

Jorge Adrián Ortiz Moreno,* Sandra Luz Malagón García* y Omar Raúl Masera Cerutti*

Ecotecnología y sustentabilidad: una aproximación para el Sur global

Resumen | El modelo de desarrollo vigente ha fracasado en mejorar el bienestar para una gran parte de la población y además está alterando los mecanismos ecológicos que permiten la vida en la Tierra. Ante esta situación se han generado diferentes iniciativas de replanteamiento tecnológico, entre ellas la “ecotecnología”, un movimiento que reconoce los impactos socio-ecológicos negativos del capitalismo post-industrial y busca promover alternativas que contribuyan a la sustentabilidad. El presente artículo revisa las diferentes aproximaciones a la ecotecnología y propone un enfoque para las condiciones de los países del Sur global, centrado en la satisfacción de necesidades humanas básicas y en la adecuación de la tecnología a los contextos locales de sus usuarios, con referencia particular a México. Se hace énfasis en la necesidad de un “nuevo contrato social de la ciencia” en el que se reconozca la importancia de la multiculturalidad y se entienda a la ecotecnología como un vehículo para un desarrollo alternativo, enfocado en el incremento de libertades individuales y colectivas y en el empoderamiento de los grupos sociales que han sido excluidos del desarrollo convencional. El artículo revisa el estado actual de la ecotecnología en México presentando una perspectiva general y dos ejemplos concretos de su aplicación. Finalmente, se reconoce la urgencia de un movimiento unificador que reúna las experiencias ecotecnológicas de los últimos 30 años en diferentes regiones del país y logre congregarse la “masa crítica” necesaria para sentar las bases de una agenda ecotecnológica nacional.

Ecotechnology and Sustainability: An Approach for to the Global South

Abstract | The current development model has failed to provide wellbeing for a big share of today's global population as well as disrupting the ecological mechanisms that support life on Earth. This situation has triggered many initiatives for technological change, including the Eco-technology movement, which recognizes the negative socio-ecological impacts of post-industrial capitalism and seeks technological alternatives that could contribute to sustainability. This paper presents the different eco-technological approaches developed so far and suggests an appropriate framework for the global South, focused on the satisfaction of

* Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad-UNAM, Campus Morelia.
Correos electrónicos: jorjao90@gmail.com, malagon.sandraalz@gmail.com y omasera@gmail.com

basic human needs and the local contexts of the users of eco-technological devices. A new “social contract for science” that recognizes the importance of multiculturalism and understands eco-technology as a driver for alternative development is needed for expanding individual and collective freedom, as well as for empowering social groups that have been excluded from conventional development. Finally, the paper describes the state of the art of eco-technology in Mexico and states the urgency of a unifying movement, capable of bringing together the eco-technological experiences of the last 30 years and generating the “critical mass” needed for developing the basis of a national eco-technology agenda.

Palabras clave | ecotecnología – sustentabilidad – desarrollo local – justicia social – ecotecnias – tecnologías apropiadas – innovaciones de bases

Keywords | eco-technology – sustainability – local development – social justice – appropriate technologies – grass-roots innovations

Introducción

HA TRANSCURRIDO YA medio siglo de la publicación del libro “La primavera silenciosa” de Rachel Carson, obra fundacional del ambientalismo moderno como un movimiento social y político que contribuyó a que las políticas ambientales trascendieran de asuntos locales a temas de debate nacional en Estados Unidos y posteriormente en el resto del mundo (Kroll 2001). A consecuencia de éste y una miríada de movimientos locales y regionales, hoy en día, existe un consenso sobre la importancia de la preservación de los ecosistemas del planeta. Sin embargo, la degradación ambiental a nivel global es cada vez más severa, al igual que los cuestionamientos sobre los impactos de las tecnologías industriales dominantes (explotación de combustibles fósiles y minería a gran escala, energía nuclear, transgénicos, geoingeniería y otros). Las alteraciones humanas a las distintas esferas de la Tierra (atmósfera, litósfera, hidrósfera y biósfera) son de tal magnitud, escala y significación, que la evidencia científica sugiere la emergencia de una nueva era geológica denominada “el antropoceno”, surgida a partir de la revolución industrial (Zalasiewicz *et al.* 2011).

Hoy en día, más de la mitad de los servicios ecosistémicos examinados en la “Evaluación de los Ecosistemas del Milenio” (agua dulce, calidad del aire, regulación microclimática, entre otros) se encuentran degradados o han sido aprovechados insustentablemente (MEA 2005), y algunos fenómenos de cambio global como la pérdida de biodiversidad, las emisiones de gases de invernadero a la atmósfera y las alteraciones al ciclo del nitrógeno están por encima de los umbrales críticos que los ecosistemas del planeta pueden amortiguar (Rockström *et al.* 2009).

El crecimiento económico y poblacional durante los últimos dos siglos se ha basado en la explotación desmedida de los recursos naturales, en particular en el uso intensivo de los combustibles fósiles a través de tecnologías centralizadas y muchas veces altamente contaminantes. Asimismo, la desigualdad económica ha crecido incluso a niveles mayores que en épocas preindustriales (Lindert y Williamson 2003). Hoy en día, la fortuna del 1% de la población más acaudalada es 100 veces más grande que la del promedio en la mayoría de los países y en los países más desiguales esta diferencia llega a ser 1,000 veces más grande; asimismo, el percentil más rico del mundo posee casi la mitad de los activos globales (Credit Suisse 2014). Mientras una opulenta minoría consume gran parte de los recursos del planeta, en los países del Sur global¹ a millones de personas les es imposible acceder a los medios y recursos necesarios para vivir satisfactoriamente o en muchos casos para sobrevivir.

De acuerdo con Friedmann (1992) la configuración moderna del capitalismo ha traído consigo una inmensa exclusión al “desarrollo” que afecta, por supuesto, a los grupos sociales más pobres. En este contexto, la población de algunos sectores, como el de la agricultura de subsistencia, se ha vuelto irrelevante para los procesos de acumulación global y de ahí su exclusión económica que en términos prácticos es también una forma de debilitamiento social, político y psicológico.

Los efectos negativos de los fenómenos ambientales mencionados, incluyendo a la tecnología dominante, afectarán en mayor medida a los grupos sociales más pobres; en otras palabras, los grupos sociales que por ser excluidos del “desarrollo” han contribuido menos a la devastación planetaria son los más vulnerables a las consecuencias ambientales que el mismo modelo ha propiciado. Al menos con respecto al cambio climático, se prevé que sus efectos tendrán mayor impacto en los países del Sur global (IPCC 2007; Mendelsohn *et al.* 2007). En las áreas rurales los pequeños productores y los agricultores de subsistencia son los más vulnerables a impactos ambientales e impredecibles (Morton 2007), mientras que en las ciudades quienes viven en asentamientos informales son mayormente expuestos a situaciones de peligro ambiental y otros impactos directos e indirectos (Dodman y Satterthwaite 2009). Son precisamente los más

¹ El Norte y Sur global aluden a una diferenciación política-económica basada en la riqueza económica, gobernabilidad democrática, paz, estabilidad y progreso humano (Odeh 2010). Los países del Sur global (también coloquialmente llamados “en vías de desarrollo” o “del tercer mundo”) generalmente enfrentan problemáticas de inestabilidad política, economías desarticuladas, pobreza y tecnologías industriales contaminantes (Mimiko 2012). Por otro lado, aunque el Norte global alberga apenas a un cuarto de la población mundial, controla el 90% de las industrias manufactureras y concentra gran parte de la riqueza mundial (Steger 2009; Odeh 2010).

pobres quienes carecen mayormente de infraestructura y servicios de protección, información y capacidad adaptativa para hacer frente a los efectos negativos del cambio climático (Bartlett *et al.* 2009).

En resumen, a pesar de un crecimiento económico sostenido y exagerado en algunas regiones, el modelo de desarrollo vigente ha fracasado en asegurar el bienestar social de la mayor parte de la población de los países del Sur global, y además está alterando los mecanismos ecológicos que permiten la vida en la Tierra; en otras palabras, es insustentable. Esta situación ha dado origen a innumerables críticas y movimientos sociales, culturales, políticos e intelectuales en la búsqueda de alternativas de desarrollo más justas y ambientalmente amigables. Como parte de estos movimientos han surgido iniciativas de replanteamiento tecnológico con el objetivo de potenciar dicho cambio social y salvaguardar la integridad del ambiente. Precisamente en este contexto, al movimiento que reconoce los impactos socio-ecológicos negativos del capitalismo post-industrial y busca promover alternativas tecnológicas que propicien el bienestar social y disminuyan la degradación del ambiente se le ha denominado “Ecotecnología” (Ortiz, Masera y Fuentes 2014).

Este trabajo propone a la ecotecnología como un vehículo para el desarrollo sustentable y discute su pertinencia tomando como referencia planteamientos alternativos del “desarrollo”, socialmente más justos, incluyentes y respetuosos con el ambiente. Se discuten también algunos asuntos imprescindibles para su implementación en los países del Sur global, particularmente en contextos multiculturales. Finalmente, se hace una breve reseña sobre los esfuerzos en ecotecnología y desarrollo sustentable que se han llevado a cabo en México. Buena parte de la información aquí plasmada se generó durante el periodo 2012-2015 como parte de las investigaciones que desembocaron en la publicación del libro “La Ecotecnología en México”, elaborado por la Unidad de Ecotecnologías del Centro de Investigaciones en Ecosistemas de la Universidad Nacional Autónoma de México (Ortiz, Masera y Fuentes 2014).

Ecotecnología y sustentabilidad, una aproximación para el Sur global

La ecotecnología surge a partir del auge del ambientalismo moderno, durante las décadas de 1960 y 1970. Aunque el término fue utilizado originalmente en el ámbito del manejo e ingeniería de ecosistemas, su evolución ha incorporado diferentes aportaciones conceptuales desde áreas del conocimiento predictivas y cuantitativas hasta nociones sociales y culturales. El marco de referencia de la ecotecnología engloba diferentes planteamientos tecnológicos, desde los que buscan la “ecologización” del sistema económico-industrial hasta los que

fomentan paradigmas alternativos enfocados en la justicia social y autosuficiencia local. En la tabla 1 se describen los más relevantes. Lo que diferencia a los planteamientos mencionados no es necesariamente el tipo de tecnologías que promueven, sino las bases conceptuales e ideológicas a partir de las cuales cada uno de ellos ha sido propuesto en la literatura.

Si bien, por provenir del ambientalismo, los diferentes planteamientos ecotecnológicos ya representan una crítica al modelo de desarrollo vigente, existe una brecha ideológica significativa entre los generados desde y para las sociedades industriales y los que representan planteamientos alternativos, que se han sugerido como opciones adecuadas al contexto de los países en desarrollo. Los planteamientos de la ecología industrial, las tecnologías limpias y la modernización ecológica pertenecen a una corriente del ambientalismo denominada por Martínez-Alier (2002) como "eficiencia",² una visión utilitarista muy diferente a la de las tecnologías alternativas o apropiadas, que representaron una postura radical y contracultural a la industrialización (Smith 2005).

Un objetivo que ha sido adoptado progresivamente en el discurso ecotecnológico y que está presente en casi todas las iniciativas contemporáneas de los distintos planteamientos consiste en contribuir a la *sustentabilidad*, un espectro conceptual muy amplio generalmente orientado a vivir en armonía, en sociedad y con la naturaleza (Mebratu 1998), que parte del reconocimiento de que el bienestar humano está íntimamente relacionado con el equilibrio de los ecosistemas naturales (Kates *et al.* 2000). El auge de este concepto proviene de la publicación del reporte "Nuestro Futuro Común" de las Naciones Unidas en el que se definió operacionalmente al *desarrollo sustentable* como "el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades" (WCED 1987). Aunque una extensa literatura sobre desarrollo sustentable no cuestiona la inequitativa distribución actual de poder y recursos naturales, es imprescindible que este tipo de desarrollo tome en consideración las causalidades económicas, sociales y políticas que originan pobreza y exclusión (Hardoy, Mitlin y Saththertwithe 2001).

Específicamente en cuanto a la ecotecnología, Ortiz *et al.* (2014, 16) sugieren una definición operativa que la concibe como "los diferentes dispositivos, métodos y procesos que brindan beneficios sociales y económicos a sus usua-

2 Martínez-Alier (2002) propone tres principales corrientes del ambientalismo: "el culto a lo silvestre", "el evangelio de la eficiencia" y "el ecologismo de los pobres". La eficiencia alude a la preocupación por los impactos ambientales y riesgos a la salud de las actividades económicas, particularmente las actividades industriales, y busca el aprovechamiento racional o eficiente de los recursos naturales y el control de la contaminación mediante alternativas tecnológicas como las planteadas por la modernización ecológica y la ecología industrial.

Tabla 1. Planteamientos ecotecnológicos descritos en literatura científica.

Planteamiento ecotecnológico		Descripción	Ejemplos
Ecología industrial	Planteamientos generados desde y para las sociedades industriales (Norte global)	Estudio de la industria bajo una visión sistémica para disminuir el impacto ambiental y minimizar la generación de residuos en el sector productivo	Reciclaje e intercambio de subproductos entre industrias para el aprovechamiento de residuos como materias primas
Modernización ecológica		Teoría de cambio social y programas de política ambiental para el uso eficiente de los recursos y la energía en los países industrializados	Programas de reciclaje e internalización de externalidades ambientales de la industria
Tecnologías limpias		Tecnologías aplicadas en la industria para minimizar el impacto ambiental y maximizar la eficiencia de sus procesos y productos	Programas de reciclaje en la industria, y uso de celdas de hidrógeno, generadores eólicos y solares para la producción de energía eléctrica. Desarrollo de autos eléctricos y dispositivos eficientes
Tecnologías alternativas	Planteamientos alternativos orientados a la autosuficiencia local y la justicia social	Tecnologías descentralizadas, participativas y de aplicación a pequeña escala para la transición de la sociedad industrial hacia una sociedad alternativa y amigable con el ambiente.	Aprovechamiento de energías renovables, agricultura orgánica, eco-aldeas y viviendas autónomas, e infraestructuras para el aprovechamiento del agua a pequeña escala
Tecnologías apropiadas		Tecnologías sencillas, descentralizadas y orientadas a la satisfacción de necesidades humanas básicas en entornos particulares como las áreas rurales	Técnicas tradicionales de construcción, sanitarios secos, estufas mejoradas y sistemas alternativos para el tratamiento de aguas residuales
Innovaciones de base social (<i>grassroots innovations</i>)		Procesos de innovación socialmente inclusivos que generan conocimientos, procesos y tecnologías adecuados para comunidades locales, ya sean rurales o urbanas	Redes de actores e instituciones para el desarrollo de soluciones a problemas locales, empresas sociales de reciclaje, estrategias colaborativas para la construcción de vivienda social
Tecnologías sociales		Tecnologías diseñadas, desarrolladas e implementadas para resolver problemas sociales y ambientales mediante dinámicas de inclusión social	Organización social para la producción agropecuaria orgánica, uso de biodigestores a pequeña escala, aprovechamiento del agua de lluvia

Fuente: Elaboración propia con información de Cervantes Torre-Marín (2009), Giannetti *et al.* (2004), Rose (2003), Schumacher (1973), Smith (2005), Smith *et al.* (2014) y Thomas (2009).

rios en armonía con el ambiente y con referencia a un contexto socio-ecológico específico”. Esta propuesta sugiere además que los procesos de innovación ecotecnológica deben tomar en cuenta una serie de criterios primordiales, entre los que se destacan:

- que involucren a los usuarios mediante estrategias participativas de desarrollo tecnológico,
- que vinculen tanto conocimientos científicos como saberes y conocimientos locales,
- que fomenten la participación conjunta de actores provenientes de distintos sectores, como la academia y las organizaciones de la sociedad civil,
- que garanticen un impacto positivo en la cotidianidad y la calidad de vida del usuario

Tomando en cuenta estas características, es importante hacer énfasis en dos aspectos: la priorización de tecnologías para la satisfacción de necesidades humanas básicas y la adecuación de la tecnología a los contextos locales. A continuación se describe brevemente su pertinencia.

El concepto de necesidades humanas básicas agrupa los mínimos requerimientos cuya satisfacción permite garantizar el bienestar físico de las personas. Esto es relevante en los países del Sur global debido a que la carencia de satisfactores básicos es una cotidianidad que impide el desarrollo de una vida plena a la población en condiciones de pobreza, en muchas ocasiones la gran mayoría. Hoy en día, a cientos de millones de personas le son inaccesibles las herramientas o los recursos suficientes para solventar sus necesidades prioritarias. Simplemente el 18% de la población mundial no tiene acceso a la electricidad y un 43% no cuenta con tecnologías adecuadas para la cocción de alimentos (UNF 2012); por otra parte, más de la mitad de la población no tiene acceso a tecnologías adecuadas de saneamiento y aproximadamente el 22% carece de fuentes adecuadas de agua potable (UN 2011).

La ecotecnología cuenta con un potencial importante para contribuir a la provisión de vivienda, saneamiento, electricidad, agua potable, alimentos y otros satisfactores, brindando simultáneamente una extensa gama de beneficios ambientales locales (recuperación de suelos, reducción de la contaminación de cuerpos de agua locales) y globales (mitigación de emisiones de GEI a la atmósfera), beneficios a la salud (reducción de la contaminación intramuros al reemplazar fogones por estufas eficientes o disminución de la presencia de patógenos por el uso de sanitarios ecológicos), e inclusive económicos (generación de oportunidades locales de empleo o ahorro económico por el uso eficiente de los recursos). Se cuenta con evidencia, por ejemplo, de que el desarrollo agrícola

basado en tecnologías locales (desde tecnologías milenarias hasta innovaciones recientes a pequeña escala) ha contribuido a superar las condiciones generales de pobreza rural a nivel global (Khan 2001).

Ortiz *et al.* (2014) sugieren una categorización de *ecotecnias*³ de acuerdo con usos finales o tareas específicas de las tecnologías con respecto a la satisfacción de necesidades humanas básicas. La clasificación considera cinco ejes fundamentales para el bienestar humano: agua, energía, vivienda, manejo de residuos y alimentación (ver figura 1). Esta herramienta puede ser útil para priorizar alternativas ecotecnológicas con respecto a las necesidades y condiciones específicas de los usuarios.

Un segundo asunto fundamental para contribuir al desarrollo sustentable mediante la ecotecnología consiste en adecuar las tecnologías a las condiciones ambientales, socio-económicas y culturales de los usuarios. Actualmente la mayoría de las políticas de innovación tecnológica se enfocan en estandarizar y generar nuevos productos, procesos y servicios adecuados para mercados globales (Smith, Fressoli y Thomas 2014) y las tecnologías se han convertido en bienes de consumo ajenos a la racionalidad y contexto de quienes los obtienen (Giraldo 2012), entendidos como “consumidores” en lugar de “usuarios”. Esta desconexión entre las condiciones locales y las políticas y tendencias globales ha abierto una gran brecha entre la generación de tecnología y las necesidades reales de la población en condiciones de pobreza del Sur global.

Adecuar las tecnologías y sus mecanismos de difusión a las condiciones de los usuarios no sólo rompe con el esquema actual de producción en masa e imposición, que profundiza las desigualdades y las relaciones de dominación (Olivé 2012), también contribuye a garantizar sus impactos positivos en la sociedad y el ambiente. En este sentido, Uchida (2005) menciona explícitamente que para lograr el desarrollo sustentable es imprescindible que las nuevas tecnologías sean difundidas ajustándolas a la diversidad ambiental y respetando los valores intrínsecos de las sociedades locales.

Es importante aclarar que, aunque se pretenda que las aplicaciones ecotecnológicas sean sencillas y entendibles para los usuarios, esto no significa que las ecotecnias representen dispositivos de “baja tecnología” o aplicaciones que no requieren de investigación científica. De acuerdo con Massuh (2009) toda tecnología, ya sea antigua o moderna, puede o no ser apropiada al medio para el

3 Las ecotecnias se definen como las aplicaciones prácticas de la ecotecnología, es decir, los artefactos, dispositivos y en general los productos ecotecnológicos tangibles. Por ejemplo: la agricultura orgánica podría considerarse una alternativa ecotecnológica a la producción agrícola convencional y las compostas o fertilizantes ecológicos serían las ecotecnias que se utilizan en su aplicación concreta.

Categorización de ecotecnias

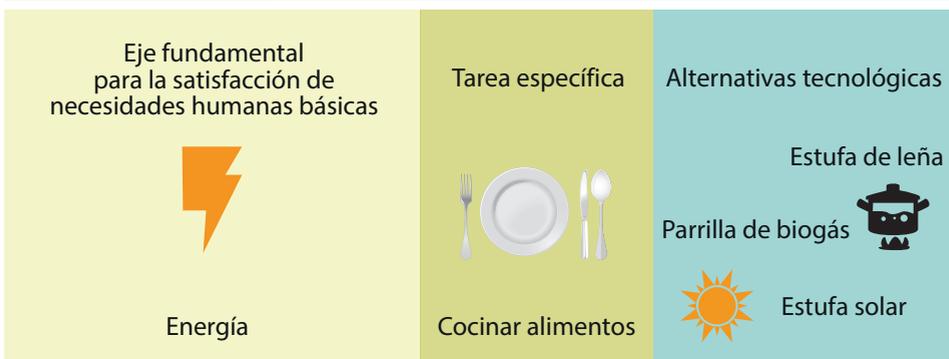


Figura 1. Ejemplo de categorización de ecotecnias orientada a usos finales/tareas específicas. Caso de la cocción doméstica.

cual se desarrolló en la medida en la que aporte (o no) mejoras a la realidad, surgiendo desde y para esa realidad. Tanto la tecnología de punta como las tecnologías intermedias o simples, pueden contribuir a mejorar la calidad de vida de la población en condiciones de pobreza siempre y cuando adecuen su contexto. Tomando esto en consideración, encontramos tecnologías *apropiadas*, por haber sido generadas considerando su aplicación en un contexto específico, así como también tecnologías que no se desarrollaron considerando una situación específica para su aplicación pero que pueden ser *apropiables* mediante mecanismos efectivos de difusión y apropiación social. En ambos casos, se sugiere la participación de los usuarios a través de las diferentes etapas del proceso de innovación y difusión tecnológica, desde el diseño hasta la implementación y operación de las tecnologías (Ortiz y Masera 2014).

En la búsqueda de un modelo de desarrollo orientado a disminuir las desigualdades y las relaciones de exclusión, consideramos imprescindible incluir un proyecto ecotecnológico que reformule la manera en que la tecnología se diseña, crea, disemina, adopta e integra a largo plazo en la sociedad.

La ecotecnología como parte de un modelo de desarrollo plural y multicultural

El abordaje tecno-científico de las problemáticas ambientales y sociales mencionadas se ha caracterizado durante el último medio siglo por asumir que el desarrollo se logra mediante la creación “ofertista” de conocimiento científico. De acuerdo con Olivé (2007), este “viejo contrato social de la ciencia” está sostenido por una

concepción lineal en la que mayor inversión científica y tecnológica tendrá como consecuencia inevitable el bienestar social, por lo que la investigación básica y aplicada deben ser subvencionados por la sociedad sin más responsabilidades que la producción desinteresada de conocimiento. Este enfoque, además, no toma en cuenta las aportaciones y conocimientos provenientes de agentes no científicos como los usuarios de la tecnología. Un ejemplo de este modelo fue la Revolución Verde.⁴ En efecto, planteada como una solución al problema del hambre, aunque aumentó la producción agrícola a corto plazo, pronto desembocó en consecuencias no deseadas como la degradación de suelos por compactación y salinización, contaminación de cuerpos de agua, daño a la salud y problemas sociales por la dependencia y el alto costo de los insumos para la producción. En este caso, y al igual que en muchos otros, la tecnología se convirtió más en parte del problema que en una solución y la neutralidad de la tecnología y su poder quedaron expuestos como un mito (Malagón 2014).

En contraposición a este modelo, el impulso a la ecotecnología como parte de un desarrollo sostenible y adecuado a las condiciones del Sur global debe consolidar un “nuevo contrato social de la ciencia” en el que la ciencia y la tecnología funjan como un insumo necesario para el desarrollo social, pero no como el único. En él se tiene que reconocer el importante papel y aporte de conocimientos de otros actores de la sociedad (ciudadanos, empresarios, funcionarios públicos, etc.), tanto para el planteamiento de las problemáticas como para su solución (Olivé 2007). Bajo este entendimiento, el desarrollo a nivel local puede entenderse como la condición inicial de una exitosa implantación práctica de la ecotecnología.

También es razonable hacer una reflexión en torno a los mecanismos concretos mediante los cuales la ecotecnología puede contribuir al combate a la pobreza, la mejora de la calidad de vida y el desarrollo en general. Para este fin es importante tener clara la noción de “desarrollo” de la cual partimos. De acuerdo con el “enfoque de las capacidades” desarrollado por Sen (2000) el desarrollo consiste en un proceso por el cual las libertades reales de las que gozan los individuos se expanden, en contraposición a las visiones más estrictas del desarrollo en las que éste se mide de manera directa mediante el aumento del producto interno bruto. Concepciones como las últimas mencionadas resultan bastante reduccionistas debido a que la renta, aunque importante, no es el único factor decisivo para determinar la calidad de vida de los individuos; es decir, una concepción satisfactoria del desarrollo debe ir mucho más allá de la acumu-

4 La Revolución Verde consistió en la tecnificación de las prácticas agrícolas con el objetivo de aumentar los rendimientos. Se popularizó entre 1940 y 1970 y consistió en incorporar variedades mejoradas de semillas, riego, fertilizantes y herbicidas.

lación de riqueza. En este sentido, el desarrollo debe enfocarse en aumentar las libertades que disfrutaban los individuos, incluido el aspecto económico.

Una visión más amplia del desarrollo prioriza la eliminación de la pobreza y la coerción, ya que éstas privan a los individuos de la libertad necesaria para satisfacer sus necesidades humanas básicas. En línea con este enfoque, Friedmann (1992) sugiere un modelo de desarrollo alternativo basado en el empoderamiento de los grupos sociales excluidos del modelo convencional, el cual se expresa en la autonomía para la toma de decisiones, la independencia local, la democracia participativa y el aprendizaje social. Estos elementos, acordes a la expansión de libertades, a nivel local generalmente se encuentran constreñidos por fuerzas económicas globales y mecanismos de inequidad e injusticia. Es por ello que un desarrollo alternativo debe estar enfocado en la calidad de vida y la preservación ambiental en lugar de determinarse por indicadores económicos unidimensionales, así como también debe centrarse en lo local, pues justamente a nivel local es como puede generarse el empoderamiento social, prerequisite para el empoderamiento político de la población económicamente excluida.

La ecotecnología cuenta con un gran potencial para incidir de manera positiva en muchos aspectos relacionados con expansión de libertades y el empoderamiento, por ejemplo, mejorando las condiciones de vivienda, suministrando agua limpia o energía sin comprometer las condiciones de salud de los usuarios, y mejorando o potenciando las insuficientes oportunidades que tienen algunas personas para conseguir lo que consideran "mínimo". Al buscar adecuarse a los contextos locales y necesidades básicas de sus usuarios, la ecotecnología puede contribuir a facilitar un conjunto de beneficios que a la postre potencien su libertad de participación social y política.

Ahora bien, desde una óptica multicultural, hay que considerar que la expansión de las «capacidades» de las personas está determinada por el tipo de vida que valoran y que tienen razones para valorar, evitando situaciones negativas como la desaparición de las tradiciones y el conocimiento local. Aquí tendría otro aporte positivo la ecotecnología, ya que busca integrar críticamente al conocimiento "tradicional" vía una participación democrática y plural de los distintos actores, sin demeritar el valor de los avances científicos y tecnológicos en favor de la tradición ni viceversa.

Finalmente, la consideración de la ecotecnología debe enmarcarse dentro de una discusión más general sobre la construcción de un modelo de desarrollo sustentable orientado a disminuir las desigualdades y las relaciones de exclusión. Para esto es importante desarrollar líneas de investigación que incluyan, de manera prioritaria, problemas propios de los contextos y, particularmente, de los grupos excluidos, además de preponderar una mayor vinculación de los científicos en la solución de estos problemas, no sólo desde la dimensión epis-

témica, sino también desde las múltiples dimensiones que tiene la vida social de la población. Finalmente, se necesita fomentar líneas claras de responsabilidad y rendición de cuentas entre los distintos grupos que están interactuando, así como generar espacios de diálogo en igualdad de condiciones y donde la toma de decisiones sea más eficaz para la realización de acciones.

Experiencias de ecotecnología y desarrollo sustentable en México

La discusión en torno a la inviabilidad del paradigma dominante de desarrollo y su influencia en la acelerada degradación de los ecosistemas y la calidad de vida de amplios grupos sociales se convirtió en un movimiento social y político en México a inicios de la década de 1980. Una de las principales tendencias del emergente ambientalismo mexicano estuvo impulsada por grupos y personas formados en tecnologías alternativas (Quadri 1990). De forma simultánea, el concepto de ecotecnología comenzó a aplicarse e incluso difundirse en algunas publicaciones académicas. Un caso interesante es la serie de cuadernos sobre ecotecnologías rurales y urbanas que fue publicado en 1985 por la antigua Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE). En ellos se define a la ecotecnología como una nueva disciplina opuesta a la tecnología convencional, adecuada para los países menos desarrollados y enfocada en satisfacer las necesidades básicas y mejorar la calidad de vida de la población en armonía con los sistemas ecológicos del planeta (SEDUE 1985).

También a inicios de la década de 1980 estuvo en operación el Centro de Investigaciones de Quintana Roo (CIQRO), un instituto interdisciplinario enfocado en promover el aprovechamiento racional de los recursos naturales que tuvo como una de sus líneas principales el desarrollo de tecnologías apropiadas. De acuerdo con Careaga (2004), el enfoque de este instituto se anticipó casi una década al concepto de sustentabilidad mediante la propuesta de un modelo de desarrollo alternativo, adecuado al contexto histórico cultural y ecológico local, y orientado a la satisfacción de necesidades básicas mediante el aprovechamiento racional de los recursos naturales. En esta época surgieron varias organizaciones como el Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada (GIRA), el Centro de Innovación en Tecnología Alternativa (CITA), Alternativas y Procesos de Participación Social y el Grupo de Estudios Ambientales (GEA), mismas que han contribuido con aportes ecotecnológicos importantes en temas de desarrollo local, manejo de agua, energía, saneamiento ecológico y sistemas agroalimentarios. Estas iniciativas han demostrado en la práctica los planteamientos previamente discutidos, entendiendo el desarrollo como la mejora de la calidad de vida de los individuos y grupos sociales marginados, es decir, en la extensión de sus libertades individuales y colectivas, mismas que no pueden medirse

exclusivamente con parámetros cuantitativos de acumulación de riqueza.

Actualmente en México existe una gran diversidad de experiencias ecotecnológicas locales y regionales que demuestran el potencial de la ecotecnología como catalizador del desarrollo sustentable. Varias de las iniciativas nacionales cuentan con reconocimiento internacional y están sustentadas en años de trabajo de base con la población local. En ellas se han aplicado y desarrollado conocimientos técnicos sobre innovación, apropiación y adaptación tecnológica, reconocimiento de los saberes locales y las dinámicas participativas, estrategias efectivas de comunicación, una alta capacidad de gestión y, en las experiencias más recientes, estrategias de innovación social. Entre los actores involucrados en proyectos ecotecnológicos durante las últimas décadas destacan instituciones académicas privadas y públicas, organizaciones de la sociedad civil, emprendedores sociales, instituciones gubernamentales de los tres órdenes de gobierno y consultores independientes. Se han identificado organizaciones consolidadas en el tema ecotecnológico en al menos 24 estados de la República. En la tabla 2 se describen brevemente los aspectos más relevantes del estado del arte de varias ecotecnias en México.

Aunque dentro del universo de iniciativas descritas existen numerosas experiencias destacables, con el objetivo de darles concreción a continuación se describen dos iniciativas que demuestran el potencial de la ecotecnología en México: el Proyecto *Patsari* de estufas eficientes para el uso sustentable de la leña y el proyecto *Isla Urbana* de sistemas de captación pluvial para el abastecimiento sustentable de agua.

El Proyecto Patsari

Iniciativa multi-institucional y participativa encaminada a promover un modelo sustentable de consumo de leña mediante la implementación de más de 200,000 estufas eficientes (también llamadas estufas de leña “mejoradas”). Inicialmente estuvo dirigida a las áreas rurales de la meseta Purépecha pero se ha extendido a más de 20 estados de la República. El proyecto se realiza con la colaboración de los usuarios finales, micro empresarios, industrias familiares tortilleras, organizaciones de la sociedad civil y autoridades gubernamentales, y ha desarrollado mecanismos replicables de fortalecimiento de micro empresas, reducción de impactos ambientales y capacitación sobre los problemas de salud ocasionados por contaminación intramuros (Masera *et al.* 2007; Berrueta, Edwards y Masera 2008; García-Frapolli *et al.* 2010).

Las estufas de leña mejoradas han sido difundidas desde la década de 1980 en diferentes regiones rurales del Sur global como respuesta a los problemas ambientales y de salud asociados al uso de dispositivos ineficientes para la quema de biomasa que padecen más de tres mil millones de personas en el

Tabla 2. Estado del arte en México de algunas ecotecnias seleccionadas de acuerdo con la categorización de Ortiz *et al.* (2014).

<i>Eje de satisfacción de necesidades básicas</i>	<i>Tarea específica</i>	<i>Alternativa ecotecnológica (ecotecnia)</i>	<i>Estado del arte</i>
ENERGÍA	Cocción de alimentos	Estufas de leña mejoradas	Existe una amplia variedad de modelos generados por empresas y organizaciones de la sociedad civil, algunos de ellos creados participativamente y/o validados por investigaciones de instituciones académicas. Se han realizado programas gubernamentales de escala nacional y existen metodologías integrales de difusión y adopción
		Cocinas solares	Se han generado algunos dispositivos y protocolos de evaluación, al igual que manuales de capacitación bilingües, con la participación de instituciones académicas. Esta tecnología se ha difundido recientemente de forma complementaria a las estufas de leña mejoradas
	Conservación de alimentos	Deshidratadores solares	Se han generado diversos manuales para la construcción de dispositivos caseros y también existen algunos modelos comerciales promovidos por empresas. Se han realizado estudios de innovación y evaluación realizados por instituciones académicas y algunas organizaciones agropecuarias han invertido en infraestructura y capacitación
	Generación de electricidad	Paneles fotovoltaicos	Se ha realizado investigación básica y aplicada por más de tres décadas, y aunque la mayoría de los módulos con los que se construyen los paneles son importados, se cuenta con una capacidad instalada superior a los 30 MW. Existen varias fuentes de financiamiento, algunas certificaciones y también políticas nacionales de promoción de sistemas interconectados a la red eléctrica nacional
		Aerogeneradores (pequeña escala)	Se han desarrollado algunos dispositivos comerciales y otros de bajo costo desarrollados para ser construidos por sus usuarios mediante estrategias participativas
	Iluminación	Lámparas eficientes	Existe investigación nacional y se han desarrollado algunos dispositivos de bajo costo adecuados para ampliar el acceso a la iluminación en comunidades marginadas. También se han llevado a cabo programas nacionales de difusión de la tecnología
	Calentamiento de agua	Calentadores solares de agua	Existe un buen número de empresas nacionales que desarrollan la tecnología o ensamblan equipos. También se han llevado a cabo programas de promoción multi-institucionales liderados por instituciones gubernamentales, en los que se han realizado esfuerzos de capacitación, regulación, fortalecimiento de mercados y monitoreo de impactos

AGUA	Abastecimiento de agua	Sistemas de captación y aprovechamiento de agua de lluvia (SCALL)	Se han promovido distintos SCALL con diferentes materiales y métodos de construcción y mantenimiento, algunos de ellos de bajo costo y adecuados para poblaciones urbanas y rurales de bajos ingresos. Desde el ámbito académico se cuenta con esfuerzos de investigación y promoción y aunque no existen regulaciones nacionales en el Distrito Federal la cosecha de lluvia se considera obligatoria para algunas construcciones. Existen experiencias de desarrollo comunitario generadas a partir del aprovechamiento del agua de lluvia
	Purificación de agua	Sistemas domésticos de filtración y desinfección	Se han generado innovaciones y dispositivos de bajo costo que han sido difundidos en comunidades rurales marginadas a través de promotores locales y empresas sociales, algunas iniciativas incluyen programas de seguimiento y monitoreo
MANEJO DE RESIDUOS	Saneamiento con arrastre hidráulico	Biofiltros	Esta tecnología se ha difundido por organizaciones de la sociedad civil e instituciones gubernamentales en algunos programas de saneamiento ecológico y manejo integrado del agua, principalmente en áreas rurales
		Humedales artificiales	Varias universidades han realizado proyectos piloto e investigación sobre esta tecnología y algunas empresas y organizaciones de la sociedad civil han implementado sistemas a escala doméstica y municipal
	Saneamiento seco	Sanitarios ecológicos secos	Se ha generado una gran variedad de modelos, con diferentes materiales, funcionando tanto en áreas rurales como urbanas. Se cuenta con manuales de construcción y también hay empresas que promueven modelos prefabricados. Asimismo, se han involucrado instituciones gubernamentales y agencias internacionales de desarrollo
		Mingitorios secos	Existe un gran número de empresas que difunden dispositivos comerciales. Hay algunos programas gubernamentales que los promueven y la tecnología se ha incluido en iniciativas integrales de saneamiento ecológico y educación ambiental
Manejo de residuos pecuarios	Biodigestores	Se han desarrollado dispositivos de bajo costo y existen programas de promoción de instituciones gubernamentales y agencias de transferencia tecnológica. También se lleva a cabo investigación aplicada por instituciones académicas y organizaciones difusoras, al igual que alternativas de financiamiento a proyectos productivos y de saneamiento	

ALIMENTACIÓN	Producción de alimentos a pequeña escala	Huertos familiares	Existe un número creciente de organizaciones que promueven esta ecotecnia mediante ranchos demostrativos, talleres y asesorías, asociadas entre otras a la práctica de la permacultura. También existen redes agroecológicas y proyectos de investigación relacionados con el manejo, conservación y biodiversidad de los huertos. Existen organizaciones que promueven la certificación orgánica e incluso programas gubernamentales que implementan huertos como medida para promover la soberanía alimentaria
	Control de plagas	Control biológico	Existe un número considerable de laboratorios públicos y privados que desarrollan diferentes especies de agentes de control biológico y alrededor de 70 empresas pequeñas y medianas que producen y comercializan los bioplaguicidas
	Fertilización	Biofertilizantes	Existen empresas e instituciones de investigación pública que se dedican a la producción y difusión de biofertilizantes. Se han generado numerosos foros de discusión sobre la tecnología, principalmente para su uso en el cultivo de granos
VIVIENDA	Diseño y construcción de la vivienda	Principios de diseño ecológico	Las técnicas de diseño ecológico se han incorporado a la normatividad a nivel federal y estatal y es un elemento importante en la actual Estrategia Nacional de Vivienda Sustentable promovida por el Gobierno Federal
		Materiales de construcción ecológicos	Se difunde una gran cantidad de materiales ecológicos, tanto vernáculos como de reúso y de bioconstrucción. Existen empresas sociales de reciente creación que contribuyen a ampliar el acceso a la vivienda a los sectores más pobres mediante estrategias de autoconstrucción con materiales ecológicos y algunas instituciones académicas y gubernamentales promueven las tecnologías mediante manuales y folletos

Fuente: Elaboración propia con información de Ortiz *et al.* (2014). Consultar la publicación para mayores detalles sobre cada una de las ecotecnologías, sus retos y las organizaciones que las implementan.

mundo. Estas ecotecnias reducen el consumo de leña y la emisión de contaminantes con respecto a tecnologías ineficientes, como los fogones en México, y ofrecen mayor durabilidad y seguridad a la hora de cocinar (ver figura 2). Son una alternativa adecuada para que las familias que dependen de este biocombustible puedan mejorar sus condiciones de vida, y al mismo tiempo mantener sus usos y tradiciones en la preparación de alimentos, en lugar de la importación de tecnologías, como las estufas de gas, ajenas al contexto económico y cultural de las familias rurales.

El papel que juegan estas estufas como potenciadoras de libertades es claro con respecto a la disminución y tratamiento de muchos de los problemas de

salud asociados al humo de leña producido por los fogones tradicionales, tales como irritación ocular y de las vías respiratorias, asma, problemas de embarazo, enfermedad pulmonar crónica obstructiva, entre otras. También inciden en el fomento de otras libertades como el acceso a la educación y la participación en la toma de decisiones. En primera instancia, se potencia la libertad de los miembros de la familia encargados de la recolección de leña, ya que estas estufas pueden reducir hasta en 70% del consumo familiar de acuerdo con Berrueta *et al.* (2008). Además se promueve una menor incidencia de enfermedades para las madres de familia que cocinan.

El proyecto Isla Urbana

Busca promover el uso sustentable del agua mediante la implementación de sistemas de captación y aprovechamiento de agua de lluvia (SCALL). A través de un proceso de innovación en el que se involucró a los potenciales usuarios de la tecnología, esta iniciativa logró diseñar y construir un modelo de SCALL de bajo costo adecuado específicamente para las viviendas de bajos ingresos de la Ciudad de México. El éxito alcanzado a nivel local propició la adaptación del mismo



Figura 2. Ama de casa cocinando con una estufa de leña tipo *Patsari*.

Fuente: Cortesía del Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropriada.

para su implementación y apropiación en áreas rurales de otras regiones del país (ver figura 3). Gracias a esta iniciativa miles de personas que carecían de acceso o tenían acceso deficiente al agua potable han podido mejorar y en muchos casos satisfacer por completo sus necesidades hídricas, esto quiere decir que invierten menos tiempo o dinero en conseguir el recurso y están menos expuestos a enfermedades gastrointestinales o relacionadas a la falta de higiene, lo cual amplía enormemente sus libertades y capacidades.

Los SCALL son una alternativa que contribuye a la satisfacción de una necesidad vital, como lo es el acceso a agua potable, para los grupos sociales que son excluidos de los medios convencionales de provisión de agua; entre ellos se encuentra la población de bajos ingresos que habita en asentamientos urbanos informales y las comunidades rurales aisladas. A través de esfuerzos colectivos interdisciplinarios y multi-institucionales, el proyecto Isla Urbana ha logrado generar iniciativas de desarrollo sustentable a nivel comunitario en las que el acceso al agua ha desencadenado beneficios educativos, económicos y en la salud de las familias usuarias de la tecnología. Una de las iniciativas más emblemáticas de este proyecto consistió en lograr una articulación entre comunidades de la etnia huichol (en su mayoría monolingües y con desconfianza histórica a las intervenciones exógenas) y un grupo de organizaciones de la sociedad



Figura 3. Sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia y sus usuarios en una comunidad rural.

Fuente: www.facebook.com/islaurbana

civil. Después de tres años de trabajo colaborativo lograron asegurar el derecho humano al agua potable entre los beneficiarios y disminuyeron en gran medida la incidencia de enfermedades, así como también mejoraron sus hábitos de higiene y sacaron adelante algunos proyectos productivos (Lobo-Yurén 2012).

Ambos proyectos ecotecnológicos, *Patsari* e Isla Urbana, reúnen las características de lo que Smith *et al.* (2014) denominan “innovaciones de base social”, pues las tecnologías generadas surgen de la colaboración entre profesionistas expertos (los innovadores) y miembros de comunidades locales (los usuarios de la tecnología) dentro de un marco de referencia en el que la tecnología funciona como catalizador del desarrollo y sus beneficios, lo que bien puede interpretarse como una extensión de las libertades discutidas por Sen (2000) o bien un proceso de empoderamiento social como propone Friedmann (1992).

Iniciativas como las aquí ejemplificadas existen en diversas regiones de México, involucrando un sinnúmero de ecotecnias, necesidades y contextos locales. Sin embargo, la magnitud de la insatisfacción de necesidades básicas, la exclusión social y la degradación ambiental a nivel nacional, es tan extendida que los esfuerzos aún son muy insuficientes. Entre los grandes retos para las ecotecnologías se pueden identificar:

- que las ecotecnias que se difunden sean funcionales y generen verdaderos beneficios ambientales y sociales,
- garantizar que los usuarios adopten e integren satisfactoriamente las tecnologías a su vida cotidiana,
- una mayor integración del tema en las políticas públicas,
- superar la complejidad que implica el escalamiento de los proyectos,
- asegurar fuentes de financiamiento para desarrolladores y difusores de las ecotecnias y
- fomentar la educación y capacitación en ecotecnología (Ortiz, Masera y Fuentes 2014).

Resulta entonces imprescindible sumar una mayor cantidad de esfuerzos con miras a la consolidación de una agenda nacional sobre ecotecnología que contribuya a superar estos retos y a promover el desarrollo sustentable de México.

Conclusiones

Las reflexiones aquí planteadas reflejan una visión de tecnología que desafía el “neutralismo” tecnocientífico. Se sugiere a la ecotecnología como una alternativa relevante en la búsqueda de un modelo de desarrollo encaminado a la sustentabilidad, enfocado en la satisfacción de necesidades humanas básicas y adecuado

a la diversidad multicultural de los contextos locales. El nuevo “contrato social” de la ciencia y la tecnología que ha sido sugerido desde la trinchera académica tiene que articularse con las luchas sociales que hoy en día reclaman un futuro más justo y menos destructivo del ambiente. Creemos que la ecotecnología debe tener un rol esencial como parte de esta transformación, siendo un vehículo para el incremento de libertades y capacidades individuales y colectivas, el empoderamiento de los grupos excluidos, el rescate e integración de los conocimientos locales y tradicionales a los procesos de innovación, así como muchas otras metas sociales y éticas que han sido subestimadas por la visión moderna del “desarrollo”.

Hoy en día, en México es imperioso contar con un movimiento unificador que reúna las experiencias adquiridas durante más de tres décadas y logre congregar la “masa crítica” necesaria para sentar las bases de una agenda ecotecnológica nacional. Es crítico catalizar los crecientes esfuerzos ecotecnológicos llevados a cabo desde instituciones académicas, gubernamentales, empresas sociales, organizaciones de la sociedad civil, cooperativas, agencias de desarrollo y muchas otras organizaciones involucradas.

Desde nuestra trinchera, estamos buscando avanzar en estos objetivos a partir del trabajo de un grupo de estudiantes y académicos del Centro de Investigaciones en Ecosistemas de la Universidad Nacional Autónoma de México. Entre 2011 y 2015 se han logrado dos Encuentros Nacionales de Ecotecnias, un diplomado sobre Ecotecnología y la publicación del libro “La Ecotecnología en México”. También se cuenta con una Plataforma Virtual (ecotec.cieco.unam.mx) y se ha trabajado en la creación de una Red Nacional sobre Ecotecnología. Extendemos una invitación a todos los interesados a sumarse a esta y otras iniciativas.

Agradecimientos

El ensayo aquí plasmado fue posible gracias a investigaciones financiadas por el Programa de Investigación en Cambio Climático, el Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica y la Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Nacional Autónoma de México. Agradecemos a todos de quienes hemos aprendido, sobre todo de nuestros colaboradores en la Unidad de Ecotecnologías del Centro de Investigaciones en Ecosistemas y el Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada (GIRA), así como también de los más de 500 asistentes al 1er y 2do Encuentros Nacionales de Ecotecnias que se realizaron en 2012 y 2013 en Morelia y Pátzcuaro, Michoacán.

Referencias

- Bartlett, S., D. Dodman, J. Hardoy, D. Satterthwaite y C. Tacoli. «Social Aspects of Climate Change in Urban Areas in Low and Middle-Income Nations.» En *Contribution to the World Bank Fifth Urban Research Symposium Cities and Climate Change: Responding to an Urgent Agenda. Research Cluster 5*. 2009.
- Berrueta, Víctor M., Edwards Rufus D. y Omar R. Masera. «Energy Performance of Wood-Burning Cookstoves in Michoacan, Mexico.» *Renewable Energy* 33 (2008): 859-870.
- Careaga, Alfredo. «Premio al Mérito Ecológico 2004, Categoría Individual.» *Comunicado de Prensa*. 2004. <http://www.careaga.org/premio/comunicado.html>
- Cervantes Torre-Marín, G., G. Sosa Granados, R. Rodríguez Herrera y G. Robles Martínez. «Ecología Industrial y Desarrollo Sustentable Industrial.» *Ingeniería Revista Académica* 13, n° 1 (2009): 63-70.
- Credit Suisse. *Global Wealth Report 2014*. Zurich, 2014.
- Dodman, David y David Satterthwaite. «Institutional Capacity, Climate Change Adaptation and the Urban Poor.» *IDS Bulletin* 39, n° 4 (2009): 67-74.
- Friedmann, John. *Empowerment: The Politics of Alternative Development*. Cambridge, Massachusetts: Blackwell Publishers, 1992.
- García-Frapolli, Eduardo *et al.* «Beyond Fuelwood Savings: Valuing the Economic Benefits of Introducing Improved Biomass Cookstoves in the Purépecha Region of Mexico.» *Ecological Economics* 69 (2010): 2598-2605.
- Giannetti, B. F., S. H. Bonilla y C. M. V. B. Almeida. «Developing Eco-Technologies: A Possibility to Minimize Environmental Impact in Southern Brazil.» *Journal of Cleaner Production* 12 (2004): 361-368.
- Giraldo, Francisco Luis. «Técnica y tecnología: el dilema del sujeto racional en la sociedad de consumo.» *Estud.filos*, 2012: 25-39.
- Hardoy, Jorge E., Diana Mitlin y David Satterthwaite. *Environmental Problems in an Urbanizing World*. Londres: Earthscan, 2001.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Editado por Martin L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden y C. E. Hanson. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- Kates, Robert W., William C. Clark, Robert Corell, Michael Hall, Carlo C. Jaeger, Ian Lowe y J. James. «Sustainability Science.» *Research and Assessment Systems for Sustainability Program Discussion Paper*, 2000: 2000-33.
- Khan, Mahmood Hasan. *La pobreza rural en los países en desarrollo: su relación con la política pública*. Washington, DC: Fondo Monetario Internacional, 2001.
- Kroll, G. «The 'Silent Springs' of Rachel Carson: Mass Media and the Origins of

- Modern Environmentalism.» *Public Understanding of Science* 10, nº 4 (2001): 403-420.
- Lindert, Peter H. y Jeffrey G. Williamson. «Does Globalization Make the World More Unequal?» En *Globalization in Historical Perspective*, editado por Michael D. Bordo, Alan M. Taylor y Jeffrey G. Williamson, 227-277. Londres: The University of Chicago Press, 2003.
- Lobo-Yurén, Teresa. *Ha Ta Tukari: Articulación entre organizaciones y comunidad para el desarrollo sostenible en la Sierra Huichol*. México, DF: Proyecto Concentrarte A.C., 2012.
- Malagón, Sandra. *Gestores especializados en ciencia y tecnología para la apropiación de estufas eficientes de leña Patsari: Una propuesta de modelo de comunicación de la ciencia*. México, DF: UNAM, 2014.
- Martínez-Alier, Joan. *The Environmentalism of the Poor: A Study of Ecological Conflicts and Valuation*. Cheltenham, Reino Unido: Edward Elgar Publishing, 2002.
- Masera, Omar *et al.* «Impact of Patsari Improved Cookstoves on Indoor Air Quality in Michoacán, Mexico.» *Energy for Sustainable Development* 11, nº 2 (2007): 45-56.
- MEA. *Ecosystems and human well-being: Synthesis report*. Millennium Ecosystem Assessment. Island Press. Washington, DC. 2005.
- Mebratu, Desta. «Sustainability and Sustainable Development: Historical and Conceptual Review.» *Environmental Impact Assessment Review* 18, nº 6 (1998): 493-520.
- Mendelsohn, Robert, Alan Basist, Pradeep Kurukulasuriya y Ariel Dinar. «Climate and Rural Income.» *Climatic Change* 81 (2007): 101-118.
- Morton, John F. «The Impact of Climate Change on Smallholder and Subsistence Agriculture.» *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104, nº 50 (2007): 19680-19685.
- Olivé, León. *La ciencia y la tecnología en la sociedad del conocimiento*. México, DF: FCE, 2007.
- Ortiz, Jorge Adrián, Omar Raúl Masera y Alfredo F. Fuentes. *La Ecotecnología en México*. México, DF: Editorial Imagia, 2014.
- Ortiz, Jorge Adrián y Omar Raúl Masera. «Innovación tecnológica, difusión y apropiación social de ecotecnologías como alternativas para el desarrollo rural.» En *Hacia un modelo intercultural de sociedad del conocimiento*, editado por León Olivé y Luz Lazos, 121-136. México, DF: UNAM, 2014.
- Quadri, Gabriel. «Una breve crónica del ecologismo en México.» *Ciencias* 4 (1990): 56-64.
- Rockström, Johan, J. Steffen, W. Noone, K. Persson, A. Chapin y E. Lambin. «A Safe Operating Space for Humanity.» *Nature* 461 (Septiembre 2009): 472-475.

- Rose, Gregory David. *Social Experiments in Innovative Environmental Management: The Emergence of Ecotechnology*. University of Waterloo, 2003.
- Schumacher, E. F. *Small Is Beautiful: Economics as If People Really Mattered*. Londres: Abacus, 1973.
- SEDUE. «Ecotecnología: Un marco conceptual.» *Cuadernos de Ecotecnología*, 1985.
- Smith, Adrian. «The Alternative Technology Movement: An Analysis of Its Framing and Negotiation of Technology Development.» *Human Ecology Review* 12, nº 2 (2005): 106-119.
- Smith, Adrian, Mariano Fressoli y Hernán Thomas. «Grassroots Innovation Movements: Challenges and Contributions.» *Journal of Cleaner Production* 64 (enero 2014): 114-124.
- Thomas, Hernán. «De las tecnologías apropiadas a las tecnologías sociales: Conceptos/Estrategias/Diseños/Acciones.» *Primera Jornada sobre tecnologías sociales. Programa Consejo de la demanda de actores sociales sobre tecnologías sociales*. Buenos Aires: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, 2009. 1-37.
- Uchida, Hirohisa. «ECO-TECHNOLOGY-Human Environment Conscious Science & Technology: Linking Innovation and Entrepreneurship for Developing Countries.» *Memoria del Simposio Internacional de La Fundación Honda*. Hanoi y Ciudad Ho Chi Minh, 2005. 189-195.
- UN-United Nations. *Rural Population, Development and the Environment 2011*. Nueva York, 2011.
- UNF-United Nations Foundation. *Energy Access Practitioner Network: Towards Achieving Universal Energy Access by 2030*. Washington, DC, 2012.
- World Commission on Environment and Development (WCED). «Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future.» *Anexo A/42/427 - Development and International Co-operation: Environment*. 1987. <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>
- Zalasiewicz, Jan, Mark Williams, Alan Haywood y Michael Ellis. «The Anthropocene: A New Epoch of Geological Time?» *Philosophical Transactions. Series A, Mathematical, Physical, and Engineering Sciences* 369 (2011): 835-841.

