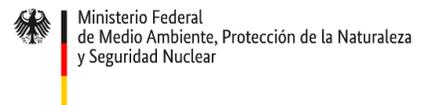




Análisis de ecotecnologías aplicables al contexto económico, político, social y ambiental de las entidades federativas



Por encargo de:



de la República Federal de Alemania

Publicado por

Detusche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Friedrich-Ebert-Allee 36+40
53113 Bonn, Deutschland
T +49 228 44 60-0
F +49 228 44 60-17 66
E info@giz.de
I www.giz.de/mexico-mx

Dag-Hammarskjöld-Weg 1 - 5
65760 Eschborn, Deutschland
T +49 61 96 79-0
F +49 61 96 79-11 15
E info@giz.de
I www.giz.de

Proyecto

Alianza Mexicana Alemana de Cambio Climático
Ejército Nacional 223
Col. Anáhuac, Del. Miguel Hidalgo
C.P. 11320
T +52 55 5536 2344
F +52 55 5536 2344
E giz-mexiko@giz.de

Información Adicional

www.giz.de/mexico-mx
www.international-climate-initiative.com
www.iki-alliance.mx
www.youtube.com/gizmxclimatechange

Autores

Instituto Internacional de Recursos Renovables A. C. México

Montserrat González Espinosa
Alexander Eaton
Roberto Hernández Arteaga
Ishtar G. Llanas Guzmán
Natalia Acuña Andrey
Alejandra Ríos Esparza



IRRI MÉXICO
INSTITUTO INTERNACIONAL DE RECURSOS RENOVABLES A.C.

Unidad de Ecotecnologías del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Vanessa Salazar Solís

Saulo P. González González

Alfredo F. Fuentes Gutiérrez

Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial de Guanajuato

Alberto Carmona Velazquez

Mónica Toledo García

Coordinación y supervisión GIZ

Yuriana González Ulloa

Carlos Ernesto Palma Servín

Este Proyecto forma parte de la Iniciativa Internacional del Clima (IKI). El Ministerio Federal de Ambiente, Protección de la Naturaleza, Construcción y Seguridad Nuclear de Alemania (BMU por sus siglas en alemán) apoya esta iniciativa con base en una decisión adoptada por el Parlamento Alemán.

Publicado en México enero 2019

ÍNDICE

Índice de Tablas	5
Índice de Figuras.....	5
Acrónimos y Abreviaturas	6
Resumen Ejecutivo	8
1. Antecedentes	10
2. Introducción	12
3. Objetivos	13
3.1. Generales 13	
3.2. Particulares 13	
4. Las Ecotecnologías.....	14
4.1. Contexto Internacional y Nacional	17
4.2. Sectores en los que Aplica el Uso de Ecotecnologías	19
4.2.1. Energía	19
4.3. Agua	23
4.3.1. Abastecimiento y Purificación de Agua	23
4.4. Manejo de Residuos	24
4.4.1. Saneamiento de Agua.....	25
4.5. Catálogo de Ecotecnologías	26
4.5.1. Aspectos Generales de las Ecotecnologías	28
4.5.2. Requerimientos para su Aplicación	28
5. Matriz de Ecotecnologías para las Entidades Federativas	31
5.1. Indicadores por Entidad Federativa	31
5.2. Representación Gráfica de Selección de Ecotecnologías	36
6. Recomendaciones para la Selección de la Ecotecnología	39
6.1 Consideraciones de Efectividad, Costo e Innovación	39
6.1.1. Dimensión de Efectividad	40
6.1.2. Dimensión de Costos	41
6.1.3. Dimensión de Innovación	42
7. Conclusiones.....	44
8. Bibliografía y Fuentes Adicionales de Información	46

Índice de Tablas

Tabla 1. Criterios de selección de ecotecnologías.	9
Tabla 2. Ventajas de las ecotecnologías.	14
Tabla 3. Relación de ecotecnologías por sector	17
Tabla 4. Criterios para selección de ecotecnologías	26
Tabla 5. Ficha técnica de ecotecnología.	27
Tabla 6. Aspectos generales de las ecotecnologías	28
Tabla 7. Requerimientos para aplicación de ecotecnologías.	29
Tabla 8. Costo de la ecotecnología.	29
Tabla 9. Impactos y reducción de vulnerabilidad por ecotecnología.	30
Tabla 10. Impactos y reducción de vulnerabilidad por ecotecnología.	30
Tabla 11. Indicadores de cada categoría de ecotecnologías.	33
Tabla 12. Criterios para selección de ecotecnologías	34
Tabla 13. Simbología de colores para matriz de ecotecnologías.	35
Tabla 14. Elementos para el potencial de replicabilidad de las ecotecnologías.	40
Tabla 15. Categorías consideradas en criterios de costos.	41
Tabla 16. Ejemplo para cada criterio de costos.	42
Tabla 17. Contribuciones desde el usuario a las ecotecnologías	42
Tabla 18. Seguimiento y monitoreo post instalación de ecotecnologías.	43
Tabla 19. Ecotecnologías seleccionadas.	44

Índice de Figuras

Figura 1. Clasificación general de los temas de las ecotecnologías.	8
Figura 2. Principales sectores con impacto al cambio climático en México. Porcentaje de emisiones de GEI.	11
Figura 3. Criterios de medición de la vulnerabilidad	15
Figura 4. Ecotecnologías seleccionadas para matriz.	34
Figura 5. Ameba de las ecotecnologías del eje de Energía y sus indicadores sociales y ambientales.	37
Figura 6. Ameba de las ecotecnologías del eje de Agua y sus indicadores sociales y ambientales.	37
Figura 7. Ameba de las ecotecnologías del eje de Manejo de Residuos y sus indicadores sociales y ambientales.	38
Figura 8. Criterios de evaluación de pertinencia de la ecotecnología de acuerdo con las dimensiones de efectividad, costo e innovación.	39

Acrónimos y Abreviaturas

AMDEE	Asociación Mexicana de Energía Eólica
ANCE	Asociación Nacional de Normalización y Certificación, A.C.
CDMX	Ciudad de México
CH ₄	Metano
CFL	<i>Compact Fluorescent Lamp</i>
CAWST	<i>Centre for Affordable Water and Sanitation Technology</i>
CEMIE	Centro Mexicano de Innovación en Energía Eólica
CO ₂	Dióxido de carbono
CO ₂ e	Dióxido de carbono equivalente
COM	Comisión de las Comunidades Europeas
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CONAPO	Consejo Nacional de Población
CONAVI	Comisión Nacional de la Vivienda
CONEVAL	Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social
COPEP	Comité Promotor de Edificaciones Sustentables
CSA	Calentador solar de agua
EBA	Estructuras Bioclimáticas Avanzadas
EOI	Escuela de Organización Industrial
FAO	Organización para las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FBA	Filtro Biológico de Arena
FIDE	Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica
FIRA	Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura
FIRCO	Fideicomiso de Riesgo Compartido
FONAGA	Fondo Nacional de Garantías de los Sectores Agropecuario, Forestal, Pesquero y Rural
Gas LP	Gas licuado del petróleo
GEI	Gases de efecto invernadero
INAES	Instituto Nacional de la Economía Social
INFONAVIT	Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
LED	Light Emitting Diode
M&E	Monitoreo y evaluación
MJ	Megajoules
MRV	Monitoreo, reporte y verificación
MtCO ₂ e	Millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente
N/A	No aplica
NAFIN	Nacional Financiera

NFT	<i>Nutrient Film Technique</i>
NMX	Norma Mexicana
NORMEX	Sociedad Mexicana de Normalización y Certificación S.C.
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
ONG	Organización de las Naciones Unidas
ONU	Organización de las Naciones Unidas
OSC	Organización de la Sociedad Civil
PCES	Programa de Edificaciones Sustentables
PET	Tereftalato de polietileno
PNUMA	Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PROCALSOL	Programa para la promoción de calentadores solares de agua
PVC	Policloruro de vinilo
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SCALL	Sistema de captación de agua de lluvia
SEDATU	Secretaría Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano
SEDESOL	Secretaría de Desarrollo Social
SIE	Servicios Integrales de Energía
SES	Sanitario ecológico seco
SEMARNAT	Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales
SENER	Secretaría de Energía
SHF	Sociedad Hipotecaria Federal
SODIS	Solar Water Disinfection
UNT	Unidad Nefelométrica de Turbidez
$\frac{\mu g_{PM_{2.5}}}{m^3}$	Microgramos de partículas menores a 2.5 micrómetros por metro cúbico

Resumen Ejecutivo

México, se ha comprometido a reducir el 22 % de sus emisiones para el año 2030, para enfrentar este enorme desafío el gobierno mexicano ha reconocido la relevancia de implementar ecotecnologías dado su alto impacto ambiental, social y económico. Sin embargo, la selección eficiente, así como la adopción de las ecotecnologías son temáticas que necesitan una mayor claridad para los tomadores de decisiones ya que existen amplias brechas de información en cuanto al costo-eficiencia de las ecotecnologías, así como en los procesos de selección de la tecnología apropiada para cada caso.

Por esto, el presente informe proporciona lecciones aprendidas sobre el uso de ecotecnologías a nivel internacional y nacional, además de otorgar recomendaciones sobre su aplicación a nivel local y los beneficios que se generan por su uso. Las ecotecnologías presentadas, son el resultado de un análisis profundo que conllevó a una clasificación con criterios e indicadores verificables para que los tomadores de decisiones a nivel local puedan identificar el potencial impacto económico, ambiental y social que la implementación de una ecotecnología en sus estados puede generar.

La clasificación general que le fue asignada a las ecotecnologías de acuerdo con su uso directo es:



Figura 1. Clasificación general de los temas de las ecotecnologías.

Fuente: Elaboración propia.

Esta clasificación permitió la creación de un Catálogo de Ecotecnologías (Anexo I de este informe) que incluye criterios de selección por acceso y accesibilidad, climáticos y sociales los cuales son:

Potencial de reducción de los impactos negativos sobre el medio ambiente.

Posibilidad de ofrecer una eficiencia superior a bajo costo.

Mejora de la calidad de vida de las y los usuarios al optimizar el uso de recursos y la reducción de las causas y consecuencias de las vulnerabilidades; así como la implementación participativa como pilar de su adopción.

Tabla 1. Criterios de selección de ecotecnologías.

Fuente: Elaboración propia.

Este catálogo proporciona un listado de 34 ecotecnologías que pueden ser utilizadas a nivel local otorgando un amplio panorama de las posibilidades que existen para invertir e implementar ecotecnologías en cada una de las entidades federativas. De manera adicional, el resultado de este estudio generó una Matriz de selección de Ecotecnologías (Anexo II).

Dicha matriz permite seleccionar entre las diez ecotecnologías que resultaron ser las que cuentan con mayor potencial de implementación en las 32 entidades federativas por su factibilidad de acceso, asequibilidad y eficiencia para resolver las problemáticas climáticas, sociales y económicas, particularmente en medios rurales y periurbanos. Esta matriz, es una herramienta viva que le permite a los estados actualizar sus datos y tomar decisiones de política pública que otorgan grandes beneficios para sus entidades, además de contribuir a las agendas globales de cambio climático y objetivos de desarrollo sostenible.

El uso de los documentos mencionados para la toma de decisiones en la inversión e implementación de ecotecnologías trata de coadyuvar en la mitigación y adaptación al cambio climático mediante un proceso consciente e informado que toma en cuenta los criterios ambientales, sociales y de accesibilidad y asequibilidad de cada entidad federativa.

1. Antecedentes

El modelo de desarrollo económico dominante ha generado una crisis ambiental planetaria con graves repercusiones ambientales, sociales y económicas. Evidencia de ello es la sobreexplotación y degradación de varios servicios ecosistémicos (MEA, 2005) o el cambio climático que ya ha rebasado los umbrales críticos que la tierra puede amortiguar (Rockström et al., 2009). Este modelo ha sido auspiciado por un desarrollo tecnológico que ha privilegiado la maximización de las ganancias económicas sobre la búsqueda de conocimiento y el desarrollo de aplicaciones que beneficien a la humanidad, además de que ha promovido la devastación y explotación del ambiente, así como la injusticia social (Ortiz Moreno, Masera Cerutti, & Fuentes Guitérrez, 2014).

Ante esta situación han surgido movimientos que replantean el modelo de desarrollo tecnológico dominante. Uno de ellos ha sido el de la ecotecnología, el cual reconoce los impactos socio-ecológicos negativos del modelo actual. Este movimiento propone diseñar, crear, diseminar, adoptar e integrar tecnología y que esta propicie una relación armónica con el ambiente. Asimismo, busca contribuir a la reducción de la pobreza y la vulnerabilidad de la población que han sido excluidas de los beneficios y han sufrido las externalidades negativas del desarrollo tecnológico del capitalismo post industrial (Ortiz Moreno et al., 2014; Ortiz, Castillo, & Quintana, 2015). Además de que pueden constituirse como una estrategia integral para enfrentar el cambio climático por su alto potencial de mitigación de gases de efecto invernadero (GEI) y su contribución a la adaptación al cambio climático.

El cambio climático se refiere a la alteración del clima atribuida directa o indirectamente a actividades humanas las cuales modifican la composición de la atmósfera y que se suma a la variabilidad natural del clima (CMUCC, 1992). Es ocasionado por el incremento de GEI de origen antropogénico (Ghoniem, 2010; IPCC, 2012; Zollo, Rillo, Bucchignani, Montesarchio, & Mercogliano, 2016) y conlleva serias implicaciones entre las que destaca el incremento global de la temperatura que pone en peligro la supervivencia de la flora y fauna del planeta, la pérdida de hielo de los polos y el consecuente incremento del nivel del mar y la emisión de metano por el deshielo del permafrost. También, es el responsable del incremento en la frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos como sequías, huracanes e incendios. Por lo anterior, es importante reconocer, no sólo las amenazas y riesgos que trae consigo la alteración del clima, sino a considerar también la vulnerabilidad actual y futura que tienen las poblaciones humanas ante el incremento en frecuencia y severidad de desastres naturales.

La vulnerabilidad al cambio climático se define como la susceptibilidad, o la capacidad para hacer frente, que tiene un sistema dado, ante los efectos adversos del cambio climático como la variabilidad climática y los fenómenos extremos (LGCC, 2012). Se prevé que el cambio climático impactará más gravemente a los países en vías de desarrollo por su menor capacidad de respuesta (IPCC, 2007; Mendelsohn, Dinar, & Williams, 2006; World Bank, 2010) así como a comunidades pobres y marginadas quienes son las más vulnerables a los riesgos climáticos (Elsayyad & Morath, 2016; Vié, Hilton-Taylor, & Stuar, 2009).

Es necesario desarrollar capacidades preventivas y de respuesta ante los posibles impactos adversos como lo son: la generación de información y conocimiento sobre la vulnerabilidad de distintas regiones y sectores del país, el desarrollo de estrategias específicas, y el trabajo coordinado de las distintas instancias del gobierno y la sociedad (PNUD & GEF, 2005). Lo anterior para reducir los impactos potencialmente peligrosos y la vulnerabilidad de los sistemas.

México es un país en vías de desarrollo y a la vez un importante emisor de GEI. En 2014 ocupó el 13º lugar de los países con mayor cantidad de emisiones a nivel global (World Bank, 2018). Por su importante papel como gran emisor de GEI, en el marco del Acuerdo de París, el país se comprometió a reducir sus emisiones en un 22 % para el 2030. El logro de este objetivo depende en gran medida del desarrollo y transferencia de nuevas tecnologías que disminuyan las emisiones y mejoren la eficiencia energética (Hoekman, Maskus,

& Saggi, 2005; Karakosta, 2016; Poop, 2008; World Bank, 2010). En este contexto, las ecotecnologías pueden jugar un papel importante.

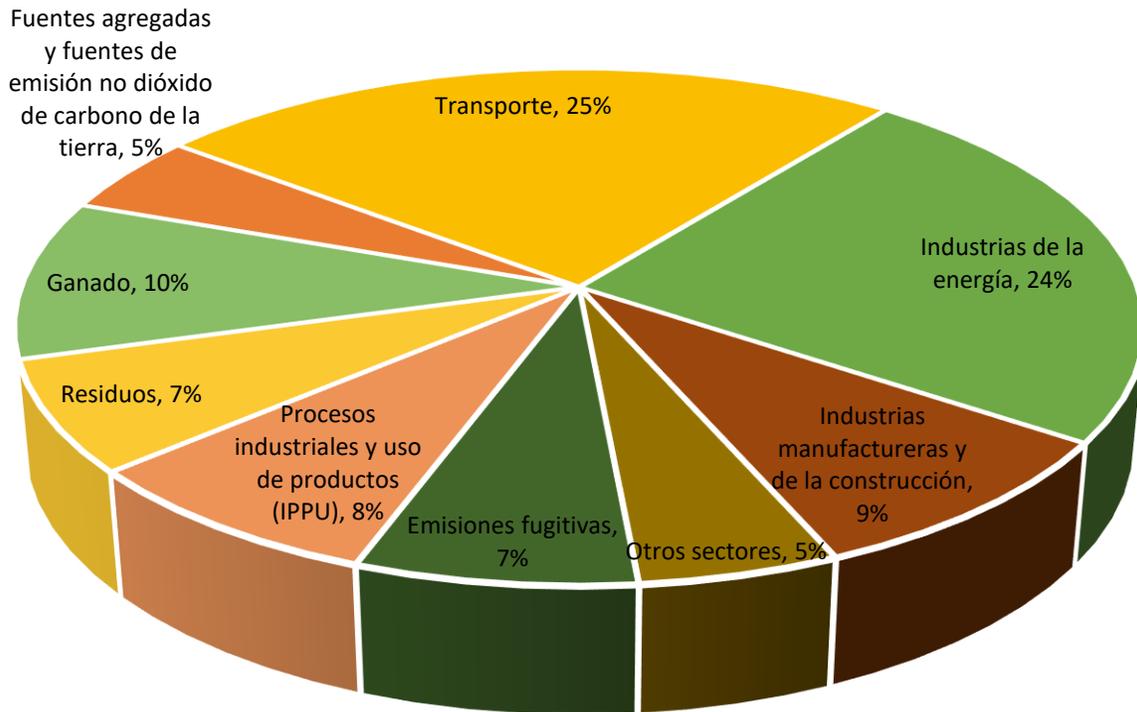


Figura 2. Principales sectores con impacto al cambio climático en México. Porcentaje de emisiones de GEI.
Fuente: Elaboración propia basada en datos del Inventario Nacional de Emisiones (INECC, 2015).

Como se puede observar en los datos de la Figura 2 son las actividades antropogénicas las que contribuyen de una mayor manera al cambio climático. Por ello es pertinente replantear tanto los medios como los fines de las actividades humanas en términos de sus impactos al ambiente. Las ecotecnologías coadyuvan en cambios tanto en los medios como en los fines de la obtención de algunos de los bienes y servicios básicos necesarios para la subsistencia de individuos y sus comunidades.

2. Introducción

México, al ser miembro de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), se ha comprometido a dar cumplimiento en el ámbito nacional a las metas establecidas en la Agenda 2030 relativa a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). En este contexto, los gobiernos de los diferentes niveles deben desarrollar sus políticas y programas bajo las directrices e indicadores de las diversas dimensiones del desarrollo sostenible, contenidas en los ODS.

A pesar de los grandes avances que se han tenido respecto al mejoramiento de la sostenibilidad ambiental, aún se enfrentan grandes desafíos para lograr un fortalecimiento institucional suficiente. El gobierno federal ha reconocido la relevancia de atender las carencias sociales a través de ecotecnologías dado el impacto ambiental, social y económico que tienen sobre la población y que al mismo tiempo pueden transferirse de forma mucho más accesible que otros tipos de infraestructura. Sin embargo, el enfoque con el que se transfieren puede o no favorecer su adopción, ya que, si no se hace bajo un enfoque participativo, de desarrollo de capacidades locales y de atención real a necesidades más urgentes, entonces conlleva a la reproducción de perspectivas asistencialistas, que favorecen la dependencia y que pueden comprometer los impactos ambientales de las ecotecnologías.

Por otra parte, la decisión de usar ecotecnologías debe contar con un enfoque participativo que inste a que los usuarios finales, incluidos todos los miembros de los hogares sin importar género ni edad, puedan comprender el funcionamiento, uso, manejo, mantenimiento y aprovechamiento de la tecnología, así como que puedan comprender cómo realizar un uso eficaz de ésta y sus impactos de corto, mediano y largo plazo.

El desarrollo de capacidades locales implica capacitaciones didácticas y dinámicas suficientes y culturalmente sensibles, así como la inclusión de los niños y jóvenes para que sean ellos quienes reconozcan y reproduzcan el aprovechamiento de las ecotecnologías y de prácticas sostenibles en general. Estas capacitaciones tienen que ser provistas por diferentes actores y a través de diversas metodologías para lograr procesos amplios de adopción y sensibilización. El presente documento muestra una visión integral de las mejores prácticas, así como posibilidades y recomendaciones de instalación según la situación climática de cada entidad federativa.

3. Objetivos

3.1. Generales

Implementar un marco de referencia en el análisis de ecotecnologías aplicables al contexto económico, político, social y ambiental de las entidades federativas que funja como una guía para orientar a los tomadores de decisiones acerca de las bases y criterios que identifican una intervención como exitosa.

Mostrar las consideraciones necesarias para que los beneficiarios de las ecotecnologías desarrollen capacidades de gestión, participación, conocimiento y responsabilidad sobre el uso sostenible de los recursos.

3.2. Particulares

- Mostrar aquellas ecotecnologías que se usan a nivel internacional y nacional, con base en su contexto político, social, económico y ambiental, resaltando aquellas con mayor potencial de implementación por su contribución a combatir los efectos del cambio climático.
- Otorgar un catálogo de ecotecnologías aplicables a nivel local que guíe a los tomadores de decisiones respecto a la factibilidad de instalación, posibles costos y beneficios, así como socialización y apropiación de la ecotecnología por parte de los beneficiarios.
- Proporcionar una herramienta con datos ambientales, sociales y económicos de cada una de las 32 entidades federativas que permita ser actualizada y genere una orientación específica sobre el tipo de ecotecnología con mayor potencial de ser implementada.

4. Las Ecotecnologías

Como ya se ha mencionado, se entienden a las ecotecnologías como dispositivos, métodos, servicios, productos y procesos que no tienen valor sólo *per se*, sino que su valor implica su potencial de coadyuvar en el mejoramiento de la calidad de vida, así como su potencial de impacto ambiental¹:

Reducen de manera significativa los impactos negativos sobre del ambiente.

Ofrecen una eficiencia superior a un bajo costo.

Ayudan a mejorar la calidad de vida de las y los usuarios al optimizar el uso de recursos y reducir las causas y consecuencias de las vulnerabilidades.

Se implementan bajo procesos participativos en donde se involucra de manera directa a los usuarios y a diferentes sectores como la academia, el gobierno y a las organizaciones de la sociedad civil para incidir en su adopción.

Tabla 2. Ventajas de las ecotecnologías.

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al mejoramiento de la calidad de vida, para efectos de esta investigación, se tomará en consideración la reducción de vulnerabilidades claramente medibles tomando como referencia la reducción de carencias establecidas por el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), organismo que establece que la vulnerabilidad se mide por las siguientes carencias:

¹ Elaboración propia a partir de propuestas en: Ortiz-Moreno, Jorge, Sandra Malagón, and Omar Masera. 2015. "Ecotecnología y Sustentabilidad: Una Aproximación Para El Sur Global." *Interdisciplina* 3(1): 194–215. Ortiz Moreno, Jorge Adrián, Omar Raúl Masera Cerutti, and Alfredo Fernando Fuentes Guitérrez. 2014. *La Ecotecnología En México*. Ciudad de México: Unidad de Ecotecnologías del Centro de Investigaciones en Ecosistemas de la Universidad Nacional Autónoma de México. Brunklaus, Birgit, Jutta Hildenbrand, and Steven Saransini. 2013. 03 Vinnova Analysis *ECO-Innovative Measures in Large Swedish Companies - An Inventory Based on Company Reports*. Stockholm: Chalmers University of Technology. Québec Cleantech Cluster. 2018. "Écotech Québec - Clean Technologies." Report. <http://www.ecotechquebec.com/en/clean-technologies/cleantech/> (September 15, 2018).



Figura 3. Criterios de medición de la vulnerabilidad
Fuente: CONEVAL.

Estas carencias responden a la cobertura de lo que Amartya Sen define como las necesidades básicas (Sen, 1999). De acuerdo con Sen existen necesidades básicas que deben ser cubiertas para poder subsistir; las ecotecnologías pueden realizar aportes significativos para poder cubrirlas. Sin embargo, Sen también menciona que la cobertura de necesidades básicas no es suficiente; se necesitan de herramientas para que las personas puedan convertir esos bienes y servicios básicos en funcionamientos humanos.

Por eso se necesitan procesos que permitan que las ecotecnologías se transformen en apropiadas y/o apropiables, por lo que los procesos que permitan una adecuada adopción de la tecnología son tan importantes como la tecnología en sí. Los procesos de contextualización, difusión, capacitación y sensibilización permiten que la cobertura de necesidades básicas, a partir de la ecotecnología, se conviertan en lo que Sen denomina como los funcionamientos humanos (Sen, 1993). Aunado a ello, es necesario retomar dos elementos fundamentales de la ecotecnología: su potencial de mitigación y adaptación al cambio climático. Los factores de riesgo de cambio climático son causa y consecuencia de la vulnerabilidad, por lo que atajarlos es relevante para poder convertir los funcionamientos humanos en capacidades humanas.

Para poder enfrentar los desafíos del acelerado cambio climático se requiere que las personas no sólo puedan satisfacer sus necesidades para convertirlas en funcionamientos, sino que también desarrollen actitudes y comportamientos que contribuyan a una mejora del medio ambiente, a través del uso de las ecotecnologías. Para ello, se ha desarrollado un “Catálogo de Ecotecnologías” (Anexo 1) perteneciente a este mismo estudio, en el cual se proponen criterios específicos que son necesarios para que cada ecotecnología pueda cumplir con los propósitos esperados.² Al mismo tiempo, éstos corresponden tanto a cuestiones técnicas como a factores geográficos, climáticos, sociales³ y económicos determinados. Las ecotecnologías tienen por lo tanto el potencial de implementar medidas para frenar los factores que contribuyen al cambio

² Estos criterios se encuentran contenidos en las fichas técnicas contenidas en el Catálogo de ecotecnologías.

³ Se consideran como relevantes los criterios de vulnerabilidad ya que son “los grupos sociales que por ser excluidos del desarrollo han contribuido menos a la devastación planetaria y 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” (Ortiz-Moreno, Malagón, and Masera 2015, 4).

climático, así como para generar estrategias de adaptación para enfrentar mejor las condiciones de sus efectos (SEMARNAT, 2015).

Lo anterior permite que las ecotecnologías sustenten de forma directa e indirecta el cumplimiento de los indicadores propuestos para el alcance de los ODS. Además, se propone a las ecotecnologías como aquellas herramientas que pueden ayudar de manera contextualizada a mejorar la calidad de vida de las personas en situación de vulnerabilidad. Se trata de una intervención integral, siempre y cuando existan procesos tanto de apropiación como de fomento de un ambiente institucional favorable para su implementación.

4.1. Contexto Internacional y Nacional

“[...] En los países desarrollados una gran parte de la discusión sobre las ecotecnologías ha hecho énfasis en su utilización como medio para disminuir el impacto ambiental del crecimiento económico, e incluso hacerlo compatible con el entorno ecológico, siguiendo los lineamientos del desarrollo sustentable. Asimismo, aunque la conceptualización original de la ecotecnología se centró en el manejo de ecosistemas, la visión sistemática fue incorporada a la industria y posteriormente la atención saltó del sector productivo al de consumo y los usuarios de la tecnología” (Ortiz Moreno et al., 2014, p. 10).

Es así como el concepto de ecotecnología, así como el discurso eco tecnológico han ido mutando desde uno centrado solo en la tecnología y su potencial de mitigación y adaptación al cambio climático, hacia uno que ha sido capaz de incorporar criterios sociales, económicos y de política pública. Los criterios sociales y económicos han sido incorporados a partir de la publicación del reporte “Nuestro Futuro Común” de las Naciones Unidas, con el cual se definió al desarrollo sustentable (United Nations World Commission on Environment and Development, 1987). Aunque este concepto no cuestiona la inequitativa distribución actual de poder y recursos naturales, es imprescindible que este tipo de desarrollo tome en consideración las causas económicas, sociales y políticas de la pobreza, exclusión y por ende las vulnerabilidades. Para el caso de México, se espera que la provisión de bienes y servicios básicos, a partir de las ecotecnologías, facilite su apropiación, al ser una solución a las necesidades presentes. Se espera que además coadyuven en la resolución de la brecha social.

“Un aspecto clave [...], es que las ecotecnologías deben hacer referencia a un contexto socioeconómico específico. No existen ecotecnologías universales ni adecuadas *a priori*, sino que pueden ser adecuadas o no dependiendo del contexto socioeconómico, histórico, cultural y ambiental específico, así como la tarea específica que buscan desempeñar.” (Ortiz Moreno et al., 2014, p. 16).

En la Tabla 3 se presentan aquellas ecotecnologías disponibles y accesibles de acuerdo con su potencial para satisfacer las necesidades humanas básicas y para contribuir a la mitigación y adaptación de los efectos del cambio climático en México. Al mismo tiempo, se incluyen estudios de caso a nivel internacional, como un referente de la aplicación de estas tecnologías y los resultados que estas implementaciones han generado.

Sector	Eje	Ecotecnología
Energía	Generación de electricidad	Sistemas fotovoltaicos
		Aerogeneradores
	Cocción de alimentos	Estufas eficientes
		Ollas solares
	Conservación de alimentos	Deshidratadores solares
Calentamiento de agua	Calentadores solares de agua	
Agua	Abastecimiento y purificación de agua	Sistemas de captación de agua de lluvia (SCALL)
Manejo de residuos	Manejo de residuos	Biodigestores
		Sanitarios ecológicos secos
	Saneamiento de agua	Biofiltros

Tabla 3. Relación de ecotecnologías por sector

Fuente: Elaboración propia basada en Ortiz Moreno et al. (2014, p.28).

Para fines prácticos se ha ubicado cada una de las ecotecnologías en un eje o necesidad básica particular la cual cubrirá un uso o tarea específica. Por ejemplo, en el eje de energía existen diversas tareas específicas como el calentamiento de fluidos o la cocción de alimentos y es en donde se puede elegir entre un conjunto de ecotecnias como estufa eficiente u olla solar para realizar dicha actividad.

Además, se establecieron una serie de aspectos generales e indicadores, como porcentajes de acceso a los servicios básicos de alcantarillado y saneamiento básico en zonas urbanas y rurales, emisiones de CH₄, eficiencia física del agua, costos de implementación, entre otros. Dichos elementos permitirán evaluar de manera sistemática cada una de las ecotecnologías.

Las herramientas empleadas para la recopilación de información consistieron principalmente en la consulta bibliográfica a través de bases de datos con contenido académico especializado. También se contó con la opinión de expertos en ecotecnologías y cambio climático en torno a la selección de criterios para el análisis de la contribución de los dispositivos de ecotecnología para la mitigación y adaptación al cambio climático.

4.2. Sectores en los que Aplica el Uso de Ecotecnologías

4.2.1. Energía

Las ecotecnologías que satisfacen el acceso a energía tienen potencial de mitigación del cambio climático a través de la reducción de GEI. Ya sea a través del uso de energía solar para la generación de electricidad, calor para la cocción y conservación de alimentos, el calentamiento de agua o a través del uso eficiente de los recursos biomásicos como la leña u otros para la cocción de alimentos. Además, contribuyen a la conservación de bosques los cuales son sumideros naturales de carbono.

4.2.1.1. Generación de Electricidad

Los procesos convencionales para la generación de energía eléctrica se basan en la quema de combustibles fósiles como el carbón o el combustóleo, los cuales emiten cantidades importantes de GEI como dióxido de carbono (CO₂), dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x) entre otros contaminantes atmosféricos. México produce alrededor del 1.5 % de la energía total mundial, siendo los hidrocarburos los que aportan alrededor del 87 % de la producción energética primaria (SENER, 2015). Actualmente el 1.3 % del total de viviendas en México no cuenta con electricidad, siendo principalmente comunidades rurales marginadas y aisladas de la red eléctrica. Ante esta situación, el uso de ecotecnologías como sistemas fotovoltaicos o aerogeneradores, son opciones limpias de generación de electricidad ya que se evita el uso de petróleo, gas natural y carbón para su producción.

Caso de Éxito en Generación de Electricidad

Las formas de generación eléctrica a partir de Sistemas Solares Fotovoltaicos han logrado una serie de beneficios sobre los usuarios en muchos contextos en los que se implementan. Un ejemplo de ello es, la Isla de Saga Dweep en Sundarbans en el estado de Bengala Occidental. En esta isla las necesidades eléctricas de la población se satisfacían únicamente a través de plantas de generación por diésel, sin embargo, el abastecimiento de esta energía solo podía satisfacer a 650 consumidores que estuvieran ubicados cerca de la principal avenida de la isla y por un total de 4 h máximo. Además, la subida del precio del diésel generó el incremento en el precio de la electricidad haciéndola cada vez más inaccesible. A causa de esto, la isla aprobó proyectos para la implementación de plantas solares fotovoltaicas. Para el año de 1995 se instaló la primera planta en el pueblo de Kamalpur, a esta planta le precedieron otras 4 plantas más, esto con la finalidad de abastecer de la mayor cantidad de energía a los habitantes de la isla. Para los años consecutivos, las plantas fotovoltaicas contribuían con la satisfacción eléctrica del 35 % de los hogares de las áreas aledañas durante al menos 5 horas por la noche. El 68% restante no se ha beneficiado de este servicio debido a la capacidad limitada de las plantas, por lo que se plantea la instalación de nuevas plantas (Chakrabarti & Chakrabarti, 2002).

4.2.1.2. Cocción de Alimentos

Actualmente, alrededor del 40 % de la población total depende directamente de la combustión de biomasa como combustible principal, lo cual representa cerca de 2,800 millones de personas en el mundo que usan leña o carbón para la cocción de alimentos o el calentamiento de sus hogares principalmente en zonas rurales (Foell, Pachauri, Spreng, & Zerriffi, 2011).

Lo anterior, ha traído consigo una serie de impactos de diversa índole y a distinta escala; el mantenimiento de estas prácticas impulsa la degradación de los recursos forestales. Por ejemplo, se estima que al año se

aprovechan más de 15 millones de hectáreas de bosques tropicales para el abastecimiento a pequeña escala de combustibles leñosos (Bailis, Drigo, Ghilardi, & Masera, 2015; Cvijetic, S., Pattie, D., Smitall, M., Meneghetti, F., Kopolo, G., Candelori, 2004; Díaz, Berrueta, & Masera, 2011; Ezzati, Mbinda, & Kammen, 2000; Johnson, Edwards, Alatorre Frenk, & Masera, 2008; Smith, Samet, Romieu, & Bruce, 2000).

Por otro lado, el humo proveniente de la combustión de leña contiene material particulado, monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO₂), óxido de azufre (SO₃), formaldehídos (H₂C=O) y materiales orgánicos policíclicos incluyendo cancerígenos como benzopireno (Ezzati et al., 2000; Smith et al., 2000). Estos contaminantes tienen graves repercusiones sobre la salud de los usuarios pues mundialmente 1.5 millones de personas principalmente mujeres y niños mueren de manera prematura por la combustión ineficiente y la contaminación dentro de los hogares (Foell et al., 2011).

Se estima que la quema de combustibles leñosos (no renovables) genera 1.0-1.2 Gton de CO₂e al año lo que representa alrededor del 1.9-2.3 % de las emisiones globales (Bailis et al., 2015; Díaz et al., 2011; González-Avilés, López-Sosa, Servín-Campuzano, & González-Pérez, 2017; Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

A nivel internacional se han reportado diversos esfuerzos para desarrollar y difundir tecnologías de energías renovables para la cocción de alimentos y el calentamiento de fluidos como las estufas de biogás, el uso de estufas eficientes o las ollas solares (Pohekar, Kumar, & Ramachandran, 2005). En el caso de las estufas eficientes dichos esfuerzos iniciaron a partir de la segunda mitad del siglo XX en la India, Indonesia, África y América central. Actualmente los proyectos más grandes se encuentran en países como China, India, Kenia y América Latina (Díaz et al., 2011).

En México, el panorama anterior es similar ya que, poco menos del 50 % de la energía doméstica para la cocción de alimentos y el calentamiento de agua es generada a través de la quema de leña y gran parte de esta es generada en entornos rurales con índices de marginación y pobreza. Se estima que el 89 % de la población rural y el 11 % de la urbana dependen de este combustible y su consumo promedio por familia es de 4.6 toneladas al año (Berrueta, 2007).

Actualmente existe un gran bagaje teórico y práctico sobre el tema, el cual se ve reflejado en la amplia variedad de modelos de estufas ecológicas disponibles en México (Ortiz Moreno et al., 2014). Dichos esfuerzos contribuyen a mitigar la emisión de GEI y a reducir la presión sobre los recursos forestales por el uso eficiente de la leña u otros o por su desuso en el caso de las ollas solares.

Caso de Éxito en Cocción de Alimentos

La empresa Aga Khan Planning and Building Services de Pakistan diseñó una estufa eficiente que reduce el uso de combustibles entre un 30 y un 50 %, así como una disminución significativa de la emisión de humo al interior de los hogares, reduciendo los problemas de salud relacionados. La agencia trabajó con los miembros de las comunidades de Sindh para que fuese apropiada a las necesidades culturales y climáticas. Se usaron materiales locales para su construcción y se adecuó el diseño al tipo de casa de la región.

Se entrenó a hombres y mujeres tanto en la construcción como en la instalación de las estufas, lo cual genera una fuente de ingreso, así como una oferta local del producto. Se entrenó a personas encargadas de las ventas, especialmente a mujeres, para que pudieran promover las estufas y crear el contacto entre los fabricantes y la demanda. Se creó un programa de sensibilización para fomentar el uso de las estufas eficientes que incluía los beneficios de la tecnología.

En promedio, las familias vieron un incremento del 25 % en su ingreso a partir de ahorros en la compra de leña, en las cuentas médicas y en los costos de reparación de modos de cocción ineficientes. Las mujeres ahora pueden hacer varias cosas a la vez, en lugar de sólo concentrarse en la preparación de alimentos. Este proyecto

logró beneficiar a aquellos en una mayor desventaja económica y de acceso a recursos. También demostró la importancia de adaptar la tecnología al contexto determinado y mejoró significativamente la salud de las usuarias (Jaffer & Parpia, 2017).

4.2.1.3. Conservación de Alimentos

De acuerdo con el Programa de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) se estima que una tercera parte de la comida producida en el mundo se desperdicia, es, aproximadamente 1,300 millones de toneladas se pierden al año (2015). Se estima que la huella global de carbono de los alimentos que no se consumen es de 3.3 Gton de CO₂e y en Latinoamérica es de cerca de 550 kg per cápita de CO₂e (FAO, 2015). Por otro lado, la cada vez más frecuente e intensa presencia de episodios climáticos extremos afecta la disponibilidad y acceso a alimentos lo cual tiene serias implicaciones en los bienes y oportunidades de los medios de vida en zonas rurales como urbanas.

La producción agrícola total en México para uso alimentario y no alimentario es aproximadamente de 6 Gton. Y se estima que el volumen de desperdicio es de 1.6 Gton de productos primarios y 1.3 Gton de alimentos. Este desperdicio tiene graves implicaciones ambientales como las emisiones derivadas del cambio de uso de suelo para la agricultura o la emisión de GEI por la quema de combustibles fósiles que se requerirían para deshidratarlos y conservarlos (FAO, 2007, 2013). Por otro lado, la mayoría de estas pérdidas es en sectores vulnerables, como es el caso de pequeños productores, quienes generalmente carecen de apoyos financieros o asistencia técnica que les permita dar valor agregado y distribuir adecuadamente estos productos (Ortiz Moreno et al., 2014).

Cabe mencionar que la mayoría de estas pérdidas de alimento en México, podrían ser procesadas mediante deshidratación solar para aumentar su vida de anaquel y diversificar la fuente de ingresos de los productores (Vargas-Medina, 2013). El uso de deshidratadores solares es una opción para preservarlos.

Caso de Éxito en Conservación de Alimentos

Un ejemplo de conservación de frutas fue llevado a cabo en el centro y sur de Uganda a principios de los años 90. Fruits of the Nile (FON) es un proyecto que surgió como una alternativa para procesar y conservar los excedentes de fruta, que a menudo se desperdician en los cultivos, a través del uso de deshidratadores solares. En el año 2007 FON logró vender 120 toneladas de fruta seca y actualmente tiene proyectos en Pakistán, Ghana y Burkina Faso.

En México, diversas instituciones han participado en el diseño, estudio e innovación de varios modelos de deshidratadores solares. Algunas de las experiencias de deshidratación incluyen productos como el secado de café, quesos, quelites, hongos comestibles y frutas diversas (Berrones et al., 2008; Berrueta-Soriano, Limón-Aguirre, Fernández-Zayas, & Soto-Pinto, 2003; Vargas-Medina, 2013; Vidal Santo et al., 2012).

4.2.1.4. Calentamiento de Agua

El calentamiento del agua es una actividad cotidiana a nivel doméstico en el país, la cual representa alrededor del 6 % del consumo energético total (CONAE, 2007). El consumo de gas LP y electricidad son los combustibles de mayor uso que se consumen en zonas urbanas, sin embargo, también pueden utilizarse otros combustibles como la leña y el carbón vegetal, sobre todo en zonas rurales.

El 85.5 % de la energía utilizada para el calentamiento de agua es consumida por las viviendas de localidades urbanas, las que en promedio consumieron 5084.1 MJ mensuales y concentraron el 80 % de los 11.4 millones de calentadores existentes en México; por su parte, las viviendas mixtas y rurales promediaron aproximadamente dos niveles de consumo: 915.5 y 1611.4 MJ, respectivamente (Franco & Velázquez, 2014).

Debido a que la utilización de combustibles fósiles o biomásicos contribuye al cambio climático en términos de emisiones de GEI derivados por la quema de dichos combustibles, el uso de Calentadores Solares de Agua (CSA), es una alternativa viable y con prácticamente nulos impactos ambientales. Ejemplo de esto es la instalación y puesta en operación de 1.7 millones de m² de CSA por el Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua (PROCALSOL), en el periodo 2008-2012. De acuerdo con sus estimaciones, evitarían el consumo de 635 millones de litros de gas L.P. durante ese periodo (CONUEE, GIZ, & ANES, 2011).

Caso de Éxito en Calentamiento de Agua

Hawaiian Electric Company (HECO) es el programa de CSA más grande de los Estados Unidos de Norteamérica, con cerca de 20,000 sistemas instalados tan sólo entre 1996 y el 2002. Durante esos años, los sistemas instalados, han logrado reducir la demanda de otras fuentes de energía para calentar el agua por un total de 12.7 MW. La extensión del programa en la isla se ha logrado gracias a diversos mecanismos de apoyo, tales como programas de sensibilización y mercadeo, incentivos financieros y una alta garantía en la calidad del producto. La instalación de los sistemas se debe de efectuar únicamente por instaladores certificados, usando únicamente productos pre aprobados y cada sistema debe de pasar una inspección de calidad rigurosa. Este programa ha permitido un ahorro de 53.8 millones de kWh.

En términos ambientales se han ahorrado 89,730 barriles de petróleo y se han evitado 47,048 toneladas de CO₂ emitidos a la atmósfera. Los participantes han ahorrado \$7.1 millones de dólares anuales, con un promedio anual de \$366 dólares por participante. Los costos del programa han sido anualmente alrededor de los \$4.8 millones de dólares. Se ha fomentado la industria de energía solar, promoviendo un aumento del 75 % anual de adquisición de estos productos, el programa ha fomentado la creación de al menos 12 nuevas empresas y la creación de 150 empleos nuevos por año (Richmond, Still, Curry, Jones, & Bircher, 2003).

4.3. Agua

Las ecotecnologías que satisfacen el acceso al agua tienen potencial de mitigación del cambio climático ya que reducen la dependencia de sistemas centralizados altamente dependientes de electricidad. Además, reducen la vulnerabilidad de la población al permitir acceso a agua potable.

4.3.1. Abastecimiento y Purificación de Agua

En México el 5.4 % de la población nacional carece de agua entubada en su vivienda, lo que representa más de 1.7 millones de viviendas. Además, la disponibilidad de agua en México va a la baja y se espera que para 2020 descenderá hasta 3,500 m³. Por otro lado, la provisión de agua en las ciudades ha generado impactos negativos que se expresan en la contribución al cambio climático a través de la emisión de GEI derivados de las extracción, purificación y dotación de agua a través de la red pública (CONAGUA, 2017).

Los sistemas de captación de agua de lluvia (SCALL) y los purificadores de agua son una alternativa que ofrece la democratización del agua de forma sustentable porque permite a sus usuarios independizarse parcialmente de la red pública de agua potable. Además, esta ecotecnología contribuye a la mitigación del cambio climático en la medida que disminuye la vulnerabilidad de la población ante inundaciones, principalmente en las ciudades donde, al captar agua de lluvia en las viviendas, se disminuye el volumen que potencialmente podría inundar la ciudad.

Caso de Éxito en Abastecimiento y Purificación de Agua

En el departamento de Morazán, El Salvador, hay varios meses de sequía que dificultan llevar a cabo la actividad agrícola, esto se traduce en grandes pérdidas económicas para los agricultores de este lugar. En respuesta a esta problemática, los gobiernos municipales de Sensembra y Yamabal, en conjunto con la FAO, la Agencia Mexicana de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AMEXCID) y el Proyecto de Integración y Desarrollo de Mesoamérica, decidieron implementar un proyecto de Sistemas Captadores de Agua de Lluvia en el marco del Programa Mesoamérica Sin Hambre. Los agricultores se vieron ampliamente beneficiados, pues durante los meses de lluvias, esta agua es almacenada para después ser utilizada durante los meses de sequía y así evitar la pérdida de los cultivos. El sistema implementado almacena 110 m³, los cuales, son suficientes para cubrir la demanda de agua en los sistemas de cultivo (Proyecto Mesoamérica, 2018).

4.4. Manejo de Residuos

Las ecotecnologías que satisfacen el manejo de residuos tienen potencial de mitigación del cambio climático a la vez que transforman desechos pecuarios en recursos que pueden utilizarse para la producción de biofertilizantes como el biol o, de biocombustibles como el biogás. La generación de ambos productos ofrece una opción a los fertilizantes o combustibles convencionales provenientes de combustibles fósiles.

De acuerdo con la FAO poco menos del 20 % de las emisiones de GEI globales provienen de los desechos pecuarios, siendo el gas metano uno de los más contaminantes de todos. En México la producción pecuaria es la responsable del 7 % del total de las emisiones nacionales.

Una opción para transformar estos desperdicios agropecuarios como el estiércol, así como residuos orgánicos y aguas residuales domésticas e industriales, es su transformación en biogás y biofertilizantes. Esta conversión tiene importantes contribuciones ambientales como la reducción de GEI, la reducción de contaminación de cuerpos de agua, la disminución en la adquisición y uso de agroquímicos, el mejoramiento de suelos, la reducción de la presión de recursos biomásicos y sobre los combustibles fósiles (Sistema Biobolsa, 2018).

En el caso del biogás, este constituye una fuente de energía que puede ser empleada para la producción de electricidad, calor, combustible automotriz o como sustituto del gas natural (Weiland, 2010). Este biocombustible representa una alternativa para la mitigación de GEI debido a que aprovecha el metano producido por la descomposición de residuos, a la vez que reduce la dependencia a combustibles fósiles o recursos biomásicos.

Para el caso de los biofertilizantes, estos pueden ser producidos a través de biodigestores y sanitarios ecológicos secos. Ambas ecotecnologías ofrecen soluciones a problemáticas ambientales como la contaminación de cuerpos de agua, suelo y la dependencia a combustibles sólidos. Estos permiten un manejo adecuado de los desechos a la vez que los transforman en recursos que contribuyen a la recuperación del suelo y el mejoramiento en la producción agrícola.

Caso de Éxito en Manejo de Residuos

En la península de Yucatán, en México, la empresa social Sistema Biobolsa logró mediante la adecuación al contexto rural indígena mexicano el desarrollo de un biodigestor modular que en conjunto con un riguroso proceso de seguimiento postventa y retroalimentación por parte de las y los usuarios, una reducción significativa de contaminación de suelo que era derivado de un manejo ineficiente de desechos pecuarios, al mismo tiempo, debido a las características kársticas del suelo, la infiltración a los acuíferos de los desechos de los animales representaba un grave riesgo tanto para una importante fuente natural de agua como para la salud de los pobladores. Actualmente se han instalado más de 500 biodigestores en la península y se ha logrado reducir el estrés económico de las familias mediante la autoproducción de biogás y de biol.

Por un lado, el biogás sustituyó la compra de gas LP y de leña, reduciendo así también los riesgos a la salud causados por la producción de humo negro y gris al momento de la preparación de los alimentos. Por el otro, el biol logra la sustitución de compra de fertilizantes y un aumento en cantidad y calidad de las cosechas tanto para autoconsumo como para comercialización. Se logra una diversificación de los ingresos al crear nuevas oportunidades a partir del aprovechamiento de los dos subproductos; el biogás por una parte permite la tecnificación de procesos tales como el procesamiento de la carne de cerdo lo que permite la venta de productos con un valor mucho más alto, y el aprovechamiento eficiente del biol permite la venta de productos competitivos y orgánicos, así como una mejor nutrición que se ha visto reflejada en un mejoramiento significativo de la salud de niñas y niños de las comunidades mayas beneficiarias (Sistema Biobolsa, 2018).

4.4.1. Saneamiento de Agua

El aumento de la población ha traído consigo un aumento de la demanda del recurso hídrico, ejerciendo una presión directa importante sobre el ciclo hidrológico. Sin embargo, este aumento en la demanda también ha traído una mayor generación de aguas residuales, de las cuales una proporción importante (sobre todo en los países en desarrollo) se vierte sin tratamiento en los cuerpos de agua superficiales.

A nivel mundial se estima que alrededor del 85 y 95 % del agua residual se descarga directamente a los cuerpos de agua (ríos, lagos y océanos) sin recibir un tratamiento previo (CONAGUA, 2015) siendo el nitrógeno (N), fósforo (P), compuestos orgánicos, bacterias coliformes fecales y materia orgánica sus principales contaminantes (Jiménez, Torregrosa, & Aboites, 2010).

Por otro lado, en el año 2014, en México las entidades que generaron mayores caudales de aguas residuales fueron el estado de México ($27.7 \frac{m^3}{s}$), Distrito Federal ($22.5 \frac{m^3}{s}$), Jalisco ($14.3 \frac{m^3}{s}$), Veracruz ($13.4 \frac{m^3}{s}$) y Nuevo León ($12.9 \frac{m^3}{s}$) (SEMARNAT, 2015) que en conjunto aportaron alrededor del 39 % del volumen nacional generado para ese año, siendo las aguas residuales de origen doméstico las más importantes.

Una solución para el tratamiento de aguas residuales es el uso de biofiltros (también llamados lavaderos ecológicos o biojardineras) de los cuales no existe una definición precisa, pero hacen referencia a varias tecnologías utilizadas para la remoción de contaminantes mediante procesos biológicos donde el tiempo de retención que el sistema necesita para la correcta eliminación de patógenos depende del uso final que se le dé al agua (Ortiz Moreno et al., 2014).

Caso de Éxito en Saneamiento de Agua

En el Estado de Oaxaca, surge por parte del Instituto de la Naturaleza y la Sociedad de Oaxaca (INSO) una iniciativa para disminuir la contaminación de aguas negras y grises de los hogares mediante biojardineras. Con un costo aproximado de 11 mil pesos de biojardinera por vivienda, se logra el procesamiento de aguas negras y grises, así como la generación de fertilizante para los productores orgánicos de la comunidad de San Sebastián Etla. Primero las aguas negras y grises tienen que pasar por una serie de filtros que atrapan las grasas y los sedimentos, después las aguas grises y negras se dirigen a las biojardineras en donde se siembran plantas, ya sean árboles frutales o de ornato, más no hortalizas de consumo directo por la cantidad de contaminantes que aún contiene el agua, y son estas plantas las que se encargan de continuar con el procedimiento; primero a partir de la labor de los microorganismos que viven en las raíces de las plantas y después inyectando oxígeno en el agua. Una vez que el agua contaminada pasa por los filtros y por las biojardineras los productores orgánicos pueden utilizarla para el riego de sus hortalizas orgánicas, alimentar peces o dirigirla a una zanja para la restauración de suelo agrícola. Esta iniciativa no sólo es accesible, sino que brinda una solución práctica para los pequeños productores de la región y les permite seguir generando ingresos a partir de una producción orgánica⁴.

⁴ Oaxaca Media. (2014). Construyen biojardineras, alternativa para sanear agua | Oaxaca Media Oaxaca Media Noticias de Oaxaca y México. Retrieved January 9, 2019, from <http://www.oaxaca.media/informaciongeneral/construyen-biojardineras-alternativa-para-sanear-agua/>

4.5. Catálogo de Ecotecnologías

El Anexo 1 de este documento se presenta un catálogo de ecotecnologías existentes a nivel internacional y nacional. Este tiene como propósito, presentar fichas técnicas de diversos tipos de ecotecnologías existentes y no de la variedad de modelos que pueden llegar a encontrarse dentro de cada una, por lo que este catálogo será una referencia de consulta y no un compendio definitivo. La selección de las ecotecnologías se hizo bajo la consideración de los siguientes criterios:

1	Potencial de adaptación de las ecotecnias a diversas condiciones locales en México. Es decir, aquellas tecnologías que puedan ser de fácil acceso en su uso y manutención.
2	Ecotecnologías que puedan replicarse bajo diversas condiciones climáticas y ambientales.
3	Ecotecnologías con potencial de mitigación de GEI.
4	Tecnologías enfocadas en la reducción de vulnerabilidades relacionadas con bienes y servicios básicos.

Tabla 4. Criterios para selección de ecotecnologías
Fuente: Elaboración propia.

La forma de presentación de cada ecotecnología se hace a partir de la descripción de aspectos generales que fungirán como una guía de criterios que deben ser considerados al momento de elegir el tipo de ecotecnia a implementarse por entidad federativa. El conjunto de estos criterios conforma las fichas técnicas de cada una de las ecotecnias contenidas en el catálogo.

En la Tabla 5 se describe el formato de las fichas que conforman el catálogo de las ecotecnologías , además se definen cada uno de los criterios que han sido tomados en cuenta.

Nombre de la Ecotecnología						
Entorno		Sector beneficiado		Beneficiarios		
Descripción general						
Objetivos (ODS)						
Requerimientos para su Aplicación						
Habilitador institucional				Especificaciones técnicas	Instrumentos regulatorios	
Infraestructura / Construcción						
Equipo y asistencia técnica						
Operación y mantenimiento						
Costo de la Ecotecnología						
Costo			Rentabilidad		Accesibilidad económica	
Temporalidad						
Tiempo de implementación				Aceptación cultural	Vida útil	
Impactos / Reducción de Vulnerabilidad				Imagen muestra		
Mitigación CO2e						
Generación de Watts						
Madurez tecnológica						
Validez		Replicabilidad				
Riesgos y/o barreras						
Co – Beneficios						
Ambientales						
Sociales						
Económicos						

Tabla 5. Ficha técnica de ecotecnología.
Fuente: Elaboración propia.

4.5.1. Aspectos Generales de las Ecotecnologías

Aspecto	Descripción
Entorno (rural o urbano)	Se refiere al entorno de la población objetivo. De acuerdo con el INEGI, un entorno <i>rural</i> es aquel que tiene una población menor a 2500 personas. Un entorno <i>urbano</i> es aquel con una población mayor a 2500 habitantes.
Sector	Especifica el sector beneficiado con la ecotecnología (residencial, industrial, agropecuario, transporte). Es posible que el beneficio obtenido se encuentre presente en más de un sector.
Beneficiarios	Cuantificación de los beneficiarios potenciales de la medida.
Descripción general de la ecotecnología	Describe de manera breve las características y aspectos generales de las ecotecnologías. Considera aspectos relacionados con el alcance, los objetivos y la aplicación de la medida.
Objetivos de desarrollo sostenible (ODS)	Es el o los objetivos a los que atiende el uso de esa ecotecnología.

Tabla 6. Aspectos generales de las ecotecnologías
Fuente: Elaboración propia.

4.5.2. Requerimientos para su Aplicación

Aspecto	Descripción
Instrumentos regulatorios	Es la reglamentación aprobada por los gobiernos la cual establece las especificaciones y características de los productos, servicios o procesos.
Programas de apoyo o incentivos gubernamentales	Son aquellos programas destinados a sectores específicos de la población con la finalidad de brindar apoyo económico o técnico para el desarrollo o implementación de ecotecnologías.
Especificaciones técnicas	Se refiere al conjunto de instrumentos, herramientas y procedimientos que sirven para la aplicación y correcto funcionamiento de la ecotecnología o la medida.
Infraestructura / construcción	Es el espacio y las condiciones mínimas necesarias para la construcción y funcionamiento óptimo de la ecotecnología.

Aspecto	Descripción
Equipo	Son los materiales y herramientas necesarias para la construcción de la medida.
Asistencia técnica	Es la asistencia proporcionada por personal capacitado para instruir, brindar información y conocimientos prácticos al usuario para asegurar el correcto funcionamiento de la ecotecnología.
Operación y mantenimiento	Es la facilidad con la que se opera la tecnología y el conjunto de tareas básicas como la limpieza, la inspección visual y/o la reposición de piezas del dispositivo para el correcto funcionamiento de éste.

Tabla 7. Requerimientos para aplicación de ecotecnologías.
Fuente: Elaboración propia.

4.5.2.1. Costo de la Ecotecnología

Aspecto	Descripción
Costo	El costo de la ecotecnología se refiere al costo del dispositivo previamente construido o al costo de construcción estimado de la tecnología.
Rentabilidad	Se refiere a los beneficios sociales y económicos obtenidos una vez que la tecnología se encuentra en funcionamiento.
Accesibilidad económica	Es la facilidad económica con la que los usuarios finales pueden acceder a la tecnología tomando como referencia los precios de otros dispositivos o tecnologías convencionales.
Tiempo de implementación	Es la cantidad de tiempo necesaria para que el usuario cuente con la tecnología. Incluye el desarrollo, validación y uso.
Aceptación cultural / adopción	Se refiere al tiempo en el que el usuario hace un uso sostenido de la tecnología.
Vida útil	Es el tiempo estimado en el que una ecotecnología cumple adecuadamente las funciones para las que fue diseñada.

Tabla 8. Costo de la ecotecnología.
Fuente: Elaboración propia.

4.5.2.2. Impactos / Reducción de Vulnerabilidad

Aspecto	Descripción
Madurez tecnológica	La madurez tecnológica establece la existencia de modelos validados favoreciendo a aquellas ecotecnologías que se encuentren dentro de la normatividad mexicana.
Riesgos y/o barreras	Son aquellas limitantes de tipo técnico, social, económico o ambiental que pueden impedir el éxito de la ecotecnología. Un ejemplo de esto es la carencia de conocimiento general acerca de la efectividad y el desempeño de alguna tecnología. Esto crea desconfianza y escepticismo entre los usuarios potenciales haciendo más difícil el proceso de su aceptación y adopción.

Tabla 9. Impactos y reducción de vulnerabilidad por ecotecnología.
Fuente: Elaboración propia.

4.5.2.3. Co - Beneficios

En este apartado se enlistan los beneficios potenciales que arrojan las ecotecnologías una vez implementadas pudiendo ser de carácter, social o económico.

Aspecto	Descripción
Sociales	Se refieren a aquellos que impactan en la calidad de vida de los usuarios. Algunos de ellos son la reducción de enfermedades gastrointestinales o respiratorias, reducción de contaminación intramuros o la generación de empleos.
Económicos	Son aquellos que proporcionan un ahorro o ingreso extra dentro de la economía familiar o local. Por ejemplo, el ahorro económico que implica utilizar una menor cantidad de leña o el ingreso obtenido por la venta de fertilizantes orgánicos en el caso del biol. El ahorro de tiempo también se encuentra considerado dentro de este rubro.

Tabla 10. Co – beneficios por ecotecnología.
Fuente: Elaboración propia.

Los indicadores anteriores y aspectos generales se encuentran incorporados en la matriz de ecotecnologías aplicables al contexto económico, político, social y ambiental de las entidades federativas (Anexo 2). Ésta nos muestra la relación entre los indicadores y las ecotecnologías más apropiadas para implementar en cada entidad federativa. Asimismo, se acompaña de los aspectos generales a contemplar en cada ecotecnología, para la determinación de su potencial en el combate de los efectos del cambio climático y la mejora en la calidad de vida de los usuarios.

Cabe mencionar que el catálogo incluye 34 posibles ecotecnologías a implementar y la matriz únicamente diez (las mostradas en la tabla 4), esto por ser las que cuentan con mayor acceso y factibilidad de implementación.

5. Matriz de Ecotecnologías para las Entidades Federativas

5.1. Indicadores por Entidad Federativa

Conocer el contexto económico, político, social y ambiental de cada entidad federativa es relevante para la elección de las ecotecnologías más apropiadas. En la Tabla 11 se muestran los indicadores que han sido tomados en cuenta para la construcción de la matriz de ecotecnologías (Anexo 2). Estos han sido obtenidos a través de trabajo de investigación y consulta de información pública a nivel federal y estatal en México y la matriz permite que puedan ser actualizados según el nivel de información con el que cuenta cada entidad.

Los indicadores elegidos para la evaluación de las ecotecnologías están divididos en las siguientes categorías: manejo de residuos, energía, agua, aire y adaptación y vulnerabilidad. Por un lado, la elección de las categorías de manejo de residuos, energía y agua corresponde a los sectores de implementación de las ecotecnologías recomendadas.

Por otro lado, las categorías de aire, adaptación y vulnerabilidad son categorías transversales pues contienen indicadores que son aplicables a los tres sectores mencionados. Por ejemplo, en la categoría de aire se incluye el indicador de contaminación de aire, el cual puede ser aplicado tanto a los sectores de energía como de manejo de residuos. En el caso de los indicadores incluidos en la categoría de adaptación y vulnerabilidad, éstos señalan las vulnerabilidades sociales existentes que pueden ser atajadas a partir de la transferencia de ecotecnologías.

Categoría	Indicadores
Manejo de residuos	Generación anual de residuos sólidos urbanos.
	Porcentaje de ocupantes en viviendas particulares habitadas sin drenaje ni servicio sanitario.
	Principales contaminantes
	Número de puntos de descarga de aguas residuales municipales sin tratamiento.
	Porcentaje de acceso a los servicios de alcantarillado y saneamiento básico en zonas urbanas.
	Porcentaje de acceso a los servicios de alcantarillado y saneamiento básico en zonas rurales.
	Porcentaje de cobertura de alcantarillado en zonas urbanas.
	Porcentaje de cobertura de alcantarillado en zonas rurales.
	Porcentaje de viviendas particulares habitadas con drenaje.
Energía	Volumen de leña extraída (rango).
	Porcentaje de ocupantes en viviendas particulares habitadas sin energía eléctrica.
	Porcentaje de electrificación rural.

Categoría	Indicadores
	Usuarios de electricidad.
	Capacidad instalada.
	Generación bruta.
	Viviendas particulares que utilizan leña o carbón para cocinar.
	Disponibilidad en las viviendas de una estufa o fogón para cocinar (%).
	Porcentaje de viviendas particulares que disponen de calentador solar de agua.
	Porcentaje de viviendas particulares habitadas que disponen de panel solar para tener electricidad.
	Porcentaje de viviendas particulares habitadas con electricidad.
Agua	Agentes químicos que están fuera de norma en el agua para uso y consumo humano.
	Porcentaje de ocupantes en viviendas particulares habitadas sin agua entubada.
	Precipitación media histórica.
	Volumen de agua concesionado para uso público.
	Volumen de agua concesionado para uso agropecuario.
	Porcentaje de acceso a los servicios de agua entubadas en zonas urbanas.
	Porcentaje de acceso a los servicios de agua entubadas en zonas rurales.
	Porcentaje de cobertura de agua potable en zonas urbanas.
	Porcentaje de cobertura de agua potable en zonas rurales.
	Eficiencia física del agua.
	Agua renovable $\left(\frac{hm^3}{año}\right)$.
	Agua renovable per cápita $\left(\frac{m^3}{hab\cdot año}\right)$.
	Volumen de agua concesionado para uso agrícola (hm ³).
	Volumen de agua concesionado para abastecimiento pública (hm ³).
	Volumen de agua concesionado para industria autoabastecida (hm ³).
	Volumen de agua concesionado para energía eléctrica excluyendo hidroelectricidad (hm ³).

Categoría	Indicadores
	Plantas de tratamiento de aguas industriales en operación.
	Porcentaje de viviendas particulares habitadas con disponibilidad de agua entubada en el ámbito de la vivienda.
	Tomas de agua para abastecimiento público.
	Número de puntos de descarga de aguas residuales municipales sin tratamiento.
	Muestras de agua potable con cloro residual dentro de la NOM-127-SSA1-1994.
Aire	Emissiones de CH ₄ de la fermentación entérica.
	Emissiones de CH ₄ de los sistemas de gestión de excretas animales.
	Contaminación del aire.
Adaptación y vulnerabilidad	Índice de marginación.
	Grado de marginación.
	Carencias por acceso a los servicios de salud.
	Carencias por calidad y espacios de la vivienda.
	Carencia por acceso a la alimentación.
	Población vulnerable por ingresos.

Tabla 11. Indicadores de cada categoría de ecotecnologías.

Fuente: Elaboración propia.

La matriz de ecotecnologías es una herramienta cuya utilidad radica en la facilitación de la toma de decisiones por parte de los gobiernos estatales, en relación con el desarrollo de proyectos de transferencia de ecotecnologías. En la matriz se incluye una selección de diez ecotecnologías que han sido elegidas de acuerdo con el cumplimiento de los siguientes criterios:

1 Su factibilidad de acceso de acuerdo con el contexto mexicano. Son ecotecnologías que se pueden producir, distribuir e instalar en México.

2 Son asequibles de acuerdo con el contexto socioeconómico mexicano. Son ecotecnologías que cuentan con una proporción directa entre costo-eficiencia, es decir, su costo, en proporción con su eficiencia para resolver las problemáticas climáticas, es justo y propone una alternativa de bajo costo para la resolución de problemas sociales, económicos y climáticos en comparación con las consecuencias de no atenderlos, así como en comparación con el elevado costo de infraestructura pública.

3	Responden a necesidades del contexto mexicano, en específico al contexto rural y periurbano mexicano. Son ecotecnologías responsivas ante las condiciones de espacio, climáticas, geografías y topográficas del México rural y periurbano variado y diversificado de México.
4	Coadyuvan en la reducción de las vulnerabilidades prevalentes en México para la población base de la pirámide. El gobierno mexicano ha reconocido la necesidad de transferencia de ecotecnologías con el fin de poder atender de manera pronta y eficiente las carencias en vivienda y servicio básicos que existen y para las cuales el gobierno mexicano no cuenta con las capacidades para poder atenderlas.
5	Cuentan con un impacto alto en la mitigación y/o adaptación al cambio climático, es decir son ecotecnologías que además de lo anterior cuentan con un impacto climático positivo alto, ya que, aunque todas las ecotecnologías cuentan con este propósito, depende del contexto y de los procesos de adopción, así como de la tecnología en sí, el potencial de impacto climático.

Tabla 12. Criterios para selección de ecotecnologías
Fuente: Elaboración propia.

Las diez ecotecnologías que cubren con estos criterios y que se encuentran en la Matriz son:

- | | | |
|---|--|---|
|  | 1. Sistema de captación de agua de lluvia. | |
| | 2. Sanitario ecológico seco. |  |
|  | 3. Biodigestor. | |
| | 4. Biofiltro. |  |
|  | 5. Sistemas fotovoltaicos. | |
| | 6. Estufa eficiente. |  |
|  | 7. Calentador solar de agua. | |
| | 8. Deshidratador solar. |  |
|  | 9. Olla solar. | |
| | 10. Aerogeneradores. |  |

Figura 4. Ecotecnologías seleccionadas para matriz.
Fuente: Elaboración propia.

La matriz funciona mediante la relación de diferentes indicadores sociales y ambientales los cuales ofrecen un panorama general de la situación actual de cada entidad federativa. Esta relación se obtiene a partir de la elección de un estado y de la ecotecnología de interés. Al seleccionar estas dos opciones, la matriz se dirige directamente a la ficha de información de la ecotecnología en donde se incluyen los aspectos generales antes descritos, así como los indicadores correspondientes a la entidad federativa.

Para ver la viabilidad de la ecotecnia dentro de la ficha hay una serie de requisitos mínimos que determinan si es factible su implementación. Estos requisitos mínimos corresponden a las especificaciones técnicas de cada una de las ecotecnologías. Los resultados son presentados a través de una simbología de colores como se muestra a continuación.

	Cumplimiento de todos los requisitos y aplicación viable de la ecotecnología.
	Señal de atención para mejorar el aspecto señalado con el propósito de hacer viable la implementación de la ecotecnología.
	Determinante de inviabilidad en la implementación de la ecotecnología.

Tabla 13. Simbología de colores para matriz de ecotecnologías.

Fuente: Elaboración propia.

Es necesario volver a hacer referencia sobre la importancia del contexto socioeconómico específico sobre el cual se desarrollará cada programa de transferencia de ecotecnologías. Éstos serán llevados a cabo de forma exitosa bajo la condición de que las ecotecnias transferidas resuelvan una necesidad presente en la población. La identificación de las problemáticas ambientales y necesidades sociales es realizada a través del análisis de los diversos indicadores contenidos en la matriz. Sin embargo, es importante destacar que éste no es determinante o definitivo, sólo arroja un panorama general de la situación actual de cada estado, pero no de las particularidades de cada localidad.

Por lo anterior, se recomienda la elaboración de diagnósticos *in situ*, que permitan conocer las verdaderas necesidades de la voz de las personas de cada localidad. Los resultados obtenidos a partir de éstos y la relación que tengan con las necesidades que cada ecotecnia cubre, identificará la tecnología más apropiada para implementarse. Sin la realización de esto, las recomendaciones sólo pueden indicar una viabilidad general de implementación que no responde a la realidad vivida en cada comunidad.

Una vez elegida la ecotecnia más apropiada para implementarse, es necesario evaluar las diferentes posibilidades que se presentan en relación con éstas, pues las opciones entre las cuales elegir serán muchas. Sin embargo, el amplio abanico de modelos no es reflejo de la calidad de éstas. La elección realizada deberá fundamentarse en las especificaciones técnicas⁵ y en criterios de efectividad, costo e innovación que apliquen para cada entidad federativa.

⁵ El catálogo de ecotecnologías anexo a este documento tiene como función ser una guía en la consulta de estos factores, independientemente del modelo de las ecotecnias presentadas.

5.2. Representación Gráfica de Selección de Ecotecnologías

A continuación, se presenta un ejemplo de cómo graficar la valoración de algunos de los indicadores sociales y ambientales seleccionados para cada ecotecnología, con el fin de evaluarlas y compararlas para seleccionar aquellas ecotecnologías más adecuadas en las localidades específicas de cada entidad. El objetivo de estas gráficas es tener una comparación visual respecto a seis criterios: replicabilidad local, facilidad de operación y mantenimiento, accesibilidad económica, aceptación cultural, madurez tecnológica y apoyos e incentivos.

Con la finalidad de poder comparar las evaluaciones de cada ecotecnología, por eje de satisfactores básicos, y para la construcción de las gráficas de ameba, las valoraciones cualitativas ordinales se transformaron en valores en una escala del 0 al 100. De esta manera, las valoraciones de “muy alto” corresponden a un valor de 100%, las de “alto” a 75 %, las de “medio” a 50 %, las de “medio-bajo” a 25 % y las de “bajo” a 0 %.

Al realizar el siguiente ejercicio, a modo de ejemplo general y sin considerar su aplicación para algún estado en específico, la valoración se hizo de forma cualitativa basada en la consulta del estado del arte de las ecotecnias para cada uno de los criterios. Esto fue enriquecido y corroborado con la opinión de expertos en el desarrollo, difusión, validación y monitoreo de ecotecnologías.⁶

Estos criterios forman parte de las fichas de las ecotecnologías contenidas en el Catálogo de Ecotecnologías. Se pretende que cada uno de los criterios establecidos y sus valores asociados puedan verse como una guía de los aspectos que son necesarios a tomar en cuenta en el proceso de implementación de ecotecnias.

Por ejemplo, en el caso de las ecotecnias con valores bajos asociados a la aceptación cultural, cada programa estatal de transferencia de ecotecnologías deberá considerar el establecimiento de un acompañamiento adecuado de capacitación con los usuarios e incluir estrategias de sensibilización sobre el uso de tecnologías tradicionales.

Con respecto al eje de energía podemos observar que la ecotecnología con la mejor valoración subjetiva de los criterios enunciados es la estufa eficiente obteniendo las mejores calificaciones en torno a la accesibilidad económica y el apoyo e incentivos. La segunda ecotecnología mejor valorada fue el calentador solar de agua obteniendo la mayor calificación en torno los apoyo e incentivos, sin embargo, su replicabilidad por parte de los usuarios es casi nula lo que afecto su valoración. Finalmente, la olla solar, el deshidratador y el aerogenerador obtuvieron las valoraciones más bajas en el orden antes enunciado.

⁶Aunque el ejemplo presentado valora los resultados generados a partir de la consulta del estado del arte de las ecotecnologías, se recomienda que los tomadores de decisiones realicen este mismo ejercicio basado en las características de las ecotecnologías que buscan transferir, tomando en consideración las características técnicas específicas del modelo de ecotecnia seleccionado con el objetivo de evaluar y comparar n tecnologías particulares.

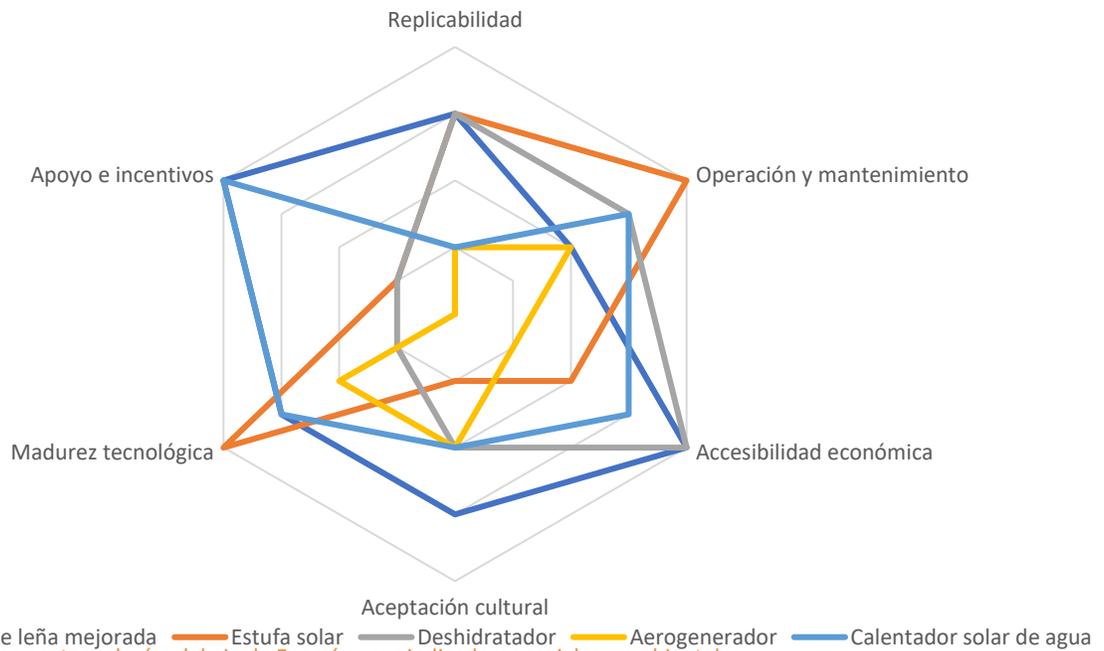


Figura 5. Ameba de las ecotecnologías del eje de Energía y sus indicadores sociales y ambientales.
Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a las ecotecnologías del eje agua, se encontró que la ecotecnología mejor valorada cualitativamente fue el sistema de captación de agua de lluvia. Esta obtuvo altas calificaciones en torno a la accesibilidad económica e intermedias en la replicabilidad y operación y mantenimiento. Por el contrario, el purificador de agua solo obtuvo una calificación intermedia para el criterio de madurez tecnológica.

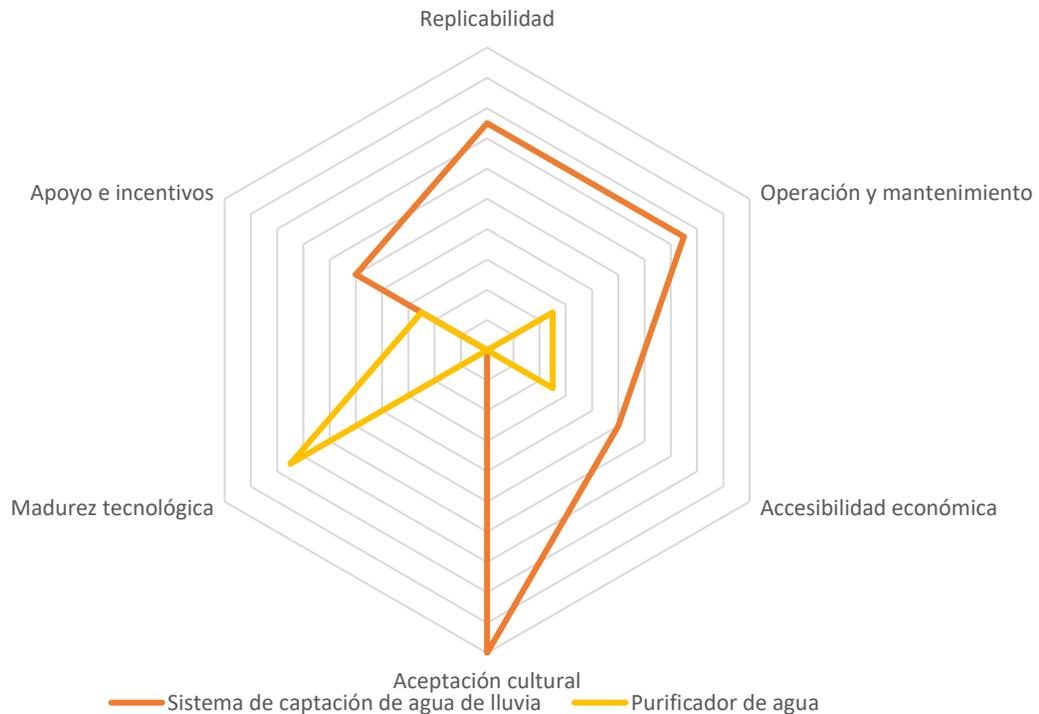


Figura 6. Ameba de las ecotecnologías del eje de Agua y sus indicadores sociales y ambientales.
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, para las ecotecnologías del eje de manejo de residuos se encontró que las ecotecnologías mejor valoradas cualitativamente son el sanitario ecológico seco y el biofiltro. El primero, obtuvo valoraciones intermedias en los criterios de replicabilidad y apoyos e incentivos y el segundo, obtuvo una valoración alta en torno a la replicabilidad e intermedias para la accesibilidad económica.

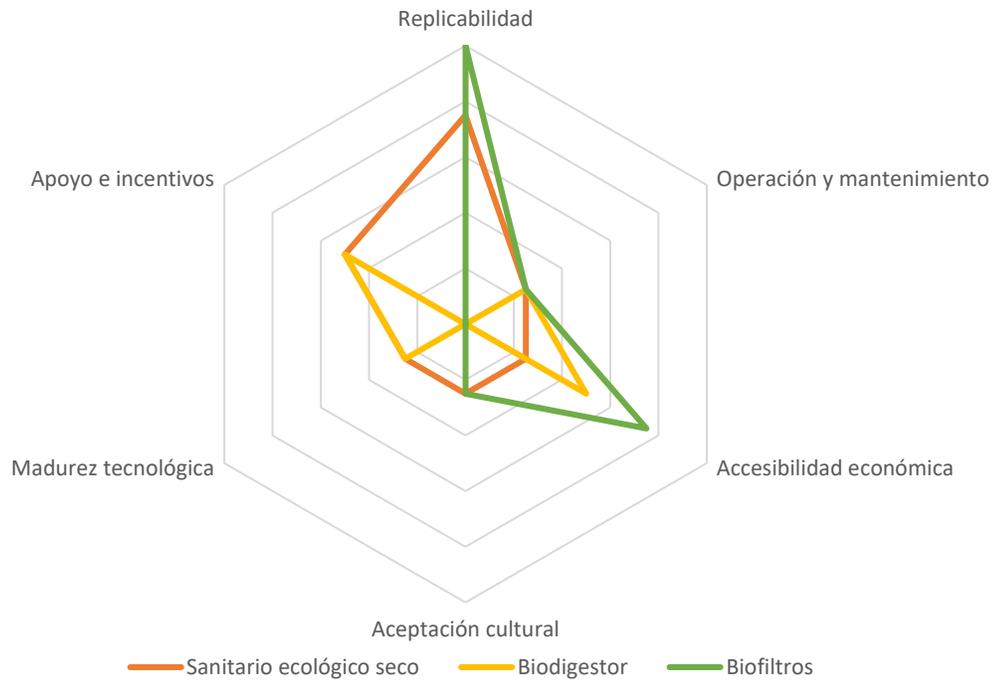


Figura 7. Ameba de las ecotecnologías del eje de Manejo de Residuos y sus indicadores sociales y ambientales.
Fuente: Elaboración propia.

6. Recomendaciones para la Selección de la Ecotecnología

Estas recomendaciones van más allá de los criterios técnicos y tienen que ver con efectividad, costo e innovación como criterios que coadyuvan en la selección de ecotecnologías bajo una mirada pertinente al contexto y que permite una mayor adopción y aprovechamiento de la ecotecnología.

6.1 Consideraciones de Efectividad, Costo e Innovación

La siguiente figura muestra la serie de criterios que se recomienda sean tomados en cuenta al elegir el tipo de ecotecnología a implementar:

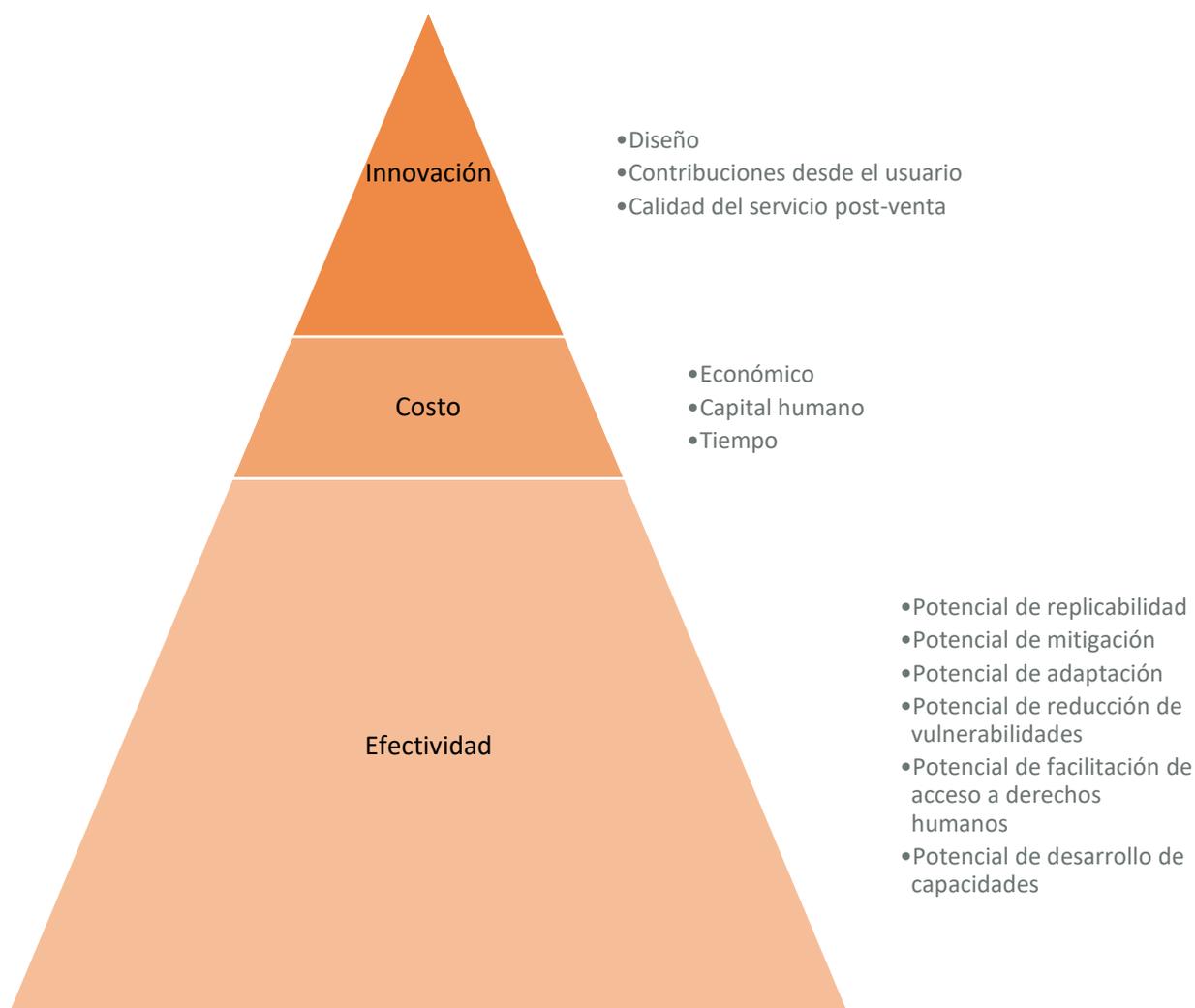


Figura 8. Criterios de evaluación de pertinencia de la ecotecnología de acuerdo con las dimensiones de efectividad, costo e innovación. Fuente: Elaboración propia basada en indicadores del Tracking Adaptation and Measuring Development (Brooks & Fisher, 2014).

Como se ha mencionado a lo largo del documento, la transferencia e instalación de ecotecnología no es suficiente para determinar su éxito, se requieren de procesos de selección, seguimiento y de innovación que favorezcan su eficiencia y su adopción y que por lo tanto puedan alcanzar el potencial de sus impactos climáticos, sociales y económicos. Es por ello que en esta sección se describen los elementos que, al tomarse en consideración, incrementan la probabilidad de adopción y potencializan sus impactos.

Estos elementos se han dividido en elementos de eficiencia, de costo y de innovación; los elementos de eficiencia son aquellos que van más allá de las especificaciones técnicas y que coadyuvan a que la ecotecnología cumpla con sus impactos climáticos, sociales y económicos. En segundo lugar, se ubican los elementos de costos que incluyen consideraciones económicas, de recursos humanos y de tiempo, consideraciones que ayudan a determinar la asequibilidad de las ecotecnologías y que son relevantes principalmente para la etapa de planeación de proyectos y programas de transferencia ecotecnológica. En tercer lugar, están los elementos de innovación, dentro de los cuales se encuentran el servicio postventa, la inversión en diseño y la participación del usuario tanto en el diseño como en la planeación de actividades.

Estos elementos se representan en forma piramidal ya que se consideran los de efectividad como aquellos que se deben atender primero. Los siguientes elementos más relevantes en orden son los costos y luego se deben considerar los elementos de innovación. Estos elementos cuentan con un orden que permite ir aunando elementos a cada proyecto y programa y que al mismo tiempo permite dar prioridad a unos elementos sobre de otros, considerando los recursos disponibles. Una intervención, proyecto o programa que incluya estos tres niveles de elementos cuenta con mayores probabilidades de alcanzar su potencial de impacto medioambiental, social y económico. Se describe cada elemento y sus componentes a continuación.

6.1.1. Dimensión de Efectividad

6.1.1.1 Potencial de Replicabilidad

A pesar de que las ecotecnologías tienen el potencial de propiciar el bienestar social y económico de las y los usuarios, así como de promover acciones y actitudes de mitigación y adaptación al cambio climático, debe de corroborarse la replicabilidad técnica de éstas. Por replicabilidad se entiende la facilidad con que la ecotecnología implementada puede construirse en las comunidades, incluyendo:

La capacidad de entrega y de instalación del proveedor, así como el diseño de la misma tecnología (ficha técnica), a fin de que resulte adecuada para su correcto funcionamiento.

El nivel de conocimiento técnico requerido para operar y mantener la tecnología, no sólo de los proveedores o instaladores, sino también de los usuarios a través de la existencia de manuales de operaciones claros y sencillos que les faciliten el uso de la tecnología.

El acceso a materiales de repuesto, en caso de ser necesario, a fin de que los mismos usuarios sean capaces de darle mantenimiento a las ecotecnologías sin que esto represente una dificultad o un costo adicional incosteable.

La experiencia en proyectos similares, por parte de los proveedores de ecotecnologías, que garantice el conocimiento adecuado en la transferencia de éstas, así como de capacidades técnicas y humanas que aseguren su apropiación.

Un plan de contingencia ante casos en donde la adopción no haya ocurrido.

Tabla 14. Elementos para el potencial de replicabilidad de las ecotecnologías.
Fuente: Elaboración propia.

6.1.1.2. Potencial de Adaptación

Se recomienda la inclusión de capacitaciones sobre el potencial de adaptación de la tecnología a las condiciones locales específicas de cada comunidad. Las adaptaciones que pueden hacerse a una tecnología están determinadas en gran parte por el tipo de tecnología en cuestión.

6.1.1.3. Potencial de Reducción de Vulnerabilidades

Se consideran categorías como la existencia de criterios de selección por vulnerabilidades, a fin de que éstos potencialmente aporten a la cobertura de las carencias existentes en las comunidades a trabajar. Al implementar una ecotecnología hay que considerar no excluir a sectores marginados.

6.1.1.4. Potencial de Facilitación de Acceso a Derechos Humanos

Se recomienda diseñar, implementar y monitorear programas de sensibilización sobre el aprovechamiento y beneficios de la tecnología y la inclusión de las y los beneficiarios en los procesos de toma de decisiones. La inclusión de estos criterios está relacionada con la corresponsabilidad que tiene a partir de la inclusión de sus conocimientos sobre sus propias necesidades locales, en la planeación y desarrollo de los programas públicos implementados.

6.1.1.5. Potencial de Desarrollo de Capacidades Locales

Se recomienda diseñar, implementar y monitorear programas de capacitación técnica de las ecotecnologías, y también programas que midan su impacto ambiental. Se recomienda que las capacitaciones estén dirigidas a los beneficiarios, instaladores, tomadores de decisiones y público en general. Se recomienda también que existan certificaciones de estas capacitaciones otorgadas por instancias gubernamentales como la Secretaría de Educación Pública, mediante el mecanismo Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales y la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, o mediante instancias privadas que se enfoquen en certificar a los instaladores.

6.1.2. Dimensión de Costos

Se recomienda que se usen los siguientes tres criterios: costos en capital humano, económicos y de tiempo. Dentro de éstos se consideran las categorías relativas a:

Tecnología
Instalación
Capacitación
Servicio Técnico o mantenimiento
Seguimiento
Evaluación

Tabla 15. Categorías consideradas en criterios de costos.
Fuente: Elaboración propia.

Un ejemplo relativo a cada uno de los tres criterios sería:

Servicios profesionales requeridos para el análisis de viabilidad de la tecnología. (Costo de capital humano referente a la tecnología).
Costo bruto de los materiales de la instalación. (Costo económico relativo a la instalación).
Tiempo requerido para el seguimiento y evaluación. (Tiempo requerido relativo al seguimiento y la evaluación).

Tabla 16. Ejemplo para cada criterio de costos.
Fuente: Elaboración propia.

6.1.3. Dimensión de Innovación

6.1.3.1. Diseño de la Ecotecnología

Se deben considerar criterios sobre el tipo de materiales y componentes que el proveedor ofrece, por ejemplo, un filtro de materiales reciclados que mejore la calidad del aire que emite una tecnología convencional.

6.1.3.2. Contribuciones del Usuario a la Ecotecnología

Para este criterio se recomienda llevar a cabo procesos participativos y de adaptación de la tecnología al contexto social, cultural, económico y geográfico específico, y al mismo tiempo considerar si es pertinente que las y los usuarios contribuyan al desarrollo y/o mejoramiento de la tecnología.

6.1.3.3. Calidad del Servicio de Post Venta (Seguimientos y Monitoreos)

En cuanto al criterio de servicio postventa o postinstalación, como parte también del proceso de adopción de la tecnología es necesario llevar a cabo seguimiento y monitoreos constantes y documentados con el fin de identificar posibles áreas de oportunidad y reforzar aquellos conocimientos de uso, manejo y mantenimiento que no sean claros para las y los usuarios.

6.1.3.4. Existencia de un Marco de Política Pública que Fomente su Implementación

Se considera relevante, ya que es a partir de la política pública que se puede crear un ambiente favorable para la implementación y adopción, por ende que pueda tener los efectos en el ambiente y económicos esperados y así que pueda realmente incidir en la reducción de las vulnerabilidades.

6.1.3.5. Contribuciones desde el Usuario a la Ecotecnología

Desarrollo	La innovación es iniciada o desarrollada por el usuario.
Aceptación	los cambios necesarios en el comportamiento, prácticas y procesos del usuario para mejorar la aplicación de la innovación.

Tabla 17. Contribuciones desde el usuario a las ecotecnologías
Fuente: Elaboración propia.

6.1.3.6. Calidad del Servicio Post Instalación (Seguimientos y Monitoreos)

Servicio postventa: cantidad y calidad del servicio.
Existencia de un marco de política pública que fomente su implementación.
Coordinación entre agencias gubernamentales.
Inclusión de la estrategia de mitigación al cambio climático en la planeación de actividades.
Inclusión de la estrategia de adaptación al cambio climático en la planeación de actividades.
Inclusión de una proyección climática viable.

Tabla 18. Seguimiento y monitoreo post instalación de ecotecnologías.
Fuente: Elaboración propia.

7. Conclusiones

Las ecotecnologías, al menos de manera nominal, cuentan con un alto potencial de mitigación y/o adaptación al cambio climático, así como para la reducción de vulnerabilidades por carencias sociales. Sin embargo, sin un proceso adecuado de contextualización, transferencia, capacitación y sensibilización, el potencial de éstas es limitado. Por lo tanto, para garantizar una transferencia exitosa de la ecotecnología deben considerarse, además del valor técnico de la tecnología per se y su potencial de mitigación y adaptación al cambio climático, criterios sociales, económicos y de política pública. Además, para favorecer la adopción de las éstas debe existir un enfoque participativo, el cual desarrolle capacidades locales y de atención a las necesidades más urgentes. Para el caso de México, la provisión de bienes y servicios básicos, a partir de las ecotecnologías, no sólo resulta en la facilitación de la apropiación de éstas al ser una solución a las necesidades presentes, sino que además coadyuva en la disminución de la brecha social. Las diez ecotecnologías seleccionadas por su facilidad de implementación en las 32 entidades federativas del país son las que cuentan con factibilidad de acceso, asequibilidad y eficiencia para resolver las problemáticas climáticas, sociales y económicas, particularmente en medios rurales y periurbanos.

Las diez ecotecnologías que cubren con estos criterios y que se encuentran en la Matriz son:

1	Sistema de captación de agua de lluvia.
2	Sanitario ecológico seco.
3	Biodigestor
4	Biofiltro.
5	Sistemas fotovoltaicos
6	Estufa eficiente.
7	Calentador solar de agua.
8	Deshidratador solar
9	Olla solar.
10	Aerogeneradores.

Tabla 19. Ecotecnologías seleccionadas.

Fuente: Elaboración propia.

La matriz es una herramienta que permite determinar la viabilidad de la transferencia de cada una de las ecotecnologías e indica aquellas condiciones que es necesario seguir o mejorar para asegurar la factibilidad de transferencia bajo los diversos contextos en los que puede ocurrir. El hecho de realizar una evaluación y comparación de ecotecnologías sobre los aspectos básicos a considerar permiten facilitar la toma de decisión de una ecotecnia sobre otra y señalar las acciones que deben emprenderse para garantizar el éxito de la transferencia.

El hecho de que los estados se apropien de la matriz y actualicen los datos de manera constante permitirá tener una herramienta vigente que ayude al desarrollo de políticas y programas públicos que puedan ser implementados con un bajo costo y un alto beneficio ambiental, social y económico. Además de que se estará contribuyendo al cumplimiento de los ODS y de la agenda climática del país.

Considerar los criterios de facilidad de operación, mantenimiento y aceptación cultural permite detectar el nivel de acompañamiento, de capacitación y de sensibilización que debe otorgarse previo al uso de la ecotecnología. De no realizarse, la complejidad técnica de la misma ecotecnología será una barrera en la apropiación de ésta.

A partir de; la selección de ecotecnologías por entidad federativa, del conocimiento de los requisitos mínimos requeridos (matriz) y de la evaluación entre ecotecnologías para elegir la más idónea, es posible determinar con certeza la tecnología a elegir y los elementos a considerar en la elaboración del programa o proyecto de transferencia. Una decisión que se estructure sobre los tres niveles de efectividad, costo e innovación cuenta con mayores probabilidades de alcanzar un mayor potencial de impacto medioambiental, social y económico.

8. Bibliografía y Fuentes Adicionales de Información

- Agriculturers. (2016). Guía para la utilización exitosa de composta. Retrieved November 13, 2018, from <http://agriculturers.com/guia-la-utilizacion-exitosa-composta/%0A>
- Agroterra. (2018). XTC 1000 Té de compost de alta calidad (1,000 L.). Retrieved November 13, 2018, from <https://www.agroterra.com/p/xtc-1000-t-de-compost-de-alta-calidad-1-000-l-3019215/3019215>
- Agua.org. (2008). Olla solar 2. Retrieved November 28, 2018, from <https://agua.org.mx/biblioteca/taller-de-periodismo-ambiental/attachment-olla-solar-2/>
- Aguamarket. (2011). Humedales Artificiales. Una alternativa de Tratamiento de Aguas Residuales. Retrieved November 14, 2018, from <https://www.aguamarket.com/tema-interes.asp?id=2562&tema=>
- Albalak, R., Bruce, N., McCracken, J. P., Smith, K. R., & De Gallardo, T. (2001). Indoor respirable particulate matter concentrations from an open fire, improved cookstove, and LPG/open fire combination in a rural guatemalan community. *Environmental Science and Technology*, 31(13), 2650–2655. <https://doi.org/10.1021/es001940m>
- AMDEE. (2014). AMDEE | Preguntas frecuentes. Retrieved October 30, 2018, from <https://www.amdee.org/2017/preguntas-frecuentes>
- Anaya Garduño, M. (2008). Objetivos y logros del CIDECALLI. *Boletín Del Archivo Histórico Del Agua*, 7.
- ANCE. (n.d.). Certificación de proveedor verificado. Retrieved December 5, 2018, from <https://www.ance.org.mx/?ID=1019>
- Antaramián, E., & García, E. O. (2006). Distribución espacial de los cuerpos de agua en Michocán. In P. Ávila García (Ed.), *Agua y lagos. Una mirada desde lo global hasta lo local* (pp. 129–139). México: Colección Biblioteca Michoacana.
- Arroyo Zambrano, T. I. (2010). *Colecta de agua pluvial como medida para el aprovechamiento sustentable de la energía*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ávila, V. C. (2016). *Uso de biodigestores en la industria pecuaria*. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Azotea Solar. (2010). Qué tan ecológico es un foco ahorrador (CFL). Retrieved November 13, 2018, from <https://www.azoteasolar.com/que-tan-ecologico-es-un-foco-ahorrador-cfl/%0A>
- Bailis, R., Drigo, R., Ghilardi, A., & Masera, O. (2015). The carbon footprint of traditional woodfuels. *Nature Climate Change*, 5(3).
- Berrones, R., Saldaña, S., Pantoja, J., Grajales, M. del C., Grajales, O., Pérez, K., ... Solís, A. Estudio del proceso de deshidratación del queso fresco chiapaneco mediante un secador solar de convección natural. (2008).
- Berrueta-Soriano, V. M., Limón-Aguirre, F., Fernández-Zayas, J. L., & Soto-Pinto, M. L. (2003). Participación campesina en el diseño y construcción de un secador solar para café. *Agrociencia*, 37(1), 95–106.

- Berrueta, V. (2007). *Evaluación energética del desempeño de dispositivos para la cocción con leña*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Brooks, N., & Fisher, S. (2014). *Tracking Adaptation and Measuring Development (TMAD): a step-by-step guide*. London.
- Chakrabarti, S., & Chakrabarti, S. (2002). Rural electrification programme with solar energy in remote region—a case study in an island. *Energy policy*, 30(1), 33–42.
- Chavan, B. L., Rasal, G. B., & Kalshetti, M. S. (2011). Total Sanitation Campaign: A Success Story of Village Aasgaon in Maharashtra, India. *Journal of Education and Practice*, 2(3), 26–29.
- CMUCC. (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*.
- CONAE. (2007). *Programa para la promoción de calentadores solares de agua en México (PROCALSOL) 2007-2012*. Ciudad de México.
- CONAGUA. (2015). *Estadísticas del agua en México Edición 2014*. Ciudad de México.
- CONAGUA. (2017). Registro Público de Derechos de Agua. Recuperado el 9 de octubre de 2018, de <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=usosAgua&n=estatal>
- CONUEE, GIZ, & ANES. (2011). *Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua en México (Procalsol). Avances 2009-2010 y Plan Operativo 2010-2011*.
- Cvijetic, S., Pattie, D., Smitall, M., Meneghetti, F., Kopolo, G., Candelori, M. (2004). *The United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD): a carrying pillar in the global combat against land degradation and food insecurity. Background Paper for the San Rossore Meeting Climate Change: A New Global Vision*. Pisa, Italy.
- Díaz, R., Berrueta, V., & Masera, O. R. (2011). Estufas de leña. Cuadernos Temáticos sobre Bioenergía, (3), 36.
- Elsayyad, M., & Morath, F. (2016). Technology transfers for climate change. *International Economic Review*, 57(3), 1057. <https://doi.org/10.1111/iere.12185>
- Ezzati, M., Mbinda, B. M., & Kammen, D. M. (2000). Comparison of emissions and residential exposure from traditional and improved cookstoves in Kenya. *Environmental Science and Technology*, 34(4), 578–583. <https://doi.org/10.1021/es9905795>
- FAO. (2007). *Cambio climático y seguridad alimentaria*. Roma.
- FAO. (2013). *Food wastage footprint: Impacts on natural resources*.
- FAO. (2015). *Food Wastage Footprint and Climate Change*. Roma.
- Foell, W., Pachauri, S., Spreng, D., & Zerriffi, H. (2011). Household cooking fuels and technologies in developing economies. *Energy Policy*, 39(12), 7487–7496. <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2011.08.016>
- Franco, A., & Velázquez, M. (2014). Una aproximación sociodemográfica al consumo de energía en los hogares mexicano, 24.

- Ghoniem, A. F. (2010). Needs, resources and climate change: Clean and efficient conversion technologies. *Progress in Energy and Combustion Science*, 37(1), 15–51.
<https://doi.org/10.1016/j.pecs.2010.02.006>
- González-Avilés, M., López-Sosa, L. B., Servín-Campuzano, H., & González-Pérez, D. (2017). Adopción tecnológica sustentable de cocinas solares en comunidades indígenas y rurales de michoacán. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 16(1), 271–280.
- Hoekman, B. M., Maskus, K. E., & Saggi, K. (2005). Transfer of technology to developing countries: Unilateral and multilateral policy options. *World Development*, 33(10), 1587–1602.
<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2005.05.005>
- INECC. (2015). Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero.
- IPCC. (2007). Summary for policymakers. En M. L. Parry, O. F. Canzianu, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, & C. E. Hanson (Eds.), *Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group ii to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change* (pp. 7–22). Cambridge.
- IPCC. (2012). *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A special report of working groups i and ii of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge y Nueva York: Cambridge University Press.
- Jaffer, A., & Parpia, A. (2017). Energy Efficient Stoves change in the lives in rural Pakistan. Recuperado el 6 de diciembre de 2018, de <https://the.ismaili/energy-efficient-stoves-change-lives-rural-pakistan>
- Jiménez, B., Torregrosa, M. L., & Aboites, L. (2010). *El agua en México. Cauces y encauces*. Ciudad de Mexico.
- Johnson, M., Edwards, R., Alatorre Frenk, C., & Masera, O. (2008). In-field greenhouse gas emissions from cookstoves in rural Mexican households. *Atmospheric Environment*, 42(6), 1206–1222.
<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.10.034>
- Karakosta, C. (2016). A holistic approach for addressing the issue of effective technology transfer in the frame of climate change. *Energies*, 9(7), 503.
- LGCC. Ley General de Cambio Climático (2012).
- MEA. (2005). *Ecosystem and Human Well-being: Our planet: Summary for decision makers*. Island Press.
- Mendelsohn, R., Dinar, A., & Williams, L. (2006). The distributional impact of climate change on rich and poor countries. *Environment and Development Economics*, 11(2), 159–178.
<https://doi.org/10.1017/S1355770X05002755>
- Ortiz Moreno, J. A., Masera Cerutti, O. R., & Fuentes Guitérrez, A. F. (2014). *La ecotecnología en México*. Ciudad de México: Unidad de Ecotecnologías del Centro de Investigaciones en Ecosistemas de la Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ortiz, R., Castillo, J., & Quintana, J. (2015). Caracterización de las actividades productivas en un contexto de desarrollo económico rural en Chimay, Yaxcabá, Yucatán, una comunidad maya con pobreza extrema. En I. Sánchez (Ed.), *La búsqueda del desarrollo regional en México* (pp. 149–188). España: Círculo Rojo.

- PNUD, & GEF. (2005). Evaluación de la Vulnerabilidad para la Adaptación al Clima. En *Marco de Políticas de Adaptación al Cambio Climático. Desarrollando Estrategias, Políticas y Medidas* (pp. 67–89). Nueva York.
- Pohekar, S. D., Kumar, D., & Ramachandran, M. (2005). Dissemination of cooking energy alternatives in India - A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2004.05.001>
- Poop, M. (2008). *International technology transfer for climate policy. Policy brief; syracuse university, center for policy research, maxwell school of citizenship and public affairs: syracuse*. Nueva York.
- Proyecto Mesoamérica. (2018). Inauguran Sistema de Cosecha de Agua Lluvia (SCALL) y purificadora para familias y comunidad educativa del Oriente de El Salvador. Recuperado el 12 de octubre de 2018, de http://www.proyectomesoamerica.org/index.php/comunicacion/seccion-noticias?option=com_content&view=article&id=388&catid=20&Itemid=138
- Richmond, R., Still, S., Curry, J., Jones, D., & Bircher, C. (2003). Utility success stories in solar water heating. En *ASES 2003 Annual Meeting* (pp. 559–564).
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin, S., Lambin, E. F., ... Foley, J. A. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461(7263), 472–475.
- Román, P., Martínez, M. M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina*. Santiago de Chile. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2008.11.012>
- SEMARNAT. (2015). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México*. Ciudad de México.
- Sen, A. (1993). Capability and Well-Being. En *The Quality of Life* (pp. 30–54). Nueva York: Oxford University Press.
- Sen, A. (1999). *Development as Freedom*. Nueva York: Anchor Books.
- Sistema Biobolsa. (2018). Qué es sistema Biobolsa. Recuperado el 9 de octubre de 2018, de <http://sistemabiobolsa.com/>
- Smith, K. R., Samet, J. M., Romieu, I., & Bruce, N. (2000). Indoor air pollution in developing countries and acute lower respiratory infections in children. *Thorax*, 55(6), 518–532.
- United Nations World Commission on Environment and Development. (1987). *Our Common Future*. Nueva York.
- Vargas-Medina, J. (2013). Deshidratación solar, retos para la generación y el uso sostenido de la tecnología. En *Memorias del Segundo Encuentro Nacional de Ecotecnias. Morelia*.
- Vidal Santo, A., Velázquez Camilo, O., Iñaki De La Cruz, R., Gerardo Ortega Montiel, I., Veracruz ovelazquez, R., & Roberto Iñaki Ponce De La, E. (2012). Diseño y construcción de un secador solar portátil. *Academia Journals*, 4(2), 1613–1618.
- Vié, J.-C., Hilton-Taylor, C., & Stuart, S. N. (2009). *Wildlife in a changing world: an analysis of the 2008 IUCN red list of threatened species*.

Weiland, P. (2010). Biogas production: current state and perspectives. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85(4), 849–860.

World Bank. (2010). *Informe sobre el Desarrollo Mundial 2010. Desarrollo y cambio climático*. Washington DC.

World Bank. (2018). No Title. Recuperado el 9 de octubre de 2018, de <https://datos.bancomundial.org/indicador/en.atm.co2e.kt>

Zollo, A. L., Rillo, V., Bucchignani, E., Montesarchio, M., & Mercogliano, P. (2016). Extreme temperature and precipitation events over Italy: assessment of high-resolution simulations with cosmo-clm and future scenarios. *International Journal of Climatology*, 36(2), 987–1004.

Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Agencia de la GIZ en México
Torre Hemicor, PH
Av. Insurgentes Sur No. 826
Col. Del Valle
03100 CDMX, México
T +52 55 5536 2344
E giz-mexiko@giz.de
I www.giz.de/mexico-mx
www.international-climate-initiative.com
www.iki-alliance.mx
www.youtube.com/gizmxclimatechange