

# Vinculación institucional, educación y tecnología

## Claves para atender la crisis socio-ecosistémica

ARMANDO CONTRERAS-HERNÁNDEZ\* | MIGUEL EQUIHUA\*\*  
OCTAVIO PÉREZ-MAQUEO\*\*\* | JULIÁN EQUIHUA\*\*\*\*  
INDRA MORANDIN-AHUERMA\*\*\*\*\*

La crisis socioecosistémica documentada por la comunidad científica genera preocupaciones fundamentadas; atenderla es un reto nacional y global. La política internacional propone los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), el Pacto Mundial (PACT) y la participación de sectores productivos en el marco de la Responsabilidad Social Empresarial (RSE). México, además de incorporar estas propuestas, es un país con avances importantes en materia de información ambiental que debe aprovechar. El presente trabajo se desarrolla en el marco del proyecto Integralidad Gamma que utiliza herramientas teóricas, científicas y tecnológicas para reconocer el valor de los ecosistemas y medir su estado funcional (integridad), resalta el papel fundamental de la vinculación institucional y la necesidad de formar capacidades mediante la educación superior, la responsabilidad social universitaria (RSU) y el enfoque STEM. El objetivo es generar condiciones y vínculos interinstitucionales para propiciar sinergias que hagan frente a la crisis y acercarse a una sociedad más sustentable.

*The socio-ecosystemic crisis documented by the scientific community generates certain fundamental concerns. Addressing it is a national and global challenge. International politics propose Sustainable Development Goals (SDGS), PACT, and the participation of production sectors within the framework of Corporate Social Responsibility (CSR). Mexico, in addition to incorporating these proposals, is a country with important advances regarding environmental information it can profit from. The present work was developed within the framework of the Integralidad Gamma project. It uses theoretical, scientific, and technological tools to recognize the value in ecosystems and measure their functional state (integrity). It highlights the essential role played by institutional links and the need to create capacity through higher education, university social responsibility (USR) and the STEM approach. The goal is to generate the conditions and inter-institutional links to encourage synergy that can confront this crisis and move us towards a more sustainable society.*

### Palabras clave

Ciencia de datos  
Educación superior  
Desarrollo sostenible  
Responsabilidad social empresarial  
Responsabilidad social universitaria  
Sustentabilidad

### Keywords

Data science  
Higher education  
Sustainable development  
Corporate social responsibility  
University social responsibility  
Sustainability

Recepción: 26 de abril de 2022 | Aceptación: 3 de septiembre de 2022

DOI: <https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2023.180.60480>

\* Investigador del Instituto de Ecología (Inecol) (México). Doctor en Agroecología y Desarrollo Rural Sostenible. Líneas de investigación: conservación y manejo de recursos naturales; sistemas de producción campesinos; transdisciplina. CE: [armando.contreras@inecol.mx](mailto:armando.contreras@inecol.mx). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4751-1652>

\*\* Investigador del Instituto de Ecología (Inecol) (México). Doctor en Biología. Líneas de investigación: biodiversidad; servicios ecosistémicos; modelos; integridad ecosistémica. CE: [miguel.equihua@inecol.mx](mailto:miguel.equihua@inecol.mx) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5306-7397>

\*\*\* Investigador del Instituto de Ecología (Inecol) (México). Doctor en Ciencias. Líneas de investigación: integridad ecosistémica; servicios ecosistémicos; modelación. CE: [octavio.maqueo@inecol.mx](mailto:octavio.maqueo@inecol.mx). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4528-3548>

\*\*\*\* Experto de la dirección general de proyectos interinstitucionales de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) (México). Maestro en Geomática. Líneas de investigación: ciencia de datos; aprendizaje de máquina. CE: [jequihua@conabio.gob.mx](mailto:jequihua@conabio.gob.mx). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6532-6421>

\*\*\*\*\* Directora de Administración del Instituto de Ecología (Inecol) (México). Doctora en Ciencias. Líneas de investigación: sustentabilidad; economía ecológica; café; cultura. CE: [indra\\_morandin@yahoo.com.mx](mailto:indra_morandin@yahoo.com.mx). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3115-5609>

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo se desarrolla en el marco del programa “Innovación para la integralidad en la gestión ambiental del desarrollo apoyada en datos masivos y aprendizaje automatizado” (i-Gamma), financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) a través del Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación (Fordecyt) en México; el proyecto suma a los interesados en construir una plataforma que utiliza bases de datos ambientales y se propone ofrecer información que sostenga decisiones basadas en evidencia.

El proyecto i-Gamma plantea el concepto de integridad ecosistémica, que hace operativo un modelo que mide el impacto de las actividades humanas con suficiente exactitud y confiabilidad para generar un índice de condición ecosistémica georreferenciado; este índice informará sobre la preservación del estado funcional de los ecosistemas y permitirá monitorear su evolución a lo largo del tiempo.

El programa i-Gamma busca convertir los datos masivos en un instrumento útil para un mejor desempeño social y ecológico que impulse nuevas concepciones de desarrollo humano a partir de conocimiento certero y la tecnología apropiada.

Esta plataforma será un instrumento útil al vincularse con las esferas de decisión en el sector público, privado y de la sociedad civil en dos vías: la primera es la alimentación de bases de datos confiables y oportunas; y la segunda es la capacidad de las personas para hacer uso de la información resultante e incorporarla a la toma de decisiones. De esta forma, la oportuna vinculación entre sectores será la clave del éxito a largo plazo del proyecto i-Gamma.

En la propuesta del grupo interdisciplinario que conforma i-Gamma se reconoce que los vínculos interinstitucionales son claves para afrontar la crisis ecosistémica; por ello otorga un papel central a la academia, al sistema nacional de educación superior y a las

autoridades ambientales. Los esfuerzos aislados tardan más tiempo en dar resultados, mientras que las sinergias, el uso ordenado de datos para la toma de decisiones informadas y el seguimiento basado en evidencia aumentan la posibilidad de resultados tangibles y permiten avances hacia la sustentabilidad socio-ecosistémica.

Atender una problemática concreta, por ejemplo, la crisis del agua, requiere tomar en cuenta aspectos técnicos, ambientales, sociales y económicos; las soluciones no sólo requieren la participación de varias disciplinas científicas, sino de actores públicos y privados, así como de los ciudadanos en general. También se requiere de tecnologías, una cultura de datos abiertos de fuentes heterogéneas y esfuerzos formativos de capacidades de los individuos participantes, tanto operativos como en el diseño, seguimiento y actualización de los procesos.

En el presente documento se discute el rol de la vinculación institucional y las autoridades ambientales en este tipo de esfuerzos. En particular, cuál es el papel del sistema nacional de educación superior ante la emergencia socio-ecosistémica y los cambios necesarios para atenderla, y cómo pueden los datos, los adelantos tecnológicos y los hallazgos científicos apoyar a la solución de la emergencia.

Este documento aborda los componentes fundamentales de la estrategia i-Gamma para coordinar esfuerzos y ofrecer herramientas tecnológicas en la toma de decisiones basada en evidencia. Se busca describir la posibilidad de hacer uso de la tecnología y la educación para crear sinergias interinstitucionales, en el marco de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) y la responsabilidad social.

### *La crisis socio-ecosistémica*

En las últimas décadas la comunidad académica ha señalado la problemática socio-ecosistémica. En 1992 el documento “World Scientists’ Warning to Humanity” (“Advertencia del mundo científico a la humanidad”),

firmado por 1 mil 700 científicos, expresó la preocupación de los firmantes por los efectos de las actividades humanas, el aumento de la población, la desigualdad en el consumo y el impacto en la integridad del sistema Tierra. Ese documento concreta un llamado dirigido a otros miembros de la misma comunidad científica, a los líderes de industria y negocios, a los guías religiosos y a las personas del mundo. Una segunda advertencia al respecto fue publicada en 2017, esta vez firmada por 15 mil 364 científicos de 184 países (Ripple *et al.*, 2017).

En el año 2000, el secretario general de las Naciones Unidas, Kofi Annan, convocó a diagnosticar el estado de los ecosistemas; fue un esfuerzo que involucró a 1 mil 360 expertos en el mundo para dimensionar las consecuencias del cambio de los ecosistemas y su impacto en el bienestar humano. La *Evaluación de los ecosistemas del milenio* se publicó en 2005 en cinco volúmenes técnicos y seis síntesis. En ellos se describen los principales cambios ambientales: i) transformación del hábitat, particularmente por conversión de uso de suelo de bosques, selvas y humedales; ii) sobreexplotación de los biomas terrestres y marinos; iii) desertificación; iv) incremento de las especies invasoras; v) contaminación de suelos, agua y atmósfera; vi) cambio climático; vii) alteración de los ciclos biogeoquímicos, que incluyen los ciclos de agua, nitrógeno, carbono y fósforo; y viii) pérdida de biodiversidad (MEA, 2005).

El reporte más reciente de la Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES) estima que la pérdida de biodiversidad pone en entredicho la capacidad del planeta de mantener los hábitos y patrones de producción y consumo de la sociedad actual (IPBES, 2019).

Otro grupo de investigadores analizaron los límites planetarios e identificaron nueve procesos fundamentales para la estabilidad del sistema Tierra, tres de los cuales ya cruzaron la zona de seguridad: pérdida de biodiversidad, ciclos bio-geoquímicos alterados y el cambio

climático global. Su publicación advierte que al transgredir uno o más de estos límites, como es el caso, aumenta el riesgo de desencadenar un cambio ambiental abrupto y difícil de revertir dentro de la biosfera a escala planetaria (Steffen *et al.*, 2015a; Rockström *et al.*, 2009).

Algunos investigadores, incluso, catalogan como Antropoceno al periodo que estamos viviendo, con base en el evidente grado de alteración antrópica sobre los ciclos naturales del planeta (Zalasiewicz *et al.*, 2008; Steffen *et al.*, 2011; Crutzen y Steffen, 2003; Crutzen, 2002). Esta idea está asociada a lo que llaman la gran aceleración de las variables relacionadas con el cambio en el funcionamiento del sistema Tierra y de evolución de los indicadores socioeconómicos que ha ocurrido en los últimos 250 años (del año 1750 al 2000) (Steffen *et al.*, 2015b).

### *Naciones Unidas y la política socioambiental internacional*

La política pública internacional se ocupa del tema ambiental desde la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, realizada en Estocolmo (ONU, 1972); en 1987 el informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, titulado “Nuestro futuro común”, conocido también como informe Brundtland (ONU, 1987), propuso el concepto de desarrollo sostenible. Este documento se convirtió en el ícono del concepto y fue el principio de varios esfuerzos posteriores: los Principios de Río en 1992 (ONU, 1992), la Agenda 21 en 1997 (ONU, 1997), Johannesburgo en 2002 (ONU, 2002), Río + 20 en 2012 (ONU, 2012) y la Agenda 2030 en 2015 (ONU, 2015a). También a partir del informe Brundtland se crearon el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA); el programa El Hombre y la Biosfera (MAB, por sus siglas en inglés); el Programa Internacional de Ciencias de la Tierra y Geoparques (IGGP, por sus siglas en inglés); el Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de la UNESCO; el Panel Intergubernamental

del Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), y más recientemente la Plataforma Intergubernamental Científica Político sobre Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (IPBES, por sus siglas en inglés); entre otros.

El documento que guía actualmente el quehacer en materia de desarrollo sostenible es la Agenda 2030, adoptada por los 193 países que conforman la Organización de Naciones Unidas en la Cumbre Mundial del 25 de septiembre de 2015. Incluye 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) y 169 metas que abarcan las dimensiones ambiental, social y económica; y rige las acciones de los gobiernos nacionales y locales.

Ante un panorama preocupante, en 1999 se organizó el Pacto Mundial de Naciones Unidas (PACT) alrededor de un decálogo sobre la responsabilidad social y ambiental. Es una iniciativa global de sostenibilidad que inició en el año 2000 y que convoca a las empresas a alinear sus estrategias y operaciones con los principios de derechos humanos, trabajo, medio ambiente y lucha contra la corrupción, así como a llevar a cabo acciones que permitan avanzar en los objetivos sociales. El movimiento pide adoptar los 17 ODS y los Principios del Pacto Mundial de Naciones Unidas para atender cuatro ámbitos:

*Derechos humanos:* 1. Las empresas deben apoyar y respetar la protección de los derechos humanos fundamentales, reconocidos internacionalmente; 2. Asegurarse de que no son cómplices en la vulneración de los derechos humanos.

*Relaciones laborales:* 3. Las empresas deben apoyar la libertad de afiliación y el reconocimiento efectivo del derecho de negociación colectiva; 4. La eliminación de todas las formas de trabajo forzoso y obligatorio; 5. La abolición efectiva del trabajo infantil; 6. La eliminación de la discriminación en materia de empleo y ocupación.

*Ambiente:* 7. Las empresas deberán mantener un enfoque preventivo que favorezca el ambiente; 8. Fomentar las iniciativas que promuevan una mayor responsabilidad ambiental; 9. Fomentar el desarrollo y la difusión de las tecnologías respetuosas con el medio ambiente.

*Combate a la corrupción:* 10. Las empresas deben trabajar contra la corrupción en todas sus formas, incluidas la extorsión y el soborno (ONU, 2015b).

Sin embargo, a pesar de los esfuerzos, todavía no se logran articular los cambios necesarios para adoptar una óptica verdaderamente socio-ecosistémica en la cultura. La vulnerabilidad y la fragilidad social aumentan con las alteraciones climáticas (IPCC, 2018), la crisis del agua se agrava (PNUD, 2006) y la escasez de alimentos continúa siendo una realidad para los grupos marginados, ya sea por la mala distribución y el desperdicio (FAO, 2011a) o por las alteraciones climáticas (FAO, 2011b). Además, hay un incremento en los riesgos, costos económicos y sociales relacionados al cambio climático y el deterioro ambiental (CEPAL, 2014; TEEB, 2010). En general, persiste una grave desigualdad social (Esquivel Hernández, 2015; Oxfam, 2017a, 2017b; Piketty, 2014).

Ante la crisis socio-ecosistémica, la sociedad se ve obligada a repensar la sustentabilidad y replantear su relación con el entorno natural, como lo propone el enfoque de sustentabilidad socio-ecosistémica (Morandín-Ahuerma *et al.*, 2018; 2019), que articula componentes culturales y transdisciplinarios.

Las transformaciones que se necesitan para afrontar la crisis ecosistémica suponen un cambio cultural profundo, en que la cultura se concibe como el conjunto de saberes, creencias y pautas sociales. Incluye también las políticas y prácticas económicas, artísticas y religiosas que los individuos vinculados en grupos sociales construyen para relacionarse entre sí y con su entorno, como maneras concretas de resolver sus necesidades de existencia (Morandín-Ahuerma *et al.*, 2018; 2019).

Es importante, además, considerar que el sistema cultural se explica como un subsistema anidado en la biosfera; como un sistema complejo y dinámico, en constante aprendizaje. Desde luego se pueden definir subsistemas culturales diferentes y la sustentabilidad puede entenderse como un atributo de estos subsistemas culturales según el grado de acoplamiento de su estructura y función a los sistemas naturales. Su supervivencia dependerá de ese enlace (Morandín-Ahuerma *et al.*, 2018; 2019).

Cada disciplina científica y actividad humana es un subsistema cultural que puede trabajar en el sentido de conseguir mayor coherencia y decisiones basadas en evidencia sobre los impactos de éstas en los socio-ecosistemas; este objetivo invita a analizar las capacidades y herramientas disponibles para dirigir un cambio necesario hacia la sustentabilidad.

### *Responsabilidad social empresarial*

La incorporación de las organizaciones a los ODS y al Pacto Mundial se da en el marco de la responsabilidad social empresarial (RSE), también conocida como responsabilidad social corporativa (RSC). En este documento los consideramos sinónimos.

Aunque hay variaciones sobre el significado de la RSE, se puede decir que tiene relación estrecha con la ética práctica. Adela Cortina (2012) explica que esta noción de ética es un tipo de saber que orienta al ser humano para actuar de forma racional; en ese sentido, influye en cómo se forja el carácter de las personas y las organizaciones (Morandín-Ahuerma *et al.*, 2015; Leff *et al.*, 2002; Boff y Berryman, 1977; Rozzi, 2007; Shiva, 1988). Nuestra apreciación de la RSE es que incluye un mejor entendimiento de las visiones ecológica, ética y estética del actuar humano que permite reconocer que la vida en el planeta está amenazada como consecuencia de un proceso de desarrollo humano que no es armónico con los ciclos naturales y que pone en riesgo la funcionalidad de sus ecosistemas (Ulrich, 1993).

La RSE tomó fuerza debido a la crisis ambiental actual, lo cual hace evidente la necesidad de participación de las empresas para los enfoques sustentables. Sobre todo, porque dentro de las economías más grandes del mundo no sólo hay países, sino también corporaciones multinacionales.

Inicialmente la RSE se había orientado hacia un papel filantrópico, en el que se involucraron las grandes empresas transnacionales; sin embargo, cada vez más pequeñas y medianas empresas (PyMES) han ido adoptando los principios de la RSE como una forma de colaborar en mejorar su entorno y reducir las afectaciones socioambientales. Así, ha evolucionado más allá de la filantropía para convertirse en una filosofía integral de gestión organizacional.

La RSE, según el libro verde de la Unión Europea, es un concepto por el cual las empresas deciden contribuir voluntariamente a mejorar la sociedad y a preservar el ambiente. A través de la RSE, las empresas hacen conciencia del impacto de su acción sobre el conjunto de la sociedad y del complejo socioambiental; así mismo, expresan su compromiso de contribuir al desarrollo económico, a la mejora de la calidad de vida de los trabajadores y sus familias y de la comunidad donde actúan (Unión Europea, 2001).

La RSE es una forma de operar permanentemente, por lo tanto, influye en la misión, visión y valores de la organización y su relación con las personas involucradas, accionistas, proveedores, clientes, empleados y directivos.

Actualmente, la norma ISO-26000 define a la RSE como la responsabilidad de una organización ante los impactos que sus decisiones y actividades (productos, servicios y procesos) ocasionan en la sociedad y el ambiente, mediante un comportamiento ético y transparente que contribuya al desarrollo sostenible, incluyendo la salud y el bienestar de la sociedad. Toma en consideración las expectativas de las partes interesadas. Cumple con la legislación aplicable y es coherente con la

normativa internacional de comportamiento. Para lograrlo, se requiere que la responsabilidad social esté integrada en la organización y se lleve a la práctica en sus relaciones y esfera de influencia (ISO, 2010).

La característica esencial de la responsabilidad social es la voluntad de las organizaciones de incorporar consideraciones sociales y ambientales en sus mecanismos de toma de decisiones; así como el compromiso de rendir cuentas sobre los impactos de sus decisiones y actividades en la sociedad y el medio ambiente.

De acuerdo con la Guía de Responsabilidad Social ISO 26000 la organización debe tener en cuenta los principios básicos de la responsabilidad social para facilitar su integración: rendición de cuentas, comportamiento ético y transparencia. Esto implica respeto por los intereses de las partes interesadas, por los principios de legalidad, por la normativa internacional de comportamiento y por los derechos humanos (ISO, 2010).

La responsabilidad social invita a analizar las consecuencias del hacer y no hacer, así como a generar diálogo y consenso entre los participantes, respetar los intereses individuales y colectivos, así como buscar la inclusión de las minorías. Es un enfoque desde la visión de la complejidad, que considera las interrelaciones entre los factores y busca apelar a la auto organización de las empresas a acrecentar su responsabilidad ante la sociedad y el ambiente.

## VINCULACIÓN INTERINSTITUCIONAL

México es un país pionero en cuanto a avances en materia de datos ambientales: se reconoce como el primer país en compilar las cuentas económico-ambientales en el Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica (SCAE),<sup>1</sup> en el marco del proyecto Contabilidad del Capital Natural y Valoración de los Servicios Ecosistémicos (NCAVES, por sus

siglas en inglés) en el que participan México, Brasil, China, India y Sudáfrica, financiado por la Unión Europea e implementado por la División de Estadística de las Naciones Unidas, en colaboración con el programa la Economía de los Ecosistemas y la Biodiversidad (TEEB, por sus siglas en inglés) de la ONU Ambiente y la Secretaría de la Convención sobre la Diversidad Biológica (SCDB).

Adicionalmente, México creó el Consejo Nacional de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible mediante decreto publicado en el *Diario Oficial de la Federación* del 26 de abril del 2017. Además, la agenda 2030 fue incorporada en la mayoría de los programas de desarrollo nacional, estatales y municipales.

El proyecto i-Gamma, además de reconocer que existe abundancia de información ambiental en México, uno de los países con mayor cantidad de datos en Latinoamérica, busca aprovechar los avances tecnológicos y las capacidades científicas actuales para el manejo de grandes volúmenes de información e integrar a la ciudadanía en los procesos de gestión ambiental.

El proyecto pretende abonar a la aspiración del desarrollo sostenible de conseguir resultados en los ámbitos ambiental, social y económico. Aunque en este momento todavía existe una evidente concentración y preocupación por los temas económicos tradicionales, el objetivo es hacer visibles los componentes socioambientales, contribuir al entendimiento de la naturaleza y a la comprensión de que incluso los llamados recursos renovables no son infinitos, sino que dependen de la capacidad de los ecosistemas y deben ser manejados de forma inteligente.

Se busca atender los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas y alinearse a las aspiraciones de la Agenda 2030. No obstante lo anterior, Naciones Unidas todavía puede avanzar más y afinar el concepto de

<sup>1</sup> Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica (SCAE) en México. Ver: <https://seea.un.org/es/content/contabilidad-del-capital-natural-y-valoracion-de-servicios-ecosistemicos-en-mexico> (consulta: 23 de marzo de 2021).

desarrollo sostenible, como lo está haciendo en los estudios de valoración de los flujos de materia y energía (PNUMA, 2016; Fischer-Kowalski y Haberl, 2007; Fischer-Kowalski, 1998).

El Consejo Nacional de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible pretende usar los datos nacionales,<sup>2</sup> así como propiciar el desarrollo de sistemas de generación y uso de datos socioambientales. Los datos son la materia prima para la generación de conocimiento, de manera que el Consejo los convierte en información pertinente. De acuerdo con las reglas para la determinación de información de interés nacional, en su disposición general núm. 3 dice:

La información estadística y geográfica de Interés Nacional, es aquella indispensable para conocer la realidad del país en los aspectos demográficos, económicos, sociales, de gobierno, seguridad pública, justicia, así como geográficos, del medio ambiente y ordenamiento territorial y urbano, elaborada con base en una metodología científicamente sustentada y cuyo propósito es contribuir a la toma de decisiones para el diseño, implementación, seguimiento y evaluación de políticas públicas necesarias para el desarrollo del país (“Acuerdo por el que se establecen las Reglas...”, 2015: disp. tercera).

En ese marco, i-Gamma trabaja para reconocer los valores que los ecosistemas proporcionan a la vida humana, que no son visibles para la mayoría de las personas. Todavía es necesario trabajar para que la sociedad asuma que la biodiversidad se gestiona; que es una maquinaria *autopoiética* compleja en la que las intervenciones humanas tienen consecuencias muchas veces difíciles de pronosticar.

La aspiración es cooperar con las instancias que tienen el encargo de la gestión ambiental y propiciar vínculos transversales, ya que es un tema de interés colectivo; esto

incluye generar una interacción entre academia, política y, sin duda, ciudadanía.

En México las autoridades ambientales están representadas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), y son las encargadas de evidenciar la importancia de la salud de los ecosistemas para el desarrollo social y económico del país. Su papel es importante en el registro, manejo y difusión de la información.

La visión del proyecto i-Gamma requiere, por una parte, de la colaboración interinstitucional en la generación y transferencia de la información; y por otra parte, de la conformación de procesos estandarizados que permitan la continuidad en el largo plazo, así como su mejora y adaptación a los cambios. De ahí la importancia de la participación de las autoridades.

Todavía existen personas con posiciones clave en la política y la economía que consideran al tema ambiental como secundario ante otras problemáticas como la pobreza y el hambre. Sin embargo, es necesario evidenciar la estrecha relación que existe entre la salud del ecosistema y la seguridad alimentaria o la salud de las personas en comunidades rurales y urbanas. En este sentido, la generación de información es necesaria para orientar la toma de decisiones, la cual no sólo involucra a los funcionarios y empresarios de alto rango, sino también a ciudadanos comunes que impulsan procesos de producción a través de sus hábitos de consumo.

### *Antecedentes de i-Gamma y aportes institucionales*

El antecedente del i-Gamma es el proyecto Robin,<sup>3</sup> que estuvo activo del 2011 al 2015. Su nombre es el acrónimo de Papel de la Biodiversidad para Mitigar los Efectos del Cambio Climático y fue financiado por la Unión Europea. Entre los primeros desafíos del

<sup>2</sup> Ver: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5518385&fecha=09/04/2018](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5518385&fecha=09/04/2018) (consulta: 23 de marzo de 2021).

<sup>3</sup> Robin - Role of Biodiversity in Climate Change Mitigation. Ver: <https://www.wur.nl/en/project/ROBIN-Role-Of-Biodiversity-In-climate-change-mitigationN.htm> (consulta: 23 de marzo de 2021).

proyecto estaba aclarar el significado del término *biodiversidad* para convertirlo en instrumento de política pública y utilizarlo para mitigar los efectos del cambio climático. Fue un reto, porque el concepto de biodiversidad, en términos generales, es otro nombre de la biosfera: incluye a los individuos, la diversidad genética y las especies, los ecosistemas y las fuerzas que producen la variabilidad de la vida en el planeta.

El equipo mexicano dentro del proyecto Robin buscó operativizar el término y llegó a la conclusión que hay que valorar la biodiversidad organizada en ecosistemas funcionales y caracterizarlos junto con el contenido de especies que en ellos habitan y se desarrollan. Estos ecosistemas funcionales son unidades identificables mediante divisiones conceptuales que hacemos de la naturaleza y que se convierten en oportunidades operacionales para mitigar el cambio ambiental.

Estos resultados se asociaron con otros eventos de la escena internacional como el Programa de las Naciones Unidas para la Reducción de Emisiones Causadas por la Deforestación y la Degradación de los Bosques (UN-REDD+, por sus siglas en inglés) que fue presentado en septiembre de 2008 por la ONU y el Gobierno de Noruega.

De la misma manera, el Sistema Nacional de Monitoreo, Reporte y Verificación (SNMRV) fue diseñado y construido de 2012 a 2016, en el marco del Proyecto Fortalecimiento del Proceso de Preparación para REDD+ en México y Fomento a la Cooperación Sur-Sur (o Proyecto México-Noruega), implementado por la Comisión Nacional Forestal (Conafor) en colaboración con otras instituciones como el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio).

Este proyecto, además de ser financiado por el Gobierno de Noruega, contó con el soporte técnico y administrativo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), así como con la participación de otras agencias e instituciones académicas, tanto nacionales como internacionales.<sup>4</sup>

En este contexto se desarrolló la noción de *integridad ecosistémica*, con la misma finalidad que se tenía en los proyectos predecesores de generar herramientas para apoyar la toma de decisiones de los encargados de la política pública. En ese momento aparece en el discurso de política pública la noción de degradación o deforestación, la destrucción parcial del ecosistema que afecta su capacidad de mantenerse; además de aclarar que la integridad ecosistémica es una medida de vitalidad de los ecosistemas. El proyecto i-Gamma busca la integralidad de la gestión ambiental del desarrollo apoyada en datos masivos y aprendizaje automatizado.

i-Gamma ayudará a explorar modalidades de acceso al *big data* ambiental, en el que se integrarán bases de datos de los siguientes sistemas:

*SNMB*. Sistema Nacional de Monitoreo de la Biodiversidad y Degradación,<sup>5</sup> resultado de la cooperación de Conabio, Conafor, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C. (FMCN).

*MAD-Mex*.<sup>6</sup> El sistema Monitoring Activity Data for the Mexican (REDD+ Program) desarrollado en el marco del programa REDD+ (Reduce Emissions from Deforestation and Forest Degradation), que utiliza la información del Inventario Nacional Forestal y de

<sup>4</sup> Ver <http://www.enaredd.gob.mx/mrv/> (consulta: 23 de marzo de 2021).

<sup>5</sup> [https://www.biodiversidad.gob.mx/sistema\\_monitoreo/](https://www.biodiversidad.gob.mx/sistema_monitoreo/) (consulta: 23 de marzo de 2021).

<sup>6</sup> Para más información, ver: <https://madmex.conabio.gob.mx/> y <http://www.monitoreoforestal.gob.mx/repositorio-digital/items/show/22> (consulta: 23 de marzo de 2021).

Suelos (INFyS). MAD Mex es un sistema de cómputo para la caracterización de la cubierta del territorio; una herramienta de monitoreo del cambio en los ecosistemas que existen en la cubierta del territorio.

SAC-MOD. De la CONAFOR, terrestre, cobertura nacional, ciclo de 5-años, INFyS.

SAR-MOD. De la CONANP, terrestre y agua dulce, áreas naturales protegidas (ANP).

SiPeCaM. Red de sitios permanentes de calibración y monitoreo intensivo del impacto de las políticas de conservación: 40 regiones, 400 sitios.

*Coberturas INFyS.*<sup>7</sup> Variables espacializadas con interpolación nacional del Inventario Forestal y de Suelos.

Como existe menos información en relación con la fauna, en Conabio se hicieron esfuerzos adicionales de monitoreo y se buscaron estrategias costo eficientes para determinar su estado, lo que llevó a desarrollar un sistema basado en trampas cámara y grabadoras con las brigadas del INFyS, SAC-MOD y SAR-MOD, incluyendo detección acústica de las especies. Con esto se obtuvo una base que permitió desarrollar un índice de diversidad acústica que detecta, mediante sonidos, la diversidad que hay en los ecosistemas del país.

Por otra parte, se ha diseñado una propuesta de adquisición de datos en 40 tipos de Unidades Ambientales Biofísicas (UAB) a lo largo de todo el país. Cada una de estas unidades espaciales permite, con cierta homogeneidad, su identificación y caracterización. Dentro del análisis se ubican sitios pareados, que son dos espacios con ecosistemas iguales, uno con integridad ecológica alta y otro con baja integridad; lo que permitirá obtener observaciones cuasiexperimentales para saber cuál es el efecto de la degradación ecosistémica sobre las

enfermedades transmitidas por vectores. Esto es importante porque los resultados de algunos estudios demuestran el papel de la conservación de los ecosistemas como una forma de disminuir la exposición de los seres humanos a enfermedades transmitidas por vectores.

Los avances anteriores —y otros que son las bases del proyecto i-Gamma— son resultado de esfuerzos institucionales vinculados —que contaron con apoyo internacional— en un proceso de articulación que permite ofrecer una herramienta útil para que las empresas, gobiernos, academia y sociedad civil integren en su toma de decisiones información y evidencias para actuar y marcar una línea en el sentido deseado.

## EL PAPEL DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR HACIA LA SUSTENTABILIDAD

Las disciplinas científicas y otros saberes no científicos son parte medular del sistema de conocimientos que contribuye al funcionamiento de una cultura (Morandín-Ahuerma *et al.*, 2019). En este marco, las diferentes disciplinas están conectadas entre sí y comparten conceptos y avances; incluso, las divisiones entre ellas no son claras, por lo que las disciplinas, si se desarrollan aisladamente, terminan siendo conocimiento incompleto (Morandín-Ahuerma *et al.*, 2018).

Aunque se reconoce el valor del detalle con que contribuye cada disciplina y sus especialidades, cada especialidad por sí sola aporta un saber aislado que requiere del diálogo interdisciplinario, ejercicio que debe abordarse de manera sistemática. En este sentido, Rolando García (2006) advierte la importancia de una asociación de visiones especializadas para robustecer un análisis.

Adicionalmente a las especialidades científicas y grupos interdisciplinarios, puede emerger un nivel más amplio aún, un diálogo en el marco de la transdisciplina que busca conectar con otros saberes prácticos. Las

<sup>7</sup> Para más información, ver: <https://snigf.cnf.gob.mx/inventario-nacional-forestal/> (consulta: 23 de marzo de 2021).

áreas de la cultura, como pueden ser el arte, la religión, la política, la economía y los negocios pueden generar, con el conocimiento científico, un sistema de conocimientos que puede ser útil a la sociedad. Max-Neff (2003; 2005) también aborda la importancia de reconocer y atender el conocimiento transdisciplinario como una red que debe articularse para la solución de problemas específicos.

La crisis socio-ecosistémica confirma la pertinencia de repensar los esfuerzos para atenderla y desafía a buscar nuevas formas de relación con la biosfera (Equihua *et al.*, 2016), además de la necesidad de reconocer que los impactos en la naturaleza están relacionados con la industrialización de la agricultura y la pesca, la concentración urbana, el uso de combustibles fósiles y el incremento del consumo de los mercados globales, entre otras actividades que intensifican su uso y comprometen la capacidad del planeta de sostener la vida humana.

Algunas disciplinas reconocen la interacción entre los sistemas culturales y el sistema biosfera. Estas disciplinas parten de los conocimientos construidos en otras que les dieron origen, pero amplían la visión para enriquecerse a partir de integrar un enfoque biocéntrico. Es el caso del enfoque de la etnobotánica (Hernández-Xolocotzi, 1985), los socio-ecosistemas (Young *et al.*, 2006; Fischer-Kowalski y Haberl, 2007; Longo *et al.*, 2016; Folke, 2006), el sistema humano-ambiental (Turner *et al.*, 2003), el sistema hombre-naturaleza (Liu *et al.*, 2007), la economía ecológica (Martínez-Alier y Schlupmann, 1993; Costanza *et al.*, 1997; Daly y Farley, 2010; Pengue, 2009), la ecología política (Martínez-Alier, 2002; Leff, 2012; Escobar, 1996; Dussel, 2014), la educación ambiental (Sauvé, 1999), la ciencia integradora de la ecología de sistemas (Fath, 2017; Odum, 1988), la ecología humana (Marten, 2001) y la sociología ambiental (Catton, 1980; Fischer-Kowalski y Haberl, 2007; Hannigan, 2006; Woodgate y Redclift, 1998; Longo *et al.*, 2016), por mencionar algunos de los más

importantes. Sin embargo, todavía se está lejos de concretar y hacer operativa una sociedad que logre reconocer a la naturaleza como el sustento de la vida y no como una simple proveedora de recursos “infinitos”.

Para dar este paso es necesario, en primera instancia, que el conocimiento inter y transdisciplinario se ponga al servicio de las personas que toman decisiones en las diferentes esferas de la actividad humana; del mismo modo que los datos no son información, la información que no es incorporada a la toma de decisiones resulta inútil. En ese sentido, las instituciones dedicadas a la educación superior juegan un papel clave como generadoras y difusoras de conocimiento, así como formadoras de los profesionistas que se ocuparán de la marcha de las instituciones públicas, privadas y de la sociedad civil organizada en el futuro inmediato.

Si bien cualquier empresa puede asumir la RSE y generar un impacto en el ámbito de su incumbencia, las universidades ocupan un espacio clave al asumir que su función central es la formación educativa, la producción y reproducción del conocimiento.

La responsabilidad social universitaria exige, desde una visión holística, articular las diversas partes de la institución en un proyecto de promoción social de principios éticos y de desarrollo social equitativo y sostenible para la producción y trasmisión de saberes responsables y la formación de profesionales igualmente responsables (Vallaey, 2016). Para Vallaey, los cuatro ámbitos de influencia de la universidad son:

*Gestión institucional.* Gestión de la calidad organizacional y vida institucional: la universidad como un ente socialmente ejemplar.

*Formación académica.* Docencia, pedagogía y formación académica. La formación se basa en proyectos con enfoque transdisciplinario.

*Investigación.* Producción y reproducción de conocimiento. Tiene la oportunidad de generar redes de conocimiento.

*Extensión universitaria.* Proyección social y voluntariado. La universidad tiene proyección social de alto impacto (Vallaeyts *et al.*, 2009).

Al combinar los cuatro ámbitos con los siguientes temas transversales en una matriz se obtiene una amplia gama de posibilidades de investigación y de desarrollo de proyectos para la construcción y aplicación del conocimiento: a) ayuda y asistencia humanitaria; b) desarrollo humano, calidad de vida y bienestar; c) desarrollo económico y generación de empleo; d) desarrollo tecnocientífico sostenible, protección ambiental; e) democracias, capital social y ciudadanía; f) desarrollo de capacidades; y g) desarrollo cultural (Vallaeyts, 2016).

La responsabilidad social universitaria (RSU) significa autoanalizar la participación de la institución en la reproducción de valores que contribuyen a la pérdida de la solidaridad y el desarrollo equitativo, ambientalmente sostenible, así como de la promoción del capital social. Para ello, Vallaeyts invita al análisis detallado del “currículo oculto”, es decir, a analizar la ética, los valores y la forma de vida que se enseña a los estudiantes, además de revisar el impacto de estas enseñanzas en su vida, en su entorno y en la sociedad en general (Vallaeyts, 2016).

También incluye nuevas relaciones en el aula, facilitar el autoaprendizaje, el desarrollo de técnicas pedagógicas como el aprendizaje basado en problemas (ABP), organizar el aula como espacio social y combinar el trabajo presencial con el uso de tecnologías de información y comunicación (TIC) y aula virtual (Vallaeyts, 2016).

La dinámica y velocidad con la que la sociedad se moviliza obliga a la universidad a acelerar su capacidad de cambio para dar un sentido hacia la RSU, lo que implica un cambio cultural que germinará al interior de la universidad y podrá ramificar hacia la sociedad en su conjunto.

Vallaeyts (2016) propone un contrato entre la sociedad y la universidad, mediado por la filosofía y la ética de la RSU, capaz de generar debate y reflexión entre autoridades universitarias, académicos, estudiantes y sociedad civil. Invita a trabajar en tres grandes ejes: la responsabilidad social de la ciencia, la formación a la ciudadanía democrática y la formación para el desarrollo.

La responsabilidad social fundamental de un ente educativo es la formación de agentes de desarrollo justo y sostenible; así, la RSU busca repensar la relación de la universidad con la sociedad y alinear la gestión, la docencia, la investigación y la extensión con la misión, visión, valores y compromiso social con un proceso de autorreflexión institucional, caracterizado por la transparencia, la participación inclusiva y el diálogo abierto entre los actores sociales interesados en el buen desempeño universitario o afectados por él; lo anterior siempre en busca de que las afectaciones sean positivas.

La finalidad de la RSU es que sus egresados sean: a) sensibles a la problemática socio-ecológica; b) capaces de solidarizarse con su entorno; c) informados y capaces de afrontar la crisis actual y futura; d) empáticos y formados en la ética del diálogo; y e) promotores de la democracia y la participación.

A la luz del Pacto Mundial de Naciones Unidas, un grupo de trabajo internacional compuesto por 60 decanos, presidentes de universidades y representantes de las escuelas de negocios e instituciones académicas desarrollaron los seis principios para la educación en gestión responsable (PRME por sus siglas en inglés –Principles for Responsible Management Education):

1. *Propósito.* Desarrollaremos las capacidades de los estudiantes para que sean futuros generadores de valor sostenible para las empresas y la sociedad en general, así como para que trabajen por una economía global incluyente y sostenible.

2. *Valores.* Incorporaremos en nuestras actividades académicas y currículo los valores de la responsabilidad social global, tal como se plantea en iniciativas internacionales como el Pacto Mundial de Naciones Unidas.
3. *Método.* Crearemos marcos educativos, materiales, procesos y ambientes que permitan experiencias de aprendizaje eficaz para un liderazgo responsable.
4. *Investigación.* Participaremos en investigación conceptual y empírica que mejore nuestra comprensión sobre el papel, la dinámica y la repercusión de las empresas en la creación de valor económico, social y ambiental sostenible.
5. *Alianzas.* Interactuaremos con los gerentes de empresas para ampliar nuestros conocimientos acerca de sus desafíos para el cumplimiento de sus responsabilidades sociales y ambientales, así como para explorar conjuntamente enfoques eficaces que permitan hacer frente a estos desafíos.
6. *Diálogo.* Facilitaremos y apoyaremos el debate entre los educadores, los estudiantes, las empresas, el gobierno, los consumidores, los medios de comunicación, las organizaciones de la sociedad civil y otros grupos sobre aspectos críticos relacionados con la responsabilidad social mundial y la sostenibilidad.

Lo anterior en el entendido de que las propias prácticas organizacionales al interior de las universidades deberán servir como ejemplo de los valores y actitudes que quieren transmitirse a los estudiantes.

En resumen, la RSU invita a la reflexión ética del papel de la universidad en la composición social y la problemática socio-ecosistémica y se plantea como una alternativa

para la necesaria transformación social. Dicho cambio puede plantearse si se hace con un enfoque de cultura organizacional. Cabe señalar que la RSU permea tanto el proceso administrativo interno —planeación, organización, dirección y control— como el proceso de enseñanza-aprendizaje, incluso el diseño y planeación curricular. Sin embargo, el proceso no debe ser violento, sino parte de la iniciativa e involucramiento de las personas que integran la organización educativa.

### *La universidad del siglo XXI*

El sistema educativo en México tiene un marco legal gestionado por la Secretaría de Educación Pública (SEP), el cual mantiene coherencia con los sistemas educativos internacionales. La tecnología, además, es una herramienta que facilita los procesos administrativos y las acreditaciones. La incorporación de las TIC a los procesos de enseñanza-aprendizaje permite el intercambio internacional de conocimiento de forma ágil, por lo que el ámbito de influencia del sistema se amplía dentro del territorio nacional y con otros países en Latinoamérica y el mundo.

Además de la conectividad e intercambio de conocimiento, avances tecnológicos como la inteligencia artificial, el *machine learning* (aprendizaje de máquina), *big data* (datos masivos), entre otros, abren oportunidades para el desarrollo y la innovación. No obstante, es necesario que estos recursos no sólo se enfoquen en temas de competitividad y mercado, que es lo que ha llevado a una crisis de saber del mundo, sino que sirvan para articular soluciones para la atención a la crisis socio-ecosistémica descrita al inicio de este documento.

En las últimas décadas han surgido reformas educativas en varios países que adoptan el enfoque de educación STEM.<sup>8</sup> Este enfoque propone integrar ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas para su aplicación en contextos auténticos, con un enfoque de proyectos; esto,

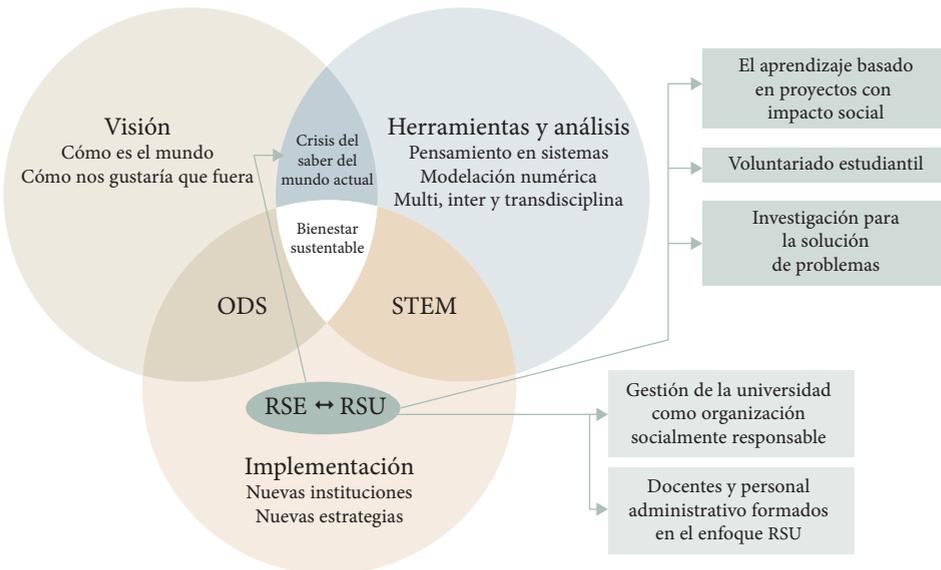
<sup>8</sup> Siglas en inglés de los términos Science, Technology, Engineering, and Mathematics.

combinado con una visión de responsabilidad social, compromiso con los ODS y la sustentabilidad socio-ecosistémica, puede convertirse en una herramienta poderosa de avance y progreso de la sociedad en su conjunto.

El aprendizaje basado en proyectos con impacto social, voluntariado e investigación para solución de problemas, hace que la universidad responsable no sólo comparta conocimiento, sino que tenga una vinculación activa con la sociedad. La Fig. 1 muestra la

articulación de estos componentes: visión, herramientas y análisis, e implementación en el contexto del bienestar sustentable propuesto por Costanza (2020). Se trata de una síntesis transdisciplinar que incluye en su visión los ODS articulados con el enfoque STEM, responsabilidad social universitaria y empresarial para generar componentes para la formación integral de profesionistas y nuevos planteamientos organizacionales para la evolución de las instituciones.

**Figura 1. Articulación del bienestar sustentable apoyado en la responsabilidad social universitaria y empresarial y enfoque STEM para su implementación**



Fuente: elaboración propia basada en Costanza (2020) y Vallaey et al. (2009).

Los desafíos globales exigen una nueva generación de jóvenes sensibles a la problemática socio-ecosistémica, con destrezas, capacidades tecnológicas y enfoque científico que les permita tomar decisiones basadas en evidencia e instrumentar cambios encaminados a una sociedad funcional.

La sustentabilidad socio-ecosistémica implica un proceso adaptativo basado en el conocimiento de la vida y de los procesos funcionales que la mantienen y reproducen. Una mejor comprensión puede ayudar a cambiar los patrones económicos y sociales que han arrastra-

do a la sociedad al desastre socio-ecosistémico actual, para ello se requiere un cambio cultural en busca del bienestar integral: aceptar la subjetividad y alimentarla con conocimiento y valores éticos (Morandín-Ahuerma et al., 2019).

Los retos actuales requieren articular los avances en el conocimiento para redefinir los parámetros de éxito, así como las aspiraciones de los individuos y las instituciones; evaluar el progreso a través de aspectos socio-ecosistémicos funcionales; priorizar la equidad, buscando el bienestar generalizado y las libertades individuales. Seguramente la diversidad

dentro de las universidades será semillero de soluciones para estos objetivos.

## LOS DATOS Y SU PAPEL EN LA TRANSFORMACIÓN SOCIAL

Como hemos sostenido, los datos no son información; es necesario procesarlos para que lo sean. Los datos son la materia prima para la generación de conocimiento, sobre el cual se construyen los conceptos que rigen el quehacer humano.

Existen las capacidades tecnológicas y humanas para que los investigadores y estudiantes no siempre tengan que levantar sus propios datos cada vez que hacen una investigación; es posible propiciar una actividad sinérgica que permita avances para una comprensión acelerada. La ciencia de datos ofrece la oportunidad de procesar grandes volúmenes de información para utilizarla en varias disciplinas, así como para ponderar las decisiones y sus impactos ambientales, lo que llevaría a lograr visiones holísticas acordes con la realidad.

La postura del programa i-Gamma consiste en sumar valores de interés público y expresa la convicción de mantener los ecosistemas en funcionamiento como generadores de bienestar para la sociedad, ya que de la vitalidad de éstos depende el flujo de aportaciones de la naturaleza para las sociedades humanas. Se busca construir espacios para el diálogo y el intercambio entre disciplinas, academia, instancias gubernamentales y sociedad.

La estrategia de datos abiertos se circunscribe en el marco del Open Data Charter,<sup>9</sup> del cual México fue uno de los ocho países impulsores. Se basa en la adopción de seis principios que sientan las bases para el acceso a los datos para su publicación y uso. Estos principios mandatan que los datos deben ser: 1) abiertos por defecto; 2) oportunos y exhaustivos; 3) accesibles y utilizables; 4) comparables e interoperables; 5) orientados a mejorar

la gobernanza y la participación ciudadana; y 6) para el desarrollo incluyente y la innovación. También ofrece una serie de recursos y guías para usar los datos abiertos para afrontar la corrupción y el cambio climático.

Los datos dan la oportunidad de tener un gobierno abierto y transparente. México, además, cuenta con una legislación de vanguardia, como la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública —y sus homólogas en las legislaciones estatales— que establecen la obligatoriedad del Estado para que la información sea accesible a las personas, en formatos legibles por humanos y máquinas. Sin embargo, obtener los datos y hacerlos operativos constituye un reto. Si bien una condición para tener una gobernanza abierta es la transparencia y accesibilidad a los datos, y si, además, se reconoce que la sociedad tiene una cualidad innovadora, también se necesita que haya acceso a información confiable para detonarla.

Otros asuntos son aquéllos de tipo cultural sobre la apertura de datos, relacionados con la gobernanza y la institucionalidad necesarias para que la estrategia de datos contenga estrategias de captación de datos y de custodia que garanticen el valor a perpetuidad y hacerlos accesibles de forma inmediata y oportuna.

## CONCLUSIONES

La tecnología actual y los avances en la ciencia permiten articular la información existente y generar otra para hacer operativa la posibilidad de incluir a los socio-ecosistemas en la toma de decisiones basadas en evidencia y actuar en consecuencia; sin embargo, esto sólo será posible en la medida en que se articulen las acciones de las instituciones públicas, privadas y de la sociedad civil.

Se requiere innovar en el desarrollo de capacidades congruentes con las capacidades científicas y tecnológicas actuales, lo que ubica al enfoque STEM en el centro de la

<sup>9</sup> Para más información, ver: <https://opendatacharter.net/> (consulta: 23 de marzo de 2021).

reconfiguración educativa, de la mano con la responsabilidad social y ambiental que se requieren para la construcción de sociedades sustentables.

El papel de las universidades y el sistema educativo es nodal: asimilar los ODS, la responsabilidad social y las aspiraciones de la sustentabilidad socio-ecosistémica en la propia gestión, en la formación de los profesionistas, en la investigación y en la difusión del conocimiento se convierte en una posibilidad para superar la crisis socio-ecosistémica y para la construcción de una mejor sociedad.

La información confiable es una oportunidad para solucionar diferencias; permite construir puentes y aclarar conceptos. Tal es el caso del concepto de integridad ecosistémica, el cual implica la utilización de una diversidad de datos para establecer un indicador de la salud del ecosistema y de su capacidad de cuidar las aportaciones de la naturaleza a las poblaciones humanas, necesarias para mantener los equilibrios que hacen posible la vida en la Tierra. Informar a la sociedad es estimulante para que se apropie de los ecosistemas; no sólo se trata de tomar de éstos los materiales que necesita, sino de mantener por largo tiempo la relación con la naturaleza.

## REFERENCIAS

- BOFF, Leonardo y Phillip Berryman (1977), *Cry of the Earth, Cry of the Poor*, Nueva York, Orbis Books.
- CATTON, William R. Jr. (1980), *Overshoot, the Ecological Basis of Revolutionary Change*, Urbana/Chicago, University of Illinois Press.
- CEPAL (2014), *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe: paradojas y desafíos del desarrollo sostenible*, Luis Miguel Galindo y Joseluis Samaniego (eds.), Santiago de Chile, ONU-CEPAL.
- CORTINA, Adela (2012), *Ética mínima: introducción a la filosofía práctica*, Madrid, Tecnos Editorial.
- COSTANZA, Robert (2020), "Ecological Economics in 2049: Getting beyond the argument culture to the world we all want", *Ecological Economics*, vol. 168. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.106484>
- COSTANZA, Robert, John Cumberland, Herman Daly, Robert Goodland y Richard Norgaard (1997), *An Introduction to Ecological Economics*, Boca Raton, CRC Press.
- CRUTZEN, Paul J. (2002), "Geology of Mankind", *Nature*, vol. 415, pp. 23. DOI: <https://doi.org/10.1038/415023a>
- CRUTZEN, Paul J. y Will Steffen (2003), "How Long Have We Been in the Anthropocene Era?", *Climatic Change*, vol. 61, núm. 3, pp. 251-257. DOI: <https://doi.org/10.1023/B:CLIM.0000004708.74871.62>
- DALY, Herman E. y Joshua Farley (2010), *Ecological Economics, Principles and Applications*, Washington, DC, Island Press.
- DUSSEL, Enrique (2014), *16 tesis de economía política*, México, Siglo XXI.
- EQUIHUA, Miguel, Arturo Hernández Huerta y Octavio Pérez Maqueo (2016), "Cambio global: el Antropoceno", *CIENCIA ergo-sum*, vol. 23, núm. 1, pp. 67-75.
- ESCOBAR, Arturo (1996), "Construction Nature. Elements for a post-structuralist political ecology", *Futures*, vol. 28, núm. 4, pp. 325-343. DOI: [https://doi.org/10.1016/0016-3287\(96\)00011-0](https://doi.org/10.1016/0016-3287(96)00011-0)
- ESQUIVEL Hernández, Gerardo (2015), *Desigualdad extrema en México. Concentración del poder económico y político*, México, Oxfam México.
- FAO (2011a), *Global Food Losses and Food Waste*, Düsseldorf, ONU-FAO.
- FAO (2011b), *Climate Change, Water and Food Security*, Roma, ONU-FAO.
- FATH, Brian D. (2017), "Systems Ecology, Energy Networks, and a Path to Sustainability", *International Journal of Design and Nature and Ecodynamics*, vol. 12, núm. 1, pp. 1-15. DOI: <https://doi.org/10.2495/DNE-V12-N1-1-15>
- FISCHER-Kowalski, Marina (1998), "Society's Metabolism: The intellectual history of materials flow analysis, Parte I, 1860-1970", *Journal of Industrial Ecology*, vol. 2 núm. 1, pp. 61-78. DOI: <https://doi.org/10.1162/jiec.1998.2.1.61>
- FISCHER-Kowalski, Marina y Helmut Haberl (2007), *Socioecological Transitions and Global Change: Trajectories of social metabolism and land use*, Cheltenham/Massachusetts, Edward Elgar Pub.
- FOLKE, Carl (2006), "Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses", *Global Environmental Change*, vol. 16, núm. 3, pp. 253-267. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.04.002>

- GARCÍA, Rolando (2006), *Sistemas complejos. Conceptos, métodos y fundamentación epistémica de la investigación interdisciplinaria*, Barcelona, Gedisa.
- Gobierno de México (2015, 3 de septiembre), “Acuerdo por el que se establecen las Reglas para la Determinación de la Información de Interés Nacional”, *Diario Oficial de la Federación*, en: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5406135&fecha=03/09/2015#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5406135&fecha=03/09/2015#gsc.tab=0) (consulta: 23 de marzo de 2021).
- HANNIGAN, John (2006), *Environmental Sociology*, Londres/Nueva York, Routledge/Taylor & Francis Group.
- HERNÁNDEZ-Xolocotzi, Efraín (1985), “Exploración etnobotánica y su metodología. Obras de Efraín Hernández Xolocotzi”, *Revista de Geografía Agrícola*, vol. 1, pp. 163-188.
- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) (2019), “Nature’s Dangerous Decline ‘Unprecedented’; Species extinction rates ‘accelerating’”, Bonn, IPBES.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2018), *Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C*, Ginebra, IPCC.
- LEFF, Enrique (coord.), (2002), *Ética, vida, sustentabilidad. Pensamiento ambiental latinoamericano*, México, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente-Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe.
- LEFF, Enrique (2012), “Latin American Environmental Thinking, a Heritage of Knowledge for Sustainability. South American Environmental Philosophy”, *Environmental Ethics*, vol. 34, núm. 4, pp. 431-450. DOI: <https://doi.org/10.5840/enviroethics201234442>
- LIU, Jianguo, Thomas Dietz, Elinor Ostrom, Stephen R. Carpenter, Marina Alberti, Carl Folke, Emilio Moran, Alice N. Pell, Peter Deadman, Timothy Kratz, Jane Lubchenco, Zhiyun Ouyang, William Provencher, Charles L. Redman, Stephen H. Schneider y William W. Taylor (2007), “Complexity of Coupled Human and Natural Systems”, *Science*, vol. 317, núm. 5844, pp. 1513-1516. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1144004>
- LONGO, Stefano B., Brett Clark, Thomas E. Shriver y Rebecca Clausen (2016), “Sustainability and Environmental Sociology: Putting the economy in its place and moving toward an integrative socio-ecology”, *Sustainability*, vol. 8, núm. 5, pp. 1-17. DOI: <https://doi.org/10.3390/su8050437>
- MARTEN, Gerardo G. (2001), *Human Ecology. Basic concepts for sustainable development*, Londres, Earthscan Publications.
- MARTÍNEZ-Alier, Joan (2002), *The Environmentalism of The Poor: A study of ecological conflicts and valuation*, Cheltenham/Northampton, Edward Elgar Pub.
- MARTÍNEZ-Alier, Joan y Klaus Schlupmann (1993), *Ecological Economics: Energy, environment and society*, Nueva York, Blackwell Publishers.
- MAX-Neef, Manfred (2003), “Transdisciplina, para pasar del saber al comprender”, *Debates*, vol. 36, pp. 14-21.
- MAX-Neef, Manfred (2005), “Foundations of Transdisciplinarity”, *Ecological Economics*, vol. 15, núm. 1, pp. 5-16. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.01.014>
- MEA (2005), *Ecosystems and Human Well-being*, Washington, DC, Island Press.
- MORANDÍN-Ahuerma, Indra, Armando Contreras-Hernández, Dante Ariel Ortiz-Ayala y Octavio Pérez-Maqueo (2015), “La sustentabilidad, evolución cultural y ética para la vida”, *Argumentos*, vol. 28, núm. 79, pp. 169-188.
- MORANDÍN-Ahuerma, Indra, Armando Contreras-Hernández, Dante Ariel Ayala-Ortiz y Octavio Pérez-Maqueo (2018), “Complexity and Transdiscipline: Epistemologies for sustainability”, *Madera y Bosques*, vol. 24, núm. 3, pp. 1-18. DOI: <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2431673>
- MORANDÍN-Ahuerma, Indra, Armando Contreras-Hernández, Dante Ariel Ayala-Ortiz y Octavio Pérez-Maqueo (2019), “Socio-Ecosystemic Sustainability”, *Sustainability*, vol. 11, núm. 12, 3354. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11123354>
- Naciones Unidas (ONU) (1972), “Report of the United Nations Conference on the Human Environment A/CONF.48/14/Rev.1”, Nueva York, ONU.
- Naciones Unidas (ONU) (1987), “Our Common Future- Brundtland Report, A/42/427”, Nueva York, Oxford Paperbacks.
- Naciones Unidas (ONU) (1992), “Rio Declaration on Environment and Development, A/CONF.151/26”, Nueva York, ONU.
- Naciones Unidas (ONU) (1997), “Programme for the Further Implementation of Agenda 21, A/RES/S-19/2”, Nueva York, ONU.
- Naciones Unidas (ONU) (2002), “Report of the World Summit on Sustainable Development, A/CONF.199/20”, Nueva York, ONU.
- Naciones Unidas (ONU) (2012), “The Future We Want, A/66/L.56”, Nueva York, ONU.
- Naciones Unidas (ONU) (2015a), “Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development, A/RES/70/1”, Nueva York, ONU.
- Naciones Unidas (ONU) (2015b), “Pacto mundial de Naciones Unidas”, Nueva York, ONU, en: <https://www.unglobalcompact.org/> (consulta: 23 de marzo de 2021).
- ODUM, Howard T. (1988), “Self-Organization, Transformity and Information”, *Science*, vol. 242, núm. 4882, pp. 1132-1139. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.242.4882.1132>

- Organización Internacional de Normalización (ISO) (2010), "Norma internacional ISO:26000, traducción oficial. Guía de responsabilidad social", Ginebra, ISO, en: <https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:26000:ed-1:v1:es> (consulta: 23 de marzo de 2021).
- OXFAM (2017a), *An Economy for the 99%: It's time to build a human economy that benefits everyone, not just the privileged few*, Oxford, Oxfam Briefing Paper.
- OXFAM (2017b), *An Economy for the 1%*, Oxford, Oxfam Briefing Paper.
- PENGUE, Walter A. (2009), *Fundamentos de economía ecológica*, Buenos Aires, Argentina, Ediciones Kaicron.
- PIKETTY, Thomas (2014), *Capital in the Twenty-First Century*, Cambridge, MA/Londres, Harvard University Press.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (2006), *Human Development Report 2006. Beyond scarcity: Power, poverty and the global water crisis*, Nueva York, PNUD.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (2016), *Global Material Flows and Resource Productivity, Assessment Report for the UNEP International Resource Panel*, Nueva York, PNUD.
- Programa Economía de los Ecosistemas y la Biodiversidad (TEEB) (2010), *Mainstreaming the Economics of Nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB*, Ginebra, TEEB.
- RIPPLE, William J., Christopher Wolf, Thomas M. Newsome, Mauro Galetti, Mohammed Alamgir, Eileen Crist, Mahmoud I. Mahmoud, William F. Laurance y 364 firmas de científicos de 184 países (2017), "World Scientists' Warning to Humanity: A second notice", *Bioscience*, vol. 67, núm. 12, pp. 1-9. DOI: <https://doi.org/10.1093/biosci/bix125/4605229>
- ROCKSTRÖM, Johan, Will Steffen, Kevin Noone, Åsa Persson, F. Stuart Chapin, Eric Lambin, Timothy M. Lenton, Marten Scheffer, Carl Folke, Hans Joachim Schellnhuber, Björn Nykvist, Cynthia A. de Wit, Terry Hughes, Sander van der Leeuw, Henning Rodhe, Sverker Sörlin, Peter K. Snyder, Robert Costanza, Uno Svedin *et al.* (2009), "Planetary Boundaries: Exploring the safe operating space for humanity", *Ecology and Society*, vol. 14, núm. 2, art. 2, en: <http://www.jstor.org/stable/26268316> (consulta: 23 de marzo de 2021).
- ROZZI, Ricardo (2007), "Ecología superficial y profunda: filosofía ecológica", *Revista Ambiente y Desarrollo de CIPMA*, vol. 23, núm. 1, pp. 102-105.
- SAUVÉ, Lucie (1999), "Environmental Education between Modernity and Postmodernity: Searching for an integrating educational framework", *Canadian Journal of Environmental Education*, vol. 4, núm. 1, pp. 9-35, en: <https://cjee.lakeheadu.ca/article/view/317> (consulta: 23 de marzo de 2021).
- SHIVA, Vandana (1988), *Staying Alive: Women, ecology and survival in India*, Nueva Delhi/Londres, Indraprastha Press.
- STEFFEN, Will, J. Grinevald, Paul J. Crutzen y J. McNeill (2011), "The Anthropocene: Conceptual and historical perspectives", *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, physical and engineering sciences*, vol. 369, núm. 1938, pp. 842-867. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsta.2010.0327>
- STEFFEN, Will, Wendy Broadgate, Lisa Deutsch, Owen Gaffney y Cornelia Ludwig (2015), "The Trajectory of the Anthropocene: The great acceleration", *The Anthropocene Review*, vol. 2, núm. 1, pp. 81-98. DOI: <https://doi.org/10.1177/2053019614564785>
- STEFFEN, Will, Katherine Richardson, Johan Rockström, E. Cornell, Ingo Fetzer, Elena M. Bennett, R. Biggs, R. Stephen, Wim De Vries, Cynthia A. de Wit, Carl Folke, Dieter Gersten, Jens Heinke, Georgina M. Mace y M. Linn (2015), "Article: Planetary Boundaries: Guiding human development on a changing planet", *Journal of Education for Sustainable Development*, vol. 9, núm. 2, pp. 235-235. DOI: <https://doi.org/10.1177/0973408215600602a>
- TURNER, B. L., Pamela A. Matson, James J. McCarthy, Robert W. Corell, Lindsey Christensen, Noelle Eckley, Grete K. Hovelsrud-Broda, Jeanne X. Kasperson, Roger E. Kasperson, Amy Luers, Marybeth L. Martello, Svein Mathiesen, Rosamond Naylor, Colin Polsky, Alexander Pulsipher, Andrew Schiller, Henrik Selin y Nicholas Tyler (2003), "Illustrating the Coupled Human-Environment System for Vulnerability Analysis: Three case studies", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 100, núm. 14, pp. 8080-8085. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1231334100>
- ULRICH, Peter (1993), *Bases para una ética económica crítica*, Madrid, Documentos de trabajo, núm. 83, Instituto de Dirección y Organización de Empresas (IDOE)/Universidad de Alcalá.
- Unión Europea (2001), *Libro verde. Fomentar un marco europeo para la responsabilidad social de las empresas*, Bruselas, Bélgica.
- VALLAEYS, François (2016), *Introducción a la responsabilidad universitaria*, Barranquilla, Ediciones Universidad Simón Bolívar.
- VALLAEYS, François, Cristina de la Cruz y Pedro M. Sasia (2009), *Responsabilidad social universitaria. Manual primeros pasos*, México, McGraw-Hill Interamericana/BID.

- WOODGATE, Graham y Michael Redclift (1998), "From a 'Sociology of Nature' to Environmental Sociology: Beyond social construction", *Environmental Values*, vol. 7, núm. 1, pp. 3-24. DOI: <https://doi.org/10.3197/096327198129341447>
- YOUNG, Oran R., Frans Berkhout, Gilberto Gallopin, Marco A. Janssen, Elinor Ostrom y Sander van der Leeuw (2006), "The Globalization of Socio-ecological Systems: An agenda for scientific research", *Global Environmental Change*, vol. 16, núm. 3, pp. 304-316. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.03.004>
- ZALASIEWICZ, Jan, Mark Williams, Alan Smith, Tiffany L. Barry, Angela L. Coe, Paul R. Bown, Patrick Brechley, David Cantrill, Andrew Gale, Philip Gibbard, F. John Gregory, Mark W. Hounslow, Andrew C. Kerr, Paul Pearson, Robert Knox, John Powell, Colin Waters, John Marshall, Michael Oates *et al.* (2008), "Are We Now Living in the Anthropocene", *GSA Today*, vol. 18, núm. 2, pp. 4-8. DOI: <https://doi.org/10.1130/GSAT01802A.1>