

ÉTICA, DIÁLOGO Y ROBÓTICA PARA LA SOSTENIBILIDAD EN EL CONTEXTO DE LA AGENDA 2030¹

ETHICS, DIALOGUE AND ROBOTICS FOR SUSTAINABILITY IN THE CONTEXT OF THE 2030 AGENDA

Antonio Luis TERRONES RODRÍGUEZ*

Universitat de València / Institut de Filosofia-CSIC

Manuel APARICIO PAYÁ*

Universidad de Murcia

RESUMEN: Vivimos en un contexto marcado por la crisis medioambiental mundial, aunque también por los desarrollos tecnocientíficos emergentes que van a transformar profundamente la vida social. En este trabajo nos centraremos en la perspectiva ética de confluencia entre la problemática ecológica y los desarrollos de innovación en el campo de la robótica. Un enfoque ético para la implementación de la robótica en el marco de la Agenda 2030 exige un compromiso con el medio ambiente apoyado en un modelo de innovación social en la estela de la quíntuple hélice. Defendemos que una robótica ética comprometida con el medio ambiente requiere una cultura constructiva de diálogo entre los afectados por esta actividad.

PALABRAS CLAVE: Robótica, medio ambiente, ética, agenda 2030, quíntuple hélice.

¹ Este trabajo se enmarca en el proyecto europeo INBOTS (780073) del Programa H2020. Cuenta con la financiación del Ministerio de Universidades del Gobierno de España y la Unión Europea (Next Generation EU) en el marco de las Ayudas Margarita Salas para la formación de jóvenes doctores del programa de recualificación del sistema universitario español. Asimismo, se integra en el Proyecto TED2021-131295B-C31 financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por la Unión Europea NextGenerationEU/PRTR.

*Investigador posdoctoral en la Universitat de València y en el Grupo de Ética Aplicada del Instituto de Filosofía del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Antonio. terrones@uv.es

*Profesor e investigador en la Universidad de Murcia. Manuel.aparicio@um.es

ABSTRACT: We live in a context marked by the global environmental crisis, but also by emerging techno-scientific developments that are going to profoundly transform social life. In this text we will focus on the ethical perspective of ethical of confluence between ecological issues and innovation developments in the field of robotics. An ethical approach to the implementation of robotics, within the framework of the 2030 Agenda, requires a commitment to the environment supported by a model of social innovation in the wake of the five-fold helix. We defend the idea that an ethical robotics committed to the environment requires a constructive culture of dialogue among those affected by this activity.

KEYWORDS: Robotics, environment, ethics, 2030 agenda, quintuple helix.

1. Introducción

En las últimas décadas se ha producido una aceleración de la degradación del medio ambiente global, destacada por importantes estudios científicos, como los del *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) (Solomon et al., 2007), declaraciones como las de la *World Meteorological Organization* (2020) y reivindicaciones del movimiento social ecologista. Es lo que se ha dado en llamar Era del Antropoceno (Crutzen y Stoermer, 2000), una etapa surgida como consecuencia de la profunda huella ecológica y geológica generada por la especie humana, cuyas consecuencias no solo son la mayor vulnerabilidad que afecta a los ecosistemas, sino también la mayor vulnerabilidad social y de salud humana (López, 2016). También hay que tener en cuenta la existencia de evidencia a favor de una conexión entre el fenómeno del cambio climático y la propagación vírica (Flores, Enjuanes y Domingo, 2017; López, 2016: 93). Un ejemplo de la creciente vulnerabilidad humana provocada por el desequilibrio medioambiental es la crisis pandémica originada por el virus SARS-CoV-2, que encuentra su origen en el cambio climático, como señala una reciente investigación que pone de relieve el origen zoonótico de nuevas enfermedades infecciosas (Beyer, Manica y Mora, 2021).

Esta Era está amparada por una idea de progreso técnico, fruto de la Ilustración, que no vislumbraba las graves consecuencias medioambientales de las transformaciones sociotécnicas (Crutzen y Stoermer, 2000). Se caracteriza por la imbricación entre la ciencia, la tecnología y la economía, y ha construido un modelo institucional de desarrollo basado en el crecimiento de la producción y del consumo, ajeno en buena medida a los límites planetarios y dejando al

margen los valores ecológicos. Las graves repercusiones para el medio ambiente que presenta hoy dicho modelo exigen la introducción de reformas sociales en el sistema económico que permitan avanzar en justicia social y en una justicia ecológica que frene la degradación y proteja los equilibrios medioambientales (Berzosa, 2016). En coherencia con este objetivo ético-político de avanzar hacia un contexto económico ecológicamente equilibrado se requiere también una reorientación del sistema tecnocientífico para conseguir que se adegue responsablemente a los límites ecológicos planetarios (Winner, 1987; Riechmann, 2014). Frente a una tecno-ciencia «ensimismada» (Cortina, 2019), se requiere una tecno-ciencia compatible con el valor interno del medio ambiente, lo cual compromete éticamente la formación académica y la posterior labor desempeñada por los profesionales de la ciencia y la tecnología. Tal compromiso ha de extenderse también al ámbito de las empresas (García Marzá, 2011), cuya actuación, si es verdaderamente social y medioambientalmente responsable, las convierte en «agentes de justicia» (García Marzá, 2009).

El objetivo último de la reorientación ético-política del sistema económico y de la tecno-ciencia radica en alcanzar un desarrollo humano sostenible que responda conjuntamente al valor de la dignidad humana, tanto de las generaciones actuales como de las futuras, y al valor intrínseco del mundo natural, que plantea la exigencia de cuidarlo (Cortina, 2009; Vicente, 2016). Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) incluidos en la Agenda 2030 (ONU, 2015) constituyen exigencias que enlazan las perspectivas humanista y ecológica que han de pivotar verdaderamente sobre el ser humano, mejorando la justicia social y la sostenibilidad del planeta (de Tienda, Arenas y Gracia, 2020).

La necesidad de dichas transformaciones es más acuciante en el contexto actual de la cuarta revolución industrial (Schwab, 2016), en la que cobran un papel muy relevante tecnologías emergentes, como la robótica. Hay que tener en cuenta que estas tecnologías se caracterizan por su potencial y ambivalencia (Jonas, 1996: 33-34; De Cózar y Núñez, 2017: 53-54). En virtud de este carácter, se incrementa la necesidad de una mayor responsabilidad² de los expertos, las

² Hans Jonas (1995; 1996) puso de relieve que la repercusión planetaria y la orientación hacia el futuro que tienen las consecuencias de la técnica moderna exige, en contrapartida, una ampliación de la ética. Frente al desmesurado poder humano introducido con la técnica moderna y las amenazas que ésta genera al conjunto de la biosfera, Jonas considera que la responsabilidad constituye una categoría moral central equilibradora, que ha de ser proporcional a dicho poder técnico. No obstante, la problemática de la responsabilidad va más allá del plano moral y también se sitúa en el terreno jurídico.

empresas y las instituciones públicas de investigación que las desarrollan y una efectiva participación ciudadana. No obstante, es preciso destacar que apoyarse en la tecnociencia emergente para la solución de los problemas medioambientales globales resulta insuficiente si conduce a un mero solucionismo tecnológico (Morozov, 2015) y si no se produce sobre un imprescindible trasfondo ético solidario universalista (Conill, 2019). Por otra parte, para alcanzar tal finalidad, se requiere, a nuestro entender, avanzar hacia una visión del trabajo tecnocientífico que se sitúe en la senda de un marco ético de innovación social que fomente la corresponsabilidad solidaria de los diferentes actores implicados. Dicho marco implica el tránsito de una solución tecnocrática a un proceder participativo en los diseños tecnológicos, introduciendo la tecnología en el ámbito de la deliberación pública entre los diferentes agentes sociales implicados (Broncano, 2000: 259-282).

Nuestra pretensión en este trabajo es centrarnos en un enfoque eco-ético del desarrollo de la robótica, pues, como señalan Aimee van Wynsberghe y Justin Donhauser (2018), las aplicaciones críticas de los robots para la innovación y protección medioambiental no han recibido casi atención en la literatura sobre roboética. Los ODS suponen una especie de imperativo mundial al que la robótica ha de ajustarse, pues una ética aplicada a la robótica «tiene la tarea no solo de criticar los intentos de los ingenieros de robots para lograr la integración de estas máquinas en nuestra vida, sino también, y lo que es más importante, de sugerir formas para lograr mejores resultados de los que se ofrecen actualmente» (Sullins, 2011: 233). No obstante, hay que tener en cuenta que un enfoque eco-ético de desarrollo de la robótica exige una sensibilización previa por parte de los actores implicados. En este sentido, proponemos, en segundo lugar, un modelo para la investigación y la innovación social que estará fundamentado en la quíntuple hélice. Entendido como un modelo teórico orientado a la innovación y sustentado en cinco esferas que intercambian saberes y sentires con el propósito de generar y promover un desarrollo sostenible para la sociedad (Carayannis y Campbell, 2012). Finalmente argumentamos la necesidad de un enfoque crítico-normativo del modelo que proponemos, recurriendo a la ética del diálogo planteada por Apel y Habermas, así como a la versión cordial de la misma desarrollada por Adela Cortina.

2. Invitación ética en el contexto de la Agenda 2030

El intento de definir el término «robot» destaca por su dificultad, pues existen diferentes diseños, capacidades, tamaños y funciones que son asignadas a esta tecnología, lo que hace que no sea una tarea fácil encontrar una definición absoluta. Según el *World Economic Forum*, el robot se caracteriza por ser una máquina electromecánica, híbrida y biológica para aumentar o ayudar a las actividades humanas, de forma autónoma o de acuerdo con instrucciones establecidas (World Economic Forum y A. D. Bank, 2017: 21).

Los robots no deben ser estudiados al margen de las consideraciones sociotécnicas de las sociedades actuales, pues influyen en su desarrollo a través de aspectos que pueden no ser anticipados durante el diseño. En ese sentido, la preocupación humana por la robótica se traduce en lo que se conoce como roboética, una rama de la ética aplicada ocupada de abordar cuestiones relacionadas con la ética de las personas que diseñan y utilizan robots; con el sistema ético integrado en los robots; y con los criterios éticos seguidos para mediar la relación humano-robot (Tzafestas, 2015).

Para esclarecer el concepto de una robótica sensibilizada con el medio ambiente es necesario utilizar la distinción empleada por van Wynsberghe y Donhauser, quienes diferencian entre robótica industrial y medioambiental. La primera se destina a la realización de trabajos en el entorno de los centros industriales; mientras que la segunda funciona fuera de este entorno industrial. Estos robots ambientales se adhieren a la definición de robots de servicio ofrecida por la International Organization for Standardization (ISO), dado que señala que los robots de servicio desempeñan tareas que resultan de utilidad para los humanos, excluyendo aplicaciones industriales, y, al mismo tiempo, operan con diversos grados de autonomía (ISO, 2012). Por consiguiente, y en la estela de la robótica de servicio, se sitúa la robótica responsable con la sostenibilidad medioambiental.

Una ética aplicada al ámbito de la robótica se plantea orientar la actividad de esta tecnología, asumiendo la responsabilidad de reconocer las problemáticas morales subyacentes. La ética proporciona un marco reflexivo fundamentado en una hermenéutica crítica a través del diálogo con los expertos y la inclusión de testimonios valiosos (Cortina, 1996). La visión ética de las tecnologías autónomas no debe reducirse a la mera instrumentalización para la consecución de determinados fines, pues la sostenibilidad constituye una finalidad de carácter

general (Wever y Vögtlander, 2015) y un ideal moral. Más bien han de ser contempladas, al igual que el conjunto de la tecnología, como mediaciones³ en nuestra agencia medioambiental que contribuyen a modificar ésta y transformar el entorno natural en el que se insertan los funcionamientos humanos (Toboso y Aparicio, 2019). En tanto que mediaciones sociotécnicas de nuestra acción sobre el medio ambiente, hay que tener en cuenta: a) una mediación ecológicamente adecuada dependerá de los principios, valores y virtudes que impulsen intencionalmente las acciones humanas en el seno de la sociedad, esto es, de cómo dichas tecnologías queden orientadas éticamente desde principios normativos, y de que el valor de la sostenibilidad resulte efectivamente incorporado en la tecnología (Van den Hoven, Vermaas, y Van de Poel, 2015); b) como mediación sociotécnica, la robótica medioambiental tendrá que ser, en su diseño material, compatible desde un punto de vista ecológico; c) en su resultado, tal mediación tendría que contribuir a conseguir un cuidado efectivo del entorno natural, en el contexto de un marco social que logre un desarrollo humano sostenible. En conjunto, la contribución efectiva de estas tecnologías a la protección medioambiental se mediría únicamente en el grado en que se sustentan sobre un *ethos* ecológico y pueden aportar un mejoramiento en las posibilidades sociales ofrecidas a la agencia responsable y sostenible.

En 1987 la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo presentó el informe *Our Common Future* (ONU, 1987) para ofrecer una definición de desarrollo sostenible como aquel que debe preocuparse por “la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”. La propuesta del *Informe Brundtland*, título que recibe en virtud del nombre de la presidenta de la comisión, Gro Harlem Brundtland, se sostiene sobre tres pilares elementales: protección medioambiental, desarrollo económico y equidad social. En este concepto moderno de sostenibilidad subyace un elemento esencial en el que es conveniente insistir. Christian U. Becker afirma que dicho concepto está fundamentado en una serie de relaciones que son cruciales para comprender sus implicaciones modernas (2011: 12). En primer lugar, destaca la relación entre los seres humanos y sus contemporáneos en el contexto de la generación actual; en segundo lugar, subraya la relación entre la generación actual y las generaciones futuras; y, en tercer lugar, la relación entre los seres humanos y la naturaleza, que resulta crucial. Asimismo, Becker apunta a los efectos fácticos

³ Entendemos que, frente a la mera visión instrumental de los objetos técnicos, las tecnologías pueden considerarse como sistemas de acciones humanas (Quintanilla, 1989: 34).

y aspectos normativos que suscitan estas relaciones. En lo que respecta a los aspectos normativos, se refiere a la comprensión, el diseño y la actualización del modo según son establecidas estas relaciones, por ejemplo, ¿qué diseño deberían adoptar nuestros artefactos para ser sostenibles? ¿Cómo impactan los actuales modelos de robótica en el medio ambiente?

Esta ampliación extrahumana de las relaciones, es decir, del ser humano con la naturaleza, precisa una evolución de la sensibilidad moral para atender los llamados de la biosfera y ofrecer un antídoto a la ruptura de sus equilibrios (Domingo Moratalla, 1998: 52). Del mismo modo, las diversas manifestaciones del daño a la Tierra exigen pensar el lugar del ser humano en el mundo y los efectos ambivalentes de la tecnología. En consecuencia, es posible afirmar que el concepto de sostenibilidad apreciado en este trabajo posee una profunda base ética, ya que, en esencia, en la idea de sostenibilidad está presente el reconocimiento y la puesta en valor de una relación de cuidado hacia la naturaleza y la humanidad. Por lo tanto, ubicar la reflexión sobre la robótica en el terreno de la sostenibilidad significa asumir la integración de la responsabilidad en el *ethos* como un valor ético imprescindible.

Con el propósito de aterrizar el concepto de sostenibilidad en el presente y vincularlo al desarrollo de la robótica, es importante subrayar en el plano universal el proyecto de la Agenda 2030, una iniciativa que aglutina un conjunto de objetivos que constituyen un imperativo ético para el desarrollo, denominados ODS. Esta agenda internacional, de la mano de los ODS, suministra una visión holística de los numerosos problemas que amenazan el bienestar de la humanidad y la biosfera, a la par que involucra a todos los países, los gobiernos, el sector privado y la sociedad civil. En el preámbulo de la *Resolución aprobada por la Asamblea General el 25 de septiembre de 2015* se detalla lo siguiente:

La presente Agenda es un plan de acción en favor de las personas, el planeta y la prosperidad. También tiene por objeto fortalecer la paz universal dentro de un concepto más amplio de la libertad. Reconocemos que la erradicación de la pobreza en todas sus formas y dimensiones, incluida la pobreza extrema, es el mayor desafío a que se enfrenta el mundo y constituye un requisito indispensable para el desarrollo sostenible.

Este plan será implementado por todos los países y partes interesadas mediante una alianza de colaboración. Estamos resueltos a liberar a la humanidad de la tiranía de la pobreza y las privaciones y a sanar y proteger nuestro

planeta. Estamos decididos a tomar las medidas audaces y transformativas que se necesitan urgentemente para reconducir al mundo por el camino de la sostenibilidad y la resiliencia. Al emprender juntos este viaje, prometemos que nadie se quedará atrás.

Los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible y las 169 metas que anunciamos hoy demuestran la magnitud de esta ambiciosa nueva Agenda universal. Con ellos se pretende retomar los Objetivos de Desarrollo del Milenio y conseguir lo que estos no lograron. También se pretende hacer realidad los derechos humanos de todas las personas y alcanzar la igualdad entre los géneros y el empoderamiento de todas las mujeres y niñas. Los Objetivos y las metas son de carácter integrado e indivisible y conjugan las tres dimensiones del desarrollo sostenible: económica, social y ambiental (ONU, 2015: 1)

El antecedente de los ODS se sitúa en los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) (ONU, 2000), un conjunto de metas adoptadas en el año 2000 y que tienen como finalidad promover una alianza mundial para combatir la pobreza extrema y afrontar otros desafíos. José Antonio Sanahuja sostiene que, a pesar de no presentar un carácter vinculante, los objetivos planteados por la ONU poseen un valor significativo y, por ende, tienen efectos discernibles sobre la gobernanza ética (2015: 369). Asimismo, el espíritu discursivo que los fundamenta, a tenor del amplio proceso de deliberación pública que les precede, constituye un elemento esencial para trasladar un influjo de inculuración ética en numerosos espacios. En virtud de esta esencialidad, la estimación de la Agenda 2030 conlleva un ensanchamiento de la moralidad debido a la necesidad de reconocer y cuidar la vulnerabilidad que caracteriza a la biosfera (Martínez Martínez, 2019). Así pues, el desarrollo sostenible al que nos invitan los ODS precisa una valoración medioambiental también exigible a la tecnología.

Jeffrey Sachs (2015) propuso un marco para analizar el desarrollo sostenible que atendía a cuatro pilares interdependientes entre sí: desarrollo económico, desarrollo social, protección del medio ambiente y buena gobernanza (World Summit of Sustainable Development, 2002). A este respecto, el desarrollo de la robótica encarna un enorme potencial para la economía y la sociedad e inaugura un nuevo periodo histórico de desarrollo sostenible. Por esta razón los robots destinados a la ecología, o ecobots, como los denominan van Wijnsberghe y Donhauser (2018) desempeñan funciones ecológicas funcionales, por ejemplo, sirviendo como el sustituto de un depredador; o aumentando el funcionamiento ecológico, a modo de mejora de los servicios del ecosistema. La robótica y,

ejemplarmente, los drones pueden contribuir a la lucha contra el cambio climático en la prevención de la contaminación y reducción de emisiones, evaluación de riesgos, monitoreo de actividades ilegales, etc. (Choi-Fitzpatrick, 2014: 24), accediendo, incluso, a lugares donde el ser humano presenta dificultades físicas (Dunbabin y Marques, 2012). Existen buenos ejemplos para ilustrar el empleo de la robótica en el cuidado medioambiental y, por ende, un compromiso con la Agenda 2030. *Treebot* está diseñado para superar las limitaciones de otros robots trepadores y se encarga de maximizar la eficiencia en la inspección y mantenimiento de los árboles (Lam y Xu, 2012: 140); *COTSbot*, un AUV (siglas en inglés de *autonomous underwater vehicle*) diseñado para la búsqueda autónoma de la estrella de mar depredadora de corona de espinas (Dayoub, Dunbabin y Corke, 2015); o *Lionfish*, con un objetivo similar al pez león (Hixon, Green, Albins, Akins y Morris Jr. (2016). Estos casos ponen de manifiesto la posibilidad de cultivar en el entorno de la tecnología un deber para-con el medio ambiente mediante la integración del espíritu de los ODS, especialmente de los objetivos 13, acción por el clima; 14, vida submarina; y 15, vida de ecosistemas terrestres, entre otros.

Finalmente, es preciso destacar que estas tecnologías también pueden emplear fuentes de energías no renovables y ocasionar riesgos medioambientales asociados a su implementación (Greenpeace, 2020), o incluso delegar excesivamente nuestra agencia y responsabilidad ecológica en tales artefactos en detrimento del afianzamiento de un *ethos* ecológico solidario ante esta problemática global. A este respecto, es conveniente promover un nuevo modo de pensar y obrar en el seno de la sociedad tecnologizada mediante un cuestionamiento de la exacerbación de la racionalización científico-técnica y una defensa del mundo de la vida como una fuente de recursos de donde obtener una racionalidad comunicativa que resulta vital para la solidaridad ecológica (Conill, 2019).

3. Innovación social y estimación medioambiental

Los planteamientos señalados en la Agenda 2030 sugieren la concreción de una metodología científica fundamentada sobre criterios éticos de carácter democrático. El *European Group on Ethics in Science and New Technologies* (EGE, 2018) llevó a cabo una reflexión para destacar la necesidad de unos principios éticos y democráticos en el desarrollo de la tecnología avanzada. Este grupo destaca que el diálogo público, la participación y la inclusión, así como la sostenibilidad

han de guiar el desarrollo y aplicaciones de la IA y la robótica. Por otra parte, la Comisión Europea (CE) ha publicado en los últimos años diversos estudios donde se abordada la importancia de la ética aplicada a la IA en el contexto europeo (Comisión Europea, 2018b, 2019, 2020). En estas iniciativas es posible apreciar el interés en una visión ética de la tecnología de carácter proactiva que reclama una innovación abierta e inclusiva. Este carácter proactivo también es resaltado por Mark Coeckelberg cuando hace hincapié en la integración de valores en el diseño para una innovación responsable (Coeckelberg, 2021: 13), una idea en sintonía con el modelo de la quíntuple hélice.

Floridi *et al.* (2018) reflexionan sobre los principios orientadores de una IA que incorpore beneficios, mitigue los daños y evite el uso indebido y la infrautilización. Argumentan que dichos principios son los ya conocidos principios de la bioética (no maleficencia, beneficencia, autonomía y justicia) más el principio de explicabilidad. Una lectura de tales principios concordante con la defensa de la sostenibilidad manifestada por el EGE, a modo de intersección entre la ética ecológica y la ética de los sistemas inteligentes, implica que dichos sistemas: a) prevengan los daños a los seres humanos y al medio ambiente; b) beneficien a la generación actual, a las generaciones futuras y a la protección del medio ambiente; c) estén sujetos a la autonomía humana para tomar decisiones sobre el control medioambiental y favorezcan la responsabilidad humana en el desarrollo sostenible; d) contribuyan a la justicia ecológica y la solidaridad con las generaciones futuras y e) sean explicables, en cuanto al desempeño de sus funciones medioambientales, rindiendo cuentas sobre su efectivo cuidado ecológico.

Retomando el valor imperativo de la Agenda 2030 en razón de la intersección normativa anteriormente mencionada, es preciso analizar el estatus moral de la sostenibilidad, en aras de una mejor comprensión del alcance del modelo de la quíntuple hélice. Wibren van der Burg define los ideales morales como valores que suelen estar implícitos o latentes en la ley, en la cultura pública o moral de una sociedad o grupo, que normalmente no pueden realizarse plenamente y trascienden en parte las formulaciones e implementaciones históricas contingentes en términos de reglas y principios (2004: 29). Dicho esto, los ideales morales constituyen un elemento esencial para la comprensión de las prácticas normativas y su orientación, en vista de la función estructuradora de la deliberación que tiene por objeto la deseabilidad futurable a la que aspiran esas prácticas (Brom, 1998; van der Burg, 1997).

La consideración de la sostenibilidad como un ideal moral en el plano de la Agenda 2030 resulta muy útil para apreciar el valor orientativo que posee la ética en el futuro de la robótica, al menos por tres razones. En primer lugar, argumenta el componente normativo de la sostenibilidad, especialmente cuando la sostenibilidad se discute en términos técnicos y fácticos. En este sentido, la perspectiva ética que promueve la sostenibilidad como un ideal moral está apuntando a la deseabilidad de una robótica comprometida con el medio ambiente. En segundo lugar, la noción de la sostenibilidad como ideal moral puede afrontar, al menos en parte, el problema de una definición unívoca de sostenibilidad. A pesar de que en este trabajo ha sido asumido con prudencia el concepto de sostenibilidad ofrecido en el *Informe Brundtland*, es acertado reconocer que existe una compleja discusión alrededor de este concepto. Pese a que la noción de ideal moral no resuelve el problema conceptual, contribuye al esclarecimiento de prácticas específicas que pueden resultar insostenibles en el lado técnico y fáctico. Finalmente, ese ideal moral favorece la apertura de la reflexión crítica sobre la sostenibilidad, en vista de la combinación de un referente ideal y una orientación práctica para la deseabilidad.

Según Luciano Floridi *et al.*, la adopción de un enfoque ético comporta una doble ventaja: por un lado, permite a las organizaciones aprovechar nuevas oportunidades que sean socialmente aceptables; y por otro, contribuye a anticipar, evitar y minimizar ciertos impactos derivados del curso tecnológico (2018: 694). No obstante, las oportunidades de una ética aplicada dependen de situar al conocimiento científico en un entorno de confianza pública y responsabilidades compartidas (Fernández-Beltrán *et al.*, 2017). Así pues, una tecnología confiable en la protección medioambiental, precisa de un modelo teórico que integre un enfoque ético y un diseño participativo en el que intervengan diferentes actores y sensibilidades: la quíntuple hélice.

Para comprender el valor y significado del modelo de la quíntuple hélice, así como su aportación en el ámbito de una ética aplicada a la robótica responsable con la sostenibilidad medioambiental, resulta fundamental echar la vista atrás. A mediados de los años 90, Henry Etzkowitz y Loet Leydesdorff (1995) formularon el concepto de la denominada triple hélice, un modelo para el análisis teórico en el crecimiento económico, a través del que gobiernos, empresas e instituciones educativas encontraban un espacio de trabajo conjunto para impulsar proyectos comunes generadores de riqueza a la sociedad.

La triple hélice se ha convertido en un modelo de innovación convencional destacable por su predominio en el ámbito empresarial (Nedón, 2015: 7). Encuentra su basamento en el denominado Triángulo de Sabato, de finales de la década de los 60, propuesto por John Kenneth Galbraith y desarrollado como un modelo de gestión política científico-tecnológica por parte de Jorge Alberto Sabato (1975). En virtud del progreso moral que experimentan las sociedades, el modelo de la triple hélice ha presentado determinadas limitaciones que obstaculizan la aplicación de la ética en el proceso de innovación, pues deriva en una cultura monopolista y oligopolista del conocimiento, contraria a una disposición al diálogo que exige un mundo cada vez más cambiante (Urra Canales, 2017: 184).

Posteriormente fue planteado un modelo más abierto e inclusivo, de cuádruple hélice, enriqueciendo y ampliando el modelo anterior a partir de nuevas consideraciones y reconocimientos (Huizingh, 2010). La cuádruple hélice supone un modelo básico en la sociedad del conocimiento que integra a la sociedad civil en los procesos de innovación (Leydesdorff, 2010). Pensadores como Elías Carayannis y David F. J. Campbell (2012), Anton Kriz, Courtney Molloy y Sarah Bankins (2018), Kenneth Nordberg (2015) y Linda Höglund y Gabriel Linton (2017) afirman que la sociedad civil posee un valor fundamental para los procesos de innovación que puede articularse a través de mecanismos de participación e inclusión. Aspectos como los valores, la cultura, la información y la comunicación resultan esenciales para una innovación que responda a necesidades, problemáticas y controversias desde un punto de vista ético. La identificación de la sociedad civil como la cuarta hélice significa el reconocimiento y agrupación de un conjunto de perspectivas que integran las partes interesadas (McAdam, Miller y McAdam, 2016) y ofrecen aspectos claves dentro de los sistemas de innovación a través de dinámicas de entrelazamiento de saberes y sentires (Cunningham, Menter y O’Kane, 2018).

Una vez indicados los antecedentes, es importante presentar el modelo de la quíntuple hélice como un terreno fértil desde el que promover una innovación social y responsable, en términos compartidos, para el cuidado medioambiental como fundamentos para una ética aplicada a la robótica. Aunque este modelo mantiene la sociedad civil como un pilar de fortaleza para los procesos de innovación, además, sugiere el reconocimiento del medio ambiente y la sostenibilidad como una nueva hélice. La ilustración de la quíntuple hélice quedaría de la siguiente manera:



El compromiso con el cuidado y el reconocimiento del valor de la naturaleza que ha venido cultivándose en las sociedades en las últimas décadas ha sido plasmado en el modelo de la quíntuple hélice. Carayannis y Campbell (2012; 2014) destacan este modelo como un compromiso de responsabilidad con una innovación cuyo génesis se encuentra en el cuidado medioambiental. El escenario actual de degradación exige que los procesos de innovación contribuyan al cuidado del medio ambiente (Stern, 2009). Este deber medioambiental puede ser entendido como un nicho ecológico de innovación, según Tomas Hellström (2007: 158). Sobre el modelo de la quíntuple hélice, Carayannis, Barth y Campbell señalan lo siguiente:

El modelo de quíntuple hélice es un modelo de innovación que puede hacer frente a los retos actuales del calentamiento global a través de la aplicación de conocimiento saber-hacer que se centra en el intercambio social y en la transferencia de conocimiento dentro de los subsistemas de un Estado específico o Estado-Nación. El modelo de innovación de la quíntuple no es lineal, y por ello combina el conocimiento, el saber hacer y el medio ambiente-sistema natural como un único marco interdisciplinario y transdisciplinario que proporciona un modelo con el que paso a paso se comprende la gestión de la calidad basada en el desarrollo efectivo para la recuperación del equilibrio con la naturaleza, y poder permitir para las generaciones futuras una vida de diversidad y pluralidad en la tierra (2012: 2).

Este modelo suministra un planteamiento ético que implica una gestión inclusiva, situando a la tecnología en el centro del debate público y una intervención social de los diversos grupos de interés (Von Schomberg, 2011). La asunción de valores democráticos y la ubicación de la tecnología en el contexto democrático (Quintanilla, 2002: 640-647), constituyen premisas fundamentales para reconocer el poder normativo de la participación de los afectados, en aras de una evolución de la sensibilidad moral. Por lo tanto, la búsqueda de la legitimidad del diseño de robótica medioambiental a partir de la construcción de un vínculo entre la deseabilidad y la aceptabilidad, debe enraizar su basamento en una ética fundamentada en el diálogo cívico.

4. El valor del diálogo cordial

En la senda del modelo de innovación de la quíntuple hélice se requiere la integración del diálogo ético como un mecanismo para el diseño de robótica responsable con la sostenibilidad medioambiental. En tal sentido, este requerimiento ético implica una gestión inclusiva que precisa situar a la tecnología en el centro del debate público y una intervención social de los diversos grupos de interés (Von Schomberg, 2011).

La ética dialógica aporta un enfoque crítico-normativo para el modelo de la quíntuple hélice, como base para la confluencia de los desarrollos tecnológicos emergentes y el desarrollo sostenible. Una tecnología emergente sostenible para un mundo justo necesita determinar dialógicamente las normas de justicia y alcanzar un entendimiento entre los implicados en torno a la aceptabilidad y deseabilidad. Por otra parte, la ética del diálogo permite adoptar una perspectiva crítica al señalar condiciones a las que tiene que ajustarse el diálogo cristalizado en el modelo de la quíntuple hélice. Entre esas condiciones está también la atención a los intereses de las generaciones futuras y la inclusión de las exigencias de protección de los seres de la naturaleza⁴. El medio ambiente es condición de posibilidad de una vida humana enraizada corporalmente y, por tanto, también es condición de posibilidad del diálogo entre existencias corporales finitas (Habermas, 2009).

⁴ Para Apel, el diálogo argumentativo ha de tener en cuenta todas las necesidades humanas (incluidas las necesidades naturales) formuladas como exigencias comunicables intersubjetivamente (Apel, 1985: 403-404).

En el contexto de la civilización científico-técnica, Apel planteó la necesidad de contar con una macroética de la humanidad en la tierra finita (1985: 342), como ética universal de la responsabilidad solidaria. Para este autor, todas las ciencias y tecnologías presuponen una ética como condición de posibilidad, basada en el reconocimiento de todos los interlocutores como personas. También considera que todas las acciones humanas con sentido constituyen argumentos virtuales (1985: 380) Teniendo en cuenta que la tecnología constituye una mediación de la acción humana y que los artefactos encierran discursos de los diferentes responsables de su diseño (Toboso y Aparicio, 2019), entonces se ha de reconocer y no excluir a ninguno de los interlocutores reales o virtuales (Apel, 1985: 380) afectados por los diseños tecnológicos. En este caso, el medio ambiente es uno de los principales afectados por los efectos ambivalentes de la técnica moderna, como bien apuntó Hans Jonas (1995). La basura tecnológica, el extractivismo minero que alimenta la maquinaria del consumismo, el incremento de la demanda energética ocasionado por el procesamiento de datos (Andrae, 2017), estrechamente vinculado a la robótica, todos los recursos empleados, tanto humanos como no humanos, para construir artefactos, son una muestra de los altos costos medioambientales que propicia el desarrollo tecnológico (Crawford y Joler, 2018). Estas apreciaciones señalan que todo análisis que intente iluminar las implicaciones de la tecnología en general, y de la robótica en particular, no debe perder de vista los efectos sobre el medio ambiente. Por lo tanto, como Langdon Winner puntuó, que el cuidado que ponemos en los números no se traduzca en insensibilidad hacia todo lo demás (1987: 199).

Prosiguiendo con la argumentación en torno al valor del diálogo y la inclusión de los afectados, y de acuerdo con la versión de Habermas de la ética dialógica, la legitimidad de las normas reguladoras de los diseños tecnológicos para su ajuste a las exigencias medioambientales estribaría en que provengan de un diálogo racional inclusivo con condiciones de simetría entre todas las partes afectadas por dichas normas y en que todos los afectados por las mismas pudieran dar su consentimiento (Habermas, 2000). Situar la tecnología en el ámbito público de las razones, incluyendo las distintas perspectivas subyacentes en el modelo de la quíntuple hélice, resulta imprescindible para determinar la validez de tales normas. En el caso particular de la robótica medioambiental, el principio ético de explicabilidad que debe orientarla remitiría a la consideración de todos los afectados como interlocutores válidos, su comprensión de los objetivos perseguidos, su funcionalidad medioambiental, el grado de encaje en la ecosfera, los requerimientos a la agencia humana, etc. No obstante, se ha puesto de manifiesto la insuficiencia del planteamiento de Habermas al restringir la aplicación eficaz

del diálogo en instituciones al ámbito jurídico, limitando la aplicabilidad moral en el ámbito de la sociedad civil (empresas, profesiones, etc.) (García Marzá, 2011: 110-111).

La ética dialógica no debería ser ajena al reconocimiento de las emociones y valores que pueden expresar los grupos de intereses implicados en diseños tecnológicos sostenibles y que resultan fundamentales para entender la dimensión moral de la vida. Estos aspectos han quedado relegados en el procedimentalismo ético apeliano y habermasiano (Conill: 2006: 278-280; Cortina: 2009), impiadiendo situar adecuadamente la cuestión de los diseños tecnológicos sostenibles en la configuración de un *ethos* ecológico. Los artefactos han de ser proyectados no solo desde una racionalidad técnica, sino también desde una racionalidad experiencial, sentiente y cordial (Conill, 2019). En ese sentido, la ética de la razón cordial formulada por Adela Cortina (2009), en la medida en que no solo atiende a la argumentación lógica, sino que incluye también la dimensión sentimental y la estimación valorativa, permite superar el excesivo procedimentalismo de la ética dialógica y acercar, a través de la educación moral, el mundo tecnológico a un mundo humano justo y responsable con el medio ambiente. Su apelación al reconocimiento del carácter valioso y vulnerable del medio ambiente plantea la exigencia a las tecnologías de evitar el daño y, en un sentido positivo, favorecer el desarrollo humano sostenible (2009: 241).

Es desde un diálogo intersubjetivo que tenga en cuenta las situaciones vitales (Conill, 2006: 278; 2019) de degradación medioambiental y su repercusión en la vulnerabilidad humana, social y de salud, desde donde se pueden construir valores ecológicos en los artefactos tecnológicos. Lo cual exige la participación dialógica de todos los afectados por los impactos de las tecnologías emergentes y la responsabilidad solidaria para la protección de la naturaleza (Cortina, 2009: 237-243). El *ethos* cordial es el que permite alumbrar un estilo de vida ecológico, al tener como componentes fundamentales el reconocimiento compasivo de los interlocutores, reales o virtuales, en el diálogo (Cortina, 2009: 2015) y el cuidado de todos los seres vivos (Cortina, 2009: 240-243).

La ética cívica formulada por Adela Cortina nace del reconocimiento del pluralismo social e identifica como valores esenciales la libertad, igualdad, solidaridad, respeto y diálogo. Estos serían los valores fundamentales que necesariamente estarían presentes en una sociedad que se reconozca pluralista y tenga aspiraciones de una convivencia basada en la paz, la armonía y el reconocimiento de la diversidad moral (Cortina, 1997; 2003). Esta ética, que valora la dimensión

moral de la vida humana, contribuye al enriquecimiento de los procesos de innovación inscritos en el modelo de la quíntuple hélice, pues apuntala el fundamento normativo de este modelo y su realización práctica. Como señalan José Félix Lozano e Irene Monsonís-Payá (2020), la ética cívica puede proporcionar una forma significativa para abordar la imprevisibilidad propia de los procesos de innovación, pues ofrece una cultura deliberativa para favorecer la legitimación y garantizar una innovación coherente (2000: 12). El compromiso con la justicia humana y el cuidado medioambiental, que debe ser impulsado por la educación moral, han de impregnar todo el proceso de innovación tecnológica, alumbrando un mundo más habitable, tanto para los seres humanos como para el resto de seres vivos (Cortina, 2009; 2019). Este enfoque ético-cordial de la quíntuple hélice en el contexto de una robótica medioambiental se ajusta a los principios formulados por EGE y por Floridi *et al.* para dichas tecnologías y se sitúa en la estela de la Agenda 2030.

5. Conclusión

Los ODS constituyen una agenda mundial conjunta para la justicia intra e intergeneracional y para la sostenibilidad planetaria. Esta utopía realista, originada en la creciente conciencia de la injusticia generada por un sistema socio-tecnológico que está ahondando en la degradación del medio ambiente, plantea exigencias humanas y ecológicas a los individuos, las empresas, las instituciones públicas y a los organismos internacionales. El cumplimiento de las exigencias formuladas en los ODS involucra también al conocimiento y a sus aplicaciones tecnológicas, entre las que se encuentra la robótica. La planificación y la implementación de medidas materiales ha de contar con las distintas facetas del saber humano. No obstante, los graves problemas medioambientales, y sus derivaciones sociales y sanitarias ponen de relieve la necesidad de una tecnociencia sensibilizada y comprometida con los valores de sostenibilidad y justicia. Para ser efectiva, esta reorientación del sistema tecnocientífico ha de darse en el seno de un sistema económico justo y sostenible, reformado a partir de orientaciones éticas que cuenten con la participación de todos los actores sociales afectados e implicados.

Una robótica que resulte medioambientalmente responsable, mediadora de una agencia humana que cuide verdaderamente de la casa común que es nuestro planeta, será posible a través de caminos de innovación democráticos que permitan recoger diversas sensibilidades a partir de las aportaciones de las esferas

reconocidas en el modelo de la quíntuple hélice. La sujeción de estas tecnologías emergentes a un modelo que incorpora la multiplicidad de perspectivas sociales y los retos provenientes del mundo natural facilitará un enfoque ético de las mismas en el marco de una innovación social, y contribuirá al ensamblaje de los sistemas inteligentes en la ecosfera.

No cabe duda de que, desde un punto de vista crítico-normativo, una respuesta ante la complejidad de los desafíos sociales y medioambientales, en los que la robótica puede jugar un papel mediador, debe venir del reconocimiento cordial de los afectados y grupos de interés involucrados dialógicamente en la actividad tecnológica susceptible de aportar soluciones sostenibles de carácter pragmático. Un reconocimiento que favorecerá el cultivo de la legitimidad de los productos de innovación originados en un encuentro público y cívico en el contexto del modelo de la quíntuple hélice.

Bibliografía

- ANDRAE, Anders S. G. (2017). "Total Consumer Power Consumption Forecast". *Conference Nordic Digital Business Summit. Helsinki, Finland*. https://www.researchgate.net/publication/320225452_Total_Consumer_Power_Consumption_Forecast
- APEL, Karl-Otto (1985). *La transformación de la filosofía II*. Madrid: Taurus.
- BECKER, Christian U. (2012). *Sustainability Ethics and Sustainability Research*. Dordrecht: Springer.
- BERZOS, Carlos (2016). "Acumulación capitalista y justicia ecológica". *Justicia ecológica en la era del Antropoceno*. Ed. Vicente, T. Madrid: Trotta, 53-69.
- BEYER, Robert M., MANICA, Andrea y MORA, Camilo (2021). "Shifts in Global Biodiversity Suggest a Possible Role of Climate Change in the Emergence of SARS-CoV-1 and SARS-CoV-2". *Science of The Total Environment*, 767.
- BROM, Frans W. W. (1998). "Developing Public Morality: Between Practical Agreement and Intersubjective Reflective Equilibrium". *Reflective Equilibrium*. Eds. van der Burg, W. & van Willigenburg, T. Dordrecht: Springer, 191-202.
- BRONCANO, Fernando (2000). *Mundos artificiales. Filosofía del cambio tecnológico*. México D.F.: Paidós.
- CARAYANNIS, Elias, y CAMPBELL, David (2012). *Mode 3 Knowledge Production in QuadrupleHelix Innovation Systems: 21st-Century Democracy, Innovation, and Entrepreneurship for Development*. New York: Springer.

- CHOI-FITZPATRICK, A. (2014). "Drones for Good: Technological Innovations, Social Movements, and the State". *Journal of International Affairs*, 68(1), 19.
- COECKELBERG, Mark (2021). Ética de la inteligencia artificial. Madrid: Cátedra.
- Comisión Europea (2018a). *Artificial Intelligence for Europe (Communication)*. <https://www.eesc.europa.eu/en/our-work/opinions-information-reports/opinions/artificial-intelligence-europe-communication>.
- (2018b). *Declaration of Cooperation on Artificial Intelligence*. <https://ec.europa.eu/jrc/communities/en/node/1286/document/eu-declaration-cooperation-artificial-intelligence>.
- (2019). *Ethics Guidelines for Trustworthy AI*. <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/ethics-guidelines-trustworthy-ai>.
- (2020). *White Paper on Artificial Intelligence: a European approach to excellence and trust*. https://ec.europa.eu/info/publications/white-paper-artificial-intelligence-european-approach-excellence-and-trust_es.
- CONILL, Jesús (2006). Ética hermenéutica. Madrid: Tecnos.
- (2019). "¿Puede ser ecológico el estilo moderno de vida?". *Pensamiento*, 283, 171-188.
- CORTINA, Adela (1996). "El estatuto de la ética aplicada. Hermenéutica crítica de las actividades humanas". *Isegoría: Revista de filosofía moral y política*, 13, 119-134.
- (1997). *La ética de la sociedad civil*. Madrid: Anaya.
- (2009). *Ética de la razón cordial. Educar en la ciudadanía en el siglo XXI*. Oviedo: Ediciones Nobel.
- (2019). "Superando los límites de la ciencia ensimismada: el compromiso ético de la universidad con el desarrollo humano". *Revista de Fomento Social*, 74 (I), 105-119.
- CRUTZEN, Paul y STOERMER, Eugene (2000). "The 'Anthropocene'". *Global Change Newsletter*, 41, 17-18.
- CUNNINGHAM, James A., MENTER, Matthias y O'KANE, Conor (2018). "Value Creation in the Quadruple Helix: A Micro Level Conceptual Model of Principal Investigators as Value Creators". *R&DManagement*, 48 (1), 136-147.
- DAYOUB, Feras, DUNBABIN, Matthew y CORKE, Peter (2015). "Robotic Detection and Tracking of Crown-of-Thorns Starfish", *2015 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, 1921-1928.
- DE CÓZAR, José Manuel y NÚÑEZ, Andrés (2017). "Las nanotecnologías y otras tecnologías emergentes: estatus epistemológico, consecuencias de la convergencia y evaluación social". *El riesgo tecnológico II. Impactos sociales*. Eds. Palma C. y González, M. I. Madrid: Los libros de la catarata, 53-79.

- DE TIENDA, Lidia, ARENAS, Francisco y GRACIA, Javier (coords.) (2020). *Retos de la educación ante la Agenda 2030. Los ODS entre el humanismo y la ecología*. Valencia: Patronat Sud-Nord. Solidaritat i Cultura de la Fundació General de la Universitat de València i Publicacions de la Universitat de València.
- DOMINGO MORATALLA, Agustín (1998). “La edad ecológica de la moral. De la justicia social a la responsabilidad cósmica”. *Iglesia viva: revista de pensamiento cristiano*, 193, 51-67.
- European Group on Ethics in Science and New Technologies (2018). Statement on Artificial Intelligence, Robotics and “Autonomous” Systems. Comisión Europea, Dirección General de Investigación e Innovación. https://ec.europa.eu/research/ege/pdf/ege_ai_statement_2018.pdf.
- ETZKOWITZ, Henry y LEYDESDORFF, Loet (1995). “The Triple Helix – University-Industry-Government Relations: A Laboratory for Knowledge Based Economic Development”. *EASST Review*, 14 (1), 14-19.
- FERNÁNDEZ-BELTRÁN, Francisco *et al.* (2017). “La gestión de la comunicación para el impulso de la Investigación e Innovación Responsables: propuesta de protocolo desde la ética dialógica”. *Revista Latina de Comunicación Social*, 72, 1.040-1.062.
- FLORES, José-Abel, ENJUANES, Luis y DOMINGO, Esteban (2017). “El cambio climático, vivero de nuevos virus”. *El País*. https://elpais.com/elpais/2017/10/19/ciencia/1508407421_051102.html.
- FLORIDI, Luciano *et al.* (2018). “AI4People-An Ethical Framework for a Good AI Society: Opportunities, Risks, Principles, and Recommendations”. *Minds and Machines*, 28, 689-707.
- GARCÍA MARZÁ, Domingo (2009). “¿Agentes de justicia? La responsabilidad social de las empresas como factor de desarrollo”. *Pobreza y libertad. Erradicar la pobreza desde el enfoque de Amartya Sen*. Eds. Cortina, A. y Pereira, G. Madrid: Tecnos, 15-30.
- (2011). *Ética empresarial: del diálogo a la confianza*. Madrid: Trotta.
- Greenpeace (2020). *Oil in the Cloud*. <https://www.greenpeace.org/usa/reports/oil-in-the-cloud/>
- HABERMAS, Jürgen (2000). *Aclaraciones a la ética del discurso*. Madrid: Trotta.
- (2009). *El futuro de la naturaleza humana ¿Hacia una eugenesia liberal?* Barcelona: Paidós.
- HELLSTRÖM, T. (2007). “Dimensions of Environmentally Sustainable Innovation: the Structure of Eco-Innovation Concepts”. *Sustainable Development*, 15, 148-159.
- HISON, Mark A., GREEN, Stephanie J., ALBINS, Mark A. y AKINS, John L. (2016). “Lionfish: a Major Marine Invasión”. *Marine Ecology Progress Series*, 558, 161-165.

- HÖGLUND, Linda, y GABRIEL Linton (2017). "Smart Specialization in Regional Innovation Systems: A Quadruple Helix Perspective". *R&D Management*, 48 (1), 60-72.
- HUIZINGH, Eelko (2010). "Open Innovation: State of the Art and Future Perspectives". *Technovation*, 31, 2-9.
- International Organization for Standardization (2012). *ISO 8373: 2012. Robots and Robotic Devices-Vocabulary*. Disponible en: <https://www.iso.org/standard/55890.html>
- JONAS, Hans (1995). *El principio de responsabilidad. Ensayo de una ética para la civilización tecnológica*. Barcelona: Herder.
- (1996). *Técnica, medicina y ética. La práctica del principio de responsabilidad*. Barcelona: Paidós.
- KRIZ, Anton, BANKINS, Sarah y MOLLOY, Courtney (2018). "Readying a Region: Temporally Exploring the Development of an Australian Regional Quadruple Helix". *R&D Management* 48(1), 25-43.
- LEYDESDORFF, Loet (2010). "The Triple Helix, Quadruple Helix..., and an N-Tuple of Helices: Explanatory Models for Analyzing the Knowledge-Based Economy?" *Journal of the Knowledge Economy*, 3 (1).
- LAM T. L. y Xu, Y. (2012). *Tree Climbing Robot: Design, Kinematics and Motion Planning*. Berlin: Springer.
- LÓPEZ, Francisco (2016). "La interacción Humanidad-Tierra: el Antropoceno". *Justicia ecológica en la era del Antropoceno*. Ed. Vicente, T. Madrid: Trotta, 71-124.
- LOZANO, Félix y MONSONÍS-PAYÁ, Irene (2020). "Civic Ethics as a Normative Framework for Responsible Research and Innovation". *Journal of Responsible Innovation*, 7(3), 490-506.
- MARTÍNEZ MARTÍNEZ, Julio L. (2019). "Ética en la universidad: el horizonte de la Agenda 2030 y de la Ecología Integral". *Razón y Fe*, 279, 285-298.
- MCADAM, Maura, MILLER, Kristel y MCADAM, Rodney (2016). "Situated Regional University Incubation: A Multi-Level Stakeholder Perspective". *Technovation*, 50, 9-78.
- Microsoft (2018). *AI for Earth*. <https://www.microsoft.com/en-us/ai/ai-for-earth>
- MOROZOV, Evgeny (2015). *La locura del solucionismo tecnológico*. Madrid: Katz.
- NORDBERG, Kenneth (2015). "Enabling Regional Growth in Peripheral Non-University Regions. The Impact of a Quadruple Helix Intermediate Organisation". *Journal of the Knowledge Economy*, 6(2), 334–356.
- Onu-Organización de Naciones Unidas (1987). *Our Common Future*. https://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LECTURE_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf

- (2000). *Objetivos de Desarrollo del Milenio*. <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N00/559/54/PDF/N0055954.pdf?OpenElement>
- (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Disponible en: <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>
- QUINTANILLA, Miguel Ángel (1989). *Tecnología: un enfoque filosófico*. Madrid: Fundesco.
- (2002). “La democracia tecnológica”. *Arbor: Ciencia, pensamiento y cultura*, 683-684, 637-652.
- RIECHMANN, Jorge (2014). *Un buen encaje en los ecosistemas*. Madrid: Los libros de la catarata.
- SABATO, Jorge A. (1975). *El pensamiento latinoamericano en la problemática ciencia-tecnología-desarrollo-dependencia*. Buenos Aires: Paidós.
- SACHS, J. (2015). *The Age of Sustainable Development*. New York, NY: Columbia University Press.
- SANAHUJA, José Antonio (2015). “La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: hacia una ética universalista del desarrollo global”. *Razón y fe*, 272, 367-381.
- SCHWAB, Klaus (2016). *La cuarta revolución industrial*. Barcelona: Debate.
- SOLOMON, Susan, QIN, Dahe, MANNING, Martin, MARQUIS, Melinda, AVERYT, Kristen, TIGNOR, Melinda, MILLER, Henry LeRoy y CHEN, Zhenlin (2007). *Climate Change 2007 - The Physical Science Basis*. Cambridge: Cambridge University Press.
- STERN, Nicholas (2009). *The Global Deal: Climate Change and the Creation of a New Era of Progress and Prosperity*. New York: Public Affairs.
- SULLINS, John P. (2011). Introduction: Open Questions in Roboethics. *Philosophy & Technology*, 24(3), 233-238.
- TOBOSO, Mario y APARICIO, Manuel (2019). “Entornos de funcionamientos robotizados. ¿Es posible una robótica inclusiva?”. *Dilemata*, 30, 171-185.
- TZAFESTAS, Spyros G. (2015). “Roboethics: A Branch of Applied Ethics”. *Roboethics*. Ed. Tzafestas, S. G. London: Springer, 65-79.
- URRA CANALES, Miguel (2017). *Estado, mercado, academia... y comunidad. Una cuádruple hélice para el desarrollo integral y la innovación*. <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/26826>
- VAN DEN HOVEN, Jeroen, VERMAAS, Pieter y VAN DE POEL, Ibo (2015). “Design for Values: An Introduction”. *Handbook of Ethics, Values, and Technological Design: Sources, Theory, Values and Application Domains*. Eds. van den Hoven, J., Vermaas, P. & van de Poel, I. Dordrecht: Springer, 1-7.

- VAN DER BURG, Wibren (1997). "The Importance of Ideals". *Journal of Value Inquiry*, 31, 23-37.
- (2004). "The Role of Ideals in Legal Dynamics". En A. Soeteman (Eds.), *Pluralism and Law, Proceedings of the 20th IVR World Congress, Archiv für Rechts- und Sozialphilosophie Beiheft 91* (pp. 28-33). Stuttgart: Franz Steiner.
- VAN WYNBERGHE, A. y DONHAUSER, J. (2018). "The Dawning of the Ethics of Environmental Robots". *Science and Engineering Ethics*, 24, 1777-1800.
- VICENTE, Teresa (2016). "El nuevo paradigma de la justicia ecológica". *Justicia ecológica en la era del Antropoceno*. Ed. Vicente, T. Madrid: Trotta, 11-52.
- VON SCHOMBEG, Rene (2011). *Towards Responsible Research and Innovation in the Information and Communication Technologies and Security Technologies Fields*. Informe de los Servicios de la Comisión Europea. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea.
- WEVER, Renee y VÖGTLANDER, Joost (2015). "Design for the Value of Sustainability". *Handbook of Ethics, Values, and Technological Design: Sources, Theory, Values and Application Domains*. Eds. van den Hoven, J., Vermaas, P. & van de Poel, I. Dordrecht: Springer, 513-549.
- WINNER, Langdon (1987). *La ballena y el reactor. Una búsqueda de los límites en la era de la alta tecnología*. Barcelona: Gedisa.
- World Economic Forum y A. D. bank (2017). "Harnessing the 4th Industrial Revolution fo Sustainable Emerging Cities". *World Economic Forum, November*, 1-24.
- World Meteorological Organization (2020). *WHO Statement on the State of the Global Climate in 2019*. https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21704#YQe0Po4zZPY
- World Summit of Sustainable Development (2002). *Plan of Implementation of the World Summit on Sustainable Sevelopment*. https://www.un.org/esa/sustdev/documents/WSSD_P01_PD/English/WSSD_PlanImpl.pdf

Este trabajo se encuentra bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0



Enviado: 09/03/2022

Aceptado: 29/09/2022