

Mecánica cuántica y economía azul: una lectura desde la filosofía de la naturaleza y la ética¹

Quantum mechanics and blue economy: a reading from the philosophy of nature and ethics



María Álvarez

Universidad Central de Venezuela
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5256-1860>
macalvarezp@gmail.com
maria.alvarez.p@ucv.ve
Caracas-Venezuela



Ingrid Villanueva

Universidad Central de Venezuela
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2709-5240>
ingridm.villanueva@gmail.com
Caracas-Venezuela



Edgar Blanco

Universidad Central de Venezuela
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3927-8371>
edgar.blanco.carrero@icloud.com
Caracas-Venezuela

Resumen

La mecánica cuántica está presente en muchos ámbitos de nuestra vida diaria aunque es un campo de estudio en pleno proceso de estudio. Por su parte, la economía azul es una economía circular que tiene a los océanos como medio de vida y de desarrollo, estableciendo dentro de sus fines mejorías del bienestar y de la equidad social, reducción de los riesgos medioambientales, consumo racional de los recursos y la creación de ventajas competitivas a través de la innovación, en particular biotecnológica. En biotecnología no es despreciable el impacto que ha supuesto el desarrollo de la biología cuántica y con ella de la biotecnología cuántica durante las dos últimas décadas, desarrollos dentro de los que se incluyen la posibilidad de alterar materiales vivos o no a través del diseño de sistemas biológicos funcionales. Así las aplicaciones de la física cuántica empiezan a dejar marca en la economía azul sin conocerse verdaderamente el rastro que dejarán en la naturaleza, por lo cual, creemos necesario examinar filosóficamente, bajo la metodología del análisis documental, el alcance potencial de este impacto. Para tal fin, describiremos el encuentro que se está produciendo entre la biología cuántica y la economía azul, analizaremos la naturaleza como un ente para ser reproducido, alterado o modificado para llegar a las diferencias en la noción que esconde la intersección tecnología-mecánica cuántica-economía, y revisaremos los aspectos éticos, a los cuales nos enfrentan a la posibilidad de alterar la vida y el hábitat en el que se desarrolla.

Abstract

Quantum Mechanics is present in many areas of our daily lives, although it is a field of study in development. For its part, the Blue Economy is a circular economy that has the oceans as a means of life and growth, establishing within its purpose's improvements in well-being and social equity, reduction of environmental risks, rational consumption of resources, and the creation of competitive advantages through innovation, in particular biotechnology. In biotechnology, the impact of the development of quantum biology and quantum biotechnology over the last two decades is not negligible, developments that include the possibility of altering living or non-living materials through the design of functional biological systems. Thus, the applications of quantum physics begin to leave their mark on the blue economy without knowing for sure the trace they will leave in nature, for which we believe it is necessary to examine philosophically, under the methodology of documentary analysis, the potential scope of this impact. To this end, we will describe the encounter that is taking place between quantum biology and the blue economy, we will analyze nature as an entity to be reproduced, altered or modified to reach the differences in the notion that hides the intersection technology-quantum mechanics-economy, and we will review the ethical aspects that confront us with the possibility of altering life and the habitat in which it develops.

Palabras clave:

Mecánica cuántica; economía azul; biotecnología; naturaleza; ética

Keywords:

Quantum mechanics; blue economy; biotechnology; nature; ethics

¹Este ensayo forma parte de la investigación realizada dentro del proyecto de investigación "Economía azul: Naturaleza y ética" desarrollado por el instituto de filosofía de la Universidad Central de Venezuela y financiado por el Ministerio del Poder Popular para Ciencia y Tecnología (Mincyt-Fonacit) bajo el N° 366-2024 en el marco de la Gran Misión Ciencia, Tecnología e Innovación "Dr. Humberto Fernández-Morán".



Introducción

La mecánica cuántica está presente en muchos ámbitos de nuestra vida cotidiana a pesar de que es un campo de conocimiento que se encuentra en pleno proceso de estudio. Estos desarrollos, en principio, han estado dirigidos al campo de la seguridad y defensa, pero después se han extendido en cascada a otros campos del quehacer humano. En la actualidad, con el proceso de aceleración social impulsada por estos avances, su desarrollo se está dirigiendo a la inteligencia artificial generativa (IAG), la biotecnología, el geoposicionamiento, las comunicaciones seguras y la ubicación e identificación de objetos desconocidos; cuyo impacto en los espacios acuáticos desde la perspectiva de la economía azul debe ser valorado. Esto nos lleva a la definición de economía azul y a la praxis de dicha actividad. La economía azul, según la Organización de las Naciones Unidas (ONU), se define como "una economía que supone una mejora del bienestar y de la equidad social, reduciendo de manera significativa los riesgos medioambientales y la penuria de los recursos" teniendo a los océanos como medio de vida y de desarrollo (PNUD, 2018)⁴. Desde la perspectiva venezolana el Instituto Nacional de los Espacios Acuáticos (INEA) definió la economía azul como:

(...) el esfuerzo en lograr la máxima efectividad en la explotación y uso sustentable de los espacios acuáticos para beneficio de todos los venezolanos y venezolanas, en concordancia con los criterios de seguridad, defensa y desarrollo establecidos en nuestra normativa vigente (2022, p. 57).

Según el INEA, la economía azul es una economía circular que expresa la actual tendencia para la creación de ventajas competitivas (p. 17). Teniendo como norte verdadero los espacios acuáticos, en términos prácticos a escala internacional, se puede afirmar que estos desarrollos en dichos espacios están relacionados con actividades ciberespaciales, actividades en la superficie de los espacios acuáticos y en el mundo subacuático.

En el plano ciberespacial si se considera que la mayoría del tráfico de Internet se produce mediante cables submarinos, la tendencia es, por una parte, que los datos se almacenen bajo el agua a través de contenedores en una especie de nube subacuática debido a los elevados costos energéticos y la necesidad de reubicarlos en lugares fríos para incrementar la eficiencia de la estructura de almacenamiento de datos y, por la otra, se desconoce su efecto cuando se incremente el uso de la inteligencia artificial generativa cuántica en las actividades marítimas⁵. En ambos casos, se desconoce el impacto que puede generar esta actividad en el mundo marino por el aumento de la temperatura y las alteraciones que produzcan las ondas electromagnéticas considerando que, según Markus (2020), con "cada clic contaminamos literalmente nuestro medio ambiente" debido al alto consumo de energía que está produciendo (pp. 85-86)⁶.

En el plano superficial, el desarrollo de la mecánica cuántica en el ciberespacio va a incrementar la actividad económica acuática en la pesca (de captura y recreativa) y la acuicultura (cría de peces, mariscos, algas y otros organismos acuáticos), el turismo, el transporte y la logística portuaria, la producción energética y de agua desalinizada y la racionalización económica de las áreas protegidas como los territorios insulares. El incremento de todas estas actividades, gracias al desarrollo de la mecánica cuántica, van a tener un importante impacto ambiental que debe ser considerado.

Finalmente, en el plano subacuático, el desarrollo de la minería, el mantenimiento de estructuras, la arqueología y la extracción de petróleo y gas ha hecho que exista una creciente demanda de bienes de alta tecnología, no se conoce su impacto en los ecosistemas, en especial sobre las especies acuáticas que conviven con estos recursos minerales en las profundidades de los océanos. Además, este tipo de

⁴El Banco Mundial (2020), en este orden de ideas, la definió como "la gama de sectores económicos y las políticas comunes que determinan en su conjunto si la utilización de los recursos oceánicos es sostenible y durable" (PNUD, 2018).

⁵Ver al respecto: <https://es.weforum.org/stories/2016/10/12-robots-que-podrian-ser-decisivos-para-los-oceanos/>

⁶Debemos mencionar también actividades benéficas como la seguridad marítima, protección ambiental, detección de actividades ilegales y otros.

actividad puede promover la privatización de forma indirecta de fondos oceánicos más allá de la legislación existente perjudicando a toda la humanidad. Otro riesgo no menos importante se ubica en el plano biotecnológico debido a que al ser uno de los principales ejes sobre los cuales orbita la economía azul cualquier alteración que afecte la naturaleza podría tener consecuencias incommensurables. Es aquí donde se focaliza nuestro estudio.

La aplicación de la biología a la transformación de la naturaleza, en la actualidad, es una disciplina donde convergen una vasta cantidad de ciencias (bioquímica, biología celular, biología molecular e ingeniería genética) y técnicas para fines de diferente naturaleza que podrían estar relacionados con la mitigación o incluso la resolución de problemas a nivel socioeconómico de forma más efectiva, económica y con un impacto que podría ser menor al ambiente. Desde esta perspectiva, la biotecnología podría considerarse, por una parte, como una tecnociencia aplicada debido al hecho de que por sí misma mezcla la ciencia y la técnica en áreas como la biotecnología farmacéutica, vegetal, médica, alimentaria, marina, y otros; además de aportar conocimiento científico que promueve el desarrollo tecnológico.

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal), en Bisang *et al.* (2009) definieron la biotecnología como “la aplicación de la ciencia y la tecnología a los organismos vivos, así como a partes, productos y modelos, para alterar materiales vivos o no, con el fin de producir conocimientos, bienes o servicios”⁷. Esto nos lleva al campo de la biología cuántica.

La biología cuántica es un campo de investigación activo desde las dos últimas décadas que se ubica en la interfaz entre la ciencia cuántica, la química y la biociencia que se dedica, entre otras muchas aplicaciones, a determinar hasta qué punto los efectos cuánticos desempeñan un papel funcional en la biología. Desde esta perspectiva, la biología

cuántica trata de la vida misma. Si bien, entre sus potenciales aplicaciones se encuentran el desarrollo de medicamentos con mayor rapidez y precisión, el tratamiento de enfermedades, la mejora de la eficiencia del transporte de energía, la fotosíntesis, la señalización neuronal y la mejora de la tasa de catálisis enzimática para acelerar las reacciones químicas en los organismos vivos, también se incluye la posibilidad de alterar materiales vivos o no a través del diseño de sistemas biológicos funcionales sin conocerse a ciencia cierta su impacto en la naturaleza. La biotecnología cuántica, en este sentido, es la *téchnē* que está llevando a cabo dicha tendencia⁸.

Considerando lo referido anteriormente, debemos comprender que las aplicaciones de la física cuántica están comenzando a tener impacto en la economía azul, por lo que vamos a examinar filosóficamente, bajo la metodología del análisis documental, el alcance potencial de este impacto en las actividades acuáticas, donde se enmarca la economía azul en sus tendenciales nuevas aplicaciones. Para tal fin, se describirá en primer lugar, el encuentro que se está produciendo entre la biología cuántica y la economía azul; en segundo lugar, se analizará a la naturaleza como un ente para ser reproducida, alterada o modificada para llegar a las diferencias en la noción que esconde la intersección tecnología-mecánica cuántica-economía; y en tercer lugar, se revisará los aspectos éticos a los que nos enfrenta la posibilidad de alterar la vida y el hábitat en el que esta se desarrolla.

De la biología cuántica a la economía azul emergente

La expresión ‘biología cuántica’ fue usada por primera vez por Pascual Jordán en 1943, pero fue Erwin Schrödinger (1944 [2022]) quien —con su uso— abrió el camino a la biología molecular generando las condiciones de posi-

⁷Esta definición ha sido tomada por Bisang *et al.*, de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). Ver al respecto: OCDE (2017:10).

⁸Entendemos la *téchnē* desde una lectura heideggeriana, por una parte, a través de la aplicación de unas reglas de fabricación y, por la otra, por la posibilidad de aprendizaje y transmisión de un saber que es de índole técnico-instrumental (Heidegger, 1954 [1997]). Esta última perspectiva permite entender la *téchnē* como un fin desde la perspectiva de la investigación y desarrollo, como una episteme que permite reforzar el conocimiento científico y como una praxis que, basada en la prudencia, permite conectar el saber con la producción de forma sostenible y sustentable.



bilidad de describir la vida en términos o conceptos cuánticos. Después del físico austriaco comenzó hacerse de uso común el concepto de biología cuántica cuando se probó que las macromoléculas involucradas en la fotosíntesis presentan comportamientos electrónicos (entrelazamiento, efecto túnel, coherencia y oscilaciones cuánticas, decoherencia, quiralidad y otros.) que solo se pueden describir a través de la física cuántica. En especial, fueron los trabajos de Max Delbrück que contribuyeron a fundar el campo de la biología molecular.

En la actualidad, la biología cuántica está jugando un importante papel para comprender cómo los fenómenos cuánticos, como la superposición y el entrelazamiento están involucrados en los procesos biológicos vitales para la fotosíntesis de las plantas⁹, la respiración celular o la conciencia. Desde esta perspectiva, siguiendo a Vladimiro Mujica, según González (2022), “los procesos biológicos son en realidad sistemas cuánticos” cuyos desarrollos se harán viables con una adecuada *téchnē*. Estos desarrollos nos llevan a examinar sucintamente las aplicaciones de la biotecnología y cómo estas aplicaciones son observadas desde la biotecnología azul.

Según Mauranyapin *et al.* (2022), existen cuatro áreas donde se evidencia el desarrollo de la biotecnología cuántica. Estas son la detección y la obtención de imágenes cuánticas, la simulación química cuántica, el control molecular cuántico y la biología cuántica. Para dicho estudio se considerarán las dos últimas¹⁰.

El control cuántico de la dinámica biomolecular está relacionado con la capacidad de controlar las reacciones químicas a través del impulso de las coherencias entre diferentes vías de excitación de electrones para obtener un producto deseado con un alto rendimiento, esto se conoce como control coherente. El control coherente ofrece la posibilidad —no solo— de mejorar el rendimiento de las reacciones químicas sino también de impulsar reacciones químicas, que de otro modo no ocurrirían, creando espe-

cies químicas completamente nuevas (Mauranyapin *et al.*, 2022; pp. 8-9).

Con respecto a los efectos cuánticos en biología se debe tener presente que los esfuerzos de investigación buscan determinar el nivel en el que los efectos mecánicos cuánticos existen de forma natural y qué papel funcional desempeñan considerando que, en las escalas más pequeñas de átomos y moléculas, todos los sistemas vivos siguen las leyes de la mecánica cuántica, pero a gran escala la vida obedece a leyes de la física clásica debido a que, tal como lo expresó Schrödinger (1944 [2022]):

(...) a mayor número de partículas hay un mayor orden en cuanto a su comportamiento térmico, es decir, mantienen un flujo regular y una distribución uniforme. Esto significa que todas las leyes físicas y químicas que tienen importancia para los organismos o para sus interacciones con el ambiente son las mismas y si se considera que un organismo, tiene una estructura ‘multi-atómica’ ello obedece a que posee leyes físicas suficientemente precisas en las que apoyarse para funcionar regular y ordenadamente (p. 26).

En este sentido, la regularidad indica que las discontinuidades o mutaciones en el mecanismo de la herencia, para que puedan constituir un material adecuado para el trabajo de la selección natural, deben ser acontecimientos raros y poco frecuentes, como efectivamente ocurre (*idem*, pp. 56-64).

En este orden de ideas, la vida es la expresión de un sistema macroscópico que se basa en el comportamiento ordenado, reglamentado y mantenido de la materia “siguiendo un patrón gráfico invariante de causalidad formal y eficiente” a través de lo que se conoce como metabolismo (Schrödinger, 1944; p. 91 y Rosen, 1993; p. 310). El metabolismo es el cambio o intercambio de material que se hace para evitar la entropía máxima positiva que es la muerte. En este sentido, la entropía es una medida del orden que permite que un organismo se mantenga a sí mismo a un nivel bastante elevado de orden a través de la absorción continua de orden de su medio ambiente. Después de utili-

⁹La fotosíntesis cuántica estudia cómo las plantas y algas utilizan efectos cuánticos para optimizar la captación de luz.

¹⁰Debemos referir aquí, que en la actualidad se está usando la computación cuántica para simular moléculas complejas o procesos biológicos, así como los sensores cuánticos para detectar cambios en el medio ambiente o en organismos marinos

zarlos, los devuelven en una forma mucho más degradada para ser reutilizado por la naturaleza (pp. 94-97). Se debe tener presente que la economía azul se fundamenta en la reutilización y el reciclaje.

Por tanto, existen dos mecanismos distintos por medio de los cuales pueden producirse acontecimientos ordenados: el mecanismo que produce orden a partir del desorden que se basa en su irreversibilidad y hace posible la comprensión de las líneas maestras de los acontecimientos naturales y otro nuevo, que produce orden a partir del orden que puede ser explicado por la mecánica cuántica debido a que todos los acontecimientos físicos parecen seguir en forma clara y directa el principio del orden a partir del orden como se observa en el plano microscópico (p. 104-106). Desde esta perspectiva, siguiendo a San Miguel (2006) la vida es simultánea e inseparablemente materia-energía y conciencia. Sin embargo, para Mauranyapin *et al.* (2022), la pregunta que se mantiene es ¿dónde se encuentra exactamente el límite entre las descripciones clásicas y cuánticas, y si los sistemas biológicos han evolucionado para hacer un uso funcional de los efectos cuánticos a escalas mayores de lo que podría haberse anticipado de otro modo? (p. 11).

Estos límites están relacionados con lo que han denominado efectos cuánticos triviales y no triviales; los triviales están relacionados con el hecho de que toda sustancia está hecha de moléculas, átomos, electrones, protones y otros elementos; los no triviales involucran fenómenos como la coherencia, el entrelazamiento y la superposición, que se podría esperar el promedio por decoherencia en ambientes biológicos cálidos y desordenados, y que el sistema vivo debería explotar estos efectos para obtener un claro beneficio funcional debido a que las aplicaciones potenciales antes mencionadas podrían ayudar al diagnóstico y tratamiento de trastornos neurodegenerativos hasta la producción de fertilizantes y biocombustibles con menor consumo de energía, tecnologías energéticas más eficientes y un desarrollo más eficaz de medicamentos como hemos indicado (p. 11)¹¹.

A pesar de lo anteriormente referido, los autores citados reconocen que después de casi un siglo de reflexión y exploración, el papel de los efectos cuánticos en la biología sigue siendo polémico, por ello están apostando al desarrollo de computadores cuánticos a gran escala para progresar en la comprensión del alcance de los efectos cuánticos en biología, aunque su alcance inicial sea limitado (p. 12). Esto nos conduce a la siguiente línea de nuestra argumentación, es decir, la relación entre la biotecnología y la economía azul, que llamaremos para efectos de este trabajo biotecnología azul.

Entendemos la biotecnología azul como la aplicación de la ciencia y la tecnología a los organismos vivos, en nuestro caso acuáticos, para la producción de conocimiento, bienes y servicios tratando de repetir los procesos de la naturaleza desde una perspectiva circular con la finalidad de generar sostenibilidad y sustentabilidad en la producción de alimentos, aditivos alimentarios, piensos, nutracéuticos, productos farmacéuticos, cosméticos, enzimas para detergentes, biocombustibles, papeles, envases y textiles, entre otros. Ahora bien, desde la perspectiva de la biotecnología cuántica el impacto se observaría en el siguiente conjunto de actividades:

- La acuicultura sostenible mediante la optimización de la cría de especies marinas mediante sensores cuánticos que monitorean las condiciones del entorno de modo que permitan el mejoramiento continuo de los productos a ser comercializados.
- El uso de microorganismos modificados cuánticamente para limpiar contaminantes en los océanos o para detectar de forma temprana toxinas o contaminantes.
- La producción de energía marina renovable (biocombustibles) a través de la producción de algas y otros organismos marinos, y el desarrollo de materiales para turbinas submarinas más eficientes.
- Monitoreo del cambio climático a través de la instrumentación, por una parte, de sensores cuánticos para me-

¹¹Es decir, el uso de nuevos medicamentos a partir de organismos marinos, por una parte, utilizando simulaciones cuánticas para analizar moléculas complejas y, por la otra, el empleo de algoritmos cuánticos para acelerar la identificación de compuestos bioactivos en corales, esponjas y otros organismos.



dir con precisión cualquier parámetro crítico y, por la otra, del modelado cuántico de ecosistemas marinos para predecir cambios y diseñar estrategias de mitigación.

Sin embargo, a pesar de que el impacto económico de la biotecnología cuántica todavía se encuentra en proceso de consolidación, se prevé que puede contribuir, en términos de producción sostenible, para restaurar el hábitat oceánico y hacer más resistente los ecosistemas costeros, entre otros, pero se considera la posibilidad de que en los residuos que genere la espiralidad del progreso económico se puedan producir cambios no previstos que afecten cualquier ecosistema natural en función del grado de desarrollo actual de la biología y biotecnología cuántica. Esto hace que volvamos sobre los principios de la economía azul para establecer líneas a seguir desde una perspectiva científica que sean consistentes con la necesidad de preservar a la naturaleza.

Como la economía azul se focaliza en la física clásica y moderna, Jacobo Camba (2014), tomando como base a las organizaciones internacionales (Naciones Unidas y la Comunidad Andina) planteó la necesidad de que las decisiones sobre la naturaleza se basen en "información científicamente sólida para evitar efectos nocivos que socaven la sostenibilidad a largo plazo". Esta necesidad se corresponde con los mismos argumentos presentados por Mauranya-pin *et al.* (2022) en cuanto al desarrollo de la biotecnología cuántica y sus potenciales aplicaciones. La importancia de tener en cuenta lo antes señalado, obedece al hecho de que el propio Pauli (2011), uno de los pioneros de este concepto, expresó que había que colocar a la naturaleza en la dirección de su evolución. Para que ello sea posible, se hace necesario —por una parte— evaluar constantemente el carácter holístico, intersectorial y a largo plazo de la economía azul, debido a que el interés económico puede hacer que se instrumenten aplicaciones biotecnológicas cuánticas que no son consistentes generando riesgos biológicos;

y por la otra, garantizar la cooperación activa y para todos la disponibilidad de información, conocimientos, mejores prácticas, lecciones aprendidas, perspectivas e ideas, para lograr una economía sostenible y un futuro próspero, haciéndose necesario la instrumentación de proyectos de investigación interdisciplinarios a nivel gubernamental que sigan los pasos de las investigaciones que se realizan en el mundo, para que se conozca el estado del arte de dichas investigaciones y puedan ser valoradas y divulgadas convenientemente¹². Todo ello, es debido a que el centro de gravedad de toda esta dinámica protecciónista son los recursos genéticos y la participación justa y equitativa para toda la humanidad en los beneficios que se deriven de su utilización¹³. Esto nos lleva a afirmar lo siguiente:

- La información que se dispone de la naturaleza como modelo de estudio para imitar formas, procesos, sistemas y estrategias para resolver problemas humanos es insuficiente como para desarrollar proyectos de cualquier propósito.
- La naturaleza como medida para juzgar la sostenibilidad de nuestras acciones obliga al sentido común y la prudencia como la praxis para acometer cualquier proyecto.
- La naturaleza como maestra, es decir, para que nos enseñe como ser-en-acto para que vivamos en equilibrio, la necesidad de la investigación y desarrollo, con lo cual el desarrollo de una ciencia acuática que permita profundizar en el conocimiento del mundo acuático, resulta pertinente.

Todo esto, explica porqué el denominador común de las actividades económicas azules desde una perspectiva cibernetica, superficial y subacuática están relacionadas con el desconocimiento del impacto ambiental, más aún si se considera el papel de las tecnologías cuánticas en las mismas. Esto nos permite hacer unas consideraciones a partir de las tres perspectivas de la naturaleza antes indicadas. En primer lugar, la insuficiencia del conocimiento que se tiene de la naturaleza nos obliga a dedicar esfuerzos

¹² Convenio sobre la diversidad biológica (Ver: <https://www.un.org/es/observances/biodiversity-day/convention>) y la Decisión 391 sobre el régimen común sobre acceso a los recursos genéticos de la Comunidad Andina del año 1996 (Ver: <https://www.wipo.int/wipolex/es/legislation/details/9446>)

¹³"Los recursos genéticos son el material genético que proviene de cualquier forma de vida, como plantas, animales, microorganismos, entre otros, y que contiene unidades funcionales de herencia. Son la materia prima que se utiliza para mejorar la calidad y productividad de las poblaciones de plantas y animales domesticados, y para mantener saludables las especies silvestres". Ver: <https://www.fao.org/genetic-resources/es#:~:text=Los%20recursos%20gen%C3%A9ticos%20para%20la,a%20los%20retos%20del%20futuro>

de investigación y desarrollo para conocerla al menos en lo que corresponde al espacio geográfico venezolano a pesar de los elevados costos que supone. En segundo lugar, el esfuerzo en sí es un acto de prudencia y praxis, en el sentido que hay la obligación de preservar el ambiente y la salud de los venezolanos. Y, en tercer lugar, aprender de la naturaleza nos permitiría hacer converger la biotecnología cuántica con el desarrollo de una *téchnē* que podría extenderse a otros sectores de la vida nacional y el desarrollo de una economía azul en términos de sustentabilidad y sostenibilidad. Para tal fin, el punto de aplicación del esfuerzo del Estado debe estar dirigido a la computación cuántica y a retomar y seguir lo que se había realizado en el país en términos de biología marina y molecular. Como el centro de gravedad de la biotecnología cuántica está relacionada con la vida y con la naturaleza vamos a analizar a la naturaleza como un ente a ser reproducido, alterado o modificado.

La concepción de la naturaleza como un ente

La reflexión filosófica sobre la naturaleza como un ente para ser reproducido, alterado o modificado abarca un amplio espectro de cuestiones éticas, estéticas, epistemológicas y ontológicas que en el plano de la mecánica cuántica han adquirido una nueva dimensión. Dejando las cuestiones éticas para el siguiente apartado, iniciaremos el análisis con el punto de vista estético.

Es en la Grecia antigua donde surge la tesis de la *téchnē* como *mimesis* o imitación. Cabe destacar que la *téchnē* griega incluye lo que hoy comprendemos como arte y también aquello que entendemos como técnica. Dentro de esta duplicidad encontraremos conjuntamente las artes utilitarias y las artes bellas, que para los griegos incluían la poesía, la música, la danza, la pintura y la escultura.

La tesis imitativa puede ser rastreada en la obra de Platón. Allí la *téchnē* se describe como la mera imitación de los objetos sensibles, objetos que a su vez son copias de

las ideas. Así definidos los objetos técnicos o artísticos son copias de copias, ubicándose para Platón en la región de las sombras y los reflejos, siendo catalogados como ilusorios sin un ápice de conocimiento verdadero.

Quizás la interpretación más rica de la tesis mimética sea la aristotélica. Con la filosofía de Aristóteles el término *mimesis* obtiene un sentido mucho más amplio. Si bien se mantiene la tesis de que la *téchnē* imita las cosas de la naturaleza, la imitación no es solamente literal como en el caso platónico ya que Aristóteles contempla la posibilidad de que el artesano y el artista puedan idealizar, degradar o mejorar los modelos imitados:

El arte es imitación, pero no solo de las cosas tales como ellas son, sino también de las cosas tales como las concibe la tradición y el mito, y sobre todo de las cosas tales como deberían ser (Poet. 1460 b7-11)" (Cappelletti, 2000; p. 133).

La imitación de las cosas tales como deberían ser constituye para el estagirita la finalidad más importante de la *téchnē* y, en ese sentido, la imitación se combina con la acción de construir, modificar, arreglar o crear. Es así como para Aristóteles la *téchnē* es en esencia imitación, pero en cuanto conocimiento constructivo o poético, es también creación (p. 131). Tejiéndose en el entramado conceptual aristotélico, la producción, la reproducción, la creación y la imitación, con el conocimiento de cómo se generan las cosas de la naturaleza (teoría de las cuatro causas) y con las pretensiones humanas de cómo mejorar las cosas de la naturaleza. Siendo esta una tendencia que se ha mantenido hasta el presente. Por citar un ejemplo actual, se ha logrado crear en laboratorio una rata con ADN de mamut y se piensa con ello que se puede producir un proceso de 'desextinción' a partir de la idea de que al poderse establecer:

"el vínculo entre secuencias específicas de ADN y rasgos físicos que permitieron al enorme mamífero, desaparecido hace ya unos 4 mil años, adaptarse a los entornos fríos [se puede] resucitar rasgos que se han perdido por la extinción y [cuyo] objetivo principal es restaurar"¹⁴.

¹⁴Ver al respecto: ¿Se acerca la desextinción? crean "ratones lanudos" con características de mamut. Documento en Línea. Disponible en: <https://www.trespm.mx/eco/vida-salvaje/se-acerca-la-desextincion-crean-ratones-lanudos-con-caracteristicas-de-mamut>



Consideramos que la producción de especies extintas es una ruptura del ciclo de la naturaleza que nos puede afectar a todos debido, por una parte, a que de alguna u otra manera todos estamos interconectados y, por la otra, la información que se tiene del mundo cuántico es insuficiente a pesar de que la resurrección sea un medio y no un fin en si mismo.

Schrödinger (1944 [2022]) expresó que la cualidad específica de una modificación de un código genético de esa naturaleza es la estabilidad del nuevo código para evitar la entropía. Si consideramos ahora en términos biotecnológicos azules la entropía puede ser observada no solo a pequeña escala sino también a gran escala para propósitos económicos azules hay que prever cómo sería el impacto en una situación fuera de control. Es decir, cómo una modificación en el plano microscópico puede producir alteraciones en el plano macroscópico y viceversa. El caso del pez león en las aguas de la mar Caribe visto como una modificación (no intencional) en un plano si se quiere macroscópico es un modo de valorar los riesgos a los cuales se pudiera considerar para tomar una decisión que signifique la alteración de la naturaleza a pequeña escala.

Siguiendo con nuestra línea discursiva, posterior al tiempo de Aristóteles, también en el ámbito estético, solo la idea de un principio de finalidad de la naturaleza, por lo menos pensable, posibilitará los juicios reflexionantes —juicios estéticos y juicios teleológicos—, en el marco de la filosofía kantiana. Al respecto, Kant indica en su *Critica del juicio*, que solo es posible hacer juicios estéticos (juicios sobre lo bello o lo sublime) y juicios teleológicos (juicios que buscan enlazar la diversidad de las cosas naturales bajo un sistema de la naturaleza), en la medida en que estos juicios se elaboran bajo la idea guía de que la naturaleza tiene una finalidad, en otras palabras, la posibilidad de estos juicios subyace bajo el pensamiento de un fin final de la naturaleza que a la postre es incognoscible para la experiencia humana (1790, [2003]). En este

sentido, es conveniente recordar que el vocabulario del kantismo invadió los textos originales de los fundadores de la mecánica cuántica sobre todo en lo concerniente a la definición de intuición en clave clásica o cuántica (Chavallay, 1994:483). La importancia de lo afirmado obedece a las limitaciones del lenguaje para dar cuenta de los fenómenos cuánticos. De ahí, que los juicios reflexionantes y teleológicos constituyan un punto de apoyo para la comprensión del universo cuántico que se ha abierto a nuestra capacidad de observación.

Cabe destacar, que la reconstrucción anterior ha sido tradicionalmente entendida por la filosofía como producto de la reflexión sobre lo estético, sin embargo, con el desarrollo tardío de una filosofía de la tecnología, en la mitad del siglo pasado, los aspectos antes mencionados se incluyen dentro del ámbito de la filosofía de la tecnología de las humanidades que conjuntamente con las propuestas analíticas sobre tecnología de más reciente data, así como los presupuestos que proceden de la ingeniería y su práctica, conforman lo que hoy conocemos como filosofía de la tecnología (Fraassen, *et al.* 2024).

Desde el origen del conocimiento occidental la noción de naturaleza ha obtenido sentido con su introducción en distintas dicotomías. Una de ellas es lo natural versus lo artificial, que, en el discurso griego antiguo, sea estético o tecnológico, suponía la distinción entre objetos naturales y objetos artificiales o artefactos. Distinción que se relaciona con la clasificación de los objetos de la naturaleza en función del movimiento -móviles e inmóviles¹⁵ y en función del origen del movimiento: los objetos con capacidad de movimiento a partir de un acto interno son clasificados como seres vivos y los objetos sin esta capacidad como objetos inertes cuyo movimiento depende de una causa eficiente externa¹⁶. Otra de las dicotomías dentro de la cual la noción de naturaleza obtiene sentido es en su diferencia frente a lo humano, estableciendo así la distinción entre lo natural y lo cultural. Lo que se entienda por "naturaleza" se establecerá

¹⁵Aquí entra en juego todo lo que va de la cibernetica en sus diferentes órdenes hasta lo que hoy día se conoce como inteligencia artificial generativa cuyo correlato lo constituye la inteligencia artificial cuántica que ya está entrando a formar parte de nuestra vida cotidiana.

¹⁶En este sentido debemos recordar lo que expresamos en el párrafo anterior de la distinción realizada por Schrödinger en relación con los sistemas vivos como aquellos capaces de evitar la entropía en diferentes escalas.

en función de la dicotomía en la que se encuentre inscrita o, si se quiere, desde el marco conceptual u horizonte de comprensión que se establezca previamente.

Desde el ámbito de la filosofía natural, la comprensión de la naturaleza inicia también en la Grecia antigua como la investigación acerca de la *physis*. Este amplio proyecto de investigación, iniciado por los filósofos presocráticos, comprendía tres fases de investigación: una *cosmogénesis* o explicación del origen y estructura del cosmos, una *biogénesis* o explicación sobre el origen y la constitución de los entes vivientes, y *antropogénesis* o una explicación sobre la especie humana, incluyendo su cultura. La investigación acerca de la *physis* será un proyecto que procurará, aunque sin conseguirlo totalmente, explicar cuál es el principio (*arché*) que permanece en lo cambiante, estableciendo una nueva dicotomía, esta vez entre el ser y el devenir (Álvarez y Castillo, 2023; p. 174). Dentro de este marco, la naturaleza se identifica como un ente para ser conocido, posición que se ha mantenido desde la Ilustración y la revolución científica hasta el presente constituyendo su correlato actual lo que se conoce como la Reducción Objetiva Orquestada (Orch-OR), un esfuerzo teórico de Roger Penrose y Stuart Hameroff (2014) por explicar la conciencia humana a través de la mecánica cuántica¹⁷.

Durante la época moderna la naturaleza será entendida como el otro libro de Dios, un libro a ser decodificado por los filósofos naturales, para nosotros padres fundadores de la ciencia moderna. Un libro escrito por Dios en lenguaje matemático, si seguimos en esto a Galileo Galilei, idea esta que impregna el proyecto de matematización de la naturaleza iniciado con la revolución científica que en la actualidad ha llevado al filósofo Roland Omnès (1999), a proponer la matematización del sentido común como una vía para sumergirnos efectivamente en el mundo cuántico al cual nos estamos adentrando. Desde ese momento, la investigación moderna sobre la naturaleza se caracterizará por la

búsqueda de lo singular, lo concreto y lo fáctico siguiendo la aspiración pitagórica de salvar las apariencias. Seguirá el anhelo de lo puramente universal y en eso se fundamenta la importancia de la búsqueda de método en la filosofía y el desarrollo del método de la filosofía natural descrito por Isaac Newton en sus *Principios matemáticos de filosofía natural* que hoy conocemos bajo el título de método hipotético deductivo, haciendo hincapié en la búsqueda de la ley que regula lo cambiante (ideal nomológico), generalmente expresada en términos matemáticos¹⁸.

Marc Richir en su artículo "Sentido y sin sentido de la naturaleza" (2013) indica que los fundadores de la física moderna o clásica se dieron cuenta de la imposibilidad de abarcar la naturaleza como totalidad, por lo cual, sus teorías no pretenden ser explicaciones globales de la naturaleza sino explicaciones de un pequeño número limitado de observaciones sobre también limitadas parcelas de la realidad. El autor afirma que desde el nacimiento de la física moderna se la ha considerado a esta disciplina como una teoría de la naturaleza ya que gira, al menos en sus inicios, en torno a la búsqueda de la armonía natural o, a lo sumo, en un intento de desvelar algo de ella. En opinión del físico, es Kant quién entiende la naturaleza como una radical exterioridad en relación con el conocimiento: mientras la física es la idea reguladora, la naturaleza se convierte en sustrato suprasensible o un horizonte del conocimiento y es radicalmente incognoscible¹⁹. Como habíamos adelantado supra, es el fin final de la naturaleza, solamente pensado más no conocido, el marco que puede dar sentido a los juicios estéticos y teleológicos en la *Crítica del juicio*. Por su parte, en una nota a pie de página de su *Crítica de la razón pura*, Kant advierte que la palabra 'naturaleza' puede ser tomada adjetivamente (formal) o sustantivamente (material). Tomada adjetivamente o formalmente, 'naturaleza' refiere a la conexión de las determinaciones de una cosa según el principio de causalidad, mientras que desde el punto de

¹⁷Esta teoría está en proceso de falsación en lo relativo al desarrollo actual de la física cuántica, sin embargo, en época más reciente, Timothy Eastman apoyándose en la citada teoría expresó en relación al problema mente-cuerpo y los procesos posibilitadores de la conciencia que esta es una capacidad emergente de la mente que tiene la virtud de diferenciar reflexivamente "lo que es" de "lo que podría ser" permitiendo tomar decisiones entre posibilidades alternativas que se expresan en salidas que remiten a la consideración del contexto donde una acción o inacción cualquiera se produce (2020:79).

¹⁸Ver al respecto: Newton, I. (1687 [1997]). *Principios Matemáticos de Filosofía Natural*. Barcelona. (T. A. Escrivá y M. Sáenz). Editorial Altaya. P. 621.

¹⁹Ver también: Chevalley (1994).



vista sustantivo o material, indica el conjunto de fenómenos interdependientes en función de un principio interno causal. Finalizando la idea con las siguientes frases:

En el primer sentido se habla de la naturaleza de la materia líquida, de la materia del fuego, etc., y se emplea esta palabra en sentido adjetivo. Cuando hablamos en cambio de <las cosas de la naturaleza> estamos pensando en un todo subsistente" (1787 [1988], B446; p. 390).

Sin entrar de lleno a explicar las particularidades de la filosofía kantiana, solo diremos, según estas breves coordenadas que bajo esta idea se presentan tres formas de entender a la naturaleza: (1) como las determinaciones de las cosas en función del principio causal, (2) como un todo subsistente con un principio interno de orden, en el caso kantiano, causal (y como vimos en el caso de Schrödinger en base a evitar la entropía), y (3) como algo de lo que podemos pensar que tiene una teleología (fin o propósito) y sólo bajo este horizonte de sentido son posibles los juicios reflexionantes. En (1) la física clásica obtiene su razón de ser, solo con (2) la experiencia obtiene sentido como un todo unificado, mientras que (3) permite, en la región de la opinión, hablar sobre lo bello (natural y artificial), sobre el sentimiento de los sublime y sobre los organismos vivos. Con (1) y (2), Kant fundamenta la experiencia de un mundo que responde a las leyes mecánicas, mientras que con (3) el prusiano otorga sentido y posibilidad a las explicaciones orgánicas sobre lo viviente de la biología naciente.

En sintonía con lo anterior, Richir (2013) indica que la naturaleza sólo tiene sentido dentro de la ciencia física y en el marco de sus teorías se introduce su sinsentido. Lo que empieza como un proyecto "onto-lógico" para la física aristotélica, en el que se identifica de forma tautológica la estructura lógica de nuestro decir con la estructura del universo (ser) para tratar de explicar el devenir, se transforma en la física moderna en objeto de experimentación dentro de la mecánica clásica (fenómeno como objeto de la experiencia posible en términos kantianos) y en un observable en la mecánica cuántica con todas las limitaciones del caso. Siendo este proceso una progresiva des-ontologización que lleva al sinsentido de la naturaleza en el marco de la

mecánica cuántica (pp. 312-313). La identificación entre naturaleza y ciencia física hace que, en opinión del físico, surja la siguiente paradoja:

¿No es la relación entre teoría y experimentación una relación mimética que, sin dilucidar hasta ahora la cuestión de su armonía (únicamente pensable), reduce esta por tanto el plano de una suerte de reflexión 'especular' en que, si la teoría parece "marchar" como la naturaleza, la naturaleza misma parece también "marchar" como la teoría? (pp. 314-315).

Debemos recordar aquí la frase de Pauli relativa a llevar la economía azul por el camino de la evolución. El problema radica en entender cómo marcha la naturaleza inescrutable, las soluciones aproximadas y siempre parciales de la teoría física otorgarán más o menos sentido a este ente.

Si en la teoría física, la naturaleza parece desaparecer al convertirse en pura externalidad, esto no ocurre dentro de la economía como ciencia. Todavía hoy, a pesar de los graves problemas ambientales causados por la producción en masa y el alto consumo de sociedades altamente tecnificadas, la ciencia económica oscila entre dos ideas de naturaleza. La primera es una idea muy antigua y constituye la comprensión tradicional y generalizada que identifica a la naturaleza como una fuente ilimitada de recursos para la producción y el consumo humano sin considerar los impactos ecológicos a largo plazo. En esta perspectiva la naturaleza es cosificada y convertida en materia de los procesos económicos (Paño, 2021), y como sumidero de los desperdicios producto de la cadena de producción económica. La segunda idea, de data reciente, entiende a la naturaleza como una entidad de recursos limitados cuyo equilibrio puede ser puesto en riesgo por la actividad humana. Dentro de esta perspectiva se inscriben las economías transformadoras, dentro de las cuales se ubica la economía azul. Sin embargo, a pesar de los grandes esfuerzos realizados en los últimos años, enmarcados en el debate sobre la transición de nuestros conceptos económicos como crecimiento y desarrollo con miras a la conservación y restauración de la naturaleza, quedan todavía grandes incertidumbres sobre los resultados de la aplicación de ciertas innovaciones económicas, en nuestro caso particular, la

economía azul. Incertidumbres que en cierto sentido son muy similares a las que plantea la mecánica cuántica: no podemos predecir con seguridad los efectos de las aplicaciones de esta economía que resulta ser un híbrido entre (1) decisiones económicas, (2) innovaciones tecnológicas cuyos efectos a largo plazo no pueden ser pronosticados con seguridad, (3) condiciones y estructuras de una naturaleza poco conocida a pesar de los esfuerzos en ese sentido, y (4) deseos, necesidades y requerimientos humanos. Esto nos lleva al siguiente cuestionamiento: ¿puede entenderse la economía azul como un sin sentido que persigue el propósito de preservar a la naturaleza y producir alguna forma de bienestar humano a través de la competitividad, el beneficio económico y las innovaciones tecnológicas? Solo el tiempo dará respuesta a esta pregunta.

La economía azul observada como una actividad basada en la competitividad y, por consiguiente, la investigación y desarrollo, siguiendo a Pauli (2011), nos genera una paradoja al tratar de saber cómo una competencia, sin sentido, va a generar la preservación de la naturaleza. En los ejemplos señalados en este párrafo en relación a la modificación del ADN, la inteligencia artificial cuántica (IAC) o la teoría de la reducción objetiva orquestada nos indica que la física moderna aún tiene un largo derrotero que navegar y pareciera que se está exponiendo a la naturaleza a riesgos innecesarios. Prevenir esos riesgos pasa por actuar con prudencia frente a un mundo natural que no es algo ajeno al ser humano pues constituye su hábitat.

Los aspectos éticos que conlleva alterar el hábitat en que vivimos

Aristóteles en su *Ética a Nicómaco* definió la prudencia (*phrónesis*) como la cualidad de un hombre para:

“... poder discurrir bien sobre lo que es bueno y conveniente para él mismo... para el vivir bien en general... [dónde] la buena actuación (praxis) misma es un fin... [y] esta es una cualidad propia de los administradores y políticos... los principios de la acción son los fines por los cuales se obra” (ÉthN., 91).

Por lo que se observa, la prudencia es una disposición racional verdadera y práctica respecto de lo que es bueno para el hombre (p. 93) que en el caso del estagirita es fundamental para el que manda porque es “la opinión verdadera...” (p. 164). En el presente, con el desarrollo de la ciencia y la tecnología, la ética se enfrenta a nuevos retos, debido a que las implicaciones morales se vuelven cada vez más complejas y el desconocimiento en sí de hacia dónde conducen estos avances requiere la prudencia no sólo de lo bueno y conveniente, sino también de la certeza para afirmar ello, es decir, debe considerar aquello que originalmente relacionó con *episteme*, *noús* y *sophia*²⁰. El avance de la tecnociencia²¹ ha generado en el ser humano un nivel de dependencia que hace que se cuestione si el progreso técnico y científico es bueno o malo para la vida.

Los problemas ambientales, producto del calentamiento global, han sido motivo de estudio por parte de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), así como el aumento de la pobreza, la desigualdad, la miseria y la hambruna a nivel mundial. El surgimiento de nuevos modelos económicos, tales como, la economía azul, son proyectos fundamentados en la sostenibilidad y la sustentabilidad de los recursos y cuyo fin es promover el crecimiento económico, sin causar daños a los ecosistemas marinos y oceánicos, los cuales son la mayor fuente de riqueza en el mundo, capaz de reducir el impacto de los gases de efecto invernadero, además, de generar empleos, alimentos y otros servicios que pueden contribuir al desarrollo de la región. Los océanos y mares representan más del 70 % del planeta, albergando gran parte de su biodiversidad, por esto es importante crear conciencia ecológica en las sociedades y en los estados con el fin de evitar, por una parte, la pesca indis-

²⁰El concepto de *phrónesis* en Aristóteles aparece originalmente en una de sus obras juveniles conocida como *Protréptico*. Esta palabra refería originalmente, para él, el conocimiento de las causas y estaba estrechamente relacionada con otras expresiones como *episteme*, *noús*, y *sophia* que denotaba simultáneamente una actividad y un estado producto de esa actividad que tenía como fin último la *eudaimonia*. Ver al respecto: Blanco (2018).

²¹Sobre los usos de los términos “ciencia”, “tecnología” y “tecnociencia” y sus relaciones con las distintas disciplinas que reflexionan sobre la ciencia, ver: Niiniluoto, I., (1997).



criminada, la contaminación por desechos nucleares, químicos, plásticos, etc. Y, por la otra, modificaciones genéticas que puedan producir alteraciones entrópicas a nivel micro y macroscópico en nuestro hábitat. Podríamos decir que una alteración genética fuera de control es una forma de contaminación más nociva aun porque el desconocimiento actual de los procesos cuánticos no indica la reversibilidad del mal procedimiento.

Este es un modelo económico que, si bien puede impulsar el desarrollo de las comunidades, presenta desafíos éticos que pueden afectar negativamente al individuo y a la naturaleza como un todo. En este sentido, la investigación científica con responsabilidad ambiental es una forma de detectar cualquier alteración que se produzca de forma no natural, es decir, accidental o deliberada con el propósito de producir daño.

Ahora bien, con la aparición de las llamadas tecnologías disruptivas, tales como, inteligencia artificial, la robótica avanzada, la computación cuántica, la biotecnología, entre otras, los procesos productivos se han ido transformando, acortando el tiempo de producción para satisfacer la demanda del mercado. Por otra parte, el sector salud, manufacturero, agrícola, etc, pueden ser beneficiados con este tipo de tecnología aportando datos precisos para mejorar la efectividad y la productividad en el sector. Asimismo, estas innovaciones tecnológicas fundamentadas en el sector marino se presentan como una solución a los problemas ambientales, debido a que la IAG aporta las herramientas necesarias para el cuidado del medio ambiente al prevenir o reducir desechos. Igualmente, con la utilidad de la IAG en la medicina, la población se vería beneficiada con su implementación, ya que puede contribuir a la detección precoz de enfermedades.

Sin embargo, como ya hemos estado indicando, estas tecnologías también plantean desafíos éticos que deben ser considerados. Se deben tomar decisiones responsables para implementarlas para no causar un impacto negativo en la sociedad ni al medio ambiente. El portal Crowe Social

Venezuela advierte sobre las nuevas amenazas y desafíos a los que se enfrenta la humanidad con la incorporación de la IAC en el mercado de trabajo. Estos desafíos son la desigualdad, inseguridad geopolítica y violación de la privacidad²². Si consideramos ahora la relación entre IAC y biotecnología cuántica estos desafíos son más grandes debido a que más allá de la brecha que se está creando entre desarrolladores o poseedores de esas tecnologías y los que no son capaces de ello, los consumidores, al final de una cadena, no sabrán qué están consumiendo y cuáles son sus potenciales efectos nocivos en términos de economía azul.

Mucho se habla de los beneficios que la tecnología puede traer al medio ambiente y a la sociedad, pero también existe la preocupación de los problemas éticos, económicos y sociales que puedan surgir sin la regulación debida antes de su implementación. Ante este escenario, la ética propuesta por el filósofo alemán Hans Jonas está aún vigente, ya que los problemas éticos y sociales causados a partir del desarrollo tecnológico pueden generar efectos negativos en el medioambiente y en la humanidad presente y futura. Jonas destacó la necesidad de crear una ética orientada al futuro, en la cual el ser humano tiene la libertad de elegir sus acciones, pero también tiene la responsabilidad de elegir aquellas acciones que no traigan consecuencias a futuro. Jonas (1995) en su libro *"El Principio de responsabilidad. Ensayo de una ética para la civilización tecnológica"* propone asumir una ética de la responsabilidad, la cual, a diferencia de las éticas tradicionales, aborda los problemas que se han creado con el desarrollo de la tecnología moderna y los riesgos que se han derivado de ella. Para Jonas (1995), nuestra responsabilidad no solo es con las generaciones presentes sino con las futuras, es por ello que debemos proteger el planeta que hemos heredado.

El hombre moderno, para Jonas (1995), no es bueno para la naturaleza, sus acciones amenazan la continuidad de toda la vida en el planeta. Según este filósofo, la ética tradicional es antropocentrista y no se ajusta a los problemas éticos que se van presentando con la evolución de la

²²Fuente tomada de la página web Que sabes de la Cuarta Revolución Industrial | Crowe en Venezuela.

técnica (*téchnē*), la cual tiene la capacidad de transformar nuestro hábitat y nuestras condiciones de vida, pero no es capaz de transformar la esencia del hombre (p. 29). Según Jonas, el hombre se mantiene siendo el mismo a pesar del desarrollo de la técnica y mantiene sus valores éticos y morales intactos, por lo tanto, la responsabilidad ética sobre el uso de la tecnología recae sobre él, los seres humanos somos los responsables del impacto que la tecnología cause en el medioambiente. El problema que se presenta es saber hasta qué punto llega esta responsabilidad: ¿es individual?, ¿tiene que asumirla toda la humanidad?, o ¿son los que toman las decisiones en el plano de las comunidades políticas? Los problemas que surgieron con posterioridad a las medidas sanitarias adoptadas durante la pasada pandemia iniciada en el 2020 son indicativos de las limitaciones acerca del conocimiento científico y de las tecnologías aplicadas para la solución de la crisis.

De acuerdo a este planteamiento de Jonás, tenemos la obligación moral de hacer un buen uso de la tecnología, debemos pensar que tenemos un compromiso con nuestras generaciones futuras, el cual es cuidar y preservar nuestro hábitat, pero el gran desafío al que se enfrenta esta ética de la responsabilidad es a la superación de las ideas antropocentrista que plantean las éticas tradicionales y la utilitarista, las cuales no consideraban las acciones del hombre a futuro ni las consecuencias que de ellas pudieran derivarse a largo plazo. Para Jonas, el deber del Ser humano es preservar la naturaleza, por lo que deben establecerse criterios éticos que regulen el avance tecnológico y promover la sostenibilidad ambiental.

La teoría de la responsabilidad de Hans Jonas es un gran referente en el estudio de la ética ambiental porque se encarga de analizar las relaciones humanas con el medioambiente²³. En este sentido, creemos que no es la economía la que debe estar a la par de la evolución como expresó Pauli debido a los riesgos que comporta la biotecnología, es decir, las modificaciones de sistemas vivos específicamente marinos para propósitos comerciales. Nuestra consigna

debería ser: la prudencia debe estar atenta para preservar la evolución natural de los seres vivos regulando las actividades económicas que puedan dañar de forma deliberada o no la naturaleza porque creemos que una modificación o mutación fuera de control es una forma de contaminación.

Otro referente de la ética ambiental es el ecologista estadounidense Aldo Leopold, quien habló por primera vez de la “ética de la tierra” en su libro “*A Sand Country Almanac*” (1949). En esta obra, Leopold hace referencia sobre el respeto que debemos tener por la naturaleza y la interdependencia entre el hombre y el medio ambiente. Nosotros, en este orden de ideas, pensamos en un nuevo tipo de prudencia: *ponto phrónesis* (*prudencia marítima*) como una praxis tendiente a garantizar la armonía y el equilibrio en la naturaleza acuática en su propia dinamicidad. La idea del progreso ha cambiado epocalmente: al inicio de la humanidad los avances técnicos no constituyan un riesgo para la vida, hoy en día se sabe que el desarrollo tecnológico acelerado puede comportar altos costos para la naturaleza y la vida desde el surgimiento de las armas nucleares.

Por otra parte, el pensador noruego Arne Naess, fundador del movimiento de la “ecología profunda”, señala que la naturaleza tiene un valor intrínseco más allá de su utilidad para los seres humanos, por lo que debe ser protegida. En este sentido, *ponto phrónesis* es una praxis que se expresa en la investigación, desarrollo y la instrumentación de normas que garanticen la armonía y el equilibrio en la naturaleza. Ciertamente existen normas que persiguen la preservación del ambiente, pero el avance de la mecánica cuántica le está dando a la preservación una nueva dimensión que debe ser considerada desde nuestra capacidad de producir nuevos conocimientos.

Así pues, el ser humano debe tomar conciencia de las consecuencias que sus acciones han ocasionado y pueden ocasionar al planeta con las modificaciones genéticas impulsadas por la mecánica cuántica, hacer un cambio de paradigmas y asumir responsabilidades con el medio ambiente, de lo contrario nuestras generaciones futuras no

²³Concepto tomado del Diccionario Stanford de Filosofía



tendrán un mejor planeta o ningún planeta. Por otra parte, la superación del pensamiento antropocentrista occidental no es tarea fácil, es importante promover la conciencia ecológica a través de la educación y crear una campaña de concientización eficaz, en la cual se muestren las investigaciones que se han realizado sobre los problemas ambientales que afectan al mundo.

Conclusión

Estamos conscientes de que la mecánica cuántica está cambiando nuestras vidas, pero no estamos conscientes de los riesgos que comporta pensar en términos de un sin sentido como medio para lograr una idea de sentido cuando se considera a la economía azul como un medio para el desarrollo sostenible y sustentable que se apoya en la biotecnología para producir nuevos productos en una dinámica económica competitiva y neoliberal que, por una parte, se puede presentar como excluyente para una gran parte de la humanidad y —por la otra— puede resultar dañina si se considera que la mecánica cuántica está en pleno desarrollo y el efecto de sus aplicaciones no es conocido sobre todo en el ambiente marino o acuático.

Esta circunstancia haría necesario, tal como lo expresó Bennet (2019), el desarrollo de una ciencia social marina que pudiera ser denominada por nosotros como ciencia social acuática. Una ciencia de esta naturaleza debería estar relacionada, siguiendo a Dahik y Iturrealde (2021), con las ciencias físicas, biológicas, químicas, geológicas, hidrográficas, de la salud y sociales, así como la ingeniería, humanidades e investigaciones multidisciplinarias sobre las relaciones entre los seres humanos y el mundo acuático considerando los desarrollos tecnológicos actuales y las investigaciones relativas a las aplicaciones de la mecánica cuántica en el mundo acuático (p. 119-120). Además de la ciencia social marina se plantea la necesidad de establecer marcos legales consistentes para su aplicación en entornos marinos.

Para finalizar, más allá de las concepciones griegas sobre las cuales nos hemos fundamentados para reflexionar acerca de la naturaleza, creemos también como iberoame-

ricanos que debemos dirigir la mirada para comprender las cosmovisiones, *téchnē* y *praxis* de las civilizaciones originarias acuáticas, en especial la Warao y la Yekuana que le han permitido producir sus medios para la vida, permanecer en el tiempo y mantener la armonía y el equilibrio con el medio en que habitan. Esto lo decimos debido a que nosotros a diferencia de ellos estamos produciendo muy poco para asegurar nuestra existencia y ello nos hace estar sujetos a una cadena de producción donde el consumo es un fin y no un medio para la vida buena.

Referencias

Álvarez, P. y Castillo, O. (2024). *Principio, orden, belleza y simetría en la investigación griega “acerca de la naturaleza” o physis*. Revista Sarance, (52), pp. 169-184.

Aristóteles. (s IV a. C. [2000]). *Ética a Nicomáquea*. Madrid. (T. J. Palli). Editorial Gredos. 562 p. Documento en línea. Disponible en: https://posgrado.unam.mx/filosofia/pdfs/Aristoteles__Etica-a-Nicomaco-Etica-Eudemia-Gredos.pdf.

Bennet, N. (2019). “Marine Social Science for the Peopled Seas”. Vancouver. Documento en línea. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/330917743_Marine_Social_Science_for_the_Peopled_Seas.

Bisang, R., Campi, M. y Cesa, V. (2009). *Biotecnología y desarrollo*. Santiago de Chile. CEPAL. 107 p. Documento en línea. Disponible en: https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/3650/S2009064_es.pdf.

Blanco, C. (2018). *El concepto de “phrónesis”: desde Aristóteles hasta Francisco de Suárez. Mutatis Mutandis*: Revista Internacional De Filosofía, 1(10), 79–98. <https://doi.org/10.69967/07194773.v1i10.28>.

Camba, J. (2014). *Principios de la economía azul*. Documento en línea. Disponible: <https://blueatlanticforum.org/principios-de-la-economia-azul/>.

Cappelletti, A. (2000). *La estética griega*, Caracas. FHE-UCV.

Chevalley, C. (1994). "Física cuántica y filosofía". Madrid. (T. J. A. Valor Yébenes). Universidad Complutense. Revista de filosofía Nº 12, Pp. 477-492. Documento en línea. Disponible: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=899919>.

Dahik, A. Iturralde, G. (2021). *La contribución de los sectores marítimos a una economía azul sostenible para el Pacífico Sudeste*. Paris: COI-UNESCO. Documento en línea. Disponible en: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375632>.

Eastman, T. (2020). *Untying the Gordian Knot Process Reality and Context*. Maryland. Editorial Lexington Books. P. 220.

Franssen, Maarten, Gert-Jan Lokhorst e Ibo van de Poel, "Philosophy of Technology", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (edición de otoño de 2024), Edward N. Zalta y Uri Nodelman (eds.), URL = <<https://plato.stanford.edu/archives/fall2024/entries/technology/>>.

Gabriel, Markus. (2020) *En torno a la inteligencia artificial*. Buenos Aires. Fundación Medifé Edita. p. 98.

González, D. (2022). "Qué es la poco explorada biología cuántica (y cómo puede dar pistas sobre por qué estamos vivos)". BBC News Mundo. Documento en línea. Disponible: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-60939356?msclkid=a616e0fccf9111eca9e5881b9f32b6d8>.

Heidegger, M. (1954 [1997]). *Filosofía, Ciencia y Técnica*. 3º ed. Santiago (T. F. Soler). Universidad de Chile. 306 p. Documento en línea. Disponible en: https://olimpiadadefilosofiaunt.files.wordpress.com/2012/02/heidegger-tecnica_ocr.pdf.

Instituto Nacional de los Espacios Acuáticos (INEA). (2022). *Proyecto del Observatorio Nacional de los Espacios Acuáticos (ONEA)*. Caracas. INEA. p. 82.

Jonas, Hans. (1995). *El Principio de responsabilidad. Ensayo de una ética para la civilización tecnológica*. Barcelona. (T. J. Fernández). Editorial Herder. P. 334. Documento en línea. Disponible en: <https://etica.uazuay.edu.ec/sites/etica.uazuay.edu.ec/files/public/uazuay-etica-principio-de-la-responsabilidad-hans-jonas.pdf>.

Kant, I. (1978). *Crítica de la razón pura*. Madrid. (T. P. Rivas). Editorial Alfaguara. 690 p.

Kant, Immanuel. (2003) *Crítica del Juicio*, México. (T. M. García Morente). Editorial: Porrúa. p. 406.

Mauranyapin, N., Terrasson, A y Bowen, W. (2022). *Quantum Biotechnology. Queensland. Adv. Quantum Technol.* 5, 2. Documento en línea. Disponible: www.advquantumtech.com.

Niiniluoto, I., (1997) *Ciencia frente a tecnología ¿Diferencia o identidad?*, *Arbor* CLVIII, 620 (agosto), p. 285-299.

Omnès, R. (1999). *Quantum Philosophy, Understanding and Interpreting Contemporary Science*. Princeton, Princeton University Press. P 320.

Paño, Y. (2021). *Viabilidad de la economía circular en países no industrializados y su ajuste a una propuesta de economías transformadoras*. Un acercamiento al escenario latinoamericano. *Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*. N°101 MARZO 2021 CIRIEC-España, pp. 289-323.

Pauli, G. (2011). *Economía Azul. 10 años. 100 innovaciones. 100 millones de empleos*. (T. A. García). Editorial Tusquets. p. 352.

Penrose, R. y Hameroff, S. (2014). "Reply to criticism of the 'Orch OR qubit' – 'Orchestrated objective reduction' is scientifically justified". *Physics of Life Reviews*. Volume 11, Issue 1, Pp 104-112. Documento en línea. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1571064513001917?via%3Dihub>.

Richir, M. (2013) *Sentido y sin sentido de la naturaleza*, *Eikasia*, mayo 2013, pp. 311-312. Disponible en: https://marc-richter.eu/wp-content/uploads/sites/3/2017/04/87_41-Sentido-y-sin-sentido-de-la-naturaleza.pdf.

Rosen, R. (1993). "La pregunta de Schrödinger: ¿Qué es la vida? Cincuenta años después". Madrid. (T. E. Azpeitia y P. Marijuán) Llull: Revista de la Sociedad Española de Historia



de las Ciencias y de las Técnicas, Vol. 16, N° 30, Pp 285-312.
Documento en línea. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/62112.pdf>.

San Miguel de Pablos, J. L. (2016). «*¿Qué es la vida?*», La pregunta de Schrödinger. Pensamiento. Revista De Investigación E Información Filosófica, 62(234), pp 505–520. Documento en línea. Disponible en: <https://revistas.comillas.edu/index.php/pensamiento/article/view/4616>.

Schrödinger, E. (1944 [2022]). *¿Qué es la vida?* Editor digital: Titivillus. (T. R. Guerrero). 126 p. Documento en línea. Disponible en: <https://ia801509.us.archive.org/22/items/schrodinger-e.-que-es-la-vida-epl-fs-2022/Schr%C3%B6dinger%20E.%20-%20Qu%C3%A9%20es%20la%20vida%20%5BEPL-FS%5D%20%5B2022%5D.pdf>.