



ARTÍCULO DE REFLEXIÓN / REFLECTION ARTICLE

BIOÉTICA Y FORMACIÓN PARA LA BIOLOGÍA EN EL SIGLO XXI**Bioethics and Vocational Training for Biology in the XXI Century**Pascual LINARES MÁRQUEZ¹

1. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán S/N CP.91000, Xalapa, México, palinares@uv.mx.

Recibido: 11 de agosto de 2022. **Revisado:** 26 de enero de 2024. **Aceptado:** 09 de mayo de 2024**Editor asociado:** Xavier Marquinez**Citation/ citar este artículo como:** Linares, P. (2024). Bioética y formación para la biología en el siglo XXI. *Acta Biol. Colomb.*, 29(3), 5-13. <https://doi.org/10.15446/abc.v29n3.102733>**RESUMEN**

La biología como disciplina científica se enfrenta a retos epistemológicos y bioéticos, que surgen en los albores del siglo XXI. Esta disciplina debe atender problemas como la pérdida de la diversidad biológica y desde la formación profesional, generar estrategias para enfrentar esta situación, integrando la bioética, con el fin de establecer nuevas formas de relación entre los seres humanos y las otras formas de vida. Así también, la generación de tecnología para modificar sistemas biológicos, incluyendo la biología molecular y la genética compleja, obligan a una nueva ética desde las posibles modificaciones artificiales, sobre todo con fines biomédicos. La bioética es una disciplina que nace en la década de los años setenta del siglo pasado y tiene por misión acompañar al conocimiento científico analizando dilemas bioéticos que emergen desde la intervención de los seres vivos, para procurar la conservación e integridad de los sistemas vivos como entidades libres y autónomas. El presente documento hace un abordaje de los cambios de la biología desde sus inicios y hasta la fecha, las circunstancias que ha enfrentado desde diversas epistemologías, y la atención de los retos al interior de la disciplina para generar pertinencia con las exigencias globales. Se plantea la necesidad de integrar la bioética en la formación del biólogo, desde el establecimiento de comités de ética de la investigación y comités de bioética, así como el consentimiento informado, en los procesos de aplicación de la ciencia, en pro de la permanencia de todos los sistemas vivos humanos y no humanos.

Palabras clave: conservación, derechos humanos, ética animal, evolución, historia de la ciencia**ABSTRACT**

Biology as a scientific discipline faces epistemological and bioethical challenges, which arise at the dawn of the 21st century. This discipline must address problems such as the loss of biological diversity and vocational training, generate strategies to face this situation and integrate bioethics to establish new forms of relationship between humans and other life forms. Also, generating technology to modify biological systems, including molecular biology and complex genetics, requires new ethics from possible artificial modifications, especially for biomedical purposes. Bioethics is a discipline that was born in the seventies of the last century and has the mission to accompany scientific knowledge by analyzing bioethical dilemmas that emerge from the intervention of living beings, to ensure the preservation and integrity of living systems as free and autonomous entities. This paper addresses the changes in biology from its beginnings to date, the circumstances it has faced from various epistemologies, and the attention to the challenges within the discipline to generate relevance with global requirements. There is a need to integrate bioethics into the training of biologists, from the establishment of committees for research ethics and bioethics committees, as well as informed consent, in the processes of applying science, For the survival of all living systems, human and non-human.

Keywords: animal ethics, conservation, evolution, history of science, human rights

INTRODUCCIÓN

La biología, entendida como conocimiento científico que estudia los sistemas vivos en cuanto a procesos, funciones, diversidad, interacciones, alteraciones e incluso transformaciones, precisa de una revisión constante en términos epistemológicos y axiológicos. Las corrientes teóricas y éticas que han conformado a la ciencia de la vida se presentan en el siglo XXI con una mayor complejidad, lo que precisa atender la modificación artificial de los sistemas vivos, que repercuten directamente en la permanencia del ser humano en el planeta. Esta revisión implica atender al objeto de estudio de la biología conformada por entidades de diversa complejidad, sistemas vivos, que tienen la particularidad de no encontrarse siempre en la misma situación debido a que están en constante dinámica. Lo vivo cambia constantemente y la ciencia que lo estudia, la biología, también debe hacerlo, sin importar si se trata de procesos como el cambio de la biodiversidad en su conjunto o entidades diferenciadas como las poblaciones animales o las células. Son estos cambios constantes, que implican funciones diversas durante los ciclos de vida, los que ponen a la comunidad científica y a la sociedad en dificultades para entender, desde los conocimientos actuales, a los sistemas biológicos considerando la repercusión de éstos en los procesos vitales de los otros sistemas vivos.

La biología en el siglo XXI presenta un doble reto, generar conocimiento desde las modificaciones de los sistemas biológicos y detener situaciones que enfrentaremos en las próximas décadas; cambios extremos del clima que impactarán la pérdida de especies y ecosistemas, actividades humanas como la industria minera que afecta el suelo y la calidad del agua, la creciente densidad poblacional humana que demanda más recursos alimenticios y por supuesto, la presencia de nuevas enfermedades como la Covid 19, causada por el virus SARS-COV2 (Ortiz, 2020).

Este panorama crítico nos lleva a reconocer de forma diferente a la ciencia del siglo XXI y obliga a la comunidad científica, desde sus programas de investigación, a un análisis honesto y profundo que permita esclarecer los nuevos modos de generar conocimiento con posturas bioéticas precautorias y de mayor responsabilidad.

Podemos señalar dos retos de orden ético que hoy ponen a la biología en una encrucijada; el primero estriba en el excesivo apuro de la comunidad científica que implica generar conocimiento que pueda intervenir las estructuras y procesos de los entes vivos con fines utilitarios como la biología molecular o la epigenética; en segundo término, y no menos importante, la intención bioética, centrada en la responsabilidad y la precaución, desde el desarrollo y aplicación de tecnociencias que prometen soluciones radicales como en algunas aplicaciones de la reproducción asistida y la ingeniería genética.

Una característica de la biología del presente siglo deriva en buena manera de la integración de la tecnología en los

programas de investigación de frontera: la biotecnología, biología sintética, genética molecular, la biología molecular, los daños generados por nuevas agregaciones bacterianas denominadas biopelícula, la cual representa un reto en la evolución de bacterias que se agrupan y crean entidades altamente patógenas (Forte y Rebagliati, 2013), por mencionar algunas. Esta reconocida tecno-biología, en las últimas décadas, ha desconcertado al mundo poniendo en discusión las decisiones de científicos y gobernantes que, desde posturas de poder, han tomado decisiones unilaterales considerando el beneficio de un sector, en ocasiones político o económico, como el farmacéutico, sin ponderar la necesidad de los gobernados y el de la humanidad en su totalidad. Hoy es imposible que el científico esquive el debate bioético en la responsabilidad que le corresponde como un quehacer fundamental de su actividad profesional.

El presente documento hace un abordaje de los cambios de la biología desde sus inicios y hasta la fecha, las circunstancias que ha enfrentado desde diversas epistemologías, los retos al interior de la disciplina y en pertinencia con la dinámica y las exigencias del mundo. Con ello pretendemos analizar, la necesidad de la bioética como un anclaje necesario de la biología en el ejercicio y formación profesional. Enfrentaremos de esta forma, la necesidad de una bioética desde la frontalidad de las demandas sociales y disciplinares, en un contexto de transformación acelerada de los sistemas vivos donde la tecnociencia y la biología aplicada han jugado un papel fundamental en el detrimento de los sistemas vivos. Finalmente plantearemos los lineamientos bioéticos que consideramos, son necesarios en la biología para abordar una formación pertinente en el biólogo del siglo XXI, un biólogo preocupado por su impacto en el mundo de interacciones necesarias, para la permanencia de los sistemas vivos.

LA BIOLOGÍA COMO DISCIPLINA CIENTÍFICA

La biología como ciencia se ha enfrentado a una reestructuración epistemológica constante, producto de la generación de conocimiento al interior de esta, fincada en la necesidad de respuesta a las nuevas preguntas que surgen desde los escenarios que implican el mundo micro y macro biológico dentro de los procesos inherentes a los mismos. Las novedosas posibilidades de la biología se han hecho tangibles en gran medida por el acompañamiento de tecnologías que modifican lo vivo para “mejorarlo” y con ello han aparecido diversas tendencias de preocupación social que cuestionan los nuevos planteamientos de intervención. Así, nuevas metodologías emergen con bases teóricas difusas, buscando convertir lo natural en productos modificados que no pertenecen a los sistemas ecológicos conocidos y que no sabemos si puedan implicar modificaciones de las especies y de los procesos naturales. La mayoría de las veces las modificaciones a especies, ecosistemas o células responden a la búsqueda de características morfológicas que permitan

una manipulación y rendimiento de la diversidad biológica como mero producto de venta, en industrias como la alimenticia, farmacéutica o las agroindustrias. Una ciencia que podemos entender con destino para la globalización o de manera clara, para un mercado global (Vessuri, 2014).

Es la biología del siglo XXI la que, en la manipulación genética trastoca, desde niveles moleculares, los caracteres hereditarios y al mismo tiempo la relación de las especies con su entorno, ya que estas nuevas especies producidas desde una eficacia doméstica (Eriksson, 2000), no podrán vivir en condiciones naturales. La manipulación de una población biológica cambia no sólo su forma sino también sus funciones en la naturaleza, desligándolas del nicho ecológico natural que han desarrollado en su historia evolutiva y de las interacciones bióticas que le corresponden, desde el ajuste ecológico generado a través de miles o millones de años, con las otras especies. Es importante considerar que es la comunidad científica, los científicos de la biología postmoderna, quienes tienen la responsabilidad de marcar los lineamientos para que la biología del siglo XXI sea una ciencia impregnada de conciencia bioética, desde la comunidad científica pensando a la sociedad/humanidad como depositario del conocimiento y de sus aplicaciones.

En la memoria de los inicios de la biología es importante recordar las primeras posturas precientíficas que la ubican en la posibilidad de enfrentar el estudio de lo vivo. Las etapas fijista, vitalista, mecanicista e incluso empirista (González, 2007), moldearon en el siglo XIX la ciencia de lo vivo y conformaron el fundamento epistémico básico desde la descripción morfológica hasta la causalidad de la diversidad biológica. Los primeros interesados en estudiar las especies en su entorno natural enriquecieron con datos, ubicaciones geográficas y aspectos abióticos, el mundo ecosistémico, lo cual permitió una primera aproximación en estudios llamados naturalistas. Como sabemos, estas posturas de acercamiento al estudio de los sistemas vivos aportaron los primeros métodos y técnicas para explorar el mundo de la naturaleza en una formalidad, hoy madura, denominada ciencia.

La conformación de la biología, desde las bases de la descripción naturalista y los registros primigenios de sistemas ecológicos, se reestructuraron en una constante revisión, el diseño metódico de una consistencia científica fundada en la sistematización del conocimiento y el planteamiento de teorías sólidas separaron a la biología de otras ciencias fácticas como la física y la química (Herrero, 2008). En la estatura epistemológica de la ciencia física, como la ciencia mayor, se ponderaba a la biología en un estatus de provincia, ubicándola en una línea de espera para alcanzar un “mayor” nivel epistemológico; este nivel ocurriría en la visión de los físicos del siglo XIX con el descubrimiento de nuevas leyes físicas aplicadas al funcionamiento de los entes vivos (González, 2007). Esta visión que consideraba a la física como una ciencia dura y a la biología como una ciencia blanda, tuvo validez en el siglo XIX. La formulación

de su cuerpo teórico y sus propios paradigmas, en las primeras décadas del siglo XX, permitió a la biología salir de esta clasificación limitada y configurarse como una ciencia con posibilidades propias más allá de las explicaciones matemáticas, las cuales apuntaban en una sola dirección, como única posibilidad de ciencia a la física (Rasskin-Gutman y Esteve-Altava, 2008).

Los animales y plantas, lo orgánico conocido hasta ese momento, no se estudiaba en movimiento; así, la explicación de entes no integrados se fijaba en un tiempo determinado y no como un objeto de estudio animado o dinámico; a esta etapa de la biología se le conoce como fijismo. Esta apreciación nos sitúa en una visión antigua del mundo orgánico y de la naturaleza, y al mismo tiempo nos permite apreciar el cambio en la ontología de lo vivo. Por supuesto la intervención para conocer los organismos y sus estructuras carecían, desde el fijismo, de explicaciones funcionales cambiantes; esto no permitía reconocer las interacciones de las especies con otras de su tipo o diferentes; un ejemplo claro es la percepción del mundo microbiológico y su relación con lo macro biológico (Labrador-Montero, 2019).

La corriente vitalista en la biología tiene auge en Alemania y Francia, principalmente en el inicio del siglo XIX. Esta tendencia ideológica centrada en la explicación de los componentes que daban vida se funda en esencias o componentes intrínsecos que implicaban, desde el interior un algo que era parte de la composición de todas las especies, una fuerza o elemento capaz de dar cuenta de la vida, al igual que la gravedad explicaba el mundo físico (Muñoz, 2016). Una postura de este calibre, en la biología, se desechó rápidamente ya que los vitalistas presentaron argumentos con una carga explicativa endeble, frente a un mundo embelesado con fundamentos materialistas.

Es el mecanicismo de Descartes, una de las posturas con relación a las especies animales, que presenta otro enfoque novedoso, donde se consideró a la naturaleza como una entidad registrada bajo criterios cuantificables y tangibles (Sánchez, 2008). Esta manera de ver a los animales desde componentes mecánicos se desarrolló en tiempos de nuevas ideas y de escepticismo en el siglo XVI, la cual explicaba la vida animal con estructuras que funcionaban como aparatos o máquinas. La misma inquietud de hurgar en lo vivo implicaba para Descartes y sus contemporáneos en un entorno post-renacentista, nuevas ideas para acercarse a explicaciones plausibles que, más allá de lo lógico, mostraron argumentos contrastantes con aquella realidad que los sentidos les generaba, en un ámbito de ideas que dejaron de lado paulatinamente los relatos mágicos, pero no así ideas tan poderosas como la existencia de Dios (Rodríguez, 2020).

La biología actual es depositaria de un empirismo radical asentado en una construcción materialista de lo vivo, resultado de la unión de argumentos cartesianos y aportaciones deterministas de la física y la química. Esta corriente apostaba por la teoría evolutiva de Darwin y la investigación fisiológica, de mediados y finales del siglo XIX (Rodero, 2022).

Desde esta corriente de pensamiento, los naturalistas emprendieron viajes hacia lugares desconocidos aún, para describir estructuras, enlistar organismos completos y nuevos grupos de diversas especies. Ellos abonaron a la biología las primeras técnicas para sistematizar información básica en la descripción de organismos en el espacio donde se desarrollaban y vivían de manera natural: su hábitat en el ecosistema (Bermúdez, 2015). Sin tener claro el cambio de concepción al enfrentarse al objeto de estudio en condiciones de vida libre, estudiosos de la naturaleza distinguían factores ambientales externos que, de alguna forma se implicaban en el desarrollo, comportamiento y funcionamiento de formas de vida recién descubiertas.

De esta forma, el reduccionismo ha significado una postura epistemológica que no ha podido explicar la biología en su complejidad bajo las leyes y principios de la física y la química. Mayr (2016) hace una distinción, al respecto, en dos niveles: uno donde es plausible la integración de explicaciones bajo fundamentos físicos y químicos, considerada la biología funcionalista y, el otro nivel de expresión de la vida orgánica, aquella que comprende la generación de especies y la interacción de estas en un devenir histórico y a la cual la denomina biología evolutiva; en esta última la física y la química quedan cortas para dar cuenta del funcionamiento constructivo de la biología.

La biología es a la vez, una visión de la ciencia y de la concepción del mundo. El devenir del concepto de especie es un ejemplo (Marcos, 2010). Así la postura de Mayr (2016) con dos niveles de explicación salva de alguna forma esta gran tarea en la que la biología se ve inmersa porque, difícilmente habrá una sola postura para entender de manera homogénea y totalitaria al mundo vivo. De esta forma, es importante en la definición de los reduccionismos, a los que se ha visto expuesta la biología, hacer una consideración de aquellos que pueden ser menos perjudiciales para el entendimiento del estudio de los procesos biológicos (Rodríguez, 2020). Se debe tener cuidado con las posturas reduccionista, no sólo se trata de abrir las posibilidades en la explicación sino de la conciencia misma de la construcción de la biología en términos científicos. La generación de conocimiento en biología debe desarrollarse desde las limitaciones teóricas y en los casos en los que se debe recurrir a un enfoque reduccionista se hace necesario esclarecer metodológicamente la necesidad de este tipo de acercamiento desde los límites impuestos en el trabajo experimental.

La Teoría general de sistemas (Bertalanffy, 1989) aparece en la década de los sesenta del siglo XX revolucionando la percepción de los entes en estudio bajo una concepción de sistemas dinámicos, los cuales interactúan con otros sistemas del mismo tipo. Para la biología, podemos aplicar esta teoría desde un nivel micro con un nivel macro o en el mismo nivel, pero con la interpretación de complejidad enmarcada en interacciones bióticas y abióticas que cambian, de manera cíclica o lineal.

Bajo esta apreciación compleja en interacción de sistemas, similares o diversos, se puede abordar con mayor complejidad la comprensión de los sistemas biológicos: un bosque, una población de insectos o los diversos ciclos biogeoquímicos. Todos los sistemas biológicos hoy día están sujetos a otros sistemas de índole cultural como la economía o el crecimiento demográfico, es así que, la ciencia actual debe entender los sistemas biológicos en constante interacción con sistemas bioculturales.

FORMACIÓN PROFESIONAL Y BIOÉTICA

Hemos discutido anteriormente los caminos que hoy conforman la biología en el empeño de la generación de conocimiento; sin embargo, es importante apuntar que la biología moderna ha sido transformada considerablemente con la inclusión de la tecnología en sus métodos y técnicas; estas herramientas sofisticadas han permitido indagar en los sistemas vivos de una manera más agresiva y totalitaria, al grado de ponderar, a través de determinismos tecnocientíficos, la construcción de la biología en nuevas epistemologías; un ejemplo claro es la biología sintética (Silver *et al.*, 2019) donde los intentos por generar vida artificial consumen recursos de forma excesiva, de tipo institucional y grandes sumas económicas que hasta hoy han dado resultados limitados; y por supuesto, la amplia gama de investigaciones desde la biología molecular, dirigida preferentemente a investigaciones farmacéuticas (Soto-Vázquez *et al.*, 2007).

La transformación de diversas entidades biológicas ha generado, desde la tecnología, no sólo nuevas oportunidades de mercado sino también, nuevos mercados en la oferta de productos modificados *ad hoc* en la demanda de características como volumen, transporte, rendimiento y hasta desarrollo, características idóneas para insertarse en un mercado global (Luque, 2017). La misma biología en estos momentos está generando especímenes que antes no existían y que tienen como único sustento la producción bajo estrictos “controles de calidad”.

Aunque en los últimos años se ha propiciado un auge en la investigación biológica, sería ingenuo pensar que la biología tiene como único camino, en el ejercicio profesional, la investigación en los campos de la biología molecular, genética o afines. El crecimiento de la biología como ciencia ha generado campos emergentes de conocimiento, nuevas disciplinas, que explican diversos aspectos de la vida que se refieren a las funciones que los seres vivos llevan a cabo en los ecosistemas y en las nuevas posibilidades de re-arreglo en los hábitats modificados por las actividades humanas; esto implica procesos que explican las dinámicas emergentes de la diversidad biológica, los que dan cuenta de las múltiples etapas del desarrollo a lo largo del ciclo de vida en nuevos escenarios, modificados en poco tiempo; un ejemplo es el de las metapoblaciones, que son poblaciones con una distribución heterogénea en ecosistemas fragmentados (Figueroa-Fábrega *et al.*, 2018).

Si bien la biología asiste hoy a una serie de avances generados en las últimas décadas como la proteómica o la biología molecular, esto no es casual (Cieslak y Ribera, 2009). El desarrollo de tecnología *ad hoc* que permite productos impensables hace pocos años, “engolosina” a expertos, a los medios de comunicación y a la opinión pública. Es de esta forma que la tecnología, un acompañante de la ciencia, se pondera como el verdadero valor, un valor integrado en la cultura global como un fundamentalismo que ha fragmentado al conocimiento científico y a la cultura misma.

Sin embargo, no se puede visualizar a la biología de manera extrema ante el boom tecnológico debido precisamente a que, los sistemas vivos representan un reto en la investigación y que la técnica es un medio para aplicar métodos y estrategias en el proceso de generación de nuevas teorías donde la tecnología, aun cuando es muy sofisticada, está limitada por la epistemología misma y la visión del investigador.

En la biología, posiblemente la tecnología, nos permite estudiar genes, células o moléculas; sin embargo, la expresión de estos y las complejas redes de interacción que evidencian la integración y transcripción de información necesitan del medio celular, lo cual implica factores externos en la expresión, transformación y permanencia de estos genes, células y moléculas (Sandín, 2005). Esto no se puede adjudicar exclusivamente a los genes ni a lo que puede percibir la misma tecnología; es aquí donde se hace necesaria la formación cognitiva integral del biólogo-investigador, con base en su conocimiento de las teorías y la formulación de la propuesta de intervención correspondiente, impregnada esta con una visión de las posibilidades futuras del sistema vivo, al intervenirlo. En esta intervención de lo genético existen disciplinas como la epigenética (Robles *et al.*, 2012), que dan cuenta de un mayor rango de posibilidades en la integración de otras visiones, como el paradigma de la evolución, en la explicación causal de las especies y de todos los sistemas vivos. Así, en una idea de profundización conviene, dar una mirada a los procesos evolutivos para dar cuenta de la expresión diferencial de los caracteres y la importancia del desarrollo e implicaciones de este en la generación de especies o de sus cambios posibles.

Otros aspectos importantes que considerar en la generación de conocimiento biológico son; la participación bioética de la comunidad científica y la demanda social, que en esta actualidad del siglo XXI nos lleva a refundar la generación de conocimiento desde la investigación y aplicación de este, considerando al ser humano como generador y depositario del conocimiento científico.

Ante la posibilidad de intervenir los sistemas vivos y la aplicación que pueda de ello surgir, no podemos darnos el lujo de pensar que la ciencia es neutra y debemos reconocer que la misma implica desde la formación de los futuros biólogos, una interpretación compleja y multifactorial de aquellos aspectos culturales que acompañan la generación, aplicación y socialización del conocimiento (Goig, 2003).

Son estas implicaciones de orden ético, económico y político que llevan a críticos a determinar la pasividad y actividad de los países, con relación a su postura frente a la generación de conocimiento, señalando a aquellos que sólo adoptan las líneas de investigación de una manera pasiva recurriendo a la misma metodología aplicada en diversos escenarios y los que generan nuevas líneas de investigación.

Así, la valoración de los ecosistemas, por parte de la sociedad o las autoridades correspondientes, representa un factor fundamental en la formación de los profesionales de la biología; como ilustración de esto, podemos apuntar el caso de la pérdida acelerada de los bosques tropicales en América Latina, grandes extensiones que prestan servicios ambientales a la humanidad, donde existen miles de especies que todavía no se alcanzan a conocer, pero que desaparecen a causa de la toma de malas decisiones (Arce, 2020). Esta situación nos demanda posturas éticas encontradas en cuanto a dirimir si la intervención de empresas que hacen uso de los recursos maderables o de las especies de importancia económica que extraen, lo hacen con lineamientos legales pertinentes o de manera ilegal y excesiva, donde no proveerán beneficio alguno a la ciudadanía y que, además, en el futuro generarán problemas alternos de índole social. En este último enfoque la balanza favorece a la opinión de científicos y defensores de los sistemas ecológicos no intervenidos. Así, el estudio de la biología necesita un acompañamiento de posturas bioéticas para la aplicación de la biología en este siglo XXI, el cual representa al mismo tiempo un momento de gran avance científico y de los mayores retos en la aplicación de este. Discusiones de esta índole, son atendidas por instituciones internacionales como la OMS, la UNESCO, la FAO, pero es en la práctica profesional situada donde es necesario el amplio entendimiento de esta complejidad, considerando siempre la generación y aplicación del conocimiento.

La formación profesional de grado y postgrado que no integre criterios axiológicos asociados a la utilización e intervención de los sistemas naturales como la responsabilidad para con las otras formas de vida no humanas y la solidaridad con generaciones futuras. Asimismo, de los fenómenos o procesos en los cuales estén involucrados entes vivos, caerá de una formación que le permita al biólogo conservar ecosistemas y cualquier nivel de organización natural. El biólogo calificado para hacer frente a las intervenciones de lo vivo deberá contemplar en la generación y socialización del conocimiento, herramientas profesionales valorativas que permitan visualizar los alcances de la investigación y el estudio científico en una integración de factores biológicos, sociales y humanísticos, los cuales deben servir de apoyo en la comprensión y emisión de juicios de valor, en las causas y efectos de los impactos causados a la naturaleza, en los riesgos al ser humano y, de la misma forma, el impacto a su trama cultural situada, aspectos históricos, estructura social, espectro de creencias y relación con lo biológico.

Una postura bioética presente en la formulación de protocolos de investigación permitirá de entrada, situar los componentes éticos, valores y principios, en un sistema biocultural, aunque el estudio no siempre tenga fines sociales. Se trata de propiciar un cambio de visión profesional con una carga de responsabilidad, integrada a lo cultural.

La generación de una formación bioética se desarrolla desde ámbitos diversos, en los cuales queda de manifiesto que el experto, el biólogo, encargado del estudio de los sistemas biológicos, debe considerar *a priori* lineamientos para que la relación generada con los sistemas naturales, desde la construcción de lo humano, sea propuesta y llevada a cabo en límites técnicos, epistemológicos, comunitarios, institucionales y sobre todo bioéticos.

En cuanto a su situación espacio-temporal, la postura bioética profesional puede plantearse en la generación de problemas donde se hayan dado impactos negativos sobre sistemas biológicos, generados a su vez por la implementación técnica inadecuada o la omisión de factores importantes en las decisiones *de facto*. Se le conoce a esta como una remediación de proceso en la cual el daño debe resarcirse inicialmente deteniendo la intervención y, posteriormente valorando, a través de un diagnóstico multifactorial, los posibles daños y la magnitud de estos. También el abordaje *a priori* en la premeditación de efectos antrópicos sobre los sistemas naturales o vivos es recomendable, la integración de recomendaciones, no solo en cuanto a la generación de normas vinculantes, sino también a los procedimientos, protocolos de intervención y las costumbres no invasivas o de bajo impacto.

BIOÉTICA Y EL BIÓLOGO EN EL SIGLO XXI

En el presente siglo XXI, una época de grandes cambios en el desarrollo de la tecnología, en el sistema de macroeconomía y actualmente en una situación de pandemia, la cual vivimos en este momento, generada por el Sars-cov2, denominada postpandemia es imperante señalar, además de la formulación ya analizada, los elementos indispensables en el biólogo.

Lo mínimo indispensable en la formación de grado y posgrado del biólogo debe integrarse en cuatro ejes principales: i) la generación de conocimiento que no promueva exclusión social, ii) la integración del consentimiento informado en la obtención de datos en la investigación, iii) el establecimiento de comités de bioética y de ética de la investigación institucional, iv) integración de bioética en la educación formal, en los planes de estudios.

GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO QUE NO PROMUEVA LA EXCLUSIÓN SOCIAL

En las últimas décadas el conocimiento se ha integrado a la llamada industria del conocimiento donde este se convierte en un producto comercial que se inserta en un

mercado académico y empresarial. Al convertirse el conocimiento en un producto, el acceso al mismo mantiene cuotas de tipo monetario; así, desde la academia, los docentes y alumnos tienen acceso a una serie de recursos académicos, como artículos de investigación, reportes, libros y una gran cantidad de documentos virtuales; sin embargo, existen una serie de documentos que se encuentran encriptados, a los cuales solo se puede acceder pagando una cuota, ya sea a través de suscripciones mensuales o anuales.

Bajo este panorama, los países de renta media y baja en crecimiento (Comisión Económica Para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2012), enfrentan la necesidad de acceder al conocimiento, lo cual no siempre es posible. Particularmente en América Latina las condiciones económicas son inestables; se registra una brecha económica de inequidad donde existe una gran población en situación de pobreza y una incapacidad para acceder a la educación y todavía más, a la educación superior (Latina *et al.*, 2010). Esta situación genera exclusión social desde las mismas instituciones de educación pública, las universidades, creando conocimiento dirigido a la iniciativa privada, al sector empresarial que no promoverá el acceso a la información sino desde un intercambio monetario que beneficia al sector privado.

Resulta fuertemente paradójica esta situación toda vez que las tendencias de la educación superior se alinean hoy con sistemas de evaluación de investigadores y docentes de las universidades a través de indicadores internacionales, en revistas que cobran por dar acceso a la información (Rikap y Naidorf, 2020).

La biología como una disciplina científica necesaria, considerando las condiciones actuales y las circunstancias emergentes ya señaladas, debe considerar de forma clara que el conocimiento es una base para atender problemas como la pérdida de ecosistemas o el cambio climático, pero también que estos problemas están relacionados con diversos factores culturales, los cuales necesitan información a través de órganos de difusión masiva, medios de comunicación tradicionales y redes sociales. Asuntos vigentes como el cambio climático, la degradación ambiental, la fragmentación de selvas y bosques, la pérdida de especies y la contaminación de suelos y aguas, son temas prioritarios en las agendas de cualquier país y con mayor preocupación en los países megadiversos de América Latina.

INTEGRACIÓN DEL CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA OBTENER DATOS EN LA INVESTIGACIÓN

El consentimiento informado es una herramienta que pretende, de inicio, establecer las bases para proteger los derechos humanos y la dignidad de las personas ante cualquier intervención que pueda poner en riesgo a las mismas. De manera tradicional se ha considerado el consentimiento informado en prácticas científicas tradicionales de tipo clínico y en la biomedicina, toda vez que la intervención es

directa, en términos morfológicos y fisiológicos, pero aun en estas condiciones, el consentimiento informado no siempre ha sido un instrumento que se ha utilizado de la mejor forma (López y Vega, 2017); por esto, se hace necesario poner mayor cuidado no solo en la aplicación del mismo, sino que se debe ampliar éste, de acuerdo a las circunstancias de la investigación. En lo que va del presente siglo, se ha generado una importante cantidad de investigación con datos de la sociedad civil, de pacientes en instituciones hospitalarias, penitenciarias y de diversa índole, y estos datos no siempre se tipifican como inherentes a las personas. La conformación de la persona humana incluye los datos de esta; sin embargo, es hasta hace poco que se ha determinado legalmente en algunos países que los datos de la persona son inherentes a la misma y cualquier uso establece atentar a la persona poseedora de estos (Chamberg-Chanamé, 2022).

La investigación que se desarrolla hoy desde la biología con una base de estudios bioculturales hace una utilización cada vez mayor de los datos de las personas y de grupos sociales, sobre todo de pueblos originarios en los cuales se indagan prácticas ancestrales acerca del manejo de recursos naturales. Así, es imperante que se establezcan y generen nuevos instrumentos de consentimiento informado para proteger a estas comunidades y personas, del uso inadecuado o del abuso a su integridad física y su dignidad para la obtención de datos (Rozzi, 2016).

ESTABLECIMIENTO DE COMITÉS DE BIOÉTICA Y DE ÉTICA DE LA INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL

A la investigación en institutos y universidades de todo el mundo, pero de manera enfática en América Latina, le urge establecer comités de ética de la investigación y bioética (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2024), con la finalidad de hacer una revisión de las directrices bioéticas que se integran en los proyectos y poner en contexto la intervención de personas, animales, ecosistemas y cualquier sistema vivo, desde la biología. Aunque en las ciencias biomédicas es toda una tradición esta praxis, hoy se visualiza la falta de algunas normas y la aplicación de estas en estudios donde los investigadores, obvian las medidas necesarias para que los proyectos establezcan bases bioéticas adecuadas (Heredia *et al.*, 2021). La misma investigación hoy día se hace con nuevos objetos de estudio como líneas celulares, bases de datos genéticos y moleculares, que demandan la generación de nuevos protocolos de trabajo, pero también de cuidados y normas éticas actualizadas y pertinentes (Santaló, 2017).

Asimismo, es importante señalar la actual postpandemia generada por el Sars-Cov2, desde la hipótesis de la acción de un coronavirus que se ha transmitido, de un mamífero a otro de diferente linaje, el humano. Esta enfermedad denominada Covid-19 ha trastocado el mundo entero y en la atención de esta, la investigación biológica se ha volcado en todas las líneas de investigación posibles; algunas de estas

investigaciones han sido generadas de manera rápida y sin consideraciones bioéticas (Ñique *et al.*, 2021), lo cual pareciera que se puede disculpar u obviar por la alta necesidad de resultados; sin embargo, son estos aspectos emergentes los que debe dilucidar la bioética y por ello es prioritario integrar los comités de ética de la investigación y los comités de bioética en todas las instituciones de investigación. Las investigaciones, necesarias en la pandemia, han utilizado animales de diversas especies para la obtención de vacunas, en los que se han llevado a cabo ensayos clínicos también con la intervención de grupos de personas. La investigación continúa y seguirá por unos años, hasta tener la certeza de la superación de esta enfermedad, situación que nos lleva a atender los aspectos bioéticos en cada línea de investigación desde las ciencias biológicas, en cuanto a la repercusión de esta investigación que demanda el bienestar de la humanidad.

INTEGRACIÓN DE BIOÉTICA EN LA EDUCACIÓN FORMAL

Todos los aspectos aquí mencionados, a lo largo del documento, han señalado la relevancia de integrar la bioética a la formación de los profesionales de la biología, en los diversos ámbitos de la investigación. Se trata de formar, en esta perspectiva, investigadores y recursos humanos, desde la formación básica, con los elementos necesarios para atender este aspecto tan necesario, en las ciencias biológicas. La intención es generar no solo documentos, sino una formación robusta en los nuevos biólogos; para ello es pertinente que en el proceso educativo la bioética se integre en los niveles de grado y postgrado, en las licenciaturas e ingenierías en ciencias biológicas y afines, y en los posgrados: especialidades, maestrías y doctorados. Es importante hacer hincapié en aspectos de fondo como la responsabilidad social, la integridad profesional, el manejo de animales humanos y no humanos en la investigación, la retribución de conocimiento a los diversos sectores sociales (Rincón *et al.*, 2021).

La bioética desde sus fundamentos está en pleno desarrollo epistemológico; en cuanto a la investigación, las metodologías y los marcos teóricos emergentes, que demandan profesionales con elementos filosóficos, legales, antropológicos y por supuesto biológicos, para abordar una bioética que presenta, cada vez con mayor formalidad, dilemas a atender.

Entre los aspectos a incluir en esta formación bioética podemos señalar los siguientes contenidos indispensables: Fundamentos epistemológicos de la bioética (Siurana, 2010), la ciencia en la modernidad y la ética (Vattimo, 2013), clasificación de la bioética (Usanos, 2019), bioética clínica (Trujillo y Hall, 2020), bioética principialista (Beauchamp y Childress, 2008), La importancia de los comités de ética de la investigación para la biología (Chávez, 2018), Bioética global (Rozzi, 2016). Además, es indispensable que se enseñen y socialicen todos los documentos y las normativas específicas que dan cuenta de la responsabilidad del investigador desde su quehacer científico (Rincón

et al., 2021). Fundamentales son los que han dado génesis a la bioética como: Carta de los Derechos Humanos de 1948, Declaración de Bioética y Derechos Humanos (Garrafa, 2017), el Código de Núremberg, Tratado de Helsinki, Convenio para la protección de los derechos humanos y la dignidad del ser humano con respecto a las aplicaciones de la biología y la medicina (Consejo de Bioética de Europa, 1996), y los necesarios, dependiendo de los dilemas bioéticos a atender y los documentos normativos de cada país.

CONCLUSIONES

La biología como disciplina científica se enfrenta a diversos cambios en términos epistemológicos, pero también, desde estos cambios se revela la necesidad de un acompañamiento ético en la generación y aplicación del conocimiento en las diversas líneas de ciencia básica y la aplicación, en ocasiones con fines que impactan positivamente a la humanidad, pero que, en otras ocasiones, dañan a los sistemas vivos de diversa índole, incluyendo a los seres humanos.

La bioética es una disciplina que emerge como auxiliar en la formación del biólogo para reflexionar y desde un análisis fuerte y profundo, desde las herramientas que provee esta disciplina, establecer criterios y protocolos necesarios en la intervención de sistemas vivos, con urgencia, en esta controvertida posibilidad de utilización de estos.

Es imperativo establecer criterios de base como la conformación de comités de ética de la investigación en todas las instituciones que desarrollan investigación biológica y en las instituciones de educación superior en las cuales se forman los profesionales de la biología.

Finalmente es importante destacar que el biólogo en nuestros tiempos debe establecer las responsabilidades que le corresponden no solo en la generación de conocimiento sino en la discriminación de las líneas de investigación que desarrolla y las finalidades de estas; no se puede alegar hoy ignorancia o inocencia frente a los impactos que la ciencia tiene en el entorno natural y en la permanencia o extinción de la vida humana y de las otras formas de vida.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se desarrolló dentro del proyecto; Bioética en la utilización de animales no humanos (cordados) en investigación científica. A1-S-9521. Fondo Sectorial de Investigación para la Educación SEP-CONACYT Investigación Científica Básica 2017-2018.

CONFLICTO DE INTERESES

El autor señala que no existe conflicto de intereses con ninguna instancia o autor alguno en la consideración que los contenidos del presente son generados por el mismo.

REFERENCIAS

- Arce, R. S. (2020). Aproximaciones para el desarrollo de una bioética forestal a partir del caso peruano. *Revista Latinoamericana de Bioética*, 20(1), 107-122. <https://doi.org/10.18359/rlbi.4536>
- Beauchamp, T. L. and Childress, J. F. (2008). Principles of Biomedical Ethics. *Oxford University Press*.
- Bermúdez, G. M. A. (2015). Los orígenes de la Biología como ciencia. El impacto de las teorías de evolución y las problemáticas asociadas a su enseñanza y aprendizaje. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 12(1). https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2015.v12.i1.06
- Bertalanffy, L. (1989). Teoría general de los sistemas. Fundamentos, desarrollo, aplicaciones. *Teoría General de Los Sistemas*.
- Comisión Económica Para América Latina y el Caribe (2012) Los países de renta media. Un nuevo enfoque basado en brechas estructurales. Naciones Unidas. CEPAL. Pp. 50.
- Chambergo-Chanamé, C. (2022). Vulneración de la dignidad de la persona humana en centros penitenciarios: una actual realidad alarmante. *Revista Científica Ratio Iure*, 2(1). <https://doi.org/10.51252/rcr.v2i1.282>
- Chávez, M. H. R. de. (2018). Comisión Nacional de Bioética Guía nacional para la integración y el funcionamiento de los Comités de Ética en Investigación. In *Conbioética*.
- Cieslak, A. y Ribera, I. (2009). Aplicaciones de proteómica en ecología y evolución. *Ecosistemas*, 18(1).
- Consejo de Bioética de Europa. (1996). Convenio de Oviedo: Convenio para la protección de los Derechos Humanos y la dignidad del ser humano con respecto a las aplicaciones de la Biología y la Medicina. *Archivos Del Consejo de Europa*.
- Eriksson, G. (2000). Genética evolutiva y conservación genética. *Invest.Agr.: Sist. Rcur. For.*, 2.
- Figuroa-Fábrega, L., Bravo-Samaha, J., Silva-Haun, R. y Padilla, T. (2018). Dinámica metapoblacional, ocupación espacial y migración en bivalvos de importancia comercial: el caso de la almeja *Tawera gayi* (Bivalvia: Veneridae) en el Mar Interior de Chiloé. *Anales Del Instituto de La Patagonia*, 46(1). <https://doi.org/10.4067/s0718-686x2018000100007>
- Forte, L. M. y Rebagliati, J. E. (2013). *BIOPELÍCULA Una nueva forma de resistencia bacteriana y su evolución Un problema en la industria alimenticia, energética y farmacológica BIOFILM A new bacterial Resistance and its evolution A problem in food, energy and pharmacologic industries*. 1.
- Garrafa, V. (2017). Declaración universal sobre bioética y derechos humanos DUBDH (ONU, 2005). *Ministerio de Salud de Argentina*.
- Goig, R. L. (2003). La Bioética como “tercera cultura”: un análisis desde la sociología de la ciencia. *Cuadernos de Bioética*, 14, (51-52).

- González, R. J. L. (2007). Filosofía de la biología, biología del conocimiento y biotecnología. In *Varia biológica: filosofía, ciencia y tecnología*.
- Heredia, A. P., Cantón, B. y Santillán, D. P. (2021). Retos de los comités de ética en investigación en animales. Experiencia de México. *Revista de Bioética y Derecho*, 51, 99-121. <https://doi.org/10.1344/rbd2021.51.32563>
- Herrero, L. (2008). Del mecanicismo a la complejidad en la biología. In *Revista de Biología Tropical*, 56(1), 399-407. <https://doi.org/10.15517/rbt.v56i1.5534>
- Labrador-Montero, D. (2019). La evolución de la biología y la biología evolucionista: especie y finalidad. *Humanities Journal of Valparaiso*, 14, 395-426. <https://doi.org/10.22370/rhv2019iss14pp395-426>
- Latina, A., Moreno-Brid, J. y Ruiz-Nápoles, P. (2010). *La educación superior y el desarrollo económico en América Latina* (Issue 1). <https://www.redalyc.org/pdf/2991/299128587004.pdf>
- López, R., Vega, P. (2017). Consentimiento informado en Medicina Práctica clínica e investigación biomédica. *Revista Chilena de Cardiología*, 36(1). <https://doi.org/10.4067/s0718-85602017000100008>
- Luque, P. K. (2017). Seguridad alimentaria y alimentos transgénicos. *Observatorio Medioambiental*, 20, 59-75. <https://doi.org/10.5209/obmd.57946>
- Marcos, A. (2010). Hacia una filosofía práctica de la ciencia: Especie biológica y deliberación ética. *Revista Latinoamericana de Bioética*, 10(19), 108-123. <https://doi.org/10.18359/rb1.1010>
- Mayr, E. (2016) Así es la biología. *Debate*. 336.
- Muñoz Pérez, E. V. (2016). Heidegger y la biología: Mecanismo y vitalismo en los conceptos fundamentales de la metafísica. Mundo, finitud y soledad (1929/30) de Martin Heidegger. *Pensamiento. Revista De Investigación E Información Filosófica*, 71(269 S.Esp), 1201-1216. <https://doi.org/10.14422/pen.v71.i269.y2015.007>
- Ñique, C., Cervera, M., Díaz, R. y Domínguez, C. (2021). Principios bioéticos en el contexto de la pandemia de COVID-19. *Revista Médica Herediana*, 31(4). <https://doi.org/10.20453/rmh.v31i4.3860>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. UNESCO. (2024). Funcionamiento de Comités de Bioética. Procedimientos y Políticas. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000147392_spa
- Ortiz, G. (2020). Pandemias, zoonosis y comercio de animales silvestres. *Revista de Bioética y Derecho*, 50, 19-35. <https://doi.org/10.1344/rbd2020.50.31303>
- Rasskin-Gutman, D. y Esteve-Altava, B. (2008). Nuevos horizontes de la biología teórica. *LUDUS VITALIS*, 16(30), 521-525. <https://doi.org/10.1002/bies.20766>
- Rikap, C. y Naidorf, J. (2020). Ciencia privatizada en América Latina. *Con-Ciencia Social*, 3, 57-76. <https://doi.org/10.7203/con-cienciasocial.3.16790>
- Robles, R. G., Ayala, R. P. A. y Perdomo, V. S. P. (2012). Epigenética: Definición, bases moleculares e implicaciones en la salud y en la evolución humana. *Revista Ciencias de la Salud*, 10(1).
- Rodero, S. (2022). Biología y metafísica en los albores de la modernidad: mecanicismo y vitalismo en Leibniz. In *Biología y metafísica en los albores de la modernidad: mecanicismo y vitalismo en Leibniz*. <https://doi.org/10.14201/0vi0450>
- Rodríguez, V. (2020). Crítica a la crítica utilitaria a la lógica tradicional. Una discusión con los filósofos modernos René Descartes y Francis Bacon. *Revista Con-Sciencias Sociales*, 12(23), 20-25. <https://doi.org/10.35319/conciencias.2020235>
- Rozzi, R. (2016). Bioética global y ética biocultural. *Cuadernos de Bioética*, XXVII (3).
- Rincón, M. M. L., Cuevas, S. J. M. y Duque, O. D. (2021) Diagnóstico de necesidades de formación en ética de la investigación, bioética e integridad científica en Colombia. 1a ed. Bogotá: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, pp.468.
- Sánchez, S. R. (2008). Proyecto genoma humano visto desde el pensamiento de la complejidad implicaciones bioéticas. *Acta Bioethica*, 14(2), 142-147. <https://doi.org/10.4067/s1726-569x2008000200003>
- Sandín, M. (2005). La Transformación De La Evolución. *Boletín de La Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección Biológica*, 100(1-4).
- Santaló, P. J. (2017). Edición genómica. La hora de la reflexión. *RBD. Revista de Bioética y Derecho*.
- Silver, P., López, M., Ruiz, R. G., Mallorquín, P., Vega, M., Muñoz, M. L., Higuera, C. A., Gschaedler, M. L., Rodríguez, Z. A., Pereira, S. L., Figueroa, Y. J. y Colmena, L. (2019). La biología sintética. *IB, Revista Mexicana de Ingeniería Biomedica*, 40(1).
- Siurana, J. C. (2010). Los principios de la bioética y el surgimiento de una bioética intercultural. *Veritas*, 22, 121-127. <https://doi.org/10.4067/s0718-92732010000100006>
- Soto-Vázquez, R., Castaños-Rodríguez, H., García-Ponc de León, O., Parra-Cervantes, P., Espinosa-Meléndez, J. y Vázquez-Piñón, J. L. (2007). Vinculación Universidad-Empresa-Estado en la realidad actual de la industria farmacéutica mexicana. *Edusfarm, Revista de Educación Superior En Farmacia*.
- Trujillo, E. F. y Hall, R. T. (2020). *Bioética clínica: Una breve introducción*. <http://conbioetica-mexico.salud.gob.mx>
- Usanos, R. A. (2019). Modelos De Bioética. *Acta Bioethica*, 25(1). <https://doi.org/10.4067/S1726-569X2019000100103>
- Vattimo, G. (2013). El fin de la modernidad. In *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9).
- Vessuri, H. (2014). Cambios en las ciencias ante el impacto de la globalización. *Revista de Estudios Sociales*, 1(50), 167-173. <https://doi.org/10.7440/res50.2014.16>