

Las ciencias ambientales interdisciplinarias del presente y futuro: Ecología aplicada, Biología integrativa y Ecología integral

Interdisciplinary Environmental Sciences of the Present and Future: Applied Ecology, Integrative Biology, and Integral Ecology

 Abiael Alexis Illescas-Cobos

Universidad Nacional Autónoma de México

Cómo citar: Illescas-Cobos, A. (2025). Las ciencias ambientales interdisciplinarias del presente y futuro: ecología aplicada, biología integrativa y ecología integral. Revista Kawsaypacha: Sociedad Y Medio Ambiente, (15), D-001. <https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.202501.D001>



Resumen: Este ensayo analiza la interrelación entre ecología aplicada, biología integrativa y ecología integral como disciplinas clave en las ciencias ambientales. Examina desde una perspectiva reflexiva sus fundamentos interdisciplinarios, similitudes y diferencias, destacando cómo sus perspectivas, y una posible integración, pueden contribuir a enfrentar los retos ambientales contemporáneos. La ecología aplicada se enfoca en la solución práctica de problemas ambientales. La biología integrativa profundiza en las interacciones entre organismos, su evolución y entorno. La ecología integral ofrece un marco para abordar las interconexiones entre sistemas naturales y socioculturales. Basado en una selección estratégica de literatura, este ensayo analiza estas disciplinas en sus respectivos contextos para destacar su relevancia en investigaciones dirigidas al desarrollo de soluciones sostenibles y holísticas frente a los desafíos ambientales actuales y futuros.

Palabras clave: Interdisciplinariedad. Sostenibilidad. Complejidad ecológica. Resolución de problemas. Visión holística.

Abstract: This essay analyzes the interrelation between applied ecology, integrative biology, and integral ecology as key disciplines in environmental sciences. It examines their interdisciplinary foundations, similarities, and differences from a reflective perspective, highlighting how their prospects and potential integration can contribute to addressing contemporary environmental challenges. Applied ecology focuses on the practical resolution of environmental problems. Integrative biology delves into the interactions among organisms, their evolution, and their environment. Integral ecology provides a framework to address the interconnections between natural and sociocultural systems. Based on a strategic selection of literature, this essay analyzes these disciplines in their respective contexts to underscore their relevance in research aimed at developing sustainable and holistic solutions to current and future environmental challenges.

Keywords: Interdisciplinarity. Sustainability- Ecological Complexity. Problem-Solving. Holistic Perspective.

1. Introducción

Las ciencias ambientales constituyen un campo interdisciplinario dedicado a la investigación de los socioecosistemas, es decir, sistemas complejos donde lo biofísico y lo social interactúan de manera dinámica. Morales-Jasso ha discutido ampliamente y enfatizado que las ciencias ambientales rechazan una visión dualista del entorno natural y social, proponiendo en su lugar una integración conceptual y metodológica que considere al ambiente como un todo interconectado. Este enfoque, fundamentado en la comprensión de las relaciones entre los diversos componentes del ambiente, permite abordar la complejidad inherente de los problemas socioambientales desde una perspectiva holística (Nebel & Wright, 1999; Balvanera et al., 2011; Morales-Jasso, 2017; Cerón-Hernández et al., 2019; Morales-Jasso et al., 2022).

Para alcanzar este nivel de comprensión, las ciencias ambientales requieren múltiples perspectivas que reconozcan las limitaciones de los marcos conceptuales y metodológicos tradicionales. Este reconocimiento impulsa un diálogo entre grupos disciplinarios, caracterizado tanto por encuentros como desencuentros, lo que facilita la innovación y el desarrollo de disciplinas híbridas e interdisciplinarias (Morales-Jasso, 2017; Morales-Jasso et al., 2023). Estas disciplinas, como la ecología humana, la ecología cultural y la agroecología, por mencionar algunas que han alcanzado reconocimiento internacional, han surgido precisamente para atender la complejidad de los socioecosistemas, superando la fragmentación disciplinaria y ofreciendo enfoques más integradores (Balvanera et al., 2011; Morales-Jasso, 2017; Morales-Jasso et al., 2023).

No obstante, estas disciplinas interdisciplinarias enfrentan el reto de la inconmensurabilidad, es decir, la dificultad para integrar completamente perspectivas diversas en un marco unificado (Morales-Jasso et al., 2023). Este reto también pone en

cuestión la clasificación exhaustiva y explícita de las disciplinas híbridas, sugiriendo que su inclusión en las ciencias ambientales debe fundamentarse más en sus principios interdisciplinarios y sistémicos que en un osado intento taxonómico que las clasifique (Morales-Jasso, 2017). La ecología aplicada, la biología integrativa y la ecología integral destacan en este contexto como disciplinas interdisciplinarias que abordan problemas ambientales con una visión y metodología orientada a la solución de problemas.

Este ensayo analiza cómo la ecología aplicada, la biología integrativa y la ecología integral, a pesar de sus diferencias históricas y metodológicas, comparten un enfoque interdisciplinario que contribuye al avance de las ciencias ambientales. Por ejemplo, la ecología aplicada se centra en problemas prácticos relacionados con la gestión de ecosistemas (Feinsinger, 2013), mientras que la biología integrativa investiga las interacciones entre organismos y su entorno (Wake, 2008), y la ecología integral articula dimensiones sociales, culturales y éticas para abordar la sostenibilidad (Amo-Usanos, 2019). Estos aspectos serán explorados en mayor profundidad en las secciones posteriores, con un enfoque en sus trayectorias, metodologías y aplicaciones prácticas.

2. El presente de las disciplinas ambientales interdisciplinarias

La ecología aplicada surgió a principios del siglo XX, impulsada por la necesidad de abordar problemas ambientales derivados de la industrialización y la expansión agrícola, así como por el enfoque emergente del desarrollo sustentable para el aprovechamiento de recursos naturales (Toledo, 2006; Feinsinger, 2013). Estos procesos transformaron profundamente los ecosistemas naturales, fomentando la degradación ambiental y evidenciando la necesidad de estrategias de manejo sostenible. El aumento de la producción extensiva agropecuaria y el desarrollo industrial trajeron consigo la deforestación masiva, la contaminación del aire por emisiones como el dióxido de carbono y los hidruros halogenados, así como la pérdida acelerada de biodiversidad debido a fenómenos socioambientales (Toledo, 2006).

Ecólogos como Aldo Leopold, cuyo enfoque en la conservación se basó en la ética de la tierra y el manejo sostenible de los recursos naturales, sentaron las bases de esta disciplina. Su influyente libro *A Sand County Almanac* (1949), propuso una visión holística de la naturaleza, en la que los seres humanos son parte integral del ecosistema. Además, abogó por un enfoque ético que considerara no solo el uso racional de los recursos, sino también la responsabilidad moral hacia el equilibrio ecológico y la restauración de ecosistemas, proporcionando una respuesta temprana a los desafíos ambientales del siglo XX (Bugallo, 2006; Sandoz, 2016).

La ecología aplicada se fortaleció con la creciente preocupación por la degradación ambiental y la pérdida de biodiversidad, especialmente en las décadas de 1960 y 1970. Durante este periodo, organizaciones como la *International Union for the Protection of Nature* (IUCN) fortalecieron su influencia global, promoviendo políticas y estrategias de

conservación que consideraran el manejo sostenible y procuraran siempre la protección de la biodiversidad. Esto incluyó el impulso a la protección de áreas naturales protegidas a través de planes de gestión de recursos naturales, lo que también generó un impacto global. Un ejemplo clave fue la publicación de la Lista de Áreas Protegidas de la UICN en 1962, que sentó las bases para la creación de la Base de Datos Mundial sobre Áreas Protegidas (WDPA) en 1981. La WDPA ha evolucionado con el tiempo, incorporando estándares como las Categorías de Gestión de Áreas Protegidas de la UICN, publicadas por primera vez en 1994 y actualizadas en 2008. En esta última versión, la categoría VI se enuncia como «Área Protegida para el manejo de recursos», la cual se caracteriza por requerir que al menos dos terceras partes del área permanezcan en condiciones naturales y permitir un uso sostenible, sin comprometer sus valores a largo plazo, con una gestión gubernamental, comunitaria o mixta (Ponce & Curonisy, 2008; Schleper, 2019).

Aunque la implementación de los criterios propios de esta categoría como lineamientos globales son un parteaguas para establecer marcos de conservación, no han sido adoptados de manera uniforme. Particularmente en América Latina, su aplicación enfrenta desafíos específicos derivados de las dinámicas sociales, económicas y políticas propias de la región (Ponce & Curonisy, 2008; Elbers, 2011).

A nivel global, la formalización de la ecología aplicada se consolidó a través de la creación de revistas científicas especializadas, como *Journal of Applied Ecology* (1964) y *Ecological Applications* (1991), fundadas por la *British Ecological Society* (BES) y la *Ecological Society of America* (ESA), respectivamente. Estas publicaciones jugaron un papel crucial en la difusión de investigaciones aplicadas que respondían a problemas ambientales. Además, en 1989, la ESA lanzó la *Sustainable Biosphere Initiative* (SBI), una agenda de investigación interdisciplinaria que abordaba problemas ambientales globales y promovía la sostenibilidad de los ecosistemas (Toledo, 2006; Torecillas et al., 2019). Este programa se centró en comprender procesos ecológicos clave relacionados con el cambio global, la pérdida de biodiversidad y la sustentabilidad ecosistémica, subrayando la importancia de integrar las ciencias sociales y ecológicas. El énfasis en la gestión sostenible de la biosfera frente a las crecientes presiones humanas reafirmó a la ecología aplicada como una disciplina esencial dentro de las ciencias ambientales.

La biología integrativa es una disciplina relativamente más reciente que se consolidó a finales del siglo XX y principios del XXI, como respuesta a la fragmentación del conocimiento biológico (Wake, 2008). A medida que la biología se especializaba en subdisciplinas cada vez más específicas, surgió la necesidad de un enfoque que pudiera reunir estas áreas dispares para comprender mejor los sistemas biológicos en su totalidad. La revolución genómica y el desarrollo de nuevas tecnologías, como la secuenciación de ADN de alto rendimiento y el modelado computacional, permitieron a los científicos abordar preguntas complejas sobre la vida y su evolución desde múltiples perspectivas, que incluso puede llegar a incorporar las humanidades (Wake, 2003, 2008). La biología integrativa se estableció firmemente como un enfoque necesario para desentrañar las complejas interacciones entre los genes, el ambiente y los organismos.

La ecología integral es una disciplina aún más reciente, popularizada por el Papa Francisco en su encíclica *Laudato si'* publicada en 2015 (Andreo, 2016). La ecología integral busca un enfoque holístico e interdisciplinario para abordar los problemas ambientales y sociales, reconociendo que están interconectados de manera inseparable. El reconocimiento de que los problemas socioambientales, como el cambio climático, el hambre, la pobreza, la pérdida de biodiversidad y la desigualdad, están intrínsecamente vinculados, llevó a la formulación de esta disciplina. La ecología integral se basa en la idea de que los problemas ambientales no pueden ser entendidos ni resueltos en aislamiento, sino que requieren una perspectiva que integre las dimensiones económicas, sociales y culturales de la vida humana. Este enfoque subraya la interdependencia y la interconexión entre todos los elementos del ecosistema, promoviendo una comprensión y una acción conjunta para un desarrollo sostenible y equitativo (Amo-Usanos, 2019).

3. Similitudes

La principal similitud entre estas tres disciplinas es su dependencia de la interdisciplinariedad como enfoque esencial para comprender y resolver problemas ambientales complejos.

La ecología aplicada utiliza esta integración para abordar problemas prácticos como por ejemplo la gestión de ecosistemas, la restauración de hábitats degradados y el manejo de recursos naturales (Toledo, 2006). Los ecólogos aplicados colaboran con economistas para evaluar el valor económico de los servicios ecosistémicos, con sociólogos para entender las percepciones y comportamientos humanos respecto a la conservación, y con políticos para desarrollar políticas efectivas de manejo y conservación. Esta colaboración permite la creación de soluciones más completas y sostenibles que consideran no solo los aspectos biológicos, sino también los económicos y sociales. Por ejemplo, en un estudio publicado en la revista *Journal of Applied Ecology*, se evaluó la riqueza y actividad de murciélagos en campos con paneles solares fotovoltaicos, comparado con sitios sin estos paneles. El estudio, realizado en 19 sitios de energía solar en Inglaterra, mostró que algunas especies de murciélagos se ven afectadas por la presencia de los paneles solares, lo que plantea preguntas sobre el impacto ambiental de las energías renovables (Tinsley et al., 2023). Este estudio demuestra cómo la ecología aplicada integra técnicas ecológicas, análisis estadísticos avanzados, manejo de tierras y gestión energética para desarrollar políticas ambientales más efectivas y sostenibles.

La biología integrativa, por su parte, adopta un enfoque interdisciplinario para analizar los sistemas biológicos en su conjunto, investigando la interacción entre los genes y el ambiente para definir los fenotipos. Un ejemplo de esto es un estudio sobre la resistencia de plantas a plagas publicado en la revista *Integrative Biology*. El estudio se centró en el uso de lectinas de la planta *Monstera deliciosa* para controlar áfidos, plagas serias en los cultivos. Se introdujo un gen de *Monstera deliciosa* en plantas de tabaco y se evaluó la capacidad de estas plantas modificadas para controlar áfidos. Los resultados mostraron que las plantas con el gen introducido tenían una capacidad de control de plagas del 74%,

superior a otras lecturas similares (Kai et al., 2012). Este enfoque muestra cómo la biología integrativa combina conocimientos de genética, biología molecular y agronomía para desarrollar soluciones innovadoras para problemas específicos. Se distingue por su énfasis en las interacciones genético-ambientales y por su capacidad de generar herramientas que trascienden el contexto específico para contribuir al entendimiento de procesos biológicos complejos.

La ecología integral, en línea con los enfoques anteriores, aboga por una integración aún más amplia que incluya también las dimensiones sociales y culturales. Recupera temas de justicia ambiental, responsabilidad ambiental, derechos humanos, valores y convicciones. Como ejemplo, el texto «How Ecology Can Save the Life of Theology», contenido en el libro *Theology and Ecology across the Disciplines*, reflexiona sobre cómo la ecología integral ayuda a la teología a comprender que el papel de las personas en la sociedad puede cambiar según el contexto histórico y cultural, en lugar de basarse en ideas fijas sobre la naturaleza humana (Kirchhoffer, 2018).

Kirchhoffer (2018) subraya que los roles humanos dentro de los ecosistemas no son estáticos, sino que evolucionan en función de las circunstancias socioculturales, lo que exige una reflexión ética constante sobre sus responsabilidades hacia el entorno. Esto encuentra eco en la encíclica *Laudato si'*, que enfoca la relación inseparable entre el cuidado de sí mismo y el cuidado de la casa común (Francisco, 2015). La reflexión sobre esta conexión permite abordar problemas ambientales desde una perspectiva ética integral, reconociendo que la acción humana transforma tanto los ecosistemas como las estructuras sociales y culturales en las que se inserta.

Sin embargo, este enfoque ético también plantea retos críticos para la teología, especialmente en relación con el esencialismo, la normatividad y la historicidad de los roles humanos. La ecología muestra cómo las normas, funciones y roles sociales están profundamente condicionados por factores históricos y contingentes, desafiando las concepciones fijas y universales de una teología tradicional. Reconocer esta flexibilidad no significa abandonar los valores fundamentales, sino más bien enriquecerlos. Al integrar esta perspectiva, la teología puede evitar el dogmatismo y la exclusión moral, promoviendo un acompañamiento más justo, equitativo y menos prejuicioso que reconozca la diversidad de experiencias humanas en el contexto de un mundo dinámico y complejo.

Esta visión, central en la ecología integral, enfatiza que la acción humana debe estar orientada a la sostenibilidad y a la justicia socioambiental, reconociendo tanto las capacidades transformadoras de los humanos, como las limitaciones que deben imponerse para evitar impactos irreversibles. Este enfoque también sostiene la necesidad de una relación renovada entre la humanidad y la naturaleza, fundamentada en una reflexión crítica sobre las responsabilidades humanas hacia el equilibrio global. Partiendo del cuidado de sí como un acto transformador, esta perspectiva trasciende lo individual

para alcanzar lo comunitario, integrando las dimensiones ecológicas, sociales y culturales necesarias para enfrentar los desafíos ambientales contemporáneos.

Otra similitud clave entre la ecología integral, la ecología aplicada y la biología integrativa es el fuerte enfoque en la solución de problemas, aunque con diferentes metas específicas. La ecología aplicada busca soluciones prácticas para una variedad de problemas ambientales, como la gestión de ecosistemas, la conservación de especies en peligro de extinción y el control de especies invasoras. Los ecólogos aplicados, por ejemplo, en el manejo de especies invasoras, desarrollan estrategias basadas en estudios ecológicos, colaboran con autoridades locales para implementar estas soluciones y trabajan con comunidades para fomentar la educación sobre la importancia del control y la conservación de la biodiversidad (Hulme et al., 2008).

La biología integrativa, en cambio, busca resolver preguntas fundamentales sobre la estructura y función de los organismos vivos. Este enfoque tiene aplicaciones prácticas, como en la biomedicina, donde el conocimiento de la biología integrativa se usa para diseñar estrategias de diagnóstico y tratamiento basadas en una comprensión profunda de los mecanismos biológicos. Por ejemplo, la investigación en proteómica ha permitido identificar biomarcadores específicos para personalizar tratamientos médicos según las características de cada paciente (Kanapeckaitė & Burokienė, 2021).

La ecología integral, por su parte, busca abordar simultáneamente los problemas ambientales y sociales de manera interconectada. Se enfoca en desarrollar posturas dogmáticas y prácticas que promuevan la sostenibilidad ambiental y la justicia social. Por ejemplo, fomenta la implementación de proyectos comunitarios de sostenibilidad, la ecología integral plantea trabajar con comunidades locales para desarrollar prácticas agrícolas sostenibles que no solo conservan el medioambiente, sino que también mejoran las condiciones socioeconómicas de las comunidades (Kodwo, 2016).

Las implicaciones globales de las investigaciones de cada campo que las mantienen en vanguardia como ciencia de frontera también son una similitud, con la capacidad de informar políticas e innovaciones prácticas. Los estudios en ecología aplicada han sido fundamentales para el desarrollo de nuevas políticas de conservación y manejo sostenible de recursos naturales en diversas regiones del mundo. Los hallazgos en biología integrativa tienen aplicaciones en la comprensión de la evolución según el contexto actual del cambio climático. La ecología integral, a su vez, ofrece un marco para abordar los complejos desafíos ambientales con la continua transformación de doctrinas.

4. Diferencias

Aunque la ecología aplicada, la biología integrativa y la ecología integral comparten el enfoque en la interdisciplinariedad, con los ejemplos revisados es evidente que sus diferencias son notables en términos de objetivos, métodos y aplicabilidad.

La ecología aplicada, con su objetivo pragmático, se centra en la aplicación directa de principios ecológicos para resolver problemas específicos en el mundo real. Busca traducir el conocimiento teórico en estrategias prácticas que se pueden implementar para abordar desafíos ambientales concretos, como la gestión de hábitats, la restauración de ecosistemas degradados o el control de especies invasoras. La biología integrativa, en contraste, persigue una comprensión exhaustiva de los sistemas biológicos, enfocándose en cómo los genes, los organismos y el entorno interactúan para determinar las características y comportamientos de los seres vivos. Esta disciplina se interesa por construir modelos que expliquen fenómenos biológicos complejos desde una perspectiva amplia y multidimensional. Por último, la ecología integral busca integrar de manera holística los aspectos ambientales y sociales. Su objetivo es proporcionar un enfoque que reconozca la interconexión entre problemas ecológicos y cuestiones sociales, promoviendo reflexiones que aborden simultáneamente la sostenibilidad ambiental y la justicia social. Este enfoque se basa en la premisa de que los problemas ambientales derivados de la actividad antropogénica, como el cambio climático y la pérdida de biodiversidad, están entrelazados con factores económicos, culturales, políticos y la religión; que abordarlos de manera aislada es insuficiente para lograr un cambio significativo.

En cuanto a los métodos utilizados por estas disciplinas, la ecología aplicada emplea una variedad de técnicas prácticas diseñadas para obtener datos sobre el estado y funcionamiento de los ecosistemas, y para desarrollar intervenciones basadas en estos datos. Esto incluye la realización de estudios de campo para monitorear la salud de los ecosistemas, la aplicación de modelos ecológicos para predecir los impactos de diversas acciones y la evaluación del impacto ambiental para guiar la toma de decisiones en proyectos de desarrollo. Estos métodos permiten a los ecólogos aplicados obtener información empírica y aplicarla directamente en la gestión de recursos y conservación.

La biología integrativa, en contraste, hace uso de métodos avanzados de laboratorio y técnicas de análisis que permiten examinar las interacciones a nivel molecular y genético. Utiliza herramientas diversas, modelado computacional, secuenciación de ADN, la proteómica y el análisis de datos ómicos para investigar cómo las características biológicas emergen de la interacción entre genes y ambiente. Estas técnicas permiten a los científicos obtener una visión detallada de los mecanismos biológicos subyacentes y de cómo estos mecanismos afectan a los organismos en contextos variados.

La ecología integral, por su parte, adopta una metodología diversa que incluye participación comunitaria, etnografía e investigación – acción – participativa. Estos enfoques implican trabajar directamente con las comunidades afectadas para identificar y abordar problemas ambientales y sociales desde una perspectiva local. También se utilizan diagnósticos participativos y el arte social, que consideran tanto los aspectos ecológicos como las dimensiones culturales, facilitando un enfoque integrado que promueve soluciones equitativas y sostenibles.

La aplicabilidad de estas disciplinas también varía significativamente. La ecología aplicada ofrece soluciones prácticas con resultados inmediatos en la gestión de recursos naturales y en la implementación de políticas de conservación. Los ecólogos aplicados pueden intervenir rápidamente en problemas concretos, como la restauración de hábitats dañados o la regulación de actividades que afectan a los ecosistemas. Estos enfoques están diseñados para producir beneficios tangibles y medibles en el corto plazo.

La biología integrativa, aunque también tiene aplicaciones prácticas, tiende a influir en el largo plazo. Sus investigaciones proporcionan la base científica para desarrollos futuros en áreas como la medicina y la biotecnología, permitiendo la creación de nuevas terapias o tecnologías basadas en una comprensión profunda de los procesos biológicos. La ecología integral busca aplicaciones que combinen la sostenibilidad ambiental con la justicia social, promoviendo iniciativas que no solo protejan el medioambiente, sino que también mejoren las condiciones de vida de las comunidades. Lo cual la acerca incluso a enfoques transdisciplinarios más paulatinos.

5. Prospectivas

Estas disciplinas de las ciencias ambientales, como se ha explorado a lo largo de este ensayo, ofrecen perspectivas diversas para abordar los complejos problemas ambientales que enfrenta el mundo hoy en día. El avance científico de la ecología aplicada, la biología integrativa y la ecología integral refleja una constante transformación, cada una con sus propias oportunidades y desafíos futuros.

La ecología aplicada, cuya misión es enfrentar problemas ambientales específicos a través de soluciones prácticas, se encuentra en una encrucijada crítica. El cambio climático y la pérdida acelerada de biodiversidad representan desafíos sin precedentes que requieren una respuesta urgente y efectiva. En este contexto, el futuro de la ecología aplicada se basa en la capacidad para desarrollar e implementar innovaciones que sean tanto tecnológicamente avanzadas como accesibles a nivel global. La integración de nuevas tecnologías, como los sistemas de monitoreo en tiempo real y las herramientas de modelado predictivo, permitirá a los ecólogos aplicados anticipar cambios adaptando sus estrategias de gestión. Además, la colaboración internacional será fundamental para abordar problemas que trascienden fronteras nacionales, como la gestión de recursos compartidos y la protección de especies migratorias. Los ecólogos aplicados deberán buscar enfoques colaborativos que involucren a gobiernos, organizaciones no gubernamentales y comunidades locales para diseñar e implementar soluciones en contextos específicos.

La biología integrativa continúa avanzando gracias a los rápidos desarrollos en tecnologías genómicas y bioinformáticas (Alcalde-Alvites, 2014; Raggi et al., 2023). Esta disciplina se enfoca en desentrañar la compleja interacción entre genes, organismos y ambientes. Sus hallazgos tienen profundas implicaciones para varias áreas, incluyendo la medicina, la agricultura y la conservación. A medida que la biología integrativa se

generaliza aún más, el desafío será mantener una integración efectiva de diferentes niveles de análisis, desde el molecular hasta el ecosistémico. Los científicos deberán trabajar para asegurar que los avances en técnicas como la secuenciación de ADN de alto rendimiento y el análisis de datos ómicos se traduzcan en aplicaciones prácticas (Raggi et al., 2023). Por ejemplo, en agricultura, los descubrimientos en biología integrativa podrían llevar al desarrollo de cultivos más resilientes. Sin embargo, para que estos avances sean efectivos, será crucial que los biólogos integrativos mantengan una visión holística que considere los contextos sociales y ambientales en los que se aplican sus investigaciones.

Por ello, resulta imprescindible reflexionar sobre la responsabilidad social inherente a la práctica científica, dado que los avances en este ámbito pueden tener profundos impactos tanto en la sociedad como en el medioambiente. Resnik & Elliott (2016) sostienen que las investigaciones científicas deben incorporar un análisis riguroso de sus implicaciones éticas, evitando su omisión. Esto implica prevenir cualquier daño, fomentar el bienestar social y asumir una responsabilidad activa hacia la sociedad. Sin embargo, cumplir con estas obligaciones puede conllevar dilemas éticos y riesgos significativos, especialmente en áreas como la secuenciación del ADN o el desarrollo de cultivos resilientes. Para afrontar estos desafíos, resulta fundamental establecer colaboraciones interdisciplinarias con especialistas en ética y políticas públicas, así como realizar una divulgación científica rigurosa y cautelosa (Resnik & Elliott, 2016). Estas estrategias son esenciales para garantizar que los avances en biología integrativa se implementen de manera responsable, maximizando sus beneficios para la sociedad y el medioambiente.

La ecología integral se presenta como una respuesta innovadora a la necesidad de abordar desafíos para la sostenibilidad socioambiental. Popularizada por la encíclica *Laudato si'*, se enfoca en la interdependencia entre los sistemas naturales y humanos, mientras aboga por una comprensión holística de los problemas ambientales. La ecología integral ofrece un marco valioso para enfrentar desafíos complejos como el cambio climático, la pobreza y la desigualdad. Además, tiene un papel crucial y potencial en la promoción de prácticas que no solo protejan el medioambiente, sino que también fomenten la justicia social. Esto incluye el desarrollo de iniciativas que integren la resiliencia ambiental con el fortalecimiento de las comunidades locales, como los proyectos de seguridad alimentaria sostenible que buscan mejorar tanto la salud de los ecosistemas como las condiciones socioeconómicas de las poblaciones.

Una parte significativa del futuro de las ciencias ambientales está ligado a la capacidad de estas disciplinas para adaptarse e integrar nuevas tecnologías, así como enfoques y colaborar de manera efectiva.

6. Conclusión

La población humana avanza hacia un futuro cada vez más incierto, la combinación de estos enfoques interdisciplinarios será esencial para enfrentar los desafíos globales de

manera efectiva. La ecología aplicada, la biología integrativa y la ecología integral, al desarrollarse con rigidez, pueden ofrecer soluciones innovadoras que no solo aborden problemas específicos, sino que también promuevan una comprensión más profunda de las interacciones entre los sistemas naturales y humanos. También es claro que la interconexión entre estas disciplinas puede proporcionar un enfoque más robusto y adaptable, capaz de generar soluciones sostenibles y equitativas para los problemas ambientales que enfrenta el mundo.

La ecología aplicada, la biología integrativa y la ecología integral representan enfoques esenciales y complementarios para enfrentar los retos ambientales y biológicos del presente y futuro. En América Latina y el Caribe, diversos centros de investigación e iniciativas educativas han surgido para promover estas perspectivas. En el caso de la ecología aplicada, destacan el Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada de la Universidad Veracruzana (México) y el Centro de Ecología Aplicada y Sustentabilidad de la Pontificia Universidad Católica de Chile, ambos líderes en el desarrollo de soluciones prácticas para problemas ambientales. Asimismo, el plan de maestría de la Universidad Nacional Agraria La Molina (Perú) ha ganado reconocimiento por formar especialistas en esta área.

La biología integrativa ha encontrado un fuerte impulso en México a través de diversos programas de posgrado ofertados por el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional; la Universidad Veracruzana y la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. En Chile, el Instituto Milenio de Biología Integrativa se destaca por sus publicaciones, que abordan la interconexión entre biología molecular, ecología y evolución. Finalmente, la ecología integral ha sido promovida ampliamente por la Red Universitaria para el Cuidado de la Casa Común, una alianza de 49 universidades de América Latina y el Caribe inspirada en la encíclica *Laudato si'*. Este esfuerzo colectivo es una expresión de las múltiples visiones de personas académicas que buscan pasar de la ciencia básica a la interdisciplinariedad para atender los retos socioambientales.

La ecología aplicada nos proporciona herramientas prácticas y aplicables para la gestión sostenible de los recursos naturales. La biología integrativa amplía la comprensión fundamental de la vida y sus complejas interacciones, sentando las bases para innovaciones futuras en múltiples campos. La ecología integral establece una guía hacia una sostenibilidad sociocultural que considera el medioambiente y el bienestar humano.

Estos enfoques interdisciplinarios reflejan una evolución necesaria en la manera en que se entiende y aborda los desafíos ambientales. En un mundo cada vez más interconectado y afectado por cambios globales, la integración de conocimientos y métodos de diferentes disciplinas es crucial. La ecología aplicada, la biología integrativa y la ecología integral ofrecen perspectivas valiosas y complementarias que, juntas, tienen el potencial de crear un futuro más sostenible y equitativo para todos. La interconexión entre estas disciplinas puede ofrecer un enfoque más robusto y adaptable para enfrentar los problemas

ambientales. Sin embargo, es crucial que los científicos se mantengan rigurosos y abiertos a la innovación. La integración de conocimientos y métodos de diferentes disciplinas es fundamental, pero también es importante evitar caer en modas científicas pasajeras que no aporten soluciones viables y críticas.

Este ensayo promueve la reflexión crítica, desde la atinada frase de Bragg: «Lo importante en la ciencia no es tanto obtener nuevos datos, sino descubrir nuevas formas de pensar sobre ellos» —recuperada por Alonso (2023) para el encabezado de su artículo sobre biología integrativa—, hasta su crítica sobre revistas como *Integrative Biology*, que, aunque promueve publicaciones interdisciplinarias, llega a restringir su alcance al nivel molecular y celular, limitando su visión holística relacionada al ambiente. Asimismo, se aboga por la construcción de procedimientos que regulen y rectifiquen las contribuciones científicas sometidas y publicadas bajo el título de estas disciplinas. Toledo (2006) menciona el trabajo de Pienkowski y Watkinson (1996), quienes analizaron las investigaciones publicadas en la revista *Journal of Applied Ecology* durante sus primeros treinta años y señalaron su limitada trascendencia. Ahora, al aproximarnos a tres décadas más, surge la pregunta: ¿es momento de reevaluar las contribuciones de la ecología aplicada y su capacidad para resolver problemas ambientales transescalares? Finalmente, es importante reconocer que estas disciplinas, al igual que la ecología integral, no se presentan como metodologías universales ni como soluciones definitivas, sino como una invitación al diálogo y al cambio de paradigma en favor del avance de las ciencias ambientales y la sostenibilidad. Como señala Fernández-Dávalos (2015) en su presentación del movimiento *Laudato si'*, se requiere una perspectiva integradora y crítica que permita comprender la totalidad de las relaciones humanas, naturales y trascendentes.

En la actualidad, estas disciplinas están avanzando con nuevas revistas, programas de posgrado e institutos de investigación, reflejando su creciente importancia. No obstante, se debe ser consciente de que la interdisciplinariedad debe ser congruente con las bases científicas que las fundamentan. Pensar fuera de la caja, pero con una base sólida y crítica, será clave para el desarrollo de soluciones integrales y duraderas para los desafíos socioambientales del futuro.

Referencias

- Alcalde-Alvites, M. (2014). Bioinformática: tecnologías de la información al servicio de la biología y otras ciencias. *Hamut' ay*, 1(2), pp. 34-43
- Alonso, F. (2023). Biología Integrativa. *Temas de Biología y Geología del NOA*, 13(1), pp. 16-25.
- Amo-Usanos, R. (2019). Fundamentos de ecología integral. *Estudios Eclesiásticos. Revista de investigación e información teológica y canónica*, 94(368), pp. 5-37. <https://doi.org/10.14422/ee.v94.i368.y2019.001>
- Andreo, B. P. (2016). Ecología integral. Una lectura de *Laudato Si'* desde el capitalismo neoliberal. *Miscelánea Comillas. Revista de Ciencias Humanas y Sociales*, 74(145), pp. 285-308.

- Balvanera, P.; Castillo, A.; Lazos-Chavero, E.; Caballero, K.; Quijas, S.; Flores, A.; Galicia, C.; Martínez, L.; Saldaña, A.; Sánchez, M.; Maass, M.; Avila, P.; Martínez, A. Y.; Galindo, L. M. & Sarukhán, J. (2011). Marcos conceptuales interdisciplinarios para el estudio de los servicios ecosistémicos en América Latina. En: Litterra, P. E.; Jobaggy, E. & Paruelo, J. (Eds.). *Valoración de Servicios Ecosistémicos. Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial*. Ediciones INTA.
- Bugallo, A. I. (2006). Espacio interdisciplinar para las ciencias y la ecofilosofía. *Ludus Vitalis*, 14(26), pp. 207-210.
- Cerón-Hernández, V. A., Fernández-Vargas, G., Figueroa, A. & Restrepo, I. (2019). El enfoque de sistemas socioecológicos en las ciencias ambientales. *Investigación y Desarrollo*, 27(2), pp. 85-109.
- Elbers, J. (2011). *Las áreas protegidas de América Latina: Situación actual y perspectivas para el futuro*. IUCN.
- Feinsinger, P. (2013). Metodologías de investigación en ecología aplicada y básica: ¿cuál estoy siguiendo, y por qué? *Revista chilena de historia natural*, 86(4), pp. 385-402. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2013000400002>
- Fernández-Dávalos, D. (2015). *Presentación de la Carta Encíclica Laudato si' Sobre el cuidado de la casa común*. Ibero Ciudad de México.
- Francisco, P. (2015). *Carta encíclica Laudato Si' sobre el cuidado de la casa común*. Editrice Vaticana.
- Hulme, P. E.; Bacher, S.; Kenis, M.; Klotz, S.; Kühn, I.; Minchin, D.; Nentwig, W.; Olenin, S.; Panov, V.; Pergl, J.; Pysek, P.; Roques, A.; Sol, D.; Solarz, W. & Vilà, M. (2008). Grasping at the routes of biological invasions: a framework for integrating pathways into policy. *Journal of Applied Ecology*, 45, pp. 403-414. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01442.x>
- Kai, G.; Ji, Q.; Lu, Y.; Qian, Z. & Cui, L. (2012). Expression of *Monstera deliciosa* agglutinin gene (mda) in tobacco confers resistance to peach-potato aphids. *Integrative Biology*, 4(8). <https://doi.org/10.1039/c2ib20038d>
- Kanapeckaitė, A. & Burokienė, N. (2021). Insights into therapeutic targets and biomarkers using integrated multi-'omics' approaches for dilated and ischemic cardiomyopathies. *Integrative Biology*, 13(5), pp. 121-137. <https://doi.org/10.1093/intbio/zyab007>
- Kirchhoffer, D. (2018). «How ecology can save the life of theology: A philosophical contribution to the engagement of ecology and theology». En *Theology and ecology across the disciplines: on care for our common home*. Bloomsbury Academic.
- Kodwo, P. (2016). La ecología integral, la agricultura y los alimentos. Laudato si' y la vocación de la agricultura. En *Laudato si' sobre el cuidado de la casa común. Discursos de presentación de la última encíclica papal en la FAO*. FAO.
- Leopold, A. (1949). *Sand County Almanac*. Oxford University Press.
- Morales-Jasso, G. (2017). Las ciencias ambientales. Una caracterización desde la epistemología sistémica. *Nova scientia*, 9(18), pp. 646-697.
- Morales-Jasso, G.; Martínez-Vargas, D.; Badano, E. & Márquez-Mireles, L. (2022). ¿Qué son las ciencias ambientales? Una introducción a sus problemas epistémicos. *Revista del Centro de Investigación de la Universidad la Salle*, 15(57), pp. 01-28. <http://doi.org/10.26457/recein.v15i57.2852>
- Morales-Jasso, G.; Badano, E. I. & Márquez-Mireles, L. E. (2023). Las ciencias ambientales como interdisciplinarias y su consiguiente problema: la inconmensurabilidad. *Revista del Centro de Investigación de la Universidad la Salle*, 15(59), pp. 65-104.
- Nebel, B. J., & Wright, R. T. (1999). *Ciencias ambientales: ecología y desarrollo sostenible*. Pearson educación.
- Pienkowski, M. & Watkinson, A. R. (1996). The application of ecology, *Journal of Applied Ecology*, 33, pp. 1-4.
- Ponce, C. & Curonisy, V. (2008). *La categoría VI de la UICN en América Latina: área protegida para el manejo de recursos*. FAO.
- Raggi, L.; Godoy-Lozano, E.; Jiménez-Jacinto, V. & Escobar-Zepeda, A. (2023). Chapter 9. Bioinformatic practical applications in biotechnology, medicine, environmental and agricultural sciences. En Marroquín,

Á.; Castillo, L.; Olivares, J. & Olguín, N. (Coords.). *Handbook T-XXI CIERMMI Women in Science Biological, Humanities and Social Sciences*. ECORFAN. <https://doi.org/10.35429/H.2023.7.1.103.124>

Resnik, D. & Elliott, K. (2016). The ethical challenges of socially responsible science. *Accountability in research*, 23(1), pp. 31-46. <https://doi.org/10.1080/08989621.2014.1002608>

Sandoz, M. A. M. (2016). Restauración ecológica: perspectiva histórica e implicaciones éticas de una disciplina en crecimiento. *Biocenosis*, 25(1-2).

Schleper, S. (2019). *Planning for the planet: environmental expertise and the international union for conservation of nature and natural resources, 1960 - 1980*. Berghahn Books.

Toledo, V. (2006). Ecología, sustentabilidad y manejo de recursos naturales: La investigación científica a debate. En: Oyama, K & Castillo, A. (Coords.). *Manejo, Conservación y Restauración de Recursos Naturales en México*. Siglo XXI Editores - UNAM.

Tinsley, E.; Froidevaux, J. S.; Zsebők, S.; Szabadi, K. L. & Jones, G. (2023). Renewable energies and biodiversity: Impact of ground-mounted solar photovoltaic sites on bat activity. *Journal of Applied Ecology*, 60(9), pp. 1752-1762. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14474>

Torecillas, B.; Badii, M.; Cerrato, O. L.; Guillen, A. & Abreu, J. (2019). Iniciativa de Biosfera Sustentable: IBS (Sustainable Biosphere Initiative: SBI). *Daena: International Journal of Good Conscience*, 14(2), pp. 326-335.

Wake, M. H. (2003). What is «integrative biology»? *Integrative and Comparative biology*, 43(2), pp. 239-241. <https://doi.org/10.1093/icb/43.2.239>

Wake, M. H. (2008). Integrative biology: Science for the 21st century. *BioScience*, 58(4), pp. 349-353. <https://doi.org/10.1641/B580410>

Financiamiento

Este ensayo fue escrito durante los estudios de posgrado del autor en la Universidad Nacional Autónoma de México, realizados gracias a la beca (826682) otorgada por el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnología (CONAHCYT), ahora Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI).

Declaración de posibles conflictos de intereses

El autor declara que no tiene conflicto de intereses.

Abiael Alexis Illescas Cobos

Biólogo por la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), realizó un Diplomado en Docencia Universitaria y una Maestría en Ciencias de la Sostenibilidad en la misma institución. Actualmente desarrolla estudios interdisciplinarios de seguridad alimentaria, sostenibilidad y biodiversidad.

Correo: abiael@iecologia.unam.mx

Revista Kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente.

N° 15 enero – junio 2025. E-ISSN: 2709 – 3689

Cómo citar: Illescas-Cobos, A. (2025). Las ciencias ambientales interdisciplinarias del presente y futuro: ecología aplicada, biología integrativa y ecología integral. *Revista Kawsaypacha: Sociedad Y Medio Ambiente*, (15), D-001. <https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.202501.D001>