más frecuencia dentro de las definiciones de los conceptos más utilizados. Sería prácticamente imposible, que el tiempo no estuviese presente en el desarrollo de la vida natural cotidiana, puesto que a pesar que su no presencia en las leyes físicas fundamentales de la naturaleza, según las hipótesis de la gravedad cuántica de bucles, el desenfoque humano está ligado a la variable tiempo.

Sin embargo, si estudiamos la naturaleza en su conjunto, parece que estos seres vivos se ven muy influenciados por sus relojes biológicos y los "zeitbergs", factores que propician la adaptación de los organismos ante variaciones en las condiciones naturales. De ahí, que Rovelli (2018) otorgue un valor importante al concepto reloj en su obra, ya que la propia evolución de ese término podría en un futuro, ser un argumento sólido

para explicar la dinámica de los seres vivos sin la acción directa de la variable tiempo.

En este sentido, la gravedad cuántica es una disciplina enfocada en el futuro, pero en la que también juegan un papel esencial las teorías físicas clásicas y diversas materias, relacionadas de una manera u otra con el medio ambiente. Por lo que se puede afirmar, que los orígenes científicos personificados en figuras de la relevancia de Einstein o Newton, siguen a día de hoy muy presentes en lo relativo a la comprensión de la dinámica universal. Además, cabe destacar una multidisciplinariedad ligada a esta disciplina, que será una herramienta clave en el nivel de comprensión natural alcanzado en las próximas décadas.

Por todo ello, y a raíz de todo lo planteado en este epígrafe, así como lo expuesto durante toda esta labor de investigación, se demuestra que la gravedad cuántica de bucles se ubica como una de las disciplinas con más proyección dentro de la vertiente científica, y de confirmarse sus hipótesis y estudios rompedores, podría ocasionar un vuelco importante en la comprensión humana de la dinámica temporal, y con ello, de la naturaleza en su conjunto.

Lo que supone un hecho de vital relevancia, para el desarrollo y la evolución de las Ciencias Ambientales, a corto y medio plazo, aumentando el conocimiento y comprensión de la complejidad del mundo. Todo ello, contribuye a configurar la diversidad y el entramado de relaciones forjadas entre los distintos actores sociales, integrados en una disciplina compleja que opta por el debate y cohesión entre saberes, la confrontación de ideas e identidades culturales. Un campo, siempre abierto al planteamiento de nuevas perspectivas diferenciadoras, y en perpetua evolución, en concordancia con los cambios constantes que se producen en la naturaleza.

“En el conocimiento del mundo sobre el ser y las cosas, sobre sus leyes y sus condiciones de existencia, subyacen conceptos y nociones que han arraigado paradigmas científicos, en saberes culturales y conocimientos personales” (Leff, 2007).

5. BIBLIOGRAFÍA

- BUSSO, A., & REUSS, M. (2003). Almacenamiento térmico subterráneo: acoplamiento térmico ambiental en ensayos de respuesta térmica. Memoria de la XXVII Semana Nacional de Energía Solar. Obtenido de <http://gerunne.com.ar/articulos/2001sol03.pdf>
- CÁRDENAS, O. M., Y JACOME, M. M. (2009). El problema de la escala de Planck. *Revista de Investigación de Física*, 1(12), 53-58. Obtenido de http://ateneo.unmsm.edu.pe/ateneo/bitstream/123456789/2631/1/revista_de_investigacion_de_fisica09v12n1_2009.pdf
- CUSSÓ, F., LÓPEZ, C., y VILLAR, R. (2004). *Física de los procesos biológicos*. Barcelona: Ariel.
- DE SPINADEL, V. W. (2003). Geometría fractal y geometría euclidiana. *Revista Educación y Pedagogía*, 35(15), 83-91. Obtenido de <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/revistaeyp/article/view/5945>
- EINSTEIN, A. (1984). *Sobre la teoría de la relatividad espacial y general*. Madrid: Alianza Editorial.
- GOLOMBEK, D. (2001). Cronobiología humana: en busca del tiempo perdido. *Ciencias*, 62, 38-44. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/644/64406206.pdf>

- GUIDO, M. (2013). De Relojes y Ritmos Biológicos. *Bitácora Digital*, 2(1), 1-6. Obtenido de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/Bitacora/article/view/5578>
- HAWKING, S. (2018). *Breves respuestas a las grandes preguntas*. Barcelona: Crítica.
- HERNÁNDEZ, L. (2019). La entropía del medio ambiente. *Agua y medio ambiente*, 60, 26-27. Obtenido de <https://www.lhmlegal.com/la-entropia-del-medio-ambiente-periodico-el-economista/>
- LEFF, E. (2007). La Complejidad Ambiental, *Polis. Revista Latinoamericana*. 16. Obtenido de <http://journals.openedition.org/polis/4605>
- LEVINAS, L. (2008). *La naturaleza del tiempo. Uso y representaciones del tiempo en la historia*. Buenos Aires: Biblos.
- MORRIS, R. (1989). *Las flechas del tiempo*. Barcelona: Salvat editores.
- RODRÍGUEZ, V. (2018). *Representaciones del espacio tiempo y no localidad. ArtefaCToS*.
- REVISTA DE ESTUDIOS SOBRE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA, 2(7), 145-164. doi: <http://dx.doi.org/10.14201/art201872145164>
- ROVELLI, C. (2016). *Siete breves lecciones de física*. Barcelona: Anagrama.
- ROVELLI, C. (2018). *El orden del tiempo*. Barcelona: Anagrama.
- SAFRANSKI, R. (2017). *Tiempo: la dimensión temporal y el arte de vivir*. Barcelona: Tusquets Editores SA.
- SOTELO NAVALPOTRO, J.A. (1995). Reflexiones sobre el medio ambiente y la gestión de los recursos. *Anales de geografía de la Universidad Complutense*, ISSN 0211-9803, Nº 15, 1995, págs. 681-694.
- SOTELO NAVALPOTRO, J.A. (2012). Cambio climático, riesgos naturales y tecnológicos en el contexto de los modelos de desarrollo. *Observatorio medioambiental*, ISSN 1139-1987, Nº 15, págs. 61-100
- SOTELO NAVALPOTRO, J.A. (2014). Los "MOOCs", algo más que una cuestión de escala: la educación ambiental en los albores de una sociedad tecnológica. *Observatorio medioambiental*, ISSN 1139-1987, Nº 17, págs. 141-205
- VUCETICH, H. (2017). El tiempo en la cosmología. *Diferencias*, 4, 19-47. Obtenido de http://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/se/20170926055910/Revista_Diferencias_N4.pdf
- ZUBIRI, X. (1996). *Espacio, Tiempo. Materia*. Madrid: Alianza Editorial.