

Uso eficiente de la energía en las cadenas agrícolas de alimentos

Sistematización de indicadores
y estudios de caso

Orlando Vega Charpentier

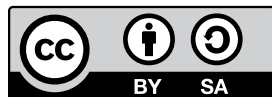


Uso eficiente de la energía en las cadenas agrícolas de alimentos

Sistematización de indicadores
y estudios de caso

Orlando Vega Charpentier

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 2015



Uso eficiente de la energía en las cadenas agrícolas de alimentos: sistematización de indicadores y estudios de caso en eficiencia energética por IICA se encuentra bajo una Licencia Creative Commons Reconocimiento-Compartir igual 3.0 IGO (CC-BY-SA 3.0 IGO) (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/igo/>)
Creado a partir de la obra en www.iica.int.

El Instituto promueve el uso justo de este documento. Se solicita que sea citado apropiadamente cuando corresponda.

Esta publicación también está disponible en formato electrónico (PDF) en el sitio web institucional en <http://www.iica.int>

Corrección de estilo: María Teresa Bolaños Mora
Diagramación: Karla Cruz
Diseño de portada: Karla Cruz
Versión digital: Publicación en formato digital

Vega Charpentier, Orlando

Uso eficiente de la energía en las cadenas agrícolas de alimentos:
sistematización de indicadores y estudios de caso en eficiencia energética
/ IICA -- San José, C.R.: IICA, 2015.
84 p.; 21,6 cm x 28 cm

ISBN: 978-92-9248-604-4

1. Energía 2. Desarrollo sostenible 3. Suelo 4. Producción alimentaria
5. Agroindustria 6. Energía renovable 7. Productividad I. IICA II. Título

AGRIS
P05

DEWEY
333.796.6

San José, Costa Rica
2015

Contenido

Lista de figuras	v
Lista de cuadros	vi
Lista de siglas	vii
Agradecimientos	ix
Presentación	xi
Introducción	1
1. Contexto	3
Energía y objetivos de desarrollo sostenible	3
Intensidad energética	5
El recurso energético en la producción de alimentos	6
Emisiones asociadas al uso de la energía y del suelo	8
2. Marco conceptual de referencia	15
Sistema de uso del suelo y sistema de energía	15
Punto de anclaje: intensificación sustentable de la agricultura	17
3. Definición de conceptos	21
Conceptos del sistema energético	21
Eficiencia energética	21
Indicadores de eficiencia energética	22
Conceptos del sistema de uso del suelo	25
Uso sostenible del suelo	25
Prácticas sostenibles de uso del suelo	26
4. Criterios de sistematización y estudios de caso	27
Criterios de sistematización	27
Estudios de casos	28
Indicadores agregados de eficiencia energética por región	29
Indicadores agregados de eficiencia energética para el sector agricultura	30
Indicadores de eficiencia energética en la industria de alimentos	33
Indicadores de eficiencia energética en cultivos agrícolas	39
Indicadores de eficiencia energética en actividades pecuarias	43
Indicadores de eficiencia energética asociados a sistemas de producción agrícola	45
Conclusiones	49

Anexo 1. Algunas iniciativas en eficiencia energética.	53
Plataforma Global de Aceleramiento de la Eficiencia Energética.	53
Centro de Copenhague en Eficiencia Energética (C2E2).	53
Grupo de Expertos en Eficiencia Energética (GEEE).	54
Comisión Mundial sobre la Economía y el Clima	55
Agricultura y Eficiencia Energética (AGREE)	55
Base de Indicadores de Eficiencia Energética para América Latina y el Caribe (BIEE)	56
Red Latinoamericana y del Caribe para la Eficiencia Energética (Red LAC-EE).	57
Grupo de Trabajo en Eficiencia Energética	57
Asociación Internacional de Cooperación para la Eficiencia Energética (IPEEC).	58
 Anexo 2. Algunas iniciativas en uso sostenible del suelo	 61
Alianza Mundial por el Suelo	61
Atlas de Suelos de América Latina y el Caribe.	62
 Anexo 3. Indicadores alternativos para medir cambios en la eficiencia energética	 63
ODEX	63
IEA	63
RISE	64
 Anexo 4. Análisis de optimización del proceso de combustión de hornillas paneleras por fincas	 67
 Bibliografía	 71

Lista de figuras

Figura 1.	Tasa de cambio en la intensidad energética global según periodos de tiempo (%)	5
Figura 2.	Contribuciones globales de consumo final energético evitado por sectores, según periodos de tiempo.	6
Figura 3.	Uso de energía en el sistema de abastecimiento de alimentos de los EE. UU. (EJ y %)	7
Figura 4.	Incremento de emisiones GEI asociadas a la energía y a procesos relacionados (por periodos, Gt CO ₂ -eq)	9
Figura 5.	Escenario INDC 2014-2030. Emisiones de GEI asociadas a la energía y a procesos relacionados (Gt CO ₂ -eq)	9
Figura 6.	Brasil. Sector agropecuario: consumo evitado como proceso o resultado de la reducción del consumo final de energía (en TJ y como porcentaje de reducción)	11
Figura 7.	Modelo teórico de intensificación sustentable en la agricultura	18
Figura 8.	Insumos energéticos para la producción de alimentos	24
Figura 9.	Indicadores agregados de eficiencia energética por región (1990, 2010 y 2012)	29
Figura 10.	Intensidad energética del sector agricultura en países seleccionados de ALC en 2012.	31
Figura 11a.	Intensidad energética del sector agricultura en países seleccionados de ALC en 2000-2012	32
Figura 11b.	Intensidad energética del sector agricultura en países seleccionados de ALC en 2000-2012	33
Figura 12.	Argentina: resultados obtenidos en una industria de lácteos con la implementación de medidas de eficiencia energética (EE).	34
Figura 13.	Colombia: comparación de la dosificación de bagazo antes y después de mejoras en la eficiencia energética del proceso de elaboración de panela (según fincas)	38
Figura 14.	Colombia: comparación de la productividad antes y después de mejoras en la eficiencia energética del proceso de elaboración de panela (según fincas)	38
Figura 15.	Maíz: comparación de insumos energéticos totales por sistema agrícola en la microcuenca de Lajeado, São José, Brasil	40
Figura 16.	Soja: comparación de insumos energéticos totales por sistema agrícola en la microcuenca de Lajeado, São José, Brasil	40
Figura 17.	Frijol: comparación de insumos energéticos totales por sistema agrícola en la microcuenca de Lajeado, São José, Brasil	41

Figura 18.	Trigo: comparación de insumos energéticos totales por sistema agrícola en la microcuenca de Lajeado, São José, Brasil	41
Figura 19.	UE: estructura de insumos energéticos (GJ/LU) en la producción de leche de vaca por país	44
Figura 20.	UE: indicadores de eficiencia energética en la leche de vaca por país.	44
Figura 21.	Producción (t/ha) e insumos energéticos (GJ/ha) de diferentes cultivos y sistemas agrícolas	47
Figura 22.	Producción (t/ha) e insumos energéticos (GJ/ha) de maíz por diferentes sistemas de cultivo	48
Figura 23.	Producción (t/ha) e insumos energéticos (GJ/ha) de soja por diferentes sistemas de cultivo	48
Figura 24.	Pirámide de indicadores de eficiencia energética de la IEA	64

Lista de cuadros

Cuadro 1.	Esquema para el marco conceptual y técnico en el uso eficiente de la energía en la agricultura	16
Cuadro 2.	Propuestas de mejoras para la eficiencia energética en la Cooperativa de Arroceros.	36
Cuadro 3.	Insumos energéticos para la producción de yuca en países en desarrollo.	42
Cuadro 4.	Indicadores energéticos de los cultivos (trigo, maíz y soja) en los diferentes sistemas de cultivo (LI, IFS y CONV)	46
Cuadro 5.	Indicadores de eficiencia energética en el esquema RISE.	65
Cuadro 6.	Colombia. Departamento de Cundinamarca. Finca La Vega. Implementación de un sistema de dosificación de bagazo y recuperación de calor para la eficiencia energética (EE) en la producción de panela	67
Cuadro 7.	Colombia. Departamento de Cundinamarca. Finca El Porvenir. Implementación de un sistema de dosificación de bagazo y recuperación de calor para la eficiencia energética (EE) en la producción de panela.	68
Cuadro 8.	Colombia. Departamento de Cundinamarca. Finca El Paraíso. Implementación de un sistema de dosificación de bagazo y recuperación de calor para la eficiencia energética (EE) en la producción de panela.	69
Cuadro 9.	Colombia. Departamento de Cundinamarca. Finca Los Lagos. Implementación de un sistema de dosificación de bagazo y recuperación de calor para la eficiencia energética (EE) en la producción de panela.	70

Lista de siglas

\$05p	Dollars at constant exchange rate, price and purchasing power parities of the year 2005
\$ppp2011	Dólar producido a precios de paridad del poder de compra de 2011
AIE	Agencia Internacional de Energía
ALC	América Latina y el Caribe
Bcm	Miles de millones (billón en lengua inglesa) de metros cúbicos (1 x 10 ⁹ m ³)
Bep	Barril equivalente de petróleo
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BIEE	Base de Indicadores de Eficiencia Energética para América Latina y el Caribe
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CIIU	Clasificación Industrial Internacional Uniforme
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático
EJ	Exajulios (1 x 10 ¹⁸ J)
GEI	Gases de efecto invernadero
GJ	Gigajulio (1 x 10 ⁹ J)
Gt	Gigatonelada (1 x 10 ⁹ t)
ha	Hectárea
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
INDC	Contribuciones previstas y determinadas a nivel nacional (por sus siglas en inglés)
IPCC	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (por sus siglas en inglés)
kCO ₂	Kilogramo de dióxido de carbono (1 x 10 ⁻³ tCO ₂)
koe	Kilo de petróleo equivalente (10 ⁻³ toe)
MJ	Megajulio (1 x 10 ⁶ J)
Mt	Millones de toneladas (1 x 10 ⁶ t)
Mtoe	Millones de toneladas de petróleo equivalente (1 x 10 ⁶ toe)
PIB	Producto interno bruto
PJ	Petajulio (1 x 10 ¹⁵ J)
Pyme	Pequeña y mediana empresa
t	Tonelada
tCO ₂ eq	Toneladas de dióxido de carbono equivalentes
TJ	Terajulio (1 x 10 ¹² J)
toe	Toneladas de petróleo equivalente
TWh	Teravatio hora (1 x 10 ¹² vatios hora)
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change

Agradecimientos

Un particular agradecimiento a quienes demostraron una buena disposición para revisar el texto del documento e incorporar mejoras a este aporte editorial del IICA: a Oliver Marcelo, Director Técnico Regional, Programa de la Alianza en Energía y Ambiente (AEA) con la Región Andina del IICA con el apoyo financiero del Ministerio de Asuntos Exteriores del Gobierno de Finlandia; a Érika García, Especialista en Eficiencia Energética, de la Organización Latinoamericana y del Caribe de Energía (OLADE); y a Luiz Augusto Horta Nogueira, del Centro de Excelencia en Eficiencia Energética (EXCEN) de la Universidad Federal de Itajubá (UNEFEI).

Se extiende este agradecimiento a Viviana Palmieri, coordinadora de uno de los componentes del Proyecto Insignia del IICA, Competitividad y Sustentabilidad de las Cadenas Agrícolas para la Seguridad Alimentaria y el Desarrollo Económico, quien desde su posición permitió visualizar la oportunidad de escalar el resultado de esta entrega, con miras a fortalecer capacidades de los interesados de las cadenas agrícolas de alimentos para la gestión de la eficiencia energética en los diferentes eslabones del proceso de agregación de valor y de contribución a la competitividad.

El reto ha sido planteado más allá del lanzamiento de esta publicación: promover procesos de mejoras tecnológicas acumulativas y de medidas innovadoras basadas en el uso eficiente de fuentes renovables de energía en las cadenas agrícolas de alimentos, y asimismo, contribuir a la implementación de prácticas de uso sustentable del recurso suelo y la reducción de la huella de carbono, evitando el uso predominante de las fuentes fósiles de energía.



Presentación

El sector agrícola produce, transforma y consume energía en función de la actividad y tecnología bajo la cual este insumo es aprovechado para la obtención de alimentos, forraje, fibra y otras materias primas para el proceso de agregación de valor.

La versatilidad energética de este sector consiste en que puede ser considerado como una fuente de insumos o materias primas para producir otros productos energéticos, así como un consumidor final energético para el aprovechamiento de la energía útil, la electricidad y el calor en los procesos de producción, transformación, transporte y distribución, hasta la utilización final de los diversos productos agropecuarios, incluyendo la provisión de energía contenida en los alimentos y forrajes.

Esta característica única del sector agropecuario, la versatilidad energética, proviene de la capacidad inherente de los cultivos para el aprovechamiento de la energía solar mediante la actividad de fotosíntesis y posterior transformación en follaje, granos, tallos y otras estructuras vegetales utilizadas como alimentos y fibras para los humanos, y piensos para animales domésticos.

La energía tiene un rol clave habilitante para la seguridad alimentaria y la nutrición. Es esencial para los procesos agrícolas y es necesaria en cada etapa de las cadenas agroalimentarias en cuanto al bombeo de agua para irrigación, la fertilización, la siembra mecanizada, el almacenamiento y transporte de perecederos, las redes de frío, el cultivo en condiciones controladas y el procesamiento agrícola e industria artesanal, entre otras funciones.

Asimismo, hay energía contenida en los fertilizantes, plaguicidas, maquinaria e infraestructura agrícola, como también en el material de siembra y la ración animal.

Por lo tanto, esta entrega del IICA pretende la sistematización de metodologías e indicadores en el uso eficiente de la energía, para el incremento de la productividad y la eficiencia productiva de las cadenas agrícolas de alimentos.

Se espera contribuir a los desafíos y oportunidades de la agricultura para aumentar los niveles de productividad y competitividad, mediante el uso inteligente y eficiente de las fuentes de energía y a su vez, el alcanzar la sustentabilidad de los sistemas productivos, evitando significativamente la emisión de gases de efecto invernadero, el uso sustentable del suelo y la promoción de la gestión de las fuentes renovables de energía.





Introducción

En 2010, las partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) reconocieron que la lucha contra el cambio climático exige un cambio de paradigma hacia la construcción de una sociedad con bajas emisiones de carbono que ofrezca oportunidades sustanciales y asegure un crecimiento elevado continuo y un desarrollo sostenible, sobre la base de tecnologías innovadoras y de una producción, un consumo y unos estilos de vida más sostenibles, velando también por una reconversión justa de la fuerza laboral que cree trabajos dignos y empleos de calidad¹.

Lo anterior requerirá de esfuerzos sostenidos y modificaciones profundas en las trayectorias de desarrollo socioeconómico del mundo, los patrones de uso de la tierra y los sistemas de energía.

En cuanto al **desarrollo económico, social y humano**, en el documento “El futuro que queremos”, se establece la senda para alcanzar el desarrollo sostenible, mediante²:

- (i) El fomento del desarrollo social equitativo y la inclusión.

- (ii) La promoción de la ordenación integrada y sostenible de los recursos naturales y los ecosistemas.
- (iii) La regeneración, el restablecimiento y la resiliencia de los ecosistemas frente a los problemas nuevos y en ciernes.

En particular, en este Documento Final de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible, se reconoce que el acceso a servicios energéticos es indispensable para el logro del desarrollo sostenible. En consecuencia, se insta a apoyar la aplicación de políticas, estrategias e iniciativas dirigidas a mejorar la eficiencia energética, aumentar la proporción de energía renovable y usar tecnologías menos contaminantes y de alto rendimiento energético, entre otros elementos importantes para el desarrollo sostenible y para hacer frente al cambio climático.

En conjunto, la agricultura, la silvicultura y otros usos del suelo, representan una cuarta parte de las emisiones globales de gases de efecto invernadero. Sin embargo, se ha reconocido ampliamente que mediante diversas modalidades de gestión en los **sistemas de uso de suelo** se proporcionan alimentos,

1. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Decisions adopted by the Conference of the Parties on its sixteenth session, held in Cancun from 29 November to 10 December 2010. Decision 1/CP.16. The Cancun Agreements: Outcome of the work of the Ad Hoc Working Group on Long-term Cooperative Action under the Convention. Disponible en <http://unfccc.int/resource/docs/2010/cop16/eng/07a01.pdf#page=2> y en <http://unfccc.int/resource/docs/2010/cop16/spa/07a01s.pdf#page=2> (español).

2. Naciones Unidas. Documento final de la Conferencia. Río de Janeiro (Brasil). 22 de junio de 2012. A/CONF.216/L.1 27 12-38167. Resolución aprobada por la Asamblea General de las Naciones Unidas A/RES/66/288 disponible en <http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/RES/66/288>.

fibra, madera y muchos otros productos y materiales en el mundo, así como también se proveen servicios de ecosistemas vitales como la purificación del agua, el mantenimiento de la biodiversidad, la provisión de nutrientes y la regulación del clima³. En este sentido, los patrones sostenibles de uso de la tierra constituyen un factor determinante para:

- (i) El incremento de la producción de alimentos y la productividad agrícola.
- (ii) La producción agrícola más sostenible y eficiente en el uso de recursos.
- (iii) La adopción de técnicas de agricultura que contribuyan a la resiliencia de los cultivos.
- (iv) La restauración de tierras y bosques degradados.

El sistema de energía comprende todos los componentes relacionados con la producción, conversión, suministro y uso de la energía. De acuerdo con el Quinto Informe de Evaluación del IPCC del 2014 sobre mitigación del cambio climático, la producción y uso de la energía representa dos tercios de las emisiones globales de GEI. Por consiguiente, resulta relevante contribuir a la construcción de sistemas energéticos sostenibles para los cuales son de particular importancia los siguientes esfuerzos:

- (i) La eficiencia energética en todos los sectores, incluido el agrícola.
- (ii) El suministro de electricidad en condiciones de cero carbono o bajas emisiones de carbono, proveniente de

fuentes renovables tales como eólica, solar, hidroelectricidad, biomasa, geotérmica, así como de tecnologías de secuestro y captura de carbono.

- (iii) La conmutación de combustible fósil a la electricidad y a los biocombustibles avanzados sostenibles en el sector transporte.

Para este esfuerzo de mitigación sobre los sistemas de energía, este informe se concentrará en los aspectos inherentes al uso eficiente de la energía en las cadenas agrícolas de alimentos.

La agricultura es, en última instancia, un proceso de conversión de energía: conversión de energía solar -junto con varias entradas de energía fósil y química- en energía de alimento y materias primas que sustentarán una creciente población humana.

Sin embargo, la dependencia del sistema alimentario a las entradas de energía (normalmente de fuentes fósiles), lo hace cada vez más vulnerable en función de la disponibilidad de petróleo y del desempeño del precio de este recurso finito y contribuyente a las emisiones de GEI.

El IICA pretende contribuir con esta publicación a impulsar patrones de producción y consumo de energía que permitan alcanzar mayores niveles de eficiencia energética en condiciones de bajas emisiones y de mayor desarrollo de fuentes diversas de energía, de conformidad con uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que consiste en garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible, y moderna para todos^{4,5}.

3. GSP Technical Working Group. Global Soil Partnership (GSP) Background Paper. Disponible en http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/GSP/docs/WS_managinglivingsoils/GSP_Background_Paper.pdf.

4. Informe del Grupo de Trabajo Abierto de la Asamblea General sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Documento de las Naciones Unidas A/68/970 y Corr.1, anexo. Disponible en http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/68/970&Lang=S.

5. GRIC (Grupo de Revisión de la Implementación de Cumbres. Documento de trabajo "Prosperidad con equidad: el desafío de la cooperación en las Américas", presentado en el marco de la VII Cumbre de las Américas (Panamá, 2015).

Contexto

Energía y objetivos de desarrollo sostenible

A fines de 2012, la Organización de las Naciones Unidas determinó que el periodo comprendido entre 2014-2024 sería la Década de la Energía Sostenible para Todos (SE4ALL).

SE4ALL consiste en un esfuerzo global y unánime cuyo ambicioso alcance se concentra en el acceso universal a la energía, la mejor eficiencia energética, el mayor uso de energías renovables, e incluso, la resolución del nexo energía-alimentos-agua.

Esta iniciativa es una asociación de múltiples partes interesadas entre los gobiernos, el sector privado y la sociedad civil, cuya propuesta es alcanzar tres objetivos interrelacionados para el año 2030:

1. *Proporcionar ACCESO UNIVERSAL a energía moderna*

Una crítica condición previa y fundamental para el desarrollo sostenible que tendrá lugar, es mejorar la eficacia en la atención de las necesidades básicas de las sociedades. Esto implica el acceso a servicios modernos de energía limpia para la cocción de alimentos y la calefacción de estancias, así como la provisión de servicios de iluminación, comunicaciones, salud e higiene. Los obstáculos institucionales combinados

con la escasa inversión, han restringido el acceso a la energía a diversos grupos.

2. *Duplicar el uso de ENERGÍA RENOVABLE*

La energía renovable puede ayudar a disminuir la correlación histórica entre desarrollo económico basado en el uso intensivo de la energía y el correspondiente crecimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo así al desarrollo sostenible. El creciente despliegue de la energía renovable mejorará la seguridad energética y reducirá el daño ambiental causado por el uso de combustibles fósiles. Asimismo, contribuirá a la diversificación de fuentes de energía primaria y mejorará el acceso a la energía en las comunidades de los territorios rurales aislados.

3. *Duplicar la implementación de proyectos de EFICIENCIA ENERGÉTICA*

Por cuanto se considera a la energía como aspecto central para lograr los objetivos de desarrollo sostenible, la eficiencia energética permite conciliar la creciente demanda de energía y su impacto en la base de recursos naturales: es una de las maneras más fáciles y más rentables para combatir el cambio

climático, mejorar la calidad del aire, reducir los costos de energía para las empresas y los consumidores y ofrecer beneficios múltiples.

Se considera que la duplicación de la tasa mundial de mejoramiento en eficiencia energética, es una meta alcanzable que mejorará las condiciones de vida, creará patrones sostenibles de consumo y promoverá prácticas que asegurarán el futuro energético a largo plazo.

En este contexto mundial, se ha propiciado la Energía Sostenible para Todos en América Latina y el Caribe (LAC SE4ALL), cuyo propósito consiste en poner fin a la pobreza energética⁶ en la región a través de un esfuerzo mancomunado con la Iniciativa Global SE4ALL de Naciones Unidas 2014-2024, para lo cual se cuenta con el BID como uno de los tres hubs regionales que forman parte de la iniciativa global.

A pesar de que en América Latina y el Caribe (ALC) se cuenta con una cobertura eléctrica del 95 %, todavía unas 30 millones de personas carecen de acceso a la energía, en su mayoría residentes de zonas rurales no conectadas a una red. Incluso, más de 80 millones de personas carecen de un lugar seguro y limpio donde cocinar alimentos, lo cual tiene profundas consecuencias para la salud, en particular, para la de mujeres y niños.

Asimismo, el acceso a la energía y la eficiencia energética en territorios rurales aislados

brindaría múltiples oportunidades a los usos productivos de la energía en la agricultura en cuanto al bombeo de agua para irrigación-fertilización, la siembra mecanizada, el almacenamiento y transporte de perecederos, las redes de frío, el cultivo en condiciones controladas y el procesamiento agrícola e industria artesanal, entre otras funciones claves de las cadenas agrícolas de alimentos.

La propuesta SE4ALL deberá convertir a la energía como uno de los ejes centrales de la agenda para el desarrollo posterior a 2015 y al mismo tiempo, fomentar al reconocimiento de la importancia de la energía para el logro de los actuales Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS).

El Grupo de Trabajo Abierto sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Asamblea General de la ONU (GTA/ODS) propuso un objetivo universal en materia de energía, conforme se detalla a continuación: Objetivo 7. Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos^{7,8}.

El desarrollo de las energías renovables junto con la eficiencia energética, hacen posible el acceso a la energía sostenible, especialmente para los pobres, así como también promueve la justicia social; crea oportunidades económicas y de empleo; mejora la calidad del aire y contribuye a mitigar el cambio climático; aumenta la seguridad alimentaria, el abastecimiento de agua potable y la igualdad de género; y mejora la seguridad energética, la salud humana y el desarrollo sostenible⁹.

6. La pobreza energética puede definirse, según un umbral monetario o gasto de energía, como proporción del ingreso familiar. Un gasto del 10 % del ingreso familiar generalmente se define como la línea de pobreza de la energía.

7. Informe del Grupo de Trabajo Abierto de la Asamblea General sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Documento de las Naciones Unidas A/68/970 y Corr.1, anexo. Disponible en http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/68/970&Lang=5.

8. Para septiembre de 2015, los países habrán tenido la oportunidad de adoptar un conjunto de objetivos globales para acabar con la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos. Todavía no han adoptado los objetivos y las metas de estos se encuentran sujetas a cambios. No obstante, se cuenta con un texto finalizado para la adopción, cuya versión corresponde a la fecha del 1 de agosto de 2015, bajo el título de Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development. Disponible en <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/7891TRANSFORMING%20OUR%20WORLD.pdf>.

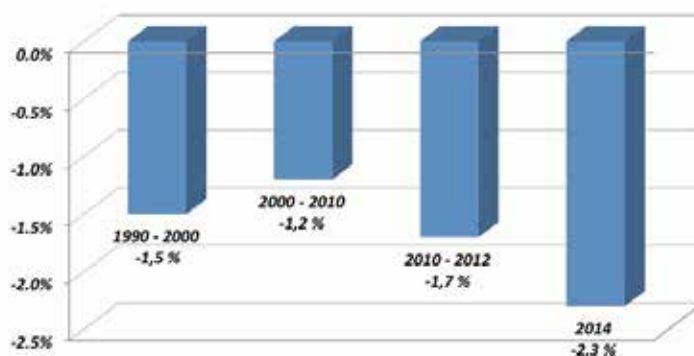
9. SAIREC Declaration adopted at the South African International Renewable Energy Conference (SAIREC) Cape Town, 4-7 October 2015. Disponible en <http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/10/SAIREC-Declaration.pdf>.

Intensidad energética

Se encontraría lógico afirmar que recurrentes periodos de precios más bajos de energía provocarían el abandono de acciones para promover la eficiencia energética junto con patrones derrochadores en el uso de la energía. Sin embargo, la IEA no ha encontrado evidencia de que esto está ocurriendo¹⁰.

Las estimaciones preliminares para el año 2014 indican que la intensidad energética global, medida como la cantidad de energía necesaria para producir una unidad del PIB¹¹, disminuyó un 2,3 % en comparación con el año anterior, casi el doble de la tasa promedio de cambio en la última década (ver figura 1), como resultado de un conjunto de mejoras de eficiencia energética y cambios estructurales en la economía mundial.

Figura 1. Tasa de cambio en la intensidad energética global según periodos de tiempo (%).



Nota: 2010-2012 constituye el periodo de seguimiento a partir del cual se está estableciendo la línea base para las metas de la iniciativa global de Energía Sostenible para Todos (SE4ALL) 2014-2024.

Fuente: International Energy Agency (IEA)/World Development Indicators (WDI).

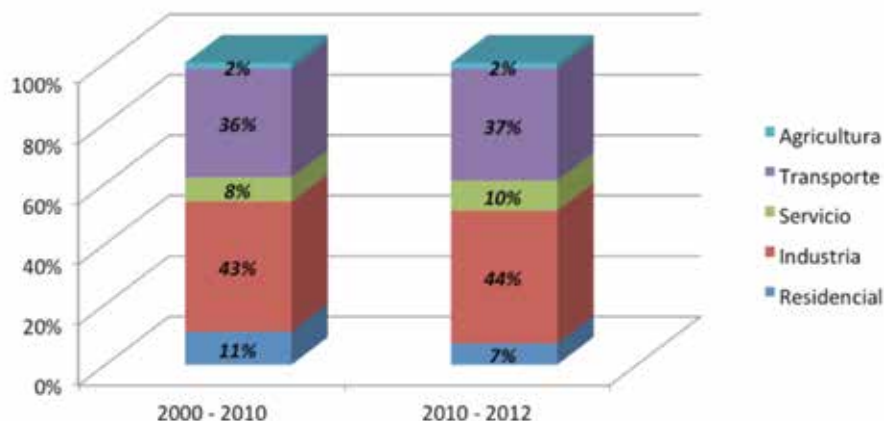
Entre los sectores de uso final de la energía, la industria y el transporte fueron los mayores contribuyentes a la reducción de la intensidad energética global entre los periodos 2000-2010 y 2010-2012, respectivamente, aportando en conjunto cerca del 80 % con respecto al

total del consumo final energético evitado, lo cual evidencia que ambos sectores han mejorado ampliamente su desempeño energético, y a su vez, han establecido o fortalecido sus estándares de economía de combustible, respectivamente (ver figura 2).

10. World Energy Outlook Special Report 2015: Energy and Climate Change. Disponible en <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WE02015SpecialReportonEnergyandClimateChange.pdf>.

11. Un indicador clave para analizar los requerimientos de energía de un país es la intensidad del consumo de energía con respecto al PIB, o más comúnmente conocida como intensidad energética de consumo, que está determinada por el cociente entre el consumo de energía (primario o final) sobre el PIB producido por el país. De esta forma, este indicador puede interpretarse como la cantidad de energía que el país consume por cada unidad monetaria de PIB producida.

Figura 2. Contribuciones globales de consumo final energético evitado por sectores, según periodos de tiempo.



Fuente: International Energy Agency (IEA)/World Development Indicators (WDI)/United Nations.

La aportación del sector de la agricultura, de únicamente un 2 % con respecto al total de los sectores, apunta a que este sector podría contribuir significativamente con la eficiencia energética, si se toma en cuenta que los procesos de agregación de valor en la cadena de alimentos requieren de un insumo universal como la energía en cada uno de sus eslabones, al igual que es posible la producción en condiciones de bajas emisiones de carbono.

De acuerdo con un marco global de seguimiento elaborado por el Banco Mundial para la iniciativa SE4ALL 2014-2024, diferentes sectores, países y regiones han mostrado diferentes tasas de mejora en la intensidad energética¹².

En el periodo 1990-2010, el sector agrícola alcanzó la mayor tasa de mejora, en 2,2 % por año, mientras que la industria y otros sectores de la economía mejoraron la intensidad de su energía a una tasa de solo el 1,4 % por año (todos refiriéndose a tasas ajustadas).

A nivel regional, mejoras durante 1990-2010 variaron desde tan bajo como 0,1 % por año en África del norte hasta 3.2 % por año en el Cáucaso y la Asia Central. En comparación, la intensidad energética en África del oeste se deterioró en 0.8 % por año durante el mismo periodo.

El recurso energético en la producción de alimentos

La energía tiene un rol clave habilitante en la seguridad alimentaria y nutrición, por cuanto:

- Es esencial para los procesos agrícolas y asimismo, es frecuente que los precios de la energía influyen sobre el mercado de los insumos agrícolas.
- Es evidente que en las operaciones agrícolas para producir alimentos en la finca, se requiere de la energía que

12. World Bank. 2013a. SE4All Global Tracking Framework. The World Bank, Washington, DC, US. Disponible en <http://documents.worldbank.org/curated/en/2013/05/17765643/global-tracking-framework-vol-3-3-main-report>.

brinda la tracción animal, la combustión de la leña, el estiércol y de otras fuentes de biomasa, o bien, de las fuentes renovables del agua y del viento que hacen posible el movimiento de los molinos.

- Complementariamente, la energía es utilizada en la fabricación de insumos para la cadena agroalimentaria y en la transformación de los alimentos.
- A nivel doméstico, el mejor acceso a servicios modernos de energía permite aumentar la calidad de los alimentos, mediante la conservación de alimentos por refrigeración y la cocción adecuada.

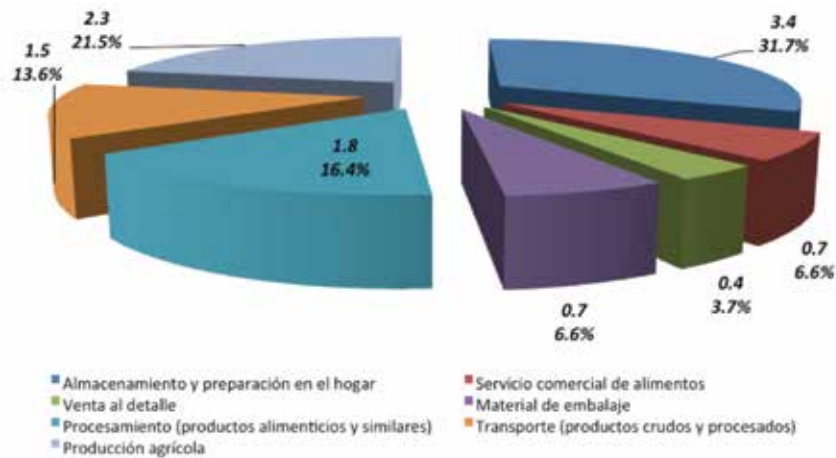
Una referencia de la magnitud de uso de la energía en el eslabón primario de la agricultura para la producción de alimentos (Woods, J. *et al.* 2010), menciona un estimado comprendido en un rango de 9 a 10 EJ, representando

entre un 2 % y un 3 % del total del consumo global de la energía primaria en el mundo, durante el periodo 1995-2005.

Sin embargo, a pesar de que la demanda agrícola de energía fósil representa una reducida participación en el mercado total, la agricultura es considerablemente dependiente de este recurso y a su vez, realiza un uso intensivo de energía en toda la cadena de alimentos, además del eslabón primario de producción agrícola.

La siguiente figura proporciona una estimación de la energía que se incorpora en el sistema de suministro de alimentos en EE. UU.: desde el campo hasta la mesa fueron requeridos un total de 10,8 exajulios (1,86 miles de millones de barriles equivalentes de petróleo), a lo largo de los eslabones de la cadena de agregación de valor de los alimentos (Heller y Keoleian 2000, Canning *et al.* 2010).

Figura 3. Uso de energía en el sistema de abastecimiento de alimentos de los EE. UU. (EJ y %).



Notas: a 1 EJ (exajulios) = 1 x 10¹⁸ julios.

b No está incluida la energía consumida por la industria de semillas (investigación, desarrollo y producción); ni la energía en el desperdicio de alimentos (vertederos, disposición de desechos y tratamientos de efluentes).

Fuente: Heller, MC; Keoleian, GA. 2000. Life Cycle-Based Sustainability Indicators for Assessment of the U.S. Food System. Michigan, US, The Center for Sustainable Systems. December 6. 59 p.

Aunque la atención se centre comúnmente en el uso de energía en la finca, la agricultura explica solamente una quinta parte de la energía usada en el sistema alimentario de los EE. UU. Según las estimaciones realizadas, la producción agrícola de alimentos representa al menos una quinta parte (21,5 %) de la energía total consumida en el sistema alimentario de este país, incluyendo la energía incorporada en la fabricación de fertilizantes y plaguicidas químicos, junto con el consumo de combustible fósil utilizado en las labores agrícolas.

Por consiguiente, las mejoras en la eficiencia pueden ayudar a reducir la dependencia del petróleo que tiene la agricultura. La mayoría de los tractores utilizan gasolina o diésel. Las bombas para irrigación utilizan diésel, gas natural o electricidad generada con carbón, o bien, hidroenergía en el mejor de los casos. La producción de fertilizantes también es intensiva en energía. El gas natural se utiliza para sintetizar el amoníaco, el bloque básico con el que se forman los fertilizantes nitrogenados. La explotación minera, la fabricación y el transporte internacional de los fosfatos y de la potasa, todos ellos dependen del petróleo¹³.

Inclusive, el procesamiento (16,4 %) junto con el empaque de los alimentos (6,6 % con respecto al total de la energía consumida), respectivamente, requieren insumos energéticos de magnitudes muy cercanas a la producción agrícola.

Asimismo, la energía utilizada para el transporte en el sistema alimentario (un 13,6 %), está estrechamente correlacionada con la distancia entre las zonas de producción y de consumo. El acarreo de grandes cantidades de insumos agrícolas utilizados en la agricultura

de hoy (semillas, fertilizantes, plaguicidas, alimentos para animales, entre otros) contribuyen a la energía consumida en el transporte.

A todo lo anterior, se tiene uno de los segmentos más intensivos en energía de la cadena alimentaria, el almacenamiento y preparación en el hogar, cuyo requerimiento energético es de casi un tercio de la energía consumida con respecto al total (31,7 %). Sin embargo, en este segmento del sistema alimentario de los EE. UU. hay predominio del uso de la energía eléctrica, a diferencia de los otros segmentos, en donde el recurso energético fósil predomina en la producción agrícola y en el transporte.

Emisiones asociadas al uso de la energía y del suelo

Hay una significativa oportunidad no solo para la gestión de la eficiencia energética, sino también para la reducción de las emisiones de CO₂ asociadas con el uso de la energía y con el uso del suelo en la agricultura.

El Grupo de Trabajo III del IPCC (2014) publicó un Resumen para Diseñadores de Políticas: Mitigación del Cambio Climático¹⁴, en el cual uno de los mensajes claves consideraba que la agricultura, la silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU) son responsables de una cuarta parte de las emisiones netas antropogénicas de GEI, cuya magnitud estimada comprende de 10 a 12 Gt de CO₂eq/año.

La Agencia Internacional de Energía (IEA, 2015) ha propuesto una estrategia energética de corto plazo denominada “Escenario Puente”, como primer paso para desacoplar el incremento de las emisiones como causa del

13. Tomado del capítulo 2 “Deteriorating Oil and Food Security”. In Brown, LR. 2008. Plan B 3.0: Mobilizing to Save Civilization. New York, US, W.W. Norton & Company. Disponible en http://www.earth-policy.org/images/uploads/book_files/pb3book.pdf.

14. IPCC. 2014. Summary for Policymakers. In Climate Change 2014, Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, New York, Cambridge University Press. Disponible en http://report.mitigation2014.org/spm/ipcc_wg3_ar5_summary-for-policymakers_approved.pdf.

crecimiento económico, y consecuentemente, el alcance del compromiso de largo plazo del surgimiento de la temperatura máxima global de 2°C.

La estrategia consiste en la adopción de cinco medidas validadas de política:

- Incremento de la eficiencia energética.
- Uso limitado de la menos eficiente generación térmica de energía del carbón.
- Incremento de la inversión en energías renovables.
- Reforma a los subsidios de combustibles fósiles.
- Reducción de la emisión de metano de la extracción de petróleo y gas.

Por cuanto se aspira a cumplir con la meta global de limitar el aumento de las temperaturas globales promedio a no más de dos gra-

dos Celsius (2°C), en relación con los niveles preindustriales, cobra relevancia considerar las emisiones asociadas a la energía, las cuales representan al menos una tercera parte del total de las emisiones globales de GEI.

La AIE ha analizado las contribuciones previstas y determinadas a nivel nacional (INDC) sometidas hasta mediados de octubre de 2015 a la Conferencia de las Partes sobre el Cambio Climático en París (COP21), junto con los datos disponibles más recientes de la energía global (incluyendo recientes revisiones oficiales al balance de energía de China)¹⁵.

En conjunto, los más de 150 países que han sometido sus aportes o contribuciones para hacer frente al cambio climático, representan al menos un 90 % del total de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas a la energía de hoy.

El crecimiento en las emisiones de GEI del sector energético se reduciría dramáticamente, si las INDC se aplicaran plenamente (ver figuras 4 y 5).

Figura 4. Incremento de emisiones GEI asociadas a la energía y a procesos relacionados (por periodos, Gt CO₂-eq).

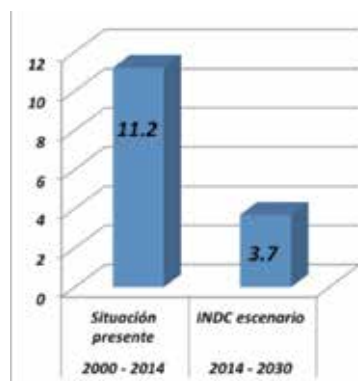
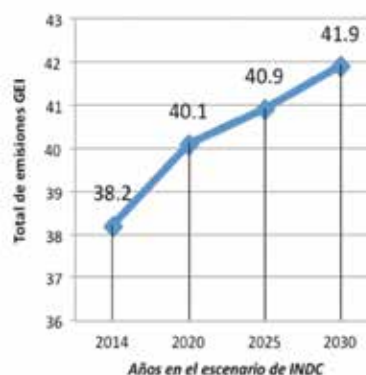


Figura 5. Escenario INDC 2014-2030. Emisiones de GEI asociadas a la energía y a procesos relacionados (Gt CO₂-eq).



Fuente: Agencia Internacional de Energía.

15. International Energy Agency. 2015. Energy and Climate Change. World Energy Outlook Special Briefing for COP21. Paris, France. Disponible en http://www.iea.org/media/news/WEO_INDC_Paper_Final_WEB.PDF

El análisis completo de las INDC realizado por la AIE revela que las emisiones globales y procesos relacionados con la energía aumentarían a 3,7 giga toneladas de dióxido de carbono equivalentes (Gt CO₂-eq), durante el periodo comprendido de 2014 al 2030, un tercio del incremento observado desde el año 2000 (11.2 Gt CO₂-eq).

Las circunstancias que incidirían en este escenario de reducción de emisiones consisten en que el crecimiento de la demanda de los combustibles fósiles disminuiría considerablemente y los combustibles de baja emisión de carbono aumentarían su participación en el mix energético a alrededor de un cuarto en el año 2030, con respecto a menos de un 20 %, actualmente.

Otras medidas más comunes relacionadas con la energía y la agricultura incluirían el despliegue de las fuentes renovables, la mejora de la eficiencia en el uso de la energía, y la disminución de las emisiones de uso del suelo y el cambio de uso del suelo y de los bosques, entre otras medidas.

En este contexto, las emisiones de CO₂ relacionadas con la energía en América Latina, cuya magnitud estimada para 2014 fue de 1,2 Gt, son considerablemente más bajas que el promedio de Norte América de 6,2 Gt, no solo en términos de emisiones per cápita, sino también en términos de emisiones por unidad de producción económica. La razón principal es el dominio de tecnologías de bajas emisiones de carbono en la matriz eléctrica (sobre todo, energía hidroeléctrica en Brasil y en Paraguay), pero también la elevada proporción de biocombustibles en el sector del transporte.

El sector energético de la región se está convirtiendo en una fuente más significativa de crecimiento de las emisiones y será importante y determinante si América Latina puede mantener su perfil bajo en carbono, a medida que la demanda de energía doméstica aumenta rápidamente. No obstante, históricamente las emisiones de gases de efecto invernadero en América Latina han sido dominadas por el uso y el cambio de uso de la tierra de la tierra, la agricultura y la silvicultura.

Desde el año 2005, Brasil como relevante emisor de la región, ha emprendido una campaña a gran escala para detener la deforestación, junto con un enfoque particular sobre cómo contener el crecimiento en las emisiones relacionadas con la energía. En 2008, Brasil anunció un Plan Nacional de Eficiencia Energética y en 2013 el Programa Innovar-Auto para aumentar la eficiencia de los vehículos de transporte terrestre; como medidas necesarias para aprovechar su gran potencial de eficiencia energética.

Actualmente, los esfuerzos para el alcance de la eficiencia energética en Brasil son conducidos a través de un par de programas que han tenido un significativo impacto, incluyendo el Programa Nacional de Conservación de Energía Eléctrica (PROCEL)¹⁶ y el Programa de Eficiencia Energética de las Concesionarias de Distribución de Energía Eléctrica (PEE).

A pesar de que el crecimiento del consumo energético está estrechamente relacionado con el desempeño del producto interno bruto (PIB), Brasil posee uno de los sectores energéticos menos intensivos de carbono en el mundo, por cuanto al menos un 45 % del total la demanda energética del país es suplida de fuentes renovables:^{17,18}

16. Más información sobre resultados de PROCEL disponible en <http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2015/>. OECD/IEA. 2015. Energy Efficiency Market Report 2015. Market Trends and Medium-Term Prospects. Paris, France, International Energy Agency. Disponible en <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/MediumTermEnergyefficiencyMarketReport2015.pdf>.

17. Las fuentes renovables predominantes en Brasil son los derivados de caña de azúcar, la hidráulica, la leña y el carbón vegetal, y otras renovables como energía eólica, solar y biodiésel, entre otras.

18. MME/EPE (Ministério de Minas e Energia/Empresa de Pesquisa Energética). 2015. Plano Decenal de Expansão de Energia 2024. Brasília, BR. Disponible en <http://www.epe.gov.br/PDEE/PDE%202024.pdf>.

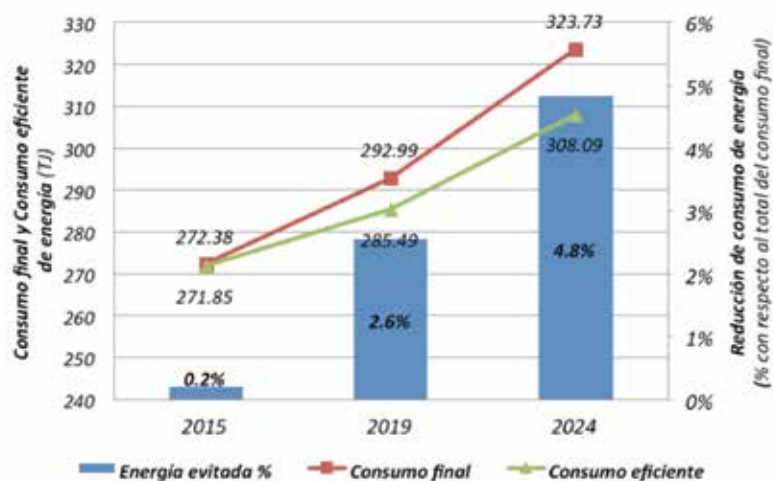
- Es el segundo productor de energía hidroeléctrica en el mundo, con una magnitud de 391 TWh que representó el 10 % de la generación de energía hidroeléctrica mundial en 2013. Asimismo, para ese mismo año, aproximadamente el 68.6 % de generación de electricidad doméstica, provino de energía hidroeléctrica.
- Los sectores de transporte y de industria representan las más grandes proporciones del consumo final total de energía, con participaciones del 37 % y del 36 %, respectivamente, para el año 2013. No obstante, es destacable que los biocombustibles constituyen el 15 % de la demanda de transporte, requiriendo de etanol para ser mezclado con la gasolina en proporciones que oscilan en un rango comprendido de 18 % a 27,5 %, el cual es suplido por la industria local de los biocombustibles. Asimismo, ha sido autorizada la mezcla obligatoria

del 7 % la proporción de biodiésel, en la mezcla con el diésel fósil.

Por su parte, el sector agropecuario de Brasil consume alrededor de un 4 % del consumo total de energía y a su vez, el escenario de perspectivas para este sector muestra condiciones bastante favorables para atender la demanda de alimentos y la cadena de los bioenergéticos en los próximos años, manteniendo una tasa de crecimiento anual del 3,7 % prevista para el horizonte del Plan Decenal de Expansión de Energía 2024.

Una estimación para los próximos diez años comprendidos del 2014 al 2024, considera que el sector agropecuario de Brasil alcanzará un positivo y progresivo desempeño de la eficiencia energética, como resultado combinado de los progresos tendenciales e inducidos en el abatimiento de la demanda energética y de la reducción en el consumo final de energía (ver figura 6)¹⁹.

Figura 6. Brasil. Sector agropecuario: consumo evitado como proceso o resultado de la reducción del consumo final de energía (en TJ y como porcentaje de reducción).



Fuente: Empresa de Pesquisa Energética, Brasil.

19. MME/EPE (Ministério de Minas e Energia/Empresa de Pesquisa Energética). 2015. Plano Decenal de Expansão de Energia 2024. Brasília, BR. Disponible en <http://www.epe.gov.br/PDEE/PDE%202024.pdf>.

Actualmente, las emisiones de CO₂ del sector energético en México son dominadas por el sector transporte y la generación de energía, las cuales representan un tercio del total. No obstante, recientes metas de desarrollo y posibles estrategias para el sector de energía de este país, establecidas en el año 2013 en su Estrategia Nacional de Cambio Climático, apuntan al menos el 40 % de la generación de energía con origen en fuentes limpias dentro de los próximos 20 años; sistemas de incentivos para promover la eficiencia energética y la reducción de metano proveniente de la producción de petróleo y gas.

Un informe nacional de monitoreo de la eficiencia energética en Argentina (CEPAL, 2014), evidenció la tendencia predominante de consumo de combustible líquido en el sector de la agricultura, por cuanto una de las principales actividades demandantes de hidrocarburos es la producción de granos, la cual ha venido incorporando, crecientemente, tecnología de uso intensivo de energía al proceso productivo.

Por ejemplo, la maquinaria y equipos accionados por el diésel son utilizados en las principales labores culturales y en los movimientos de insumos y productos hacia y desde las explotaciones agrícolas. En consecuencia, el ahorro energético surgirá de la aplicación de mejores técnicas de siembra y cosecha.

El Cono Sur, constituido por Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay, se convirtió, en poco tiempo, en un lugar de referencia de la agricultura de granos del mundo (soya, girasol, sorgo, maíz, cebada y trigo), principalmente por el dinamismo de su crecimiento y su participación en el comercio mundial²⁰.

En particular, el desempeño de la soja, responsable de casi la mitad de la producción de

granos en esta región, ha mostrado una expansión del área agrícola y crecimientos de la productividad comparativamente mayores con respecto a otras regiones del mundo.

La rápida incorporación de tecnología compensó el desplazamiento de la agricultura a suelos de menor productividad natural. Ante este escenario, la sostenibilidad de los sistemas productivos de granos y, en particular, del recurso suelo, se constituyen en los aspectos determinantes para conferir condiciones de competitividad y de eficiencia energética en los cultivos de granos.

Algunas de las ventajas productivas innovadoras introducidas fueron el proceso de transformación de la agricultura con laboreo convencional a la siembra directa y la introducción de soja, resistente a herbicidas totales. Sin embargo, la intensificación agrícola en el Cono Sur plantea desafíos para la sustentabilidad de los suelos y en esta materia se debe recurrir a los senderos tecnológicos disponibles como la diversificación productiva y la labranza conservacionista²¹.

La diversificación productiva se instrumenta a través de las rotaciones de cultivos y pasturas. A partir del monocultivo, pueden desarrollarse crecientes posibilidades de diversificación que pasan por la alternancia de distintos cultivos, ciclos complementarios para uso más eficiente del suelo, doble cultivo, cultivos consorciados, hasta llegar al modelo más desarrollado, el mixto, donde los cultivos anuales alternan con pasturas plurianuales de leguminosas y gramíneas. En este último sistema, las pasturas que duran más de un año, contribuyen interrumpiendo el ciclo anual de malezas, plagas y enfermedades propias de los cultivos de granos de estación. Así, se reduce la necesidad de defensivos agrícolas para la protección contra esos factores bióticos. Por otra parte, las pasturas con leguminosas reducen

20. Díaz Rossello, R; Rava, C. 2006. Aportes de la ciencia y la tecnología al manejo productivo y sustentable de los suelos del Cono Sur. Montevideo, UY, IICA/PROCISUR.. 272 p. Disponible en <http://repiica.iica.int/DOCS/B0504E/B0504E.PDF>

21. Ibidem.

notoriamente el riesgo de erosión durante su fase de crecimiento y contribuyen a recuperar el contenido de materia orgánica y nitrógeno del suelo.

La labranza conservacionista, como segunda alternativa tecnológica, se basa sustancialmente en la reducción del laboreo. Se parte del laboreo más convencional con muchas operaciones de labranza para reducir el tamaño de los agregados y que requiere

largos periodos sin cobertura vegetal ni residuos. Este sendero tecnológico progresa en diversas alternativas de reducción del número e intensidad de las operaciones de laboreo y también en la reducción de los tiempos de exposición del suelo sin vegetación. Se desarrollan técnicas que permiten mayor abundancia de residuos en superficie, hasta que, finalmente, se alcanza la forma más desarrollada que no requiere laboreo y que se conoce como Siembra Directa (SD).



Marco conceptual de referencia

Sistema de uso del suelo y sistema de energía

El marco conceptual de este informe amalgama dos relevantes sistemas que podrían incidir significativamente sobre la productividad y la eficiencia de las cadenas agrícolas: el sistema de uso del suelo en la agricultura para la producción de alimentos y el sistema de energía que provee de un insumo universal y fundamental, como la energía para la agregación de valor.

Por una parte, un sistema de uso del suelo constituye una combinación de una unidad de tierra y un tipo de uso del suelo junto a sus requerimientos biofísicos y químicos, mediante la cual es posible proporcionar alimentos, pienso, madera y fibras, y otras materias primas para el proceso de agregación de valor. En este caso, es relevante el desempeño y la gestión sostenible del recurso suelo, incluyendo buenas prácticas agrícolas que permitan la mejora de la productividad agrícola para proveer de alimentos a la humanidad, la restauración de la tierra degradada y la reducción de los desechos que son vertidos sobre este recurso y evitar la deforestación de las tierras protegidas.

El sistema de energía comprende todos los componentes relacionados con la producción, conversión, suministro y uso de la energía, permite satisfacer las necesidades humanas básicas (cocina y calefacción, alumbrado,

comunicación, movilidad) y fines productivos de diversos sectores. El principal desafío global en este sistema consiste en el alcance de una mayor participación de las fuentes renovables de energía en la matriz energética para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y el mejoramiento de la relación entre la producción de un servicio o bien y el consumo de energía.

La agricultura es fuertemente dependiente de la energía proveniente de los recursos fósiles, por cuanto requiere de insumos de energía en todos los eslabones de la producción tanto en el uso directo de energía para la maquinaria agrícola, la irrigación y cosecha, como en el uso indirecto para las operaciones de poscosecha como procesamiento, almacenamiento y transporte de los productos agrícolas a los mercados.

De la misma forma, los suelos constituyen el fundamento de desarrollo agrícola y de sustentabilidad ecológica, proveen la base para los alimentos, piensos, producción de biomasa y fibra, y contribuyen con la disponibilidad de agua potable, la recurrencia del ciclo de nutrientes, las reservas de carbón orgánico y alberga una cuarta parte de la biodiversidad mundial.

Por lo tanto, las medidas destinadas a promover la eficiencia energética en la agricultura podrían facilitar no solamente el rol primordial que consiste en la seguridad alimentaria para la creciente población mundial, sino

también contribuir a liberar recursos para usos más productivos, a evitar emisiones de gases de efecto invernadero y a preservar las funciones esenciales del recurso suelo.

Ante estos aspectos intrínsecos, se requiere la elaboración de un marco conceptual como el

que se muestra en el cuadro 1, para amalgamar los sistemas de uso del suelo y de energía, respectivamente, con vistas a determinar los motores y las condiciones de cambio para el uso eficiente de la energía en la agricultura, y a su vez, identificar las funciones claves y las oportunidades a realizar en torno al tema.

Cuadro 1. Esquema para el marco conceptual y técnico en el uso eficiente de la energía en la agricultura.

Sistemas	Sistema de uso del suelo	Sistema de energía
Motores de cambio	La innovación contribuye al incremento de la productividad y la competitividad en la agricultura.	La eficiencia energética puede liberar recursos para usos más productivos en la agricultura.
Condiciones para el cambio	Si se aumenta el rendimiento de los cultivos y la productividad ganadera utilizando nuevas tecnologías y enfoques integrales a la administración de suelos y aguas, es posible incrementar la producción de alimentos, proteger los bosques y mitigar las emisiones derivadas de usos agrícolas.	Se requiere de un proceso de mejoras tecnológicas acumulativas y de medidas basadas en el uso eficiente de la energía, tanto de las fuentes fósiles, como de las renovables en condiciones de bajas emisiones de carbono y de mínimo impacto sobre la huella de agua, para el incremento de la productividad y la eficiencia productiva de las cadenas agrícolas de alimentos.
Funciones clave del sistema	Los suelos proveen la base para los alimentos, piensos, producción de combustible y fibra; la disponibilidad de agua potable; la recurrencia del ciclo de nutrientes; las reservas de carbón orgánico; y alberga una cuarta parte de la biodiversidad mundial.	En la agricultura, en particular, la energía es requerida en la investigación, desarrollo y reproducción de semilla, el bombeo de agua para irrigación y fertilización, la siembra mecanizada, el aprovechamiento de los residuos agrícolas y pecuarios, el almacenamiento y el transporte de insumos y productos agrícolas, el transporte de perecederos en redes de frío o en condiciones controladas, la agregación de valor mediante el procesamiento agrícola e industrial, inclusive en procesos artesanales, el empaque y la comercialización al por mayor, como también en la venta al detalle de los alimentos.
Realización de oportunidades en eficiencia energética	<ul style="list-style-type: none"> • La diversificación productiva a través de las rotaciones de cultivos y pasturas, ciclos complementarios para uso más eficiente del suelo, doble cultivo, cultivos consorciados, etc. • La labranza conservacionista basada en la reducción del número e intensidad de las operaciones de laboreo y también en la reducción de los tiempos de exposición del suelo sin vegetación, como también, la forma más desarrollada que no requiere laboreo y que se conoce como siembra directa. • La introducción de variedades de cultivos (incluyendo multipropósito y perennes) y animales que demandan menor intensidad de uso de los recursos e insumos • La introducción de biofertilizantes u otros bioinsumos. 	<ul style="list-style-type: none"> • La capacitación técnica del personal en el buen uso del recurso energético y el adecuado mantenimiento del equipo. • La adopción y mantenimiento de maquinaria eficiente en el uso de combustibles. • La precisión de aplicación de agua y de fertilizantes en los terrenos de cultivo. • La adopción de prácticas agrícolas de labranza mínima que disminuyan la intensidad de uso de energía en la maquinaria agrícola y que contribuyan a evitar la erosión de los suelos. • La construcción de infraestructura agrícola energéticamente eficiente. • La gestión eficiente del calor en los invernaderos o en las redes de frío u otros ambientes controlados. • El uso de bombas de irrigación de alta eficiencia. • La dosificación óptima y eficiente de biomasa para el aprovechamiento energético.

Fuente: Elaboración propia.

El marco conceptual establecido muestra un hilo conductor subyacente o implícito que consiste en el uso eficiente de la energía para el mejoramiento del desempeño competitivo y sustentable de las cadenas agrícolas de alimentos. Por consiguiente, se plantea un doble desafío²³:

- ***Sobre la productividad y la competitividad.*** Para enfrentar el reto de aumentar los niveles de productividad y competitividad, se requiere la generación, adaptación y validación de tecnologías y el desarrollo de procesos innovadores que permitan incrementar los rendimientos y la eficiencia en el uso sostenible de los recursos naturales, en especial del agua y el suelo. También es necesario adoptar buenas prácticas; hacer un uso inteligente de las fuentes de energía; utilizar maquinaria e implementos agrícolas menos contaminantes; mejorar el manejo de poscosecha; usar nuevos insumos, incluyendo los bioinsumos; producir con mayor calidad; realizar cambios en la gestión organizacional y distribuir de mejor manera los beneficios del comercio.
- ***Sobre la sustentabilidad y el cambio climático.*** Existe conciencia en los países sobre la necesidad de generar modelos que incrementen la producción y reduzcan su impacto en el ambiente, pues en ocasiones a los modelos de producción intensivos se les responsabiliza de la erosión de los suelos, el uso ineficiente del agua y la energía, la pérdida de recursos genéticos y biodiversidad y la emisión

a la atmósfera de grandes cantidades de gases de efecto invernadero.

Punto de anclaje: intensificación sustentable de la agricultura

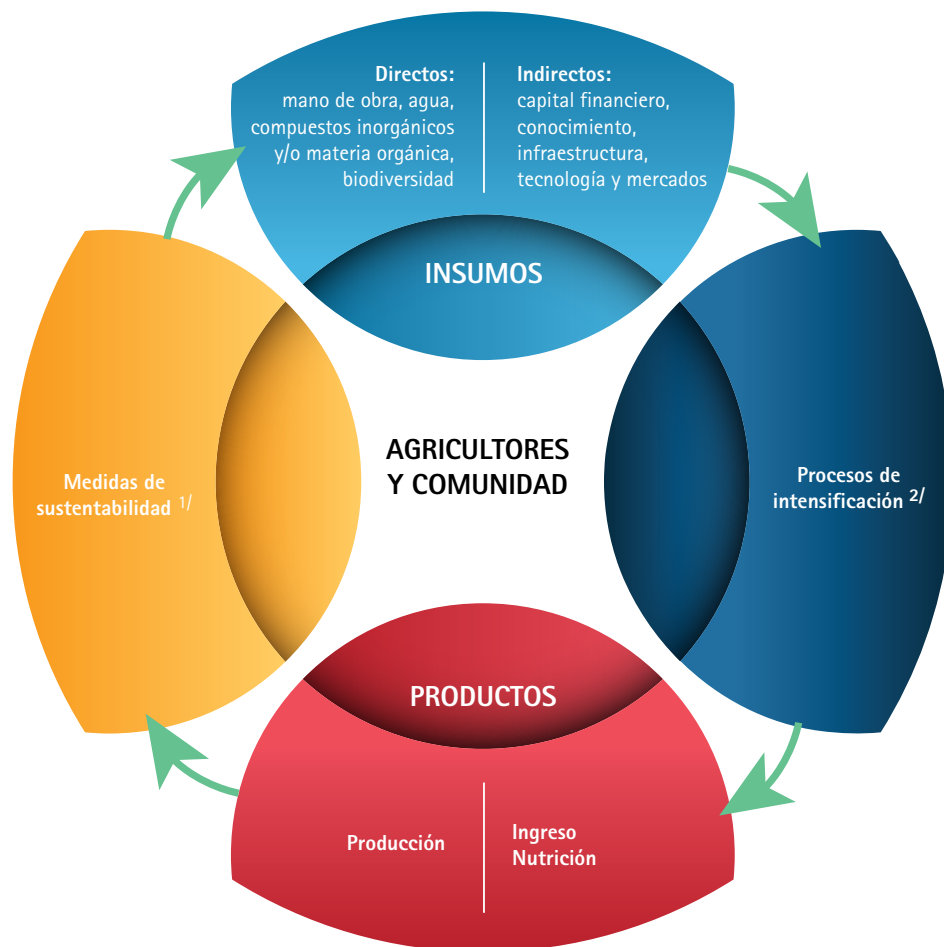
Para el marco conceptual presentado anteriormente, se recurrirá a un punto de anclaje que permita integrar y abordar los desafíos y oportunidades en mención, mediante el enfoque de la intensificación sustentable de la agricultura, el cual ofrece una alternativa para incrementar la producción de alimentos en condiciones de sustentabilidad^{24,25}.

En términos simples, intensificación puede definirse como la producción de más unidades de producto por unidad de insumos (directos e indirectos), mediante el desarrollo de medidas de sustentabilidad y de procesos a través de las cuales se obtienen nuevas combinaciones de insumos e innovaciones relacionadas, incluyendo el mejoramiento de las relaciones físicas de insumo-producto, así como la provisión de servicios ambientales y el incremento de la eficiencia global de la producción (ver figura 1).

Los productos de la intensificación sustentable de la agricultura consisten en la producción (definida como la cantidad total o productos de alimentos por unidad de insumo), el ingreso (cantidad de renta neta generada por unidad de insumo), y la nutrición (consumo humano de nutrimentos por unidad de insumo), conforme se muestra en la siguiente figura.

-
23. IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, CR). 2014. Plan de Mediano Plazo 2014-2018: agricultura, oportunidad de desarrollo en las Américas. San José, CR. P. 7. (Serie de Documentos Oficiales n.o 94).
 24. The Montpellier Panel. 2013. Sustainable intensification: a new paradigm for African agriculture. London, UK, Imperial College. Disponible en <http://www3.imperial.ac.uk/africanagriculturaldevelopment/themontpellierpanel/themontpellierpanelreport2013>.
 25. Alfaro, D; Ortiz, R. 2014. Mesa Redonda Regional de Expertos sobre Intensificación Sostenible de la Agricultura (SAI) en América Latina y el Caribe (ALC). Informe final de la Reunión. Montevideo, UY. Disponible en <http://cgjar.us8.list-manage2.com/track/click?u=0504156daf4ee6b90b340da9c&tid=a64d3875b3&te=4959664e30>.

Figura 7. Modelo teórico de intensificación sustentable en la agricultura.



- Notas:**
- 1 **Medidas de sustentabilidad** incluyen el aumento de la producción, ingresos, nutrición u otros beneficios, con la misma o menor cantidad de tierra y de agua; con el uso prudente y eficiente de insumos; minimizando las emisiones de gases invernadero; y simultáneamente, con el aumento tanto del capital natural como el flujo de servicios ambientales, junto con el fortalecimiento de la resiliencia y la reducción del impacto ambiental, a través de tecnologías y procesos innovadores.
 - 2 **Procesos de intensificación** incluyen tres pilares concernientes a diferentes acciones estratégicas:
 - Intensificación socioeconómica: Creación de condiciones propicias del entorno; mercados; construcción del capital social y humano; y creación de medios de vida sustentable.
 - Intensificación ecológica: Asociación de cultivos; manejo integrado de plagas; agricultura de conservación; y agricultura orgánica.
 - Intensificación genética: Altos rendimientos; mejoramiento de la nutrición, resiliencia a plagas y enfermedades; resiliencia al cambio climático; y creación de medios de vida sustentables.

Fuente: The Montpellier Panel. 2013. Sustainable Intensification: A New Paradigm for African Agriculture. London, UK, Imperial College. Disponible en <https://workspace.imperial.ac.uk/africanagriculturaldevelopment/Public/Montpellier%20Panel%20Report%202013%20-%20Sustainable%20Intensification%20-%20A%20New%20Paradigm%20for%20African%20Agriculture.pdf>.

Los debates sobre el uso de la intensificación sostenible se basan en tres suposiciones fundamentales sobre sistemas de producción agrícola en el siglo XXI²⁶:

- El mundo debe producir significativamente más alimentos.
- La base de tierra cultivable no puede ampliarse considerablemente.
- La producción agrícola debe ser más sostenible y eficiente en el uso de recursos.

Para el alcance de una intensificación en condiciones de sustentabilidad deben procurarse medidas a fin de reducir el daño o huella ambiental mediante la minimización del uso de fertilizantes y plaguicidas, generar menores emisiones de gases efecto invernadero, y sobre una base duradera, contribuir a la producción y mantenimiento de una diversidad de bienes públicos, tales como agua limpia, secuestro de carbono, protección contra inundaciones, recarga de acuíferos y valores recreativos del paisaje.

Análogamente, el uso eficiente del recurso energético en las cadenas agrícolas de los alimentos, traerá consigo una sustantiva contribución a la reducción en la huella de las emisiones, limitando la intensidad del uso de combustibles fósiles y una significativa mejora en el uso del suelo ejerciendo buenas prácticas agrícolas, entre otros beneficios.

Algunos ejemplos de intensificación sustentable de la agricultura relacionados con la eficiencia energética, las emisiones evitadas y el uso sustentable de los recursos a nivel de finca, son²⁷:

- La adopción y mantenimiento de maquinaria eficiente en el uso de combustibles.

- El uso de tecnologías y equipos accionados con energías renovables, por ejemplo, molinos accionados por el viento para moler grano, bombas de agua que utilizan energía solar para riego, aprovechamiento energético de residuos agrícolas y pecuarios.
- La precisión de aplicación de agua en los terrenos de cultivo.
- La precisión de las prácticas agrícolas para la aplicación de fertilizantes.
- La adopción de prácticas agrícolas de labranza mínima que disminuyan la intensidad de uso de energía en la maquinaria agrícola y que contribuyan a evitar la erosión de los suelos.
- La construcción de infraestructura agrícola energéticamente eficiente, como por ejemplo, la gestión eficiente del calor en los invernaderos.
- El uso de bombas de irrigación de alta eficiencia.

Asimismo, en la implementación de la intensificación sustentable de la agricultura deben abordarse simultáneamente las necesidades energéticas de los agricultores y la comunidad, considerando que en algunas regiones se carece de un adecuado acceso a los alimentos, la energía y el agua. Por consiguiente, se hace necesario realizar esfuerzos para el mejoramiento del bienestar rural mediante el acceso a estos servicios básicos en los territorios rurales, que satisfaga las necesidades humanas primordiales y fines productivos de alimentos, condiciones necesarias e indispensables para el alcance de altos niveles de productividad de los alimentos.

26. Cook, S; Silici, L; Adolph, B. 2015. Sustainable intensification revisited. March 2015 IIED Briefing Papers. London, UK, International Institute for Environment and Development (IIED). Disponible en <http://pubs.iied.org/17283IIED.html?s=IIEDBRIEF>.

27. WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). 2014. The United Nations World Water Development Report 2014: Water and Energy. Paris, FR, UNESCO. Disponible en <http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002257/225741E.pdf>.



Definición de conceptos

Conceptos del sistema energético

El sistema de energía comprende todos los componentes relacionados con la producción, conversión, suministro y uso de la energía²⁸.

En particular, el sector de suministro energético es el mayor contribuyente a las emisiones de gases de efecto invernadero. En 2010, aproximadamente el 35 % del total de emisiones antropogénicas de GEI se atribuyeron a este sector y asimismo, el crecimiento anual de emisiones se aceleró de 1,7 % por año en el periodo comprendido de 1990-2000, a 3,1 % en 2000-2010.

Los principales aspectos contribuyentes a esta aceleración han sido el rápido crecimiento económico asociado a una mayor demanda de energía, y un significativo aumento de la proporción de carbón en la mezcla global de combustibles.

Eficiencia energética

El campo de la eficiencia energética incluye las políticas, técnicas y medidas que permiten que los servicios energéticos de la sociedad tales como movilidad, comunicación, iluminación, motores, calefacción, enfriamiento, refrigeración, sean entregados con mucho menos recursos y significativos ahorros de energía^{29,30}.

Para alcanzar su pleno potencial, la eficiencia energética debe ser integrada en las políticas de sectores claves tales como transporte, industria, urbanismo, construcción y agricultura.

En particular, para el sector agricultura, se perfilan diversas oportunidades para el alcance de la eficiencia en usos productivos, tales como la molienda de alimentos, el procesamiento de cultivos y materias primas diversas, el bombeo de agua y la irrigación, la carga de baterías eléctricas para suplir de energía a equipos agrícolas, la carpintería y la edificación de estructuras agrícolas, la refrigeración y la incubación, e inclusive,

28. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2014. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK, Cambridge University Press.

29. Creuheras, S. s. f. Energy Efficiency: A Field of Opportunity for the G20 (en línea). Guest Article #1. In Sustainable Energy Policy & Practice of the International Institute for Sustainable Development (IISD). Consultado 2 nov. 2015. Disponible en <http://energy-iiisd.org/guest-articles/energy-efficiency-a-field-of-opportunity-for-the-g20/>.

30. Ver anexo 1, que contiene algunas iniciativas en eficiencia energética surgidas recientemente en el mundo.

la iluminación utilizada para llevar a cabo proyectos productivos. Asimismo, la implementación de medidas de eficiencia energética mejora la competitividad de los sectores productivos que consumen energía para la producción de alimentos.

El apoyo a los usos productivos de la energía junto con la gestión de la eficiencia energética crea una particular sinergia que contribuye a ahorrar energía y a facilitar el uso de tecnologías de la energía renovable, así como a ampliar el suministro de energía eléctrica a las comunidades rurales y reducir la dependencia de tecnologías menos eficientes que contaminan el aire y contribuyen a la reducción de gases de efecto invernadero.

Indicadores de eficiencia energética

Eficiencia energética se refiere a utilizar la menor cantidad de energía para ofrecer el mismo o el mayor servicio o producto.

Las dos principales fuentes de mejoras de eficiencia energética son:

1. Mayor eficiencia técnica de la aplicación de tecnologías de eficiencia energética y el uso racional de la energía.
2. Cambios estructurales económicos que resultan en la producción y consumo de mercancías con menor intensidad de energía.

No hay una sola medición para describir, asegurar y mejorar la eficiencia energética, sin

embargo, en el balance para un proceso productivo dado, una variedad de indicadores pueden servir y ayudar al análisis de esta³¹.

Para efectos de este informe, a fin de medir los avances en mejoras de eficiencia energética se utilizó la **intensidad energética**, como aproximación inmediata aunque imperfecta, la cual expresa el desempeño energético de una determinada actividad económica o sector o país, medido en términos de energía primaria (megajulios, MJ) por unidad física producida (toneladas, T) o de producto interno bruto (PIB) o valor agregado (VA) en términos reales o constantes (US\$ en términos de paridad del poder de compra de un año base).

En agricultura, intensidad energética se expresa como la proporción de uso de energía por área de cultivo (GJ/ha) así como el uso de energía por unidad de producto (GJ/t).

Intensidad energética por sectores económicos. Es la relación entre el consumo de energía de un sector económico y el producto interno bruto de dicho sector, calculado a valores constantes con un año base determinado.

El consumo energético se calcula mediante el consumo final de la energía primaria en cada uno de los sectores económicos, más el consumo final de energías secundarias incluyendo electricidad.

Formulación

$$IE_{ij} = \frac{CE_{ij}}{PIB_{ij}}$$

31. Existen varios indicadores del uso eficiente de la energía:
a) Cantidad de energía consumida por unidad producida o servicio entregado.
b) Consumo per cápita de petróleo.
c) Participación de fuentes renovables de energía en la matriz energética de un país.
d) Patrones de consumo de energía.

Donde:

$I_{E_{ij}}$ = Intensidad energética en el año i del sector j

CE_{ij} = Consumo energético del sector j

PIB_{ij} = PIB del sector j

La intensidad energética final por sector principal (industria, agricultura, servicios) es calculada como la relación entre el consumo de energía por el sector y el valor agregado a precios constantes. Este indicador permite identificar cuáles de los sectores económicos son mayormente intensos energéticamente y por lo tanto, producen mayor impacto ambiental.

Usualmente, el sector servicios es mucho menos intensivo que la industria o la agricultura en alrededor de un factor de 10, lo cual indica que mucho menos energía es necesaria para generar una unidad de valor agregado en el sector servicios, que en el sector industria.

Esto significa que si el sector servicios está creciendo más rápido que el sector industrial, contribuirá a disminuir la intensidad energética final en el total, manteniendo todo igual con respecto a los factores de la producción y las condiciones de la economía de un país determinado. Esta variación de la magnitud de la intensidad energética final es conocida como el efecto de los cambios estructurales del PIB en la economía de un país, y a su vez, constituye un criterio que permite considerar si es necesario poner en marcha programas y planes dirigidos a disminuir los valores de intensidad energética de cada uno de los sectores económicos.

Las mediciones de este indicador se realizan no solamente a nivel de principales sectores económicos, sino también para grandes ramas de actividades económicas e inclusive, el sec-

tor residencial es considerado dentro de las mediciones periódicas de un país.

Consumo final energético por sector económico: Es toda la energía que se entrega a los sectores de consumo, para su aprovechamiento como energía útil, como electricidad y calor. Se excluyen de este concepto, las fuentes utilizadas como insumo o materia prima para producir otros productos energéticos ya que esto corresponde a la actividad “transformación”.

Generalmente, en los balances nacionales de energía de un país determinado, los sectores de consumo final se han clasificado de acuerdo con la división clásica de los sectores económicos de la CIU revisión 4³². Adicionalmente se considera el sector residencial, que no corresponde a una actividad económica específica.

El sector agropecuario considerado como uno de los sectores de consumo final energético, clasifica en la división 01 de acuerdo con la nomenclatura del CIU. Incluye actividades propias del campo, del sector agrícola y ganadero, como labranza, siembra, cosecha, secado de granos, cría de ganado, sacrificio, trasquilado de ovejas, etc. No obstante, el procesamiento de la materia cosechada se considera como parte de las actividades agroindustriales.

Las fuentes energéticas mayormente utilizadas por este sector CIU división 01 son:

- La leña, bagazo y otros residuos vegetales para producir calor, por ejemplo en actividades de destilación.
- Consumo final de electricidad en actividades de riego de cultivos, extracción de agua con bombas, fuerza mecánica para procesos agrícolas.

32. Naciones Unidas. 2009. Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (CIU) Revisión 4. Nueva York, US, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. División de Estadística. Informes estadísticos Serie M, No. 4/Rev. 4. Disponible en http://unstats.un.org/unsd/publication/seriesM/seriesm_4rev4s.pdf.

- Consumo de diésel en tractores y maquinaria agrícola, se puede estimar con la fórmula:

$$C_f = N \cdot c \cdot h$$

Donde:

C_f = Consumo final

N= Número de tractores

c= Consumo específico en litros/hora

h= Horas/año que el tractor trabaja y que puede depender del tipo de cultivo.

- Consumo de diésel para accionamiento de bombas diésel y para secado de granos.
- Energía solar, utilizada sobre todo para secado de granos; una forma de evaluarla es por medio de la humedad extraída.

Razón positiva de energía es cuando la energía contenida en el cultivo cosechado es más grande que la energía fósil usada para producir el cultivo.

Usos productivos de la energía: la aplicación de la energía derivada principalmente de recursos renovables para crear bienes o servicios, directa o indirectamente, para la producción de ingresos o valor.

Consumo de energía para la producción de alimentos. Existen cuatro factores principales que contribuyen al consumo de energía para la producción de alimentos. Cada factor es un insumo para el proceso de producción de alimentos: fertilizantes y otros compuestos químicos, equipo agrícola, irrigación y bombeo, transporte, y otros insumos energéticos (ver figura 5)³³.

Figura 8. Insumos energéticos para la producción de alimentos.



Fuente: Gellings, CW; Parmenter, KE.

33. Gellings, CW; Parmenter, KE. s. f. Efficient Use and Conservation of Energy in the Agricultural Sector, Vol.2. In Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), developed under the auspices of the UNESCO. Paris, FR, Eolss Publishers. Disponible en <http://www.eolss.net>.

Los tres primeros factores son insumos con características inherentes de alta intensidad energética, es decir, que tanto en su elaboración y uso se requiere una significativa cantidad de energía con respecto a otros insumos agrícolas.

Las tecnologías de usos finales de energía para la agricultura y la producción de alimentos generalmente incluyen calderas, motores, cocción y maquinaria agrícola, accionados a partir de un amplio rango de fuentes energéticas como combustibles líquidos y gaseosos derivados de petróleo, gas natural, leña, bagazo y carbón vegetal, entre otras fuentes comunes.

Conceptos del sistema de uso del suelo

El **sistema de uso del suelo** es un complejo conjunto de procesos continuos que proporciona, regula y hace de soporte de numerosos servicios de los ecosistemas, de los cuales dependen la seguridad alimentaria, el sustento para las formas de vida, el patrimonio cultural y los elementos de la biodiversidad, control de inundaciones, almacenamiento de carbono y agua, y control de enfermedades.

Tales procesos se realizan a través de cinco funciones fundamentales^{34,35}:

Medio físico: hábitat y biodiversidad. El suelo es el soporte sobre el cual se desarrollan las plantas, a la vez que es el hábitat para la fauna y microorganismos del suelo.

Ciclos de nutrientes. El suelo almacena, libera y recicla los nutrientes y otros elementos esenciales para la vida.

Ciclo hidrológico. El suelo actúa como regulador del drenaje, flujo y almacén de agua; así, queda disponible para los organismos del suelo y los acuíferos se pueden recargar.

Filtro y amortiguador. El suelo actúa como un filtro que protege la calidad del agua, del aire y de otros recursos.

Soporte. Para las actividades humanas y provisión para el sustento de la vida (alimentos, agua, fibra y medicamentos).

Uso sostenible del suelo

El suelo es un recurso natural crucial para satisfacer las necesidades de alimentos, forraje, fibra vegetal y combustible de una población humana que crece rápidamente.

La necesidad de alimentar a una creciente población mundial ejerce una presión constante sobre la producción de cultivos y el medio natural. Esto ha llevado a definir un nuevo paradigma: **la intensificación sustentable de la producción agrícola**

Esta idea consiste en optimizar la producción agrícola por unidad de superficie, sin dejar de lado los aspectos de sustentabilidad, incluyendo una menor huella ambiental a través de minimizar el uso de fertilizantes y pesticidas, generar menores emisiones de gases efecto invernadero, tales como el dióxido de carbono, metano y óxido nitroso y, al mismo tiempo, contribuir a la producción y mantenimiento de una diversidad de bienes públicos tales como agua limpia, secuestro de carbono, protección contra inundaciones, recarga de acuíferos y valores recreativos del paisaje.

34. Gardi, C. et al. (eds). 2014. Atlas de suelos de América Latina y el Caribe. Luxemburgo, LU, Comisión Europea - Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, L-2995. Disponible en http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/library/maps/LatinAmerica_Atlas/Documents/LAC.pdf.

35. Ver Anexo 2, que contiene algunas iniciativas en uso sostenible del suelo.

Si no se mantienen dentro de un umbral sustentable los procesos de degradación del suelo, se tendría como consecuencia los incrementos en los procesos de erosión hídrica, la disminución en el rendimiento de los cultivos, y el incremento en el uso de insumos y energía para la producción.

Considerando particularmente el insumo energía en las labores agrícolas, se tienen condiciones diversas en algunas regiones de cultivo donde predomina la energía que proviene de los animales de trabajo, más concretamente del uso de los bueyes y caballos, como principal fuente de tracción. Por otra parte, son utilizadas también las fuentes de energía mecanizada, la cual es propulsada o accionada, generalmente, con combustible fósil.

En ambos casos, la optimización de sistemas agrícolas productivos basados en el uso intensivo pero sostenible de los recursos, como la energía, se lograría conforme a una gestión compatible con la promoción de la fertilidad del suelo, junto con la calidad y cantidad del carbono orgánico generado; y a su vez, comprometida con el equilibrio dinámico del agroecosistema y su entorno.

Prácticas sostenibles de uso del suelo

Se contribuye con la expectativa de alcance de una intensificación sustentable de la agricultura mediante una amplia diversidad de prácticas de uso del suelo, tales como³⁶:

- Reducción o eliminación de movilizaciones del suelo.
- Preservación de residuos de cultivo en la superficie del suelo.
- Mantenimiento de cobertura permanente del suelo.
- Ampliación de la biodiversidad, mediante cultivos de múltiples especies, en rotación de cultivos o en asocio de cultivos
- Uso de abonos verdes y de cultivos de cobertura del suelo.
- Diversificación de sistemas agrícolas productivos, como agropastoriles, agroforestales y agrosilvopastoriles.
- Manejo integrado de plagas, enfermedades y malezas.
- Control del tráfico de máquinas y equipos.
- Uso preciso de insumos agrícolas.
- Empleo de prácticas complementarias al control integral de la erosión.
- Abreviación del intervalo entre cosecha y siembra, evitando periodos prolongados de suelo desprovisto de cobertura vegetal y expuesto a la erosión hídrica o eólica.

36. Díaz, R; Rava, C. 2006. Aportes de la ciencia y la tecnología al manejo productivo y sustentable de los suelos del Cono Sur. Montevideo, UY, IICA, PROCISUR.

Criterios de sistematización y estudios de casos

Criterios de sistematización

Se recurrirá a responder a las siguientes cuestiones claves para la sistematización de indicadores y de estudios de casos de eficiencia energética:

¿Por qué se realiza esta sistematización?

La eficiencia energética mejora la seguridad del abastecimiento confiable y sostenido de este recurso y estimula la economía de los países, hace más asequible la energía a las familias rurales y empresas de la agroindustria de alimentos, crea puestos de trabajo, proporciona beneficios económicos (aumento de la productividad, mejora del desempeño de los costos, creación de empleo neto) y mejora el bienestar y comodidad de las personas. También abre nuevos nichos de mercados de alimentos que requieren de una certificación de desempeño energético o de sostenibilidad, enfrenta el cambio climático mediante la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y reduce el impacto en la salud de los contaminantes del aire. La gestión de la eficiencia energética es un ganador, tanto para países desarrollados como para países en desarrollo.

¿Cuál es el criterio general para la sistematización de la eficiencia energética en las cadenas agrícolas de alimentos?

La sistematización identificará el conjunto de procesos de mejoras tecnológicas acumulativas y de medidas basadas en el uso eficiente de energía, con origen en fuentes fósiles o renovables, en condiciones de bajas emisiones de carbono y de mínimo impacto sobre la huella de agua y del suelo, para el incremento de la productividad y la eficiencia productiva de las cadenas agrícolas de alimentos.

¿Qué interesa sistematizar?

Indicadores y experiencias de desempeño en la eficiencia energética del sector agricultura, como también de los sistemas y las cadenas de alimentos, con origen en mejoras tecnológicas y prácticas agrícolas que permitan obtener cada vez más con los limitados recursos de energía, agua y suelo.

Particular interés se pondrá sobre los siguientes aspectos:

- Medidas de eficiencia energética implementadas en los procesos de agregación de valor.
- Innovaciones e inversiones promovidas en eficiencia y ahorro para el aumento de la productividad y competitividad.

- Adopción de tecnologías energéticamente eficientes frente a otras alternativas.
- Programas de cambio de combustible para incrementar el uso de una fuente renovable y eficiente de energía, que es más deseada desde un punto de vista estratégico.

¿Para qué?

Para obtener magnitudes de la intensidad energética de determinada actividad o sector agrícola con miras al incremento de la productividad y la eficiencia de las cadenas agrícolas de alimentos.

¿Qué beneficios se obtienen de este proceso de sistematización?

A través de la consecución de parámetros o indicadores de eficiencia energética se contribuye con la liberación de recursos para usos más productivos, reducción de costos energéticos, mayor rentabilidad y mayores ingresos en las cadenas agrícolas de alimentos, así como el suministro de energía en condiciones de bajas emisiones de carbono y el uso del suelo en condiciones de sustentabilidad.

¿Qué criterios se aplicarán a la sistematización de indicadores y estudios de casos en eficiencia energética?

- (i) Significativa:** que el resultado de la implementación metodológica o la aplicación de la herramienta sea relevante para mejorar el desempeño productivo y eficiente de las cadenas de alimentos.
- (ii) Coherente:** que tengan directa relación, particularmente el agua y el suelo, en las cadenas agrícolas de alimentos.
- (iii) Consistente:** que provean un marco conceptual sólido para la cuantificación, el seguimiento o monitoreo, la verificación y la comparación de indicadores de desempeño energético, en las cadenas agrícolas de alimentos.
- (iv) Replicable:** que contribuyan a promover mejoras en los procesos productivos e intervenciones de políticas con miras a acelerar el ritmo de las innovaciones y a eliminar las barreras, respectivamente, para la gestión de la eficiencia energética en las cadenas de alimentos y el uso sostenible del suelo.

Estudios de casos

▲ Indicadores agregados de eficiencia energética por región

Durante un periodo de seguimiento realizado por el Banco Mundial y la Agencia Internacional de Energía, en el mundo se evidencia una significativa caída en los indicadores de eficiencia energética.

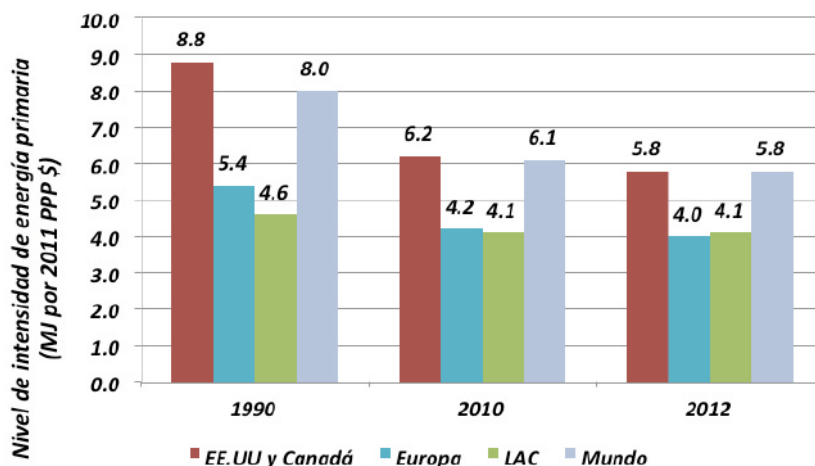
La intensidad energética en el mundo descendió consecutivamente de 8,0 a 6,1 y de este último valor a 5,8 MJ por \$ ppp 2011, en los años de 1990, 2010 y 2012, respectivamente, revelando que ha habido un cierto progreso tecnológico en el desempeño de la eficiencia energética, particularmente en la generación de energía fósil a pesar de la rápida construcción de plantas para la combustión del carbón que no siempre usan la mejor tecnología disponible.

Las regiones que contribuyeron a esta caída incluyen tanto países de altos ingresos, como Japón, la Unión Europea (UE) y América del Norte (EE. UU. y Canadá), así como países en desarrollo del Sudeste Asiático (India, Indonesia y Tailandia) y el África Subsahariana (Suráfrica y Nigeria). Particular mención merece China, que ha logrado una

dramática caída de este mismo indicador de eficiencia energética, pasando de 20,7 a 8,3 MJ por \$ ppp 2011, para los años 1990 y 2012, respectivamente.

Como aspecto relevante por destacar, es que los países mencionados tienen un alto impacto en el alcance de estas magnitudes de eficiencia energética, debido a que, en conjunto, utilizan más de la mitad de la energía a nivel global.

Figura 9. Indicadores agregados de eficiencia energética por región (1990, 2010 y 2012).



Fuentes: IEA World Energy Statistics and Balance (2014), UN Energy Statistics (2014), World Development Indicators (2014).

Con particularidad para la región de América Latina y el Caribe, un análisis realizado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) en 2013, establecía que en los países existen divergencias (naturales, en la medida de la singularidad de cada país) en los marcos regulatorios que tienen relación con la eficiencia energética, y en consecuencia no se pueden establecer de manera sencilla “comunes denominadores” para la Región en esta temática. Sin embargo, en la mayoría de estos países se verifica la tendencia a instalar (o fortalecer en caso de que ya existan) programas nacionales de eficiencia energética, dándole el sustento legal y normativo que

soporte las decisiones políticas de los gobiernos en esta materia.

Esta región tiene una oportunidad subyacente para desacoplar el crecimiento económico del incremento del consumo de energía. Por ejemplo, México que es uno de los países constituyentes de un conjunto de 20 países que utilizan cerca de las tres cuartas partes de la energía en el mundo³⁷, logró evitar un uso acumulado de 14,6 EJ durante el periodo comprendido de 1991 a 2010, reduciendo la intensidad energética del conjunto de actividades socioeconómicas de este país, de 4,8 a 4,0 MJ por \$ ppp 2011, respectivamente.

37. China, EE. UU., India, Federación Rusa, Japón, Alemania, Brasil, República de Corea, Francia, Canadá, Irán, Indonesia, Arabia Saudita, Reino Unido, México, Italia, Sudáfrica, Nigeria, Australia y Tailandia.

▲ Indicadores agregados de eficiencia energética para el sector agricultura

Como resultado del esfuerzo realizado en el marco del programa regional denominado “Base de Indicadores de Eficiencia Energética para América Latina y el Caribe (BIEE)”, se ha logrado estimar indicadores de eficiencia energética para algunos países participantes de esta iniciativa.

Previo a realizar un análisis de caso para el sector agricultura, debe mencionarse que no todas las actividades económicas de agregación de valor tienen la misma intensidad energética, por cuanto no se necesita la misma cantidad de insumos de energía para producir un dólar de un servicio o producto determinado, medido a un determinado poder de paridad de compra constante.

La intensidad de energía medida a paridad del poder de compra con base en el año 2000, permite las comparaciones en relación con el consumo de energía de una actividad económica determinada, de manera tal que reduce la brecha entre los países con diferentes niveles de desarrollo económico y diversas estructuras productivas y de servicios.

Por ejemplo, algunas ramas de la industria de fabricación de acero, cemento, ladrillos y vidrio son mucho más uso intensivas de energía con respecto a la producción de papel, químicos y otros servicios. Por lo tanto, si se incrementa la participación del sector de servicios en el producto interno como resultado de un cambio estructural en la economía de un país, se tendrá entonces una significativa disminución de la intensidad energética final.

En el caso del sector agricultura, se ha evidenciado una amplia diversidad en los indicadores de la intensidad energética, revelando la

influencia que ejerce tanto la composición de la estructura productiva como el desempeño del uso de la energía y del valor agregado agrícola en algunos países de América Latina que han sido sujetos de análisis.

Comparativamente, por ejemplo, se ha estimado que el *consumo final energético (CE)* del sector agricultura ronda alrededor del 2 % al 3 % del total en México, y de un 5 % a un 7 % en Brasil, Uruguay y Argentina. Por otra parte, la *contribución de la agricultura al producto interno bruto (PIB)* ronda el 5 % del total en países como Chile, México, Brasil y Argentina; 8 % en Uruguay; 13 % en Bolivia; y 22 % en Paraguay.

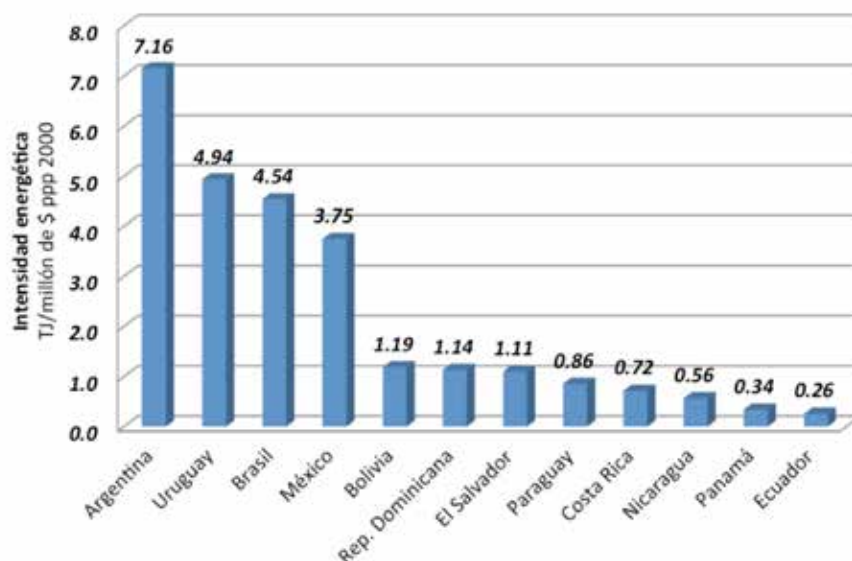
Por lo tanto, al relacionar estas variables de CE con respecto al PIB del sector agricultura, se revela que Argentina se ubica como uno de los países de mayor intensidad energética, cuya magnitud fue de 7,16 TJ por millón de dólares a ppp del año 2000, atribuible a la alta demanda de hidrocarburos derivada de la utilización de maquinaria y equipos en las principales labores culturales para la producción de granos, la movilización de las cosechas a los centros de transformación para el secado y la molienda, y de estos hacia puertos y fábricas, tanto por el modo ferroviario como por carretera³⁸.

Por su parte, Uruguay, Brasil y México presentan una mediana intensidad de uso de la energía en el sector agrícola con respecto a los otros países analizados, conforme se muestra en la gráfica, todo lo cual brinda una singular referencia para la producción de granos y otros cultivos en condiciones de un mejor desempeño energético con respecto al caso de Argentina.

Particular mención merece el impacto que tiene el consumo específico de la energía para la irrigación de alrededor de un 15 % del total

38. CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). 2014. Informe nacional de monitoreo de la eficiencia energética de la República Argentina. Naciones Unidas, Santiago, CL.

Figura 10. Intensidad energética en sector agricultura en países seleccionados de ALC en 2012 (en TJ por millón de \$ a paridad de poder de compra del 2000).



Fuente: Base de Indicadores de Eficiencia Energética (BIEE).

de la superficie agrícola del Uruguay, entre otros aspectos, por cuanto este país alcanzó una magnitud de 4,94 TJ por millón de dólares a ppp del año 2000, para el sector agrícola.

En tanto se fomenten cultivos y especies de animales que se adapten mejor a las condiciones edafoclimáticas y se logre incrementar la productividad a tasas de crecimiento superiores al aumento de la demanda de energía en el sector agropecuario, se obtendrán mejores resultados en el uso de la energía.

Este aspecto se ha manifestado en Brasil, en donde los cultivos de caña de azúcar, maíz, soja y trigo registraron un ritmo de crecimiento de la cosecha superior al aumento de la demanda de energía en las etapas de plantío, desarrollo y cosecha. En la industria pecuaria, la demanda de energía eléctrica se atribuye al

mayor número de instalaciones de refrigeración para la producción de leche y de instalaciones frigoríficas para mataderos³⁹.

De la misma forma, el análisis para el resto de países analizados cuyo perfil de intensidad energética es categorizado como bajo, incluyendo Bolivia, República Dominicana, El Salvador, Paraguay, Costa Rica, Nicaragua, Panamá y Ecuador, revela los usos energéticos en maquinaria agrícola, fumigación, riego, secado, procesamiento, vapor, calor directo, fuerza motriz, refrigeración, iluminación, entre otros, que son accionados primordialmente por electricidad, derivados del petróleo (gasolina, diésel, gas licuado, kerosene) y leña, carbón vegetal y biomasa.

En el transcurso del 2000 al 2012, el desempeño del indicador de eficiencia energética

39. CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). 2014. Informe nacional de monitoreo de la eficiencia energética del Brasil. Naciones Unidas, Santiago, CL.

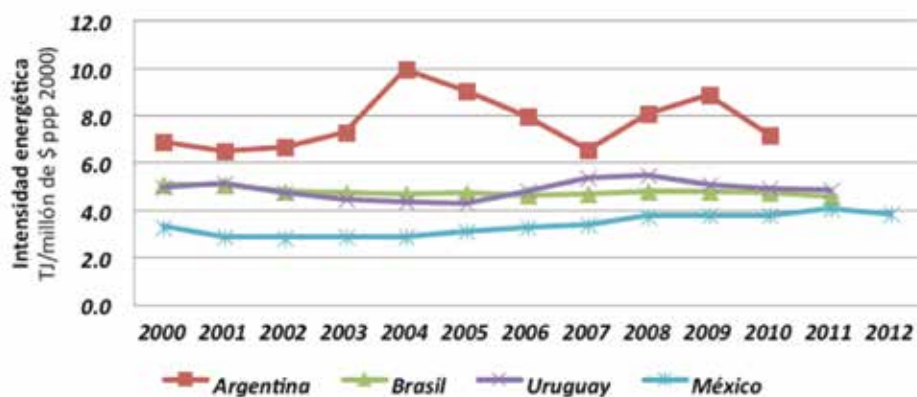
muestra significativas fluctuaciones en el caso de Argentina, en donde probablemente ha habido recurrencia no solo de deterioro en los términos de intercambio, sino también de sequías e inundaciones que afectaron cultivos y pastos, y por consiguiente, incidieron en la productividad y la agregación de valor. No obstante, a partir del 2004, cuando se alcanzó la mayor magnitud registrada de 10 TJ/\$ ppp 2000, se ha observado una tasa media de cambio de reducción de la intensidad energética de -5,4 % anual.

Brasil y Uruguay, categorizados como de intensidad media de uso de la energía para el sector agrícola, han mostrado favorables tasas

medias anuales de cambio de magnitudes de -1,05 % y -0,26 %, respectivamente, para el periodo comprendido del año 2000 a 2011.

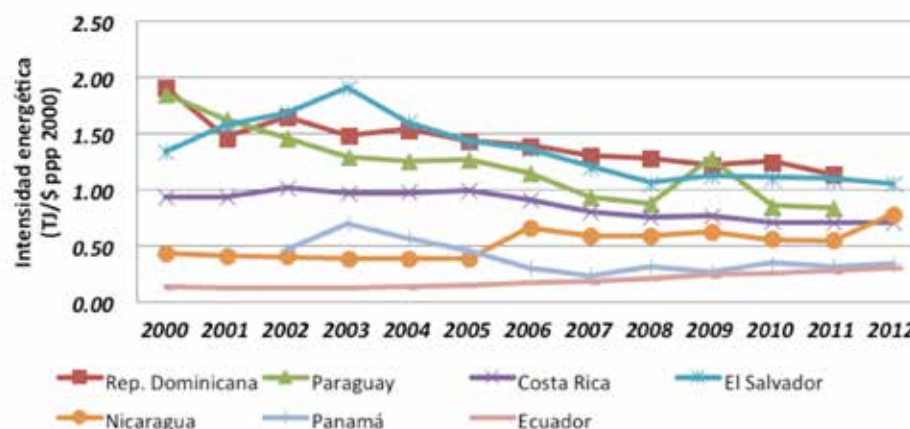
En el caso de México, hay una tendencia creciente del 1,3 % anual en su indicador de desempeño de intensidad de uso de la energía para el sector agricultura, lo cual demuestra que deberán concretarse oportunidades de mejora en la eficiencia energética para este país y en particular para el sector en estudio, hacia aquellas áreas que sean identificadas de mayor incidencia en el uso intensivo de la energía como mecanización de la agricultura o superficie agrícola con irrigación, entre otros aspectos.

Figura 11a. Intensidad energética del sector agricultura en países seleccionados de ALC en 2000-2012 (en TJ por millón de \$ a paridad de poder de compra del 2000).



Fuente: Base de Indicadores de Eficiencia Energética (BIEE).

Figura 11b. Intensidad energética del sector agricultura en países seleccionados de ALC en 2000-2012 (en TJ por millón de \$ a paridad de poder de compra del 2000).



Fuente: Base de Indicadores de Eficiencia Energética (BIEE).

▲ Indicadores de eficiencia energética en la industria de alimentos

Caso de una industria láctea

Mediante la gestión *Programa de Incremento de la Eficiencia Energética y Productiva en la Pequeña y Mediana Empresa (PIEEP)*, ejecutado en el periodo comprendido de 1999 a 2005 en Argentina, con el objetivo de crear o mejorar las condiciones para que las pymes implementaran acciones orientadas al uso ambientalmente sostenible de los recursos, se concentraron esfuerzos en la industria de alimentos⁴⁰ debido a que fue detectado un uso intensivo de recursos en esta rama de actividad económica, particularmente, la energía⁴¹. De esta forma, la gestión del proyecto PIEEP favoreció primordialmente la implementación

de mejoras vinculadas al desempeño de la eficiencia energética, productiva y ambiental en pymes alimenticias.

En conjunto, la denominación CIU de alimentos y bebidas, representó el 24,6 % del consumo total energético y el 26,1 % del total del valor agregado, ambas de la industria manufacturera, durante el periodo precedente de 1997 a 2000 de gestión del proyecto PIEEP. Fue destacable, a su vez, que más de un tercio de las industrias de esta denominación fueron categorizadas como pymes.

Se incluyeron en particular industrias lácteas, elaboración de chacinados o embutidos, azúcar, empaque y almacenamiento de frutas, acondicionamiento y secado de granos y riego agrícola, ubicadas en las provincias de Buenos Aires, Entre Ríos, Tucumán, Río Negro, Córdoba, Santa Fe y Mendoza.

40. Corresponde a la división 10 Elaboración de productos alimenticios, contenida en la Sección C de industrias manufactureras, según la CIU Revisión 4. Esta división comprende la elaboración de los productos de la agricultura, la ganadería, la silvicultura y la pesca para convertirlos en alimentos y bebidas para consumo humano o animal, e incluye la producción de varios productos intermedios que no son directamente productos alimenticios.

41. GTZ - Fundación Bariloche. 2004. Estudio sobre los consumos energéticos del sector industrial. Informe final. Buenos Aires, AR. Disponible en <http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/archivos/InformeFinal.pdf>.

En lo que corresponde al estudio de caso seleccionado para este informe, se muestran los resultados obtenidos de una industria de lácteos que brinda indicadores comparables a lo largo de tres años de implementación

de medidas de eficiencia energética, junto con incrementos significativos en la producción, mejoras en la calidad del producto y una mejor relación con el medio ambiente.

Figura 12. Argentina: resultados obtenidos en una industria de lácteos con la implementación de medidas de eficiencia energética (EE).



Fuente: Estudio de las relaciones entre la eficiencia energética y el desarrollo económico. Preparado por el Programa de Estudios e Investigaciones en Energía para la Sociedad Alemana para la Cooperación Técnica (GTZ). Santiago, Chile, julio de 2005.

De acuerdo con el gráfico anterior, en el año 0 que corresponde a la situación de la industria láctea antes de la implementación de medidas de mejora, se procesaba un promedio de 13 000 litros de leche/día que se transformaban en 1,2 t de queso/día. Asociado a ello, se tenía un derrochador consumo energético de GLP y electricidad para el procesamiento de leche, cuya magnitud alcanzaba los 0,012 TJ/t de queso producido.

No obstante, luego de un par de años de implementación de medidas⁴², no solo se logró incrementar la cantidad de proceso de leche a

35 000 litros/día, sino que también se produjeron 3,3 t de queso/día, junto con un mucho mejor desempeño de la eficiencia energética de 0,004 TJ/t producida.

Caso del proceso de preparación y secado de arroz

La eficiencia energética también es valorada a través de la reducción de las emisiones de carbono y el uso sostenible de los recursos energéticos con origen en fuentes renovables.

42. Las medidas de mejora de la eficiencia energética incluyeron el ajuste de combustión y operación de la caldera, la recuperación de condensados y aislamiento de líneas de vapor, la instalación de un banco de capacitores, la separación de la sala de depósito de la salmuera, y el ajuste de la presión y la reparación de pérdidas en el sistema de aire comprimido, entre otras medidas.

Con esta amplitud de criterio para la sistematización de indicadores de eficiencia energética, el llamado a **Concurso Público de Proyectos del Fondo Argentino de Eficiencia Energética (FAEEI)**⁴³ está dirigido a apoyar micro, pequeñas y medianas empresas (mipymes) que presenten proyectos de inversión que lleven a una mejora de la eficiencia energética en esas empresas mediante la adquisición de nuevas tecnologías más eficientes, cambios en los procesos productivos, y cualquier otra acción que lleve a una reducción en el consumo de energía.

Por ejemplo, una cooperativa que agrupaba a más de 100 productores de arroz, quienes entregaban su cosecha para el proceso de preparación y secado, implementó un par de medidas de eficiencia energética que consistieron en el reemplazo de combustible gas natural por biomasa y la generación de energía eléctrica con cascarilla de arroz, respectivamente.

En cuanto al reemplazo de combustible gas natural, se estimó que del proceso de preparación y secado del grano se generaba un total de 12 000 t de cascarilla de arroz/año, lo cual constituía una importante fuente renovable de biomasa para evitar el consumo promedio de 17 m³ de gas natural/t de arroz procesado junto con las emisiones de CO₂ asociadas a la combustión de este recurso fósil (estimadas en 541,5 t CO₂/año).

La relación demanda energética para el proceso de secado del grano con respecto a la capacidad total de generación de calor con la cascarilla de arroz (biomasa), fue estimada como un factor de 0,24, lo cual indica que únicamente sería requerido el 24 % del total de la biomasa para reemplazar el consumo de gas natural.

Por tanto, la cascarilla excedente de alrededor de 9000 t/año podría ser comercializada por la cooperativa, como también la generación de 200 kWh energía eléctrica para cubrir el incremento de la demanda, ambas alternativas representando una significativa retribución para los asociados.

Caso de la optimización del proceso de combustión de hornillas paneleras

En el Departamento de Cundinamarca, Colombia, fue desarrollado un proyecto piloto de optimización del proceso de combustión de hornillas paneleras, mediante la implementación de un sistema de dosificación de bagazo y recuperación de calor residual, con el propósito de contribuir a resolver los problemas ambientales y socioeconómicos de esta actividad agroindustrial.

La entidad desarrolladora del proyecto fue la *Federación Nacional de la Panela (FEDEPANELA)*, junto al Programa Alianza en Energía y Ambiente con la Región Andina (AEA), implementado por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) con el apoyo financiero del Ministerio de Asuntos Exteriores de Finlandia⁴⁴.

Los municipios beneficiarios de esta experiencia en eficiencia energética abarcaron Nimaima, La Peña, Quebradanegra y Utica, donde se produce y comercializa la panela obtenida de una zona con una extensión de 45 000 ha de caña de azúcar.

La actividad panelera en esta zona es de vital relevancia para la economía de estos municipios en función de la generación de empleo y distribución del ingreso. No obstante, la agroindustria ha afrontado problemas desde

43. Ver sitio web del Ministerio de Industria de Argentina: <http://www.industria.gob.ar/foapymeeficienciaenergetica/>.

44. Ver ficha resumen de los principales resultados de esta iniciativa implementada por Fedepanela y apoyada por el Programa AEA en procura de replicar la experiencia: <http://www.energiayambienteandina.net/getattachment/6c0121c0-0f0d-4a22-93a1-1dead92734f0/Panela-eficiente-mediante-dosificacion-del-bagazo.aspx>.

Cuadro 2. Propuestas de mejoras para la eficiencia energética en la Cooperativa de Arroceros.

Ítem	Insumo (input) o producto (output)	Unidad de medida	Cantidad
Consumo y demanda energética proceso de secado de arroz			
a	Arroz procesado	t/año	60.000
b	Consumo energético unitario de gas natural	m ³ /t arroz procesado	17,00
c	Consumo energético total de gas natural	millones de m ³	1,02
d	Demanda energética anual en el proceso	Tcal/año	9,33
	F.C. 1 Tcal = 4,184 TJ	TJ/año	39,02
Mejora en EE₁: Reemplazo de combustible gas natural por biomasa (cascarilla de arroz)			
e	Producción total de cascarilla de arroz	t/año	12.000
f	PCI cascarilla de arroz	kcal/kg	3.200
g	Capacidad total de generación de calor (e)*(f)	Tcal/año	38,40
	F.C. 1 Tcal = 4,184 TJ	TJ/año	160,67
h	Relación demanda energética proceso/capacidad total de generación de calor (d/g)	----	0,24
i	Cantidad requerida de cascarilla de arroz (h*e)	t/año	2.915
Mejora en EE₂: Generación de energía eléctrica con cascarilla de arroz			
j	Potencia requerida (200 kWh)	Tcal/h	0,17
	F.C. 1 Tcal = 4,184 TJ	TJ/h	0,72
f	PCI cascarilla de arroz	kcal/kg	3200
k	Rendimiento estimado sistema de combustión de biomasa (cascarilla de arroz)	%	25,00 %
l	Cantidad requerida de cascarilla de arroz [j/(f*k)]	t/hora	0,215
m	Ciclo de producción diario	horas	10
n	Intervalo de operación anual	días	365
o	Cantidad requerida de cascarilla de arroz (l*m*n)	t/año	785
	Indicador de Eficiencia Energética (j/l) en el sistema de combustión de biomasa para la generación de electricidad	TJ/t de cascarilla	3,35

Notas: E.E. = Eficiencia energética
 F.C.= Factor de conversión
 PCI = Poder calorífico inferior
 TJ = Terajulios, 1 x 10¹² J
 Tcal = Teracalorías, 1 x 10¹² T

Fuente: Jornada de Difusión del Proyecto de Eficiencia Energética en Industrias de la Secretaría de Energía - Unión Industrial Argentina (UIA). 7 de noviembre de 2012. Buenos Aires, Argentina. Ponencia del Ing. Jorge A. Caminos. Energía y Ambiente Consultora.

el punto de vista tecnológico y ambiental, donde la baja eficiencia energética de los sistemas tradicionales de procesamiento es uno de los aspectos críticos.

Las hornillas tradicionales aprovechan en promedio el 30 % del calor suministrado, presentando pérdidas por humedad del bagazo y deficiente combustión.

Asimismo, el uso de llantas de desecho incrementaba la problemática, por cuanto es una práctica común en alrededor del 80 % de las unidades productivas, generando impactos ambientales y de salud pública relacionados con las emisiones.

Los prototipos y tecnología desarrollados lograron contribuir no solo al mejoramiento socioeconómico, sino a la reducción de impacto ambiental en la zona de implementación del proyecto⁴⁵:

- La implementación del dispositivo de dosificación de bagazo. Se optimizaron las condiciones estequiométricas del proceso de combustión (logrando los niveles adecuados de la mezcla de combustible y aire para mejorar el aprovechamiento del poder calorífico de bagazo de caña).
- El control de la combustión y recuperación de calor. El calor residual recuperado fue aprovechado en el proceso de elaboración de panela, reduciendo las pérdidas de calor que se generaban por elevadas temperaturas a la salida de las chimeneas, dada la evaporación del agua contenida en el aire y por el deficiente proceso de combustión.

Lo anterior permitió incrementar la productividad, alcanzar la autosuficiencia energética

y la eliminación de la presión sobre los recursos naturales, así como la reducción de las emisiones de gases efecto invernadero y la generación de excedentes de bagazo para el aprovechamiento energético.

Se disminuyeron en un 8 % los costos de producción como resultado de la no utilización de combustibles adicionales en el proceso de elaboración de panela, es decir, prescindir de la leña, llanta y el carbón para el encendido de las hornillas, y por lo tanto, fue posible obtener un mejor desempeño de la productividad en la elaboración de la panela.

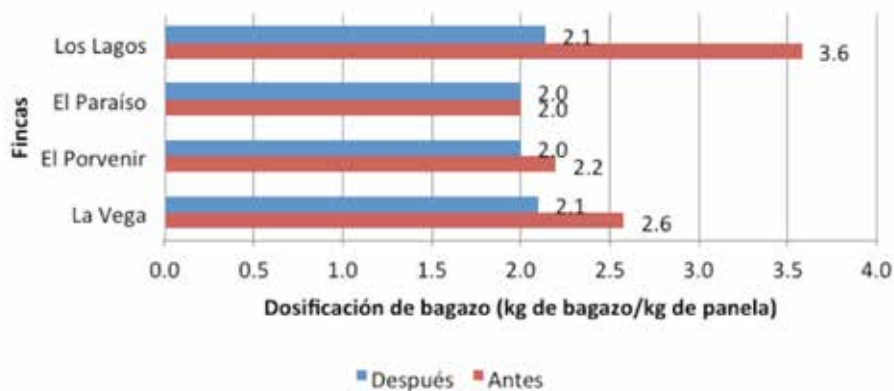
En cuanto a la autosuficiencia y eficiencia energética, la gestión del proyecto piloto contribuyó con la disminución a 0.8 kg de bagazo por cada kg de panela producida y al incremento de la eficiencia energética de las hornillas en al menos un 15 % con respecto a la eficiencia obtenida antes de la optimización energética del proceso productivo.

Un recuento de algunos beneficios socioambientales obtenidos consisten en la reducción de la jornada laboral en un 15 % y de los tiempos de operación, junto con una mejor retribución para los productores a causa de un aumento en la capacidad operativa para hacer más moliendas y en condiciones de mayor eficiencia.

Asimismo, se contribuyó con la disminución del índice de tala de bosques y árboles en las zonas cercanas a los trapiches, se redujeron en un 60 % las emisiones de CO₂ por Kg de panela producida y a su vez, fueron propiciadas mejores condiciones higiénicas de la finca, pues con el hecho de minimizar el espacio, el tiempo y la cantidad de almacenamiento de bagazo, también se minimizan diversos vectores antisanitarios (ratones, serpientes, escorpiones, esporas, etc.) que se desarrollan en tales lugares.

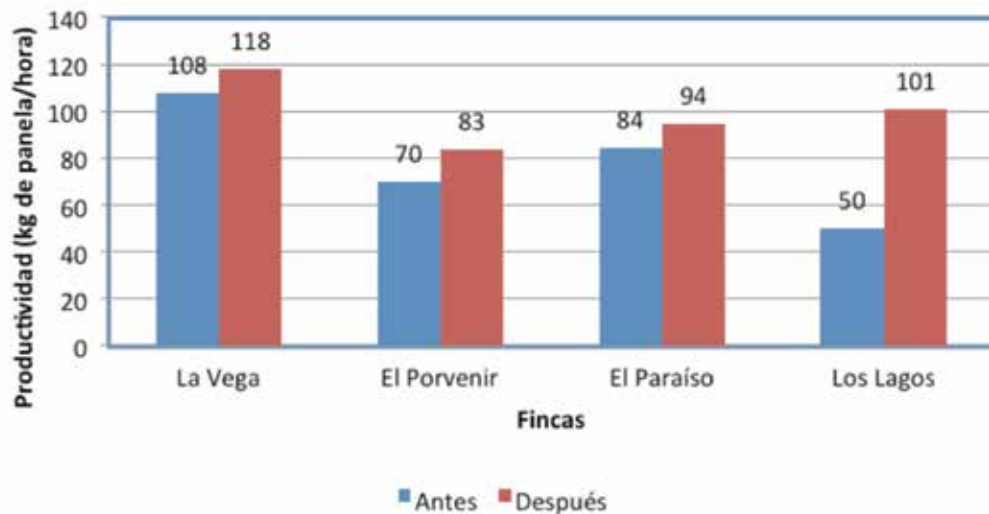
45. Ver Anexo 4: Análisis de optimización del proceso de combustión de hornillas paneleras e implementación de un sistema de dosificación de bagazo y recuperación de calor para la eficiencia energética (EE).

Figura 13. Colombia: comparación de la dosificación de bagazo antes y después de mejoras en la eficiencia energética del proceso de elaboración de panela (según fincas).



Fuente: Federación Nacional de la Panela (FEDEPANELA) - Programa Alianza en Energía y Ambiente con la Región Andina (AEA), implementado por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) con el apoyo financiero del Ministerio de Asuntos Exteriores de Finlandia. 2014. Informe final Optimización del proceso de combustión de hornillas paneleras en el Departamento de Cundinamarca a través de la implementación de un sistema de dosificación de bagazo y recuperación de calor residual.

Figura 14. Colombia: comparación de la productividad antes y después de mejoras en la eficiencia energética del proceso de elaboración de panela (según fincas).



Fuente: Federación Nacional de la Panela (FEDEPANELA) - Programa Alianza en Energía y Ambiente con la Región Andina (AEA), implementado por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) con el apoyo financiero del Ministerio de Asuntos Exteriores de Finlandia. 2014. Informe final Optimización del proceso de combustión de hornillas paneleras en el Departamento de Cundinamarca a través de la implementación de un sistema de dosificación de bagazo y recuperación de calor residual.

▲ Indicadores de eficiencia energética en cultivos agrícolas

Caso del maíz, soya, frijoles y trigo en Brasil

Una de las labores agrícolas de mayor intensidad en el uso de la energía a lo largo del ciclo de cultivo es la labranza, particularmente el arado. Por lo tanto, los sistemas de cultivo de labranza mínima son mucho más atractivos en condiciones de altos costos de la energía. Prácticas tales como la labranza cero en la agricultura conservacionista, tienen el potencial de lograr ahorros significativos de energía que pueden llegar incluso hasta un 45-55 % con respecto a la labranza convencional.

En las siguientes cuatro figuras se muestra un ejemplo en Brasil de estos ahorros potenciales de la agricultura de conservación, debido a la reducción de insumos intensivos en energía expresados en unidades de energía por unidad de superficie (MJ/ha), aunque debe considerarse que los diferentes consumos energéticos de las cadenas agrícolas maíz, soya, frijoles y trigo que se muestran, están sujetos a procesos muy diferentes y requieren diferentes tipos de entradas de energía.

En particular, es necesaria más investigación sobre las relaciones entre el uso de la energía, los rendimientos y los costos de producción en diversos sistemas agrícolas. Todo lo cual merece profundizar el análisis de la compleja y fuerte relación entre la agricultura y la energía considerando la significativa dependencia, casi en su totalidad, de los combustibles fósiles y de la energía incorporada en los insumos, como los agroquímicos, y en virtud de una estrecha relación con el precio del petróleo.

Es de esperar que el desafío de mejorar el desempeño energético de los sistemas de

producción podría lograrse mediante prácticas de agricultura de uso eficiente de los recursos que reducen las presiones en el cambio de uso de suelo, las emisiones asociadas a la producción de insumos agrícolas y la dependencia de combustibles fósiles. Simultáneamente, se mejoraría la productividad y resiliencia de los agroecosistemas.

Si se considera que un mayor ahorro de energía en los sistemas agroalimentarios de los países en desarrollo es frecuentemente necesario para mejorar la productividad y los ingresos y promover el desarrollo económico y social, entonces debe valorarse la creación de nuevas oportunidades económicas que sustituyan actividades agrícolas carentes de sustentabilidad y generadoras de altas emisiones de gases de efecto invernadero.

Algunos ejemplos para el mejoramiento del desempeño de los indicadores de eficiencia energética en las fincas son⁴⁶:

- La adopción y mantenimiento de motores de uso eficiente de combustible.
- La precisión en las aplicaciones de agua de riego y de fertilizantes.
- La adopción de prácticas de labranza conservacionista o de mínima labranza.
- El aprovechamiento eficiente del calor y la luz solar en los ambientes controlados para la agricultura.
- La utilización de variedades de cultivos y razas de animales menos intensivas en el uso de recursos e insumos.
- La adquisición de maquinaria de manufactura eficiente.
- La utilización de tecnologías de información y comunicación para identificar los mercados y los lugares de almacenamiento.

46. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, IT). 2013. Module 5: Sound Management of Energy for Climate Smart Agriculture. Climate-smart agriculture sourcebook. Rome, IT. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/018/i3325e/i3325e05.pdf>.

Figura 15. Maíz: comparación de insumos energéticos totales por sistema agrícola en la microcuenca de Lajeado, São José, Brasil.

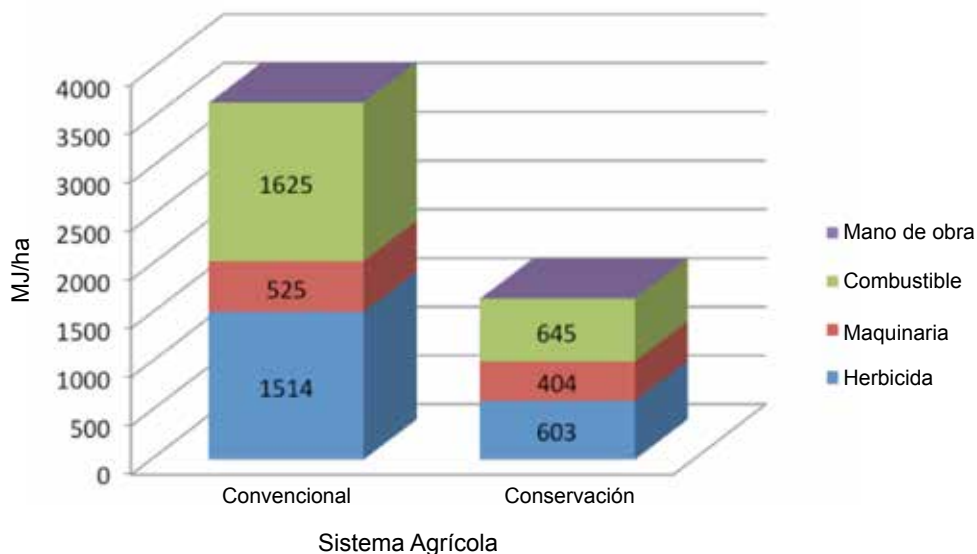
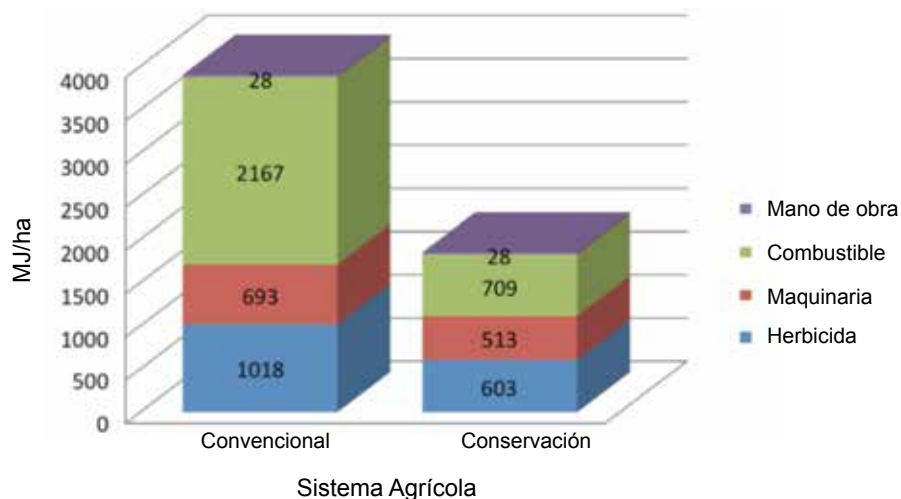


Figura 16. Soja: comparación de insumos energéticos totales por sistema agrícola en la microcuenca de Lajeado, São José, Brasil.



Fuente: FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2013. Module 5: Sound Management of Energy for Climate Smart Agriculture. Climate-smart agriculture sourcebook. Roma, Italia.

Figura 17. Frijol: comparación de insumos energéticos totales por sistema agrícola en la microcuenca de Lajeado, São José, Brasil.

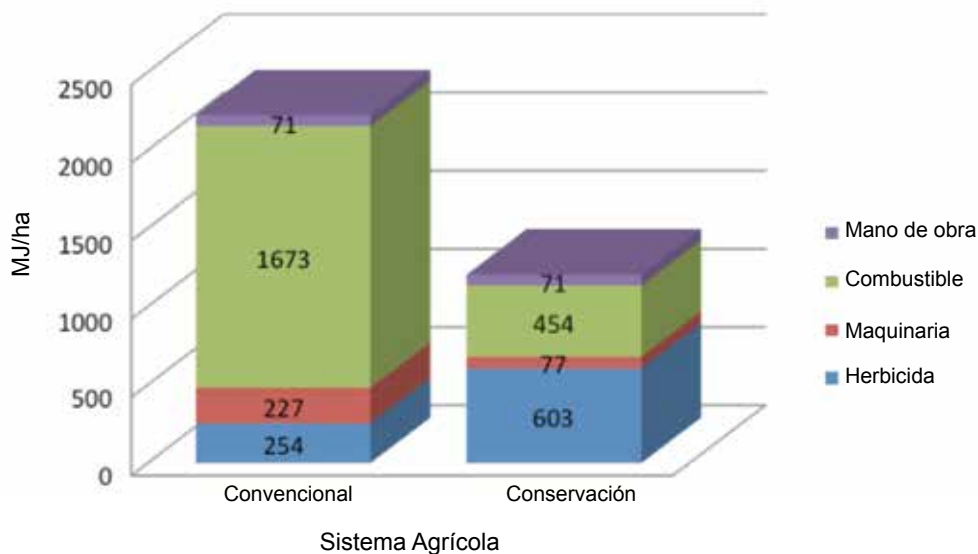
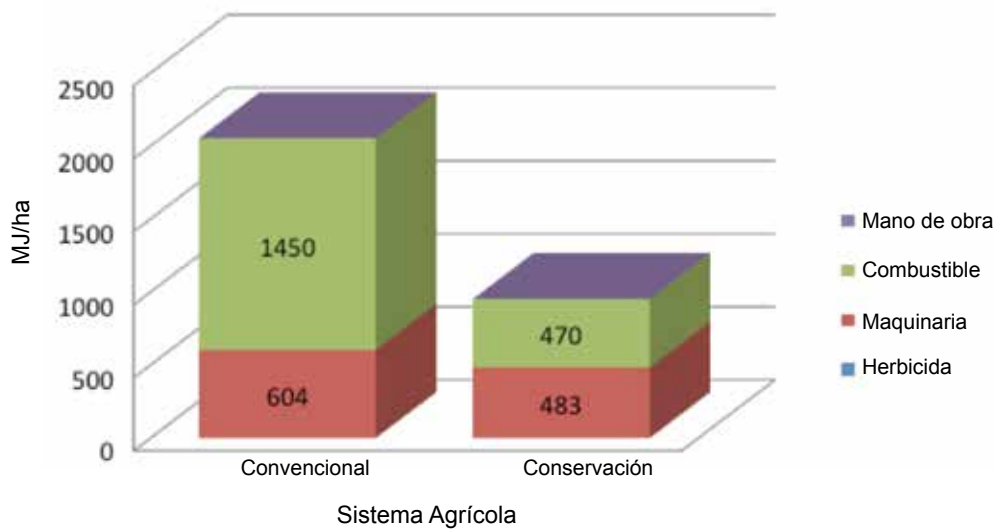


Figura 18. Trigo: comparación de insumos energéticos totales por sistema agrícola en la microcuenca de Lajeado, São José, Brasil.



Fuente: FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations . 2013. Module 5: Sound Management of Energy for Climate Smart Agriculture. Climate-smart agriculture sourcebook. Roma, Italia.

Caso de la yuca en países en desarrollo

Los seres humanos dependen de diferentes fuentes de energía para la producción de alimentos, vivienda, agua potable y el sustento de un ambiente productivo. Estas fuentes comprenden un amplio rango, desde la capacidad de generar trabajo de las personas hasta la tracción animal, de la energía eólica, solar, bioenergía e hidráulica hasta las fuentes fósiles. Estas últimas, han sido las más efectivas de aprovechar y de uso intensivo aunque finitas, tanto para aumentar la producción alimentaria a un número creciente de seres humanos, como también para ayudar a aliviar la malnutrición y otras numerosas enfermedades.

En los países en desarrollo, el insumo de mano de obra es un importante rubro en términos de energía y de economía, con respecto a otras labores de mecanización y fertilización, aspecto por el cual cobra relevancia el suministro adecuado de alimentos básicos que necesitan las personas que dependen de estos alimentos para su salud y supervivencia,

aunado a la impostergable gestión sustentable de los recursos naturales que soportan la producción de cultivos básicos.

La yuca o mandioca es uno de los cultivos básicos en África, Asia y América Latina, que produce más en términos de carbohidratos por hectárea y que suple una significativa proporción de la energía para las personas que laboran en el campo, así como en los centros urbanos.

Por cuanto la mano de obra es un componente vital de la producción agrícola de este cultivo que sustituye a la mecanización y a otras actividades agrícolas, se hace muy necesario valorar la relación insumo de mano de obra sobre el aporte energético de la yuca.

Mediante la cuantificación de la energía suplida al sistema productivo de este cultivo, se estimaron los aportes en términos de energía para cada uno de los insumos requeridos en la producción. Asimismo, la producción obtenida fue expresada en los mismos términos (ver siguiente cuadro).

Cuadro 3. Insumos energéticos para la producción de yuca en países en desarrollo.

Insumos	Cantidad	Unidades	MJ
Mano de obra	1.632	horas/ha	22.621
Animal de tiro	200	horas/ha	2.079
Maquinaria	5	kg/ha	391
Nitrógeno	46	kg/ha	3.591
Fósforo	33	kg/ha	567
Potasio	43	kg/ha	588
Estiércol	3.400	kg/ha	23.684
Estacas	6.000	unidades/ha	1.126
Total (insumos)			54.647
Producción	12.360	kg/ha	196.510
Relación insumos/producción			3.60

Fuente: Pimentel, D. et al. 2008. Energy inputs in crop production in developing and developed countries. In Food, Energy, and Society, ed. Pimentel M, Pimentel D, p. 137-59. New York, US, CRC Press. 3 ed.

Desde la perspectiva de eficiencia energética, el objetivo central de la producción de este cultivo es maximizar la transformación de la energía solar y otros recursos en un producto comestible de importancia para la alimentación (1 kg de yuca aporta alrededor de 3.800 kcal).

▲ Indicadores de eficiencia energética en actividades pecuarias

El subsector pecuario comprende actividades productivas de ganadería de leche y de carne, porcicultura, avicultura y otras que consumen una significativa proporción de la energía suplida a las fincas y a los establecimientos de procesamiento.

Usualmente, el indicador de eficiencia para este tipo de actividades es expresado en términos de cantidad requerida de energía por unidad de producto (GJ o MJ por t producida) o por unidad animal (GJ o MJ por LU), de tal forma que deben incluirse los insumos energéticos directos como electricidad, combustibles refinados de petróleo, gas natural y biomasa, para la combustión directa o la obtención de biogás.

La **ganadería de leche**, en particular, requiere del insumo de la energía para la gestión de la finca, operación de sistemas de ordeño y de equipos de preparación de alimentos forrajeros⁴⁷, tanto manuales como automatizados,

tanques de enfriamiento, iluminación y ventilación de edificaciones lecheras (como criaderos, lecherías, establos y graneros), y cuando sea requerido, bombeo de agua con propósitos sanitarios. Debe agregarse a estos, los requerimientos de transporte de reemplazos del hato, materiales e insumos, y de la leche, hasta el centro de acopio y desde aquí al establecimiento de procesamiento, entre otros.

En el caso de la Unión Europea (casi que la única región del mundo en donde se han estimado indicadores de eficiencia energética para las actividades pecuarias), el insumo de energía para la producción de leche alcanzó magnitudes comprendidas en el rango de los 2,7 a los 5,1 por GJ/t de leche producida, en Alemania y en Polonia, respectivamente (ver cuadro y figuras siguientes).

Ambos extremos de este rango energético evidencian que el uso más eficiente de la energía por tonelada de producción de leche fue alcanzado en Alemania y en Portugal, con magnitudes de 2,7 y 3,28 GJ/t, respectivamente. Por el contrario, la producción de mayor uso intensivo de energía correspondió al Reino de los Países Bajos y a Polonia, en 4,5 y 5,1 GJ/t, respectivamente.

No obstante este amplio rango energético, el principal uso de la energía es para la alimentación animal, por cuanto representa entre un 60 % a un 85 % del total de la energía requerida sobre la base de cantidad de leche en t producida por unidad animal por año.

47. Incluye la cantidad de energía necesaria para producir los alimentos y las materias primas, como pastos, forrajes de corta, concentrados y aditivos para piensos. En cada caso mencionado, se establece la cantidad física y se multiplica por un factor de conversión para estimar la cantidad de energía requerida para producir alimento para los animales.

Figura 19. UE: estructura de insumos energéticos (GJ/LU) en la producción de leche de vaca por país.

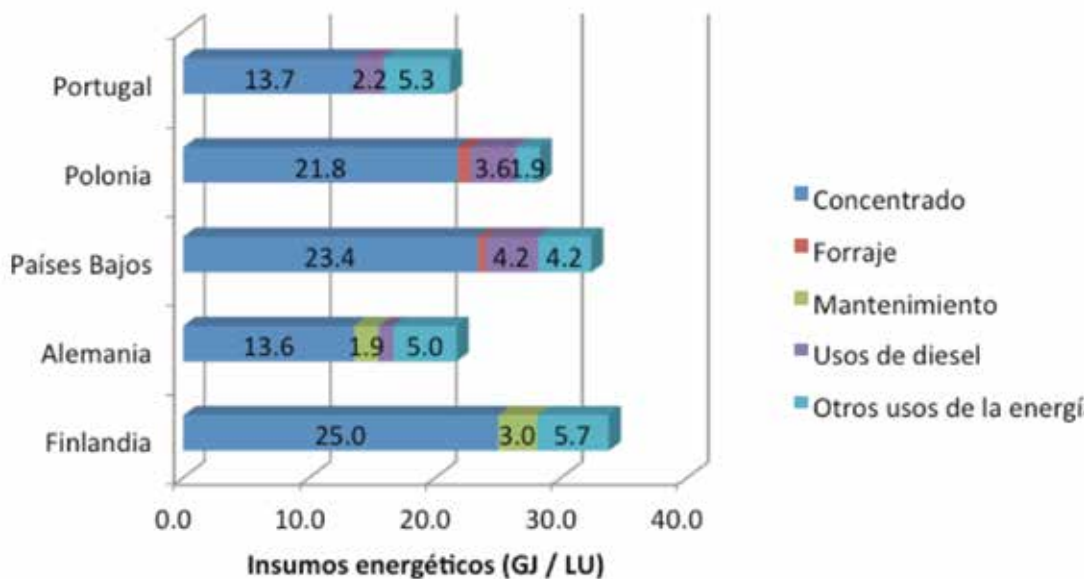
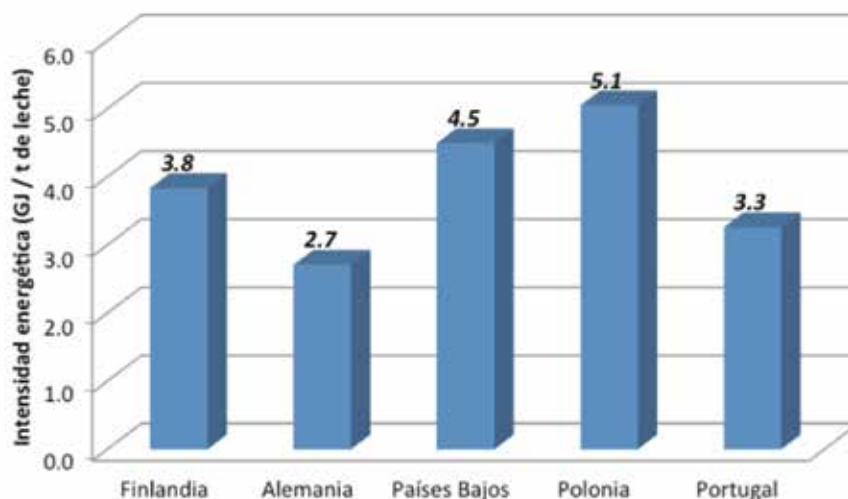


Figura 20. UE: indicadores de eficiencia energética en la leche de vaca por país.



Fuente: Golaszewski, J. *et al.* 2012. State of the Art on Energy Efficiency in Agriculture. "Country data on energy consumption in different agroproduction sectors in the European countries". Agriculture and Energy Efficiency (agrEE). Project of the European Union's Research and Innovation funding of the Seventh Framework Program.

▲ Indicadores de eficiencia energética asociados a sistemas de producción agrícola

Un equipo de científicos del Departamento de Agronomía, Bosques y Gestión del Suelo, de la Universidad de Turín, evaluaron la eficiencia energética de dos diferentes sistemas de cultivo —el *sistema de cultivo integrado (IFS)* y el *sistema de bajo requerimiento de insumos (LI)*⁴⁸— con respecto al *sistema convencional de cultivo (CONV)*, recurriendo a un indicador comparativo que mostrase la intensidad energética requerida por unidad de rendimiento (GJ/t) para cada uno de estos sistemas⁴⁹.

El sistema de cultivo integrado (**IFS**) ha sido introducido para disminuir el impacto ambiental y promover el uso sostenible de los recursos, mientras se mantienen la producción y los ingresos de la finca. Estos sistemas utilizan un enfoque holístico de principios y procedimientos conocidos para reducir los insumos agronómicos (labranza de conservación, uso de cultivares resistentes a enfermedades, uso racional de plaguicidas, aplicación de precisión de los nutrientes) y para diversificar cultivos (cambio de monocultivo intensivo de cereales a rotación de cultivos, promoción de la biodiversidad mediante la gestión de linderos de cultivos y de vegetación no agrícola).

Se recurrió también a un sistema de bajo requerimiento de insumos (**LI**), aumentando la materia orgánica contenida en el suelo y reduciendo las necesidades de energía para la gestión de cultivos y la contaminación ambiental potencial a través de la implementación de la labranza mínima, calibración de las dosis de fertilizante en el cultivo, uso de herbicida post emergente a bajas tasas de aplicación y pre-

vencción de lixiviación de nutrientes, utilizando cultivos de rápido crecimiento plantados entre dos cultivos o entre filas de cultivos en temporadas consecutivas.

El sistema de cultivo convencional (**CONV**) consistió en un cultivo manejado según prácticas agrícolas típicas de la zona, tendiente a maximizar rentabilidad y a estabilizar los niveles de rendimiento de cultivo sobre el tiempo mediante la alta aplicación externa de insumos.

De esta forma, fue evaluada la relación de la energía suplida por unidad de superficie expresada en GJ/ha, y la productividad de los cultivos de **trigo, maíz y soya**, expresada en t/ha, para cada uno de los sistemas agrícolas mencionados anteriormente.

Algunos de los resultados de esta evaluación, que se muestran en el siguiente cuadro, revelaron que los sistemas de cultivo requieren diferentes niveles de los insumos de energía total (GJ/ha). LI y IFS fueron considerablemente menos intensivos que CONV. La mayoría de la reducción de uso de energía fue alcanzada equilibrando la fertilización nitrogenada con el requerimiento real del cultivo y la adopción de la labranza mínima, entre otras prácticas de gestión integrada de cultivos.

Por su parte, los indicadores de intensidad energética mostraron un valor promedio de 2,9 GJ/t de grano seco, y a su vez, un mucho mejor desempeño energético de los sistemas LI e IFS, con respecto al sistema CONV. No obstante, se encontraron marcadas diferencias entre cultivos. El cultivo de maíz fue el más eficiente en el uso de energía suplida, mientras que la soja requiere la mayor cantidad de insumo de energía; el trigo se colocó en una posición intermedia.

Cuadro 4. Indicadores energéticos de los cultivo (trigo, maíz y soja) en los diferentes sistemas de cultivo (LI, IFS y CONV).

Indicador	Cultivo	LI	IFS	CONV	Promedio
Total de insumos energéticos por sistema de cultivo (GJ/ha)	Trigo	10,5	12,6	15,4	12,8
	Maíz	20,2	21,8	29,5	23,8
	Soja	9,9	11,6	14,3	11,9
Intensidad energética (GJ/t de grano)	Trigo	2,0	2,3	3,0	2,4
	Maíz	1,9	1,9	2,6	2,1
	Soja	3,3	3,6	5,1	4,0

Notas: LI = sistema de bajo requerimiento de insumos. IFS = sistema de cultivo integrado. CONV = sistema convencional de cultivo

Fuente: Alluvione, F.; Moretti, B.; Sacco,D.; Grignani,C. 2011. EUE (energy use efficiency) of cropping systems for a sustainable agriculture. Energy, Volume 36, Issue 7, July 2011, Pages 4468-4481.

Lo anterior refleja la naturaleza fisiológica y agronómica de los cultivos y sus correspondientes respuestas en los rendimientos en función del sistema agrícola implementado y la energía suplida al sistema.

El cultivo de maíz obtuvo el mejor indicador de eficiencia energética, con un promedio de 2,1 GJ/t ya que tiene un ciclo C4, que corresponde a una de las mayores tasas de asimilación fotosintética en las plantas, y por lo tanto, posibilita una producción más eficiente de biomasa. El trigo, con un valor intermedio en eficiencia energética de 2,4 GJ/t como promedio, tiene un ciclo C3, de menor tasa de asimilación fotosintética con respecto a C4, pero produjo altos rendimientos con bajos niveles de insumos energéticos. Y la soja, también de ciclo C3 fue el cultivo de mayor intensidad energética de los tres, alcanzando una magnitud promedio de 4,0 GJ/t.

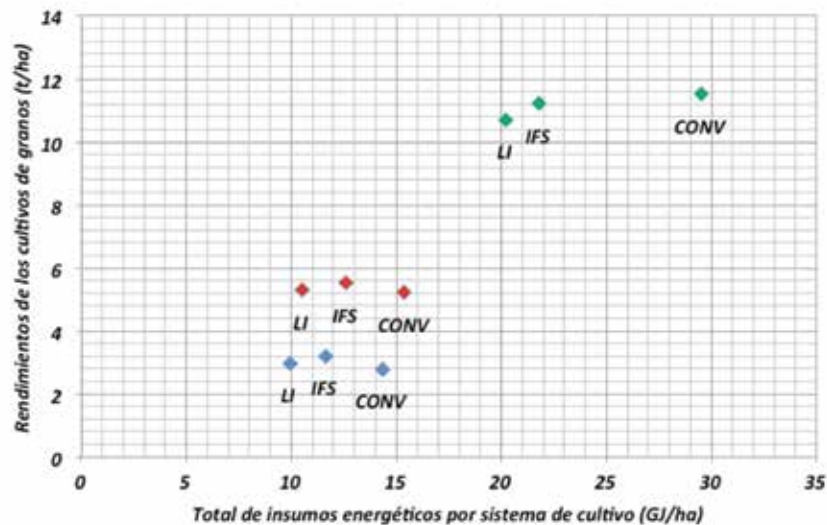
El desempeño productivo de los cultivos en función de los insumos energéticos suplidos a los diferentes sistemas de cultivo, en conjunto, es mostrado en la siguiente figura que revela las diferentes posiciones, ya mencionadas, en cuanto a la eficiencia energética de los sistemas agrícolas y al rendimiento productivo de los cultivos.

El equipo de investigadores del Departamento de Agronomía, Bosques y Gestión del Suelo de la Universidad de Turín, concluyó que las técnicas de gestión alternativa introducidas en IFS y LI fueron eficaces en la mejora de la eficiencia energética de los sistemas de cultivo, y a su vez, los resultados obtenidos resaltan la necesidad de encontrar soluciones concretas, dependiendo de las condiciones edafoclimáticas y de las opciones para la rotación de cultivos.

De relativa importancia se resaltan los aspectos determinantes que contribuyeron a obtener un mejor desempeño energético mediante la adopción de técnicas de manejo integrado de los cultivos. En primer lugar, la labranza y la fertilización nitrogenada fueron identificadas como los insumos de mayor uso intensivo de la energía, pero con las mejores circunstancias para la adopción de medidas, como la labranza mínima y fertilización, en correspondencia con los requerimientos reales del cultivo.

En segundo lugar, fue evidente la necesidad de gestionar estrategias conjuntas en cuanto a técnicas integradas y complementarias en los sistemas de cultivo para conseguir mayor eficiencia energética, como la labranza y la aplicación de herbicida.

Figura 21. Producción (t/ha) e insumos energéticos (GJ/ha) de diferentes cultivos y sistemas agrícolas.



Cultivos: Azul es soja. Rojo es trigo. Verde es maíz.

Sistemas: LI = sistema de bajo requerimiento de insumos. IFS = sistema de cultivo integrado. CONV = sistema convencional de cultivo

Fuente: Basado en: Alluvione, F.; Moretti, B.; Sacco, D.; Grignani, C. 2011. EUE (energy use efficiency) of cropping systems for a sustainable agriculture. *Energy*, Volume 36, Issue 7, July 2011, Pages 4468 – 4481

En tercer lugar, en el flujo de energía requerida por los sistemas de cultivo, fue destacada la importancia de la utilización de cultivos asociados de rápido crecimiento, junto con el aprovechamiento de los residuos del cultivo, en el aumento de la fertilidad del suelo, el contenido de materia orgánica y la contribución a disminuir la lixiviación de nitrógeno.

Finalmente, desde el punto de vista ambiental, la reducción de los requerimientos de energía mediante técnicas de agricultura integrada como IFS y LI, son opciones muy promisorias para la mitigación de cambio climático. De hecho, menores requerimientos de combustible fósil para el manejo de los cultivos pueden

determinar reducciones sustanciales y a largo plazo, de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Sin embargo, como se muestra en las siguientes gráficas, en los sistemas agropecuarios de producción la relación entre las entradas de energía y rendimientos (outputs) no es lineal. Los sistemas productivos con bajos niveles de energía suplida pueden conducir a un menor rendimiento y perversamente, a mayores demandas de energía por tonelada de producto cosechado. En el otro extremo, un aumento de energía suplida al sistema puede conducir a aumentos de producción cada vez más pequeños.

Figura 22. Producción (t/ha) e insumos energéticos (GJ/ha) de maíz por diferentes sistemas de cultivo.

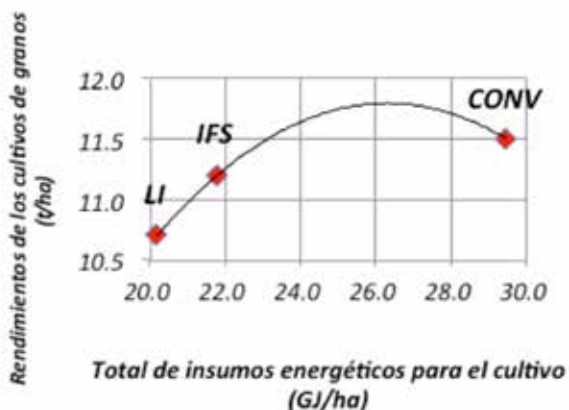
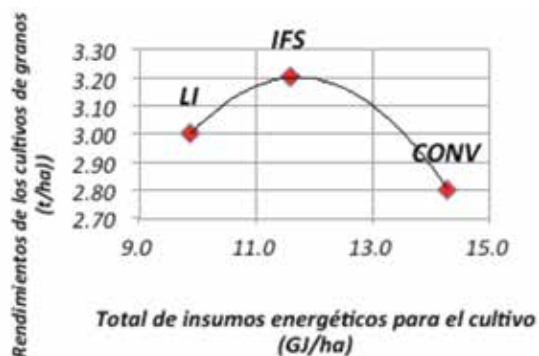


Figura 23. Producción (t/ha) e insumos energéticos (GJ/ha) de soja por diferentes sistemas de cultivo.



Sistemas: LI = sistema de bajo requerimiento de insumos. IFS = sistema de cultivo integrado. CONV = sistema convencional de cultivo

Fuente: Basado en: Alluvione, F.; Moretti, B.; Sacco, D.; Grignani, C. 2011. EUE (energy use efficiency) of cropping systems for a sustainable agriculture. Energy, Volume 36, Issue 7, July 2011, Pages 4468 – 4481



Conclusiones

1. El actual sistema de producción de alimentos es altamente intensivo en energía y dependiente de fuentes fósiles.

La producción agrícola y pecuaria se basa no solo en el uso eficiente de la energía solar que hace posible el proceso de la fotosíntesis y la conversión de esta en alimentos, sino también es significativamente dependiente del uso de la energía de los recursos fósiles, ya sea directamente con el uso de combustible o electricidad o indirecta, con el uso de maquinarias agrícolas, fertilizantes o plaguicidas, entre otros insumos y bienes que contienen un alto nivel de energía incorporada en su manufactura.

A la luz de la sistematización de indicadores y estudios de casos en eficiencia energética realizada en este informe, se evidenció la intensidad del uso de la energía en las diversas etapas de los ciclos productivos de los cultivos o productos alimenticios, mediante la estimación de la proporción de energía obtenida a partir de un proceso productivo de alimentos en relación con la energía suplida (productividad primaria neta), la medición del insumo energético utilizado por unidad de superficie o de producción física (energía directa) y de la energía incorporada en la cadena de suministro y producción de insumos a lo largo de la cadena de agregación de valor (energía indirecta).

El mejoramiento del desempeño de la eficiencia energética en la agricultura y la ganadería contribuiría directamente a la reducción de gases de efecto invernadero, particularmente dióxido de carbono y metano, así como a un mejor uso del suelo, por cuanto es evidente que hay estrechas interrelaciones entre los insumos energéticos suplidos a los sistemas y a las cadenas agrícolas de alimentos, los rendimientos obtenidos, la rentabilidad económica y la intensidad de uso de los recursos, particularmente suelo y agua.

El transporte, el procesamiento (como el acondicionamiento para el consumo, el secado, la conservación o el congelamiento, entre otros procesos), el empaque, la comercialización e incluso, la refrigeración y la preparación de los alimentos en la cocina, son responsables de la mayoría del consumo de energía a lo largo de la cadena de agregación de valor de los alimentos.

2. La eficiencia energética en la producción y consumo de los alimentos será configurada en el sistema de uso del suelo y en el sistema de energía.

Ambos sistemas son críticos para la definición de las trayectorias de intensidad de uso de la energía en los alimentos, por cuanto constituyen los motores claves de cambio para mejorar la productividad agrícola, restaurar las

tierras degradadas y reducir los desechos de los alimentos, entre otras acciones y medidas específicas tendientes a la mitigación de las emisiones gases de efecto invernadero y la resiliencia de la agricultura al cambio climático.

En la fase agrícola, un conjunto de cinco medidas, cuyos enfoques tecnológicos y de gestión están dirigidos hacia la mitigación, permiten integrar los sistemas en mención, incluyendo:

- a. Mejoramiento de la remoción de carbono: medidas para restaurar tierras degradadas, la repoblación forestal, labranza mínima o labranza cero, incorporación de materia orgánica.
- b. Optimizar el uso de nutrientes: dosificación precisa y tiempo óptimo en la aplicación de abonos orgánicos e inorgánicos.
- c. Mejoramiento de la productividad: enfoques que aumentan el rendimiento de producto comestible por unidad de emisiones generadas y por unidad de energía suplida, incluyendo: variedades de cultivos y razas de animales; optimización de piensos y suplementos en la dieta; manejo de plagas y enfermedades.
- d. Gestión y beneficios de los efluentes: incluyendo estiércol y biomasa: compostaje y el uso de biodigestores.
- e. Reducción de la intensidad de carbono de los insumos de combustible a través de mejoras de eficiencia energética y el uso de combustibles alternativos como la biomasa, biogás, energía eólica y solar.

Más allá del portón de la finca, las principales opciones para la reducción de las emisiones con origen en la cadena de alimentos, incluyen:

- a. Eficiencia energética: buena gestión y uso del equipo, utilización solo cuando sea necesario; valorar la opción de transporte más limpia posible.
- b. Combustibles limpios y renovables: biomasa, solar, de viento, adquirir energía verde, ciclo combinado calor y energía.
- c. Eficiencia de los recursos: reducir el uso innecesario de productos y equipos; reciclaje y reutilización en su caso con el medio ambiente.

3. La intensidad energética de los alimentos se puede reducir significativamente mediante técnicas integradas en la fase de producción agrícola y pecuaria.

En la producción agrícola, la necesidad de energía como insumo puede determinar la rentabilidad de la agricultura que, a su vez, impacta fuertemente sobre la inversión de los productores en los sistemas mejorados de cultivo. Por lo tanto, las medidas de costo-eficiencia en energía son necesarias desde un punto de vista económico y brindan la promesa, a su vez, de reducir las emisiones y de fomentar el uso sustentable del suelo.

La energía suplida en la labranza dependerá de los requerimientos del cultivo, tipo de suelo, condiciones climáticas, equipo utilizado y eficiencia del motor.

Los sistemas de labranza mecánica son intensivos en el uso de la energía y exponen la materia orgánica del suelo a la descomposición, conllevando a mayores emisiones de gases de efecto invernadero, reduciendo el contenido de materia orgánica en el suelo y, potencialmente, en el corto y largo plazo, a la erosión del suelo y la degradación. Por consiguiente, el potencial de reducir la intensidad energética de la producción agrícola mediante la adopción de sistemas de labranza alternativos, puede contribuir a la disminución del uso de combustible en las operaciones mecánicas y al mejoramiento de la productividad del suelo, a largo plazo.

Métodos alternativos de preparación del suelo y establecimiento del cultivo han sido diseñados para reducir los requerimientos de energía y mantener la estructura del suelo en buenas condiciones. Estos incluyen labranza mínima, labranza de conservación y siembra directa, dando como resultado el incremento de la materia orgánica superficial proveniente de residuos de anteriores cultivos.

Otra consideración es la eficiencia con la que el pienso se convierte en carne y en leche. La energía utilizada por tonelada o unidad animal de los principales productos pecuarios, es considerablemente mayor que la de los cultivos. Esto resulta de la manera como los animales se alimentan de cultivos y concentrados que suplen de proteína de alta calidad, de nutrientes y de energía.

Existen diferencias sustanciales entre las diferentes formas de producción ganadera en términos de requerimientos de energía neta y de proteína por tonelada de carne o leche. Sin embargo, por cuanto la producción de alimento animal y suplementos requiere cerca del 70 % al 90 % del total de insumos energéticos para la producción ganadera, la cría de animales puede ser más vulnerable a los altos e inestables costos de la energía, en comparación con los requerimientos de los cultivos. Esto puede llevar a un incremento de la presión sobre el pastoreo extensivo, revirtiendo las tendencias recientes de las últimas décadas de disminución de requerimientos de área para la producción pecuaria.



Anexo 1

Algunas iniciativas en eficiencia energética

Plataforma Global de Aceleramiento de la Eficiencia Energética

En el marco de la iniciativa de Energía Sustentable para Todos (SE4ALL, por sus siglas en inglés)⁵⁰, ha sido establecida esta Plataforma⁵¹.

Consiste en un programa de asociación público-privada para escalar la política de eficiencia energética, la acción y la inversión, con el objetivo de duplicar la tasa de mejora en la eficiencia energética en todo el mundo para el 2030.

Su misión se fundamenta en las siguientes acciones claves:

- Acelerar la acción y los compromisos asumidos por los líderes nacionales, regionales y sectoriales.
- Acceder y analizar opciones de política y proporcionar insumos sobre cómo utilizar los recursos disponibles en las ciudades y los gobiernos nacionales.
- Revisar y aplicar una variedad de recursos incluyendo: política existente

y planes de acción, evaluación técnica, en mejores herramientas, materiales de capacitación, bases de datos y análisis técnico.

- Escalar y facilitar inversiones en eficiencia energética proveyendo servicios entre proveedores de tecnología y finanzas, y apoyar la movilización de recursos.
- Crear una red global para intercambiar conocimientos, lecciones aprendidas y mejores prácticas en eficiencia energética.

Centro de Copenhague en Eficiencia Energética (C2E2)

Fue establecido en septiembre de 2013 como una actividad conjunta del Gobierno danés, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Universidad Técnica de Dinamarca (DTU)⁵². Está dedicado a acelerar la aceptación de políticas de eficiencia energética y programas a escala global.

C2E2 es institucionalmente parte de la Asociación de PNUMA DTU —un centro de colaboración del PNUMA que opera bajo un acuerdo tripartito entre el Ministerio

50. SE4ALL consiste en un esfuerzo global y unánime de la Asamblea de las Naciones Unidas, cuyo ambicioso alcance se concentra en el acceso universal a la energía, el mayor uso de energías renovables, la mejor eficiencia energética.

51. Ver el sitio web de la Plataforma en <http://www.se4all.org/energyefficiencyplatform/>.

52. Ver el sitio web de C2E2 en <http://www.energyefficiencycentre.org/Who-We-Are>.

de Relaciones Exteriores, el PNUMA y la Universidad Técnica de Dinamarca (DTU) y con más de 20 años liderando la investigación internacional y asesoría sobre clima, energía y desarrollo sostenible—.

En el contexto de la iniciativa de las Naciones Unidas, Energía Sostenible para Todos (SE4ALL), C2E2 alberga el eje temático de la eficiencia energética; con la responsabilidad primordial de apoyar la acción hacia el objetivo de duplicar la tasa global de mejora en la eficiencia energética en 2030.

Como centro global de eficiencia energética para la iniciativa SE4All, C2E2 pretende contribuir, en colaboración con la Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA), en la cuantificación e incorporación del potencial de despliegue de tecnologías de eficiencia energética y analizar sus posibles sinergias con las energías renovables.

Grupo de Expertos en Eficiencia Energética (GEEE)

Fue establecido para llevar a cabo actividades concretas orientadas a resultados que, en línea con la Energía Sostenible para Todos (SE4All) iniciativa de la Secretaría General de las Naciones Unidas, ayuden a mejorar significativamente la eficiencia energética en la región, y de esta forma, contribuyan a los esfuerzos de mitigación del cambio climático; y al fortalecimiento de la cooperación regional y de la capacidad institucional en eficiencia energética, con miras a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero⁵³.

El grupo de expertos se enfoca en el diálogo de política y regulación, dirigido a las barreras financieras, técnicas y políticas para mejorar la eficiencia energética y en el intercambio de

experiencias y mejores prácticas sobre el tema en la región de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE).

El Plan de Trabajo del GEEE para el 2014-2015 ha propuesto llevar a cabo las siguientes actividades:

- Identificación del estado de desarrollo de eficiencia energética en la región de la CEPE.

El grupo de expertos permitirá identificar el estado de desarrollo de la eficiencia energética en los países de la región para establecer una línea base para otras actividades. El trabajo se llevará a cabo con otros actores nacionales e internacionales pertinentes, con base en datos e indicadores de evaluación comparativas para identificar casos de éxito que pueden ampliarse.

- Intercambio de conocimientos y mejores prácticas sobre cómo mejorar significativamente la eficiencia energética en la región de la CEPE.

El grupo de expertos fomentará el intercambio de conocimientos y mejores prácticas entre los expertos pertinentes de todos los Estados Miembros y actores internacionales relevantes, sobre cómo mejorar significativamente la eficiencia energética en la región.

- Compartir experiencias sobre redes eléctricas inteligentes y otras tecnologías avanzadas de transmisión y distribución.

Esta actividad tiene como objetivo aumentar la conciencia sobre las ventajas de redes inteligentes y su potencial para ayudar a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y el uso de energía.

53. Ver el sitio web del GEE en <http://www.unece.org/energyefficiency.html>.

Comisión Mundial sobre la Economía y el Clima

La Comisión, una nueva e importante iniciativa internacional para analizar y comunicar los riesgos económicos y las oportunidades que surgen del cambio climático, lanzó en 2015 una valiosa perspectiva que evidencia los desafíos y oportunidades simultáneos que enfrentan los países en torno a los temas centrales de este informe⁵⁴:

- El **desafío** para el incremento de la productividad agrícola, previniendo la deforestación, la mejora de la gobernanza del uso de los recursos naturales y el fortalecimiento de la resiliencia de los sistemas de uso del suelo al cambio climático y otras amenazas.

Y las múltiples **oportunidades** para la política pública y prácticas de uso del suelo para impulsar la productividad y la resiliencia, mientras se reducen las emisiones. Esto incluye medidas relacionadas con la oferta, tales como el uso de nuevas variedades de cultivos y nuevas técnicas de manejo del ganado y medidas demanda, como la reducción de residuos y pérdida de alimentos.

- Otro **desafío** que consiste en elevar los niveles de eficiencia energética al mejor nivel mundial. La eficiencia es un componente esencial de cualquier estrategia para ofrecer sistemas de energía asequibles y fiables.

Las **oportunidades** subyacentes consisten en reducir la demanda y mejorar el uso de los recursos energéticos a un costo menor que las opciones de oferta equivalentes. Una mayor eficiencia energética puede

beneficiar a los países en todas las etapas de desarrollo, pero particularmente, en las economías de rápido crecimiento, tratando de alcanzar acceso universal a la energía con recursos limitados.

Agricultura y Eficiencia Energética (AGREE)

El objetivo central de AGREE⁵⁵ es poner la eficiencia energética en la agenda de investigación agrícola basada en su potencial de corto y mediano término, y en sus efectos económicos y ecológicos asociados, como son el ahorro en el uso de energía directa e indirecta en la agricultura y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

AGREE ha puesto en marcha un proceso participativo de doble propósito:

1. Los actores estarán involucrados en la configuración de la agenda que facilite la aplicación de los resultados.
2. Se requieren las opiniones y puntos de vista de los interesados para desarrollar una agenda que refleje las necesidades y oportunidades a poner en práctica.

De esta forma, el siguiente desglose es el conjunto de acciones por ser tomadas y sus resultados esperados:

- Realizar un inventario de medidas económicas factibles de ahorro energético, ya sea tomando en consideración la industria agrícola o el eslabón primario de la producción, en distintos países europeos bajo diferentes condiciones climáticas.

54. El proyecto insignia de la Comisión, la Nueva Economía del Clima, tiene como objetivo producir una mucho mejor y más comprehensiva evidencia sobre el clima y cómo puede hacerse compatible con un fuerte desempeño económico. La Comisión es una asociación de siete institutos de investigación política y económica en Suecia, Estados Unidos, China, Europa, India, Corea y Etiopía. Ver el sitio web de la Comisión y su más reciente reporte 2015 en <http://newclimateeconomy.report/>.

55. Ver el sitio web de AGREE (AGRICulture & Energy Efficiency) en http://www.agree.aau.gr/Brochure/AGREE_Brochure.pdf.

- Proponer acciones para promover la eficiencia energética en la agricultura europea, abordando las formas de difusión y los obstáculos a la innovación.
- Iniciar el intercambio de conocimientos entre países sobre medidas de eficiencia energética para la introducción de corto plazo.
- Realizar un programa de colaboración de investigación entre países, utilizando un enfoque participativo. Esta agenda se centrará en las potencialidades ofrecidas por varios sistemas de producción agrícola, tipos y diseños de edificaciones agrícolas y de ambientes controlados, uso de materiales e insumos en la maquinaria agrícola y en la logística de la granja.
- Mostrar el valor agregado de la investigación, desarrollo y educación entre los países, en materia de eficiencia energética en agricultura.
- Mostrar los beneficios potenciales de ahorro de energía en la agricultura europea, proporcionando evidencia de los colaterales efectos económicos y ecológicos en la mejora de la eficiencia energética en la agricultura.
- Involucrar a los actores en determinados países y presentar los resultados de AGREE a la comunidad científica, organizaciones y redes de investigación y desarrollo.

Base de Indicadores de Eficiencia Energética para América Latina y el Caribe (BIEE)

El objetivo del Programa es generar una base de indicadores que midan el desempeño de las políticas de eficiencia energética de los países participantes: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, República Dominicana, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Uruguay, y Venezuela⁵⁶.

En los países de América Latina y el Caribe, la calidad de las estadísticas e indicadores de desempeño que permiten cuantificar resultados de los programas nacionales de eficiencia energética continúa siendo, a la fecha, insuficiente.

Para superar esta carencia, CEPAL está trabajando en el tema de los indicadores de eficiencia energética en el ámbito del programa regional BIEE, siguiendo el proceso técnico-político y la lógica de funcionamiento del **Programa ODYSSEE** de la Comisión Europea, con la expectativa de generar un conjunto de indicadores específicos que permitan determinar la evolución de los programas nacionales de eficiencia energética, analizar los resultados y - como consecuencia - tomar las decisiones de políticas que correspondan.

El programa BIEE fue lanzado por CEPAL en 2011, gracias a la contribución de la Agencia de Cooperación Alemana GIZ y al apoyo técnico de la Agencia Francesa para la Matriz Energética y el Medio Ambiente (ADEME, Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie), en el marco de la Asociación Internacional para la Cooperación en Eficiencia Energética (IPEEC, International Partnership for Energy Efficiency Cooperation).

56. Ver el sitio web del Programa BIEE en <http://www.cepal.org/drni/biee/>.

Red Latinoamericana y del Caribe para la Eficiencia Energética (Red LAC-EE)

Red LAC-EE es una iniciativa público-privada, sin fines de lucro, con el objetivo de contribuir al desarrollo de la Eficiencia Energética en la Región, facilitando el intercambio y difusión de información técnica, legal y reglamentaria, entre las instituciones y profesionales interesados⁵⁷. Tiene su sede en las oficinas de la Secretaría Permanente de la Organización Latinoamericana de Energía, OLADE, en Quito, Ecuador.

Su objetivo general es contribuir a reducir el cambio climático a través del desarrollo de la Eficiencia Energética, facilitando el intercambio y difusión de información técnica, legal y reglamentaria, entre las instituciones y profesionales de América Latina y el Caribe.

Las funciones específicas consisten en:

- Foro permanente de discusión e intercambio de experiencias.
- Promover políticas nacionales para establecer un ambiente propicio para la eficiencia energética.
- Difundir las lecciones aprendidas.
- Socializar, a través de los grupos temáticos, las experiencias en la aplicación de tecnologías.
- Promover y fomentar el encuentro de profesionales.

Grupo de Trabajo en Eficiencia Energética

Liderado por México, en el marco de la Alianza en Energía y Clima de las Américas (AECA), ofrece información y herramientas a

los países de la región que desean encaminar sus políticas públicas hacia la EE y el ahorro de energía⁵⁸.

Los objetivos de este Grupo consisten en:

1. Ofrecer a los países del hemisferio occidental colaboración normativa, técnica y en materia de política y apoyar el desarrollo de marcos, proyectos y campañas informativas en eficiencia energética y ahorro de energía.
2. Establecer vínculos institucionales y mecanismos de coordinación con otras actividades en eficiencia energética de la ECPA.

Las siguientes son sus áreas programáticas:

- Marcos normativos y de políticas.
- Certificación de equipos.
- Prácticas óptimas a nivel local, estatal y nacional.
- Diseño y ejecución de programas.
- Creación de capacidad y fortalecimiento institucional.
- Estándares y etiquetado.
- Modelo de negocios de Empresas de Servicios Energéticos (ESCO).
- Concienciación pública.
- Información sobre fuentes de financiamiento para la eficiencia energética y el ahorro de energía, incluyendo bancos multilaterales de desarrollo, el sector privado y otros.

Además de ofrecer asistencia, el Grupo de Trabajo también invitará a los países

57. Ver el sitio web de Red LAC-EE en <http://red-lac-ee.org/acerca-de-la-red/que-es-la-red/>.

58. Ver el sitio web del Grupo en <http://www.ecpamericas.org/Initiatives/default.aspx?id=46>.

de América Latina y el Caribe con modelos positivos y experiencia en estas áreas, para compartir sus prácticas óptimas y experiencias, a fin de desarrollar alianzas regionales que promuevan la eficiencia y el ahorro utilizando las prácticas óptimas disponibles en el hemisferio.

Este Grupo de trabajo convocó a más de 30 talleres, seminarios y reuniones de intercambio técnico durante su primera fase concluida en marzo de 2015. Más de 650 funcionarios gubernamentales asistieron a estas reuniones que permitieron a expertos de la región hacer frente a una serie de aspectos técnicos, financieros, legales y de formulación de políticas relacionadas con los esfuerzos nacionales y regionales por lograr la eficiencia y la conservación energética.

Además de permitir el intercambio técnico, durante el 2015 el Grupo de Trabajo producirá cuatro estudios de casos orientados a la evaluación de la formulación de políticas específicas y los desafíos institucionales que enfrentan los gobiernos de la región que buscan fortalecer sus marcos de eficiencia energética.

Asociación Internacional de Cooperación para la Eficiencia Energética (IPEEC)

Es una entidad intergubernamental autónoma establecida formalmente en el año 2009 durante la cumbre del G8 en L'Aquila, Italia. Constituye un singular foro internacional que ofrece liderazgo global en eficiencia energética y facilita la ejecución de políticas y programas gubernamentales para mejorar la eficiencia energética⁵⁹.

Actúa como un centro de conocimiento internacional que estimula el intercambio de experiencia multilateral, define y analiza las

mejores prácticas para la cooperación internacional, y contribuye al desarrollo eficiente y sostenible a nivel mundial.

Esta iniciativa es financiada directamente por sus países participantes. Entre los miembros actuales de IPEEC se cuentan: Australia, Brasil, Canadá, China, la Unión Europea, Francia, Alemania, India, Italia, Japón, México, Rusia, Sudáfrica, Corea del Sur, el Reino Unido y los Estados Unidos. Otros países, organizaciones no gubernamentales, organismos internacionales y entidades del sector privado participan activamente en el programa de trabajo de IPEEC.

Desde el 24 de mayo de 2009, la Secretaría de IPEEC es acogida por la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés) en París, Francia, con el fin de aprovechar plenamente el conocimiento, la experiencia y capacidad de la AIE.

Tres iniciativas claves incluidas en las Soluciones de IPEEC en eficiencia energética son:

1. La base de datos “Convirtiendo la eficiencia energética en una realidad (MEER)”, la cual ofrece una lista de iniciativas multilaterales de eficiencia energética en Brasil, China, India, México, Rusia y Sudáfrica. MEER mapea y evalúa programas internacionales de eficiencia energética con el fin de explorar cómo se complementan con las políticas nacionales de eficiencia energética. Esta base de datos interactiva en línea se actualiza permanentemente.
2. El Centro de Soluciones de Energía Limpia (CESC) es una iniciativa surgida de la Reunión Ministerial de Energía Limpia. Consiste en una alianza cuyo fin es aumentar el impacto de su ayuda a los países con el diseño y la puesta en marcha de políticas y programas de eficiencia energética. Sirve como

59. Ver el sitio web de IPEEC en <http://www.ipeec.org/>.

punto de partida para intercambiar información sobre informes de políticas, datos y herramientas de eficiencia energética. Asimismo, ofrece asistencia interactiva de expertos en la materia y foros de capacitación.

3. El Centro Global de Intercambio de Información para el Consumo y

Producción Sostenibles (SCP) es un mecanismo de facilitación convocado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) para coestionar la comunidad de eficiencia energética mediante la difusión de innovación y cooperación en iniciativas, políticas, herramientas pertinentes y mejores prácticas.



Anexo 2

Algunas iniciativas en uso sostenible del suelo

Alianza Mundial por el Suelo

La Asamblea General de las Naciones Unidas, observando que los suelos constituyen el fundamento del desarrollo agrícola, de las funciones esenciales de los ecosistemas, de la seguridad alimentaria y son, por tanto, un elemento clave para el mantenimiento de la vida sobre la Tierra, decidió declarar 2015 Año Internacional de los Suelos⁶⁰.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) es la encargada de implementar el Año Internacional de los Suelos 2015 (AIS) en el marco de la Alianza Mundial por el Suelo y en colaboración con los gobiernos y la secretaría de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD).

La Alianza Mundial por el Suelo pretende convertirse en una instancia cuya misión sea aumentar la sensibilización y contribuir al desarrollo de capacidades, basada en los mejores conocimientos científicos disponibles, así como facilitar el intercambio de conocimientos y tecnologías entre las partes interesadas, con miras al manejo y uso sostenible del recurso suelo.

Previamente a la resolución AIS, la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CLD), instrumento surgido de la Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro en 1992, ha llamado la atención sobre la degradación de las tierras en zonas secas, donde se encuentran algunos de los ecosistemas y las poblaciones más vulnerables del mundo.

La Convención entró en vigor el 26 de diciembre de 1996 y para marzo de 2012 la habían ratificado o se habían adherido a ella 194 Partes, así como la Comunidad Europea. Una de las medidas adoptadas por la Conferencia de las Partes incluye un plan estratégico 2008-2018 cuya meta es forjar una alianza mundial para revertir y prevenir la desertificación y la degradación de las tierras, y mitigar los efectos de la sequía en las zonas afectadas, a fin de apoyar la reducción de la pobreza y la sostenibilidad ambiental.

En este contexto, el Grupo Técnico de Trabajo de la Alianza Mundial por el Suelo⁶¹, brindó un renovado reconocimiento del rol central de los recursos del suelo como base para la seguridad alimentaria y su provisión de servicios claves a los ecosistemas, incluyendo la adaptación y mitigación al cambio climático.

60. Resolution adopted by the General Assembly on 20 December 2013 68/232. World Soil Day and International Year of Soils. Disponible en http://www.un.org/en/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/68/232.

61. GSP Technical Working Group. Global Soil Partnership (GSP) Background Paper. Disponible en http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/GSP/docs/WS_managinglivingsoils/GSP_Background_Paper.pdf.

Los suelos, como fundamento de desarrollo agrícola y de sustentabilidad ecológica, proveen la base para los alimentos, los piensos, la producción de combustible y fibra, la disponibilidad de agua potable, la recurrencia del ciclo de nutrientes y las reservas de carbón orgánico. Además, albergan una cuarta parte de la biodiversidad mundial.

El suelo es un recurso natural limitado y en una escala humana de tiempo, este no es renovable. Sin embargo, hay una creciente degradación de los recursos del suelo debido a prácticas inadecuadas, la creciente presión demográfica y la gobernanza dispersa sobre este recurso esencial.

El área de suelos fértiles es limitada y está crecientemente bajo presión, compitiendo por tierras de cultivo, silvicultura, y áreas de pastoreo así como producción de energía, asentamientos e infraestructura, extracción de materias primas, etc.

El suelo es tanto una fuente como un sumidero de gases de efecto invernadero y este delicado balance de flujo de carbono entre el suelo y la atmósfera, es importante para la mitigación del cambio climático. También actúa como un filtro de contaminantes orgánicos e inorgánicos y proporciona agua limpia para las plantas y el consumo humano.

Atlas de Suelos de América Latina y el Caribe

Es una iniciativa enmarcada en el Programa EUROCLIMA y financiada por este. El Programa busca fomentar la cooperación entre América Latina y la Unión Europea (UE) en materia de cambio climático⁶².

El objetivo del atlas es apoyar el uso sostenible del suelo, proporcionando una herramienta útil para conocer su estado y llamar la atención sobre su importancia. Estos aspectos constituyen el punto de partida para fomentar la conservación de este valioso recurso natural. Es por ello que, con el fin de mejorar la comunicación y concienciar a la sociedad, los políticos y los científicos sobre la importancia del suelo en América Latina, el Centro Común de Investigación de la Comisión Europea (JRC, por sus siglas en inglés: Joint Research Center), ha elaborado el primer Atlas de suelos de América Latina y el Caribe.

El atlas unifica la información existente sobre diferentes tipos de suelos mediante mapas fáciles de interpretar, tanto a escala regional (ecorregiones) como continental. También ilustra la diversidad de suelos existente, desde los trópicos húmedos hasta los desiertos, a través de una serie de mapas con textos explicativos, fotografías y gráficos. Los textos describen los principales tipos de suelos, junto con sus características fundamentales y los procesos de formación de suelos más importantes.

Este atlas, como uno de los resultados del programa EUROCLIMA, hace hincapié en el cambio climático. Los mapas de suelos presentados en este trabajo se fundamentan en la base de datos Soterlac 1:5.000.000, actualizada y validada en función de la información proporcionada por los países de América Latina y el Caribe. Los suelos se tratan tanto a nivel regional, según las distintas ecorregiones, como a nivel nacional. También se incluyen en el atlas textos sobre la integración del conocimiento indígena en las ciencias del suelo (etnopedología o etnoedafología).

62. Gardi, C; Angelini, M; Barceló, S; Comerma, J; Cruz, C; Encina, A; Jones, A; Krasilnikov, P; Mendonça, ML; Montanarella, L; Muñoz, O; Schad, P; Vara, MI; Vargas, R. (eds), 2014. Atlas de suelos de América Latina y el Caribe. Luxemburgo, LU, Comisión Europea - Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, L-2995. 176 p. Disponible en http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/library/maps/LatinAmerica_Atlas/Documents/LAC.pdf.

Anexo 3

Indicadores alternativos para medir cambios en la eficiencia energética

ODEX⁶³

Este es un índice desarrollado por ENERDATA⁶⁴, utilizado en el marco del proyecto ODYSSEE-MURE⁶⁵, que apunta a analizar las tendencias de eficiencia energética en un periodo de tiempo determinado para un sector agregado como industria, transporte y edificios, o para la economía en general.

La ventaja de este enfoque es la precisión con que refleja cambios en la eficiencia de una determinada tecnología, y a su vez, la eliminación de los efectos de los cambios estructurales y otros factores no relacionados con la eficiencia energética.

En comparación con la intensidad energética, este índice requiere de un cálculo más complejo y demanda la entrada de datos más detallada, como la ponderación promedio de los índices subsectoriales de progreso de la eficiencia energética y su correspondiente grado de desagregación del sector.

En el caso del sector de alimentos, el consumo unitario de energía es expresado en términos

de la variación de uso de energía relacionada con el índice de producción de un año o periodo determinado, con respecto a un año base. El consumo unitario en su nivel más desagregado puede ser expresado en GJ/t, y el índice ODEX en base a 100.

Un valor de ODEX igual a 90 significa una ganancia de eficiencia energética de un 10 %.

IEA

El enfoque de los indicadores de eficiencia energética de la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés), está basado en una estructura conceptual de una pirámide de indicadores, los cuales retratan una jerarquía de mayor a menor detalle (ver siguiente figura).

El nivel tope de indicadores de la pirámide refleja las tendencias en el consumo energético para cada sector en una muy amplia forma. El nivel medio contiene indicadores por unidad de actividad en cada sector, y el nivel base comprende los más desagregados indicadores para subsectores y usuarios finales, por separado.

63. Odyssee: European Energy Efficiency and Demand Database - ENERDATA (Base de Datos Europea para la Eficiencia Energética).

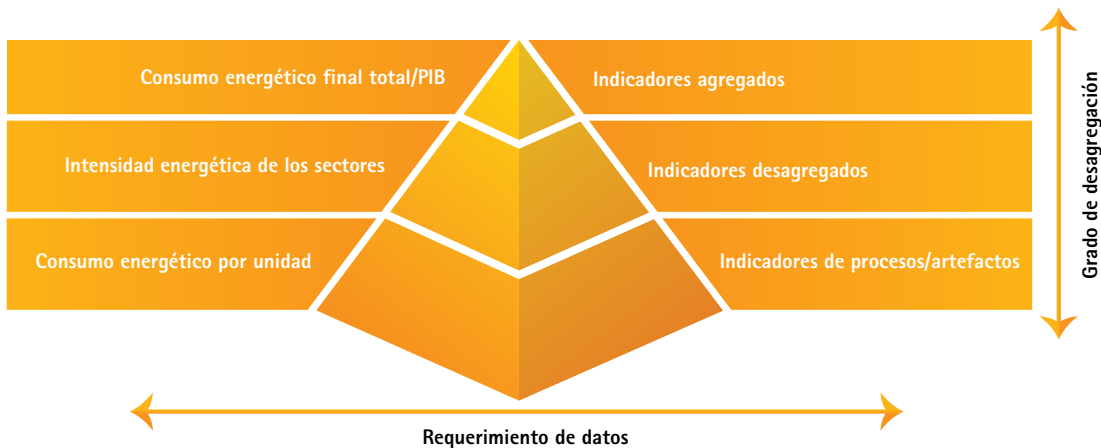
64. Enerdata. 2010. Definition of ODEX indicators in ODYSSEE data base. Grenoble Enerdata, Grenoble. Disponible en <http://www.indicators.odyssee-mure.eu/odex-indicators-database-definition.pdf>.

65. Este proyecto reúne a representantes de los 28 Estados Miembros de la UE, además de Noruega. Tiene como objetivo el seguimiento de las tendencias de eficiencia de energía y medidas en Europa, utilizando dos bases de datos complementarias de internet:

i. ODYSSEE, sobre indicadores de eficiencia energética/CO₂, incluyendo datos detallados sobre el consumo de energía, las actividades y emisiones de CO₂ relacionadas.

ii. MURE, sobre medidas de política de eficiencia energética, incluyendo su impacto.

Figura 24. Pirámide de indicadores de eficiencia energética de la IEA.



Fuente: Agencia Internacional de Energía (IEA).

El nivel descendente más debajo de la pirámide requiere más datos y análisis más complejos para reagregar hasta un nivel más alto. Sin embargo, cada descenso también proporciona una mejor medida de eficiencia energética definida para un sector específico, uso final, proceso o tecnología.

El propósito de esta jerarquía de indicadores es proveer a los analistas energéticos de herramientas necesarias para determinar las áreas prioritarias para el desarrollo de indicadores de eficiencia energética y cómo seleccionar y desarrollar los datos e indicadores que mejor apoyarán la política en este tema, así como establecer y brindar seguimiento a los objetivos planteados.

RISE

Otro esquema para medir la eficiencia energética ha sido desarrollado por el Banco Mundial⁶⁶, Preparación para la Inversión en Energía Sostenible (RISE, por sus siglas en inglés), mediante el cual se describe un conjunto de indicadores que evalúan el entorno legal y regulatorio para la inversión en acceso a energía, energía renovable y eficiencia energética.

El esquema pretende indicar el nivel de ambición de un país en la adopción de un conjunto de mejores prácticas de eficiencia energética, entre otros aspectos, y consta de tres categorías y sus correspondientes indicadores, como se muestra en el siguiente cuadro.

66. World Bank. 2014. RISE – Readiness for Investment in Sustainable Energy: A tool for policy makers. Pilot report. Washington, DC, US. Disponible en <http://rise.worldbank.org/~media/GIAWB/RISE/Documents/RISE-Pilot-Report.pdf>.

Cuadro 5. . Indicadores de eficiencia energética en el esquema RISE.

Categorías	Indicadores ¹
Planificación	<ul style="list-style-type: none">• Plan nacional para el incremento de la eficiencia energética• Entidades para las políticas, regulaciones e implementación de la eficiencia energética
Políticas y regulaciones	<ul style="list-style-type: none">• Calidad de la información proveída a los consumidores• Incentivos o mandatos para las utilidades de abastecimiento energético, entidades públicas y usuarios de grande escala• Normas mínimas de desempeño energético• Sistema de etiquetado energético• Código energético de edificios
Precios y subsidios	<ul style="list-style-type: none">• Incentivos para el establecimiento de precios de electricidad• Subsidio a los combustibles fósiles• Mecanismo de fijación de precio del carbono

Nota: 1 Se muestran únicamente los indicadores de eficiencia energética. La metodología RISE supe, además, indicadores de acceso a energía y de energía renovable, los cuales pueden ser provistos en The World Bank Readiness for Investment in Sustainable Energy (RISE), disponible en el sitio web <http://rise.worldbank.org/methodology>.

Fuente: Banco Mundial.



Anexo 4

Análisis de optimización del proceso de combustión de hornillas paneleras por fincas

Cuadro 6. Colombia. Departamento de Cundinamarca. Finca La Vega. Implementación de un sistema de dosificación de bagazo y recuperación de calor para la eficiencia energética (EE) en la producción de panela.

Ítem	Nomenclatura	Insumo (input) o Producto (output)	Unidad de medida	Cantidad	
				Antes de mejora EE	Después de mejora EE
Cálculo del calor suministrado en el proceso de elaboración de panela (Qsum)					
a	Bsc_JoH	Bagazo seco consumido en la jornada de operación	kg	4.368,00	3.745,00
b	p_JoH	Panela producida en la jornada de operación	kg	1.692,00	1.783,33
c	Bsc/p_JoH	Bagazo seco consumido por panela producida (a/b)	kg bagazo/kg panela	2,58	2,10
d	JoH	Jornada de operación	horas	17,50	17,50
e	PCM_Bs	Poder calorífico medio del bagazo seco (tiempo de secado de 30 días con una humedad del 30 %)	MJ/kg bagazo	13,40	14,59
f	mBsc/JoH	Masa del bagazo seco consumido por hora (a/d)	kg/hora	249,60	214,00
Qsum		Calor suministrado en el proceso de producción de panela (e * f)	MJ/hora	3.344,64	3.122,26
Cálculo del calor aprovechado en el proceso de elaboración de panela					
g	mpr	Capacidad de producción de panela	kg/hora	108,00	118,00
h	B_p	°Bx panela	g sacarosa/100 g panela	93,00	93,00
i	B_j	°Bx jugo	g sacarosa/100 g jugo	17,00	16,00
j	m_j	Masa de jugo producido g * (h/i)	kg/hora	590,82	685,88
k	Ext	Tasa de extracción de jugo	----	0,61	0,60
l	m_c	Masa de caña molida (j/k)	kg/hora	968,56	1.143,13
m	m_H ₂ O	Masa de agua a evaporar (j - f)	kg/hora	482,82	567,88
n	Cpj	Calor específico del jugo	MJ/hora	4,17	4,17
o	FC_H ₂ O	FC del agua		2.208,00	2.208,00
p	T_ej	Temperatura de ebullición del jugo	°C	97,00	97,00
q	T_a	Temperatura ambiente	°C	25,00	25,00
Qapr		Calor aprovechado en el proceso de producción de panela [(j * (p-q)*n) + (m*o)]/1000	MJ/hora	1.243,46	1.459,80
Eff		Eficiencia de la hornilla (Qapr/Qsum)*100	porcentaje	37,18 %	46,75 %

Fuente: FEDEPALMA (Federación Nacional de la Panela); IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura); Programa de la Alianza en Energía y Ambiente en la Región Andina (AEA). 2014. Informe final. Optimización del proceso de combustión de hornillas paneleras en el Departamento de Cundinamarca a través de la implementación de un sistema de dosificación de bagazo y recuperación de calor residual.

Cuadro 7. Colombia. Departamento de Cundinamarca. Finca El Porvenir. Implementación de un sistema de dosificación de bagazo y recuperación de calor para la eficiencia energética (EE) en la producción de panela.

Ítem	Nomenclatura	Insumo (input) o Producto (output)	Unidad de medida	Cantidad	
				Antes de mejora EE	Después de mejora EE
Cálculo del calor suministrado en el proceso de elaboración de panela (Qsum)					
a	Bsc_JoH	Bagazo seco consumido en la jornada de operación	kg	n/d	n/d
b	p_JoH	Panela producida en la jornada de operación	kg	n/d	n/d
c	Bsc/p_JoH	Bagazo seco consumido por panela producida (a/b)	kg bagazo/kg panela	2,20	2,00
d	JoH	Jornada de operación	horas	n/d	n/d
e	PCM_Bs	Poder calorífico medio del bagazo seco (tiempo de secado de 30 días con una humedad del 30 %)	MJ/kg bagazo	14,80	14,80
f	mBsc/JoH	Masa del bagazo seco consumido por hora (a/d)	kg/hora	154,00	122,15
Qsum		Calor suministrado en el proceso de producción de panela (e * f)	MJ/hora	2.279,20	1.807,82
Cálculo del calor aprovechado en el proceso de elaboración de panela					
g	mpr	Capacidad de producción de panela	kg/hora	70,00	83,30
h	B_p	°Bx panela	g sacarosa/100 g panela	93,00	93,00
i	B_j	°Bx jugo	g sacarosa/100 g jugo	15,00	17,00
j	m_j	Masa de jugo producido g * (h/i)	kg/hora	434,00	455,70
k	Ext	Tasa de extracción de jugo	----	0,62	0,62
l	m_c	Masa de caña molida (j/k)	kg/hora	700,00	735,00
m	m_H ₂ O	Masa de agua a evaporar (j - f)	kg/hora	364,00	372,40
n	Cpj	Calor específico del jugo	MJ/hora	3,80	3,80
o	FC_H ₂ O	FC del agua		2.208,00	2.208,00
p	T_ej	Temperatura de ebullición del jugo	°C	97,00	97,00
q	T_a	Temperatura ambiente	°C	32,00	32,00
Qapr		Calor aprovechado en el proceso de producción de panela $[(j * (p-q) * n) + (m * o)] / 1000$	MJ/hora	910,91	934,82
Eff		Eficiencia de la hornilla (Qapr/Qsum)*100	porcentaje	39,97 %	51,71 %

Fuente: FEDEPALMA (Federación Nacional de la Panela); IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura); Programa de la Alianza en Energía y Ambiente en la Región Andina (AEA). 2014. Informe final. Optimización del proceso de combustión de hornillas paneleras en el departamento de Cundinamarca a través de la implementación de un sistema de dosificación de bagazo y recuperación de calor residual.

Cuadro 8. Colombia. Departamento de Cundinamarca. Finca El Paraíso. Implementación de un sistema de dosificación de bagazo y recuperación de calor para la eficiencia energética (EE) en la producción de panela.

Ítem	Nomenclatura	Insumo (input) o Producto (output)	Unidad de medida	Cantidad	
				Antes de mejora EE	Después de mejora EE
Cálculo del calor suministrado en el proceso de elaboración de panela (Qsum)					
a	Bsc_JoH	Bagazo seco consumido en la jornada de operación	kg		2.704,16
b	p_JoH	Panela producida en la jornada de operación	kg	1.350,00	1.350,00
c	Bsc/p_JoH	Bagazo seco consumido por panela producida (a/b)	kg bagazo/kg panela	2,00	2,00
d	JoH	Jornada de operación	horas	16,00	16,00
e	PCM_Bs	Poder calorífico medio del bagazo seco (tiempo de secado de 30 días con una humedad del 30 %)	MJ/kg bagazo	13,78	13,78
f	mBsc/JoH	Masa del bagazo seco consumido por hora (a/d)	kg/hora	169,01	169,01
Qsum		Calor suministrado en el proceso de producción de panela (e * f)	MJ/hora	2.328,96	2.328,96
Cálculo del calor aprovechado en el proceso de elaboración de panela					
g	mpr	Capacidad de producción de panela	kg/hora	84,38	94,38
h	B_p	°Bx panela	g sacarosa/100 g panela	93,00	93,00
i	B_j	°Bx jugo	g sacarosa/100 g jugo	16,50	16,50
j	m_j	Masa de jugo producido g * (h/i)	kg/hora	475,60	531,96
k	Ext	Tasa de extracción de jugo	----	0,56	0,56
l	m_c	Masa de caña molida (j/k)	kg/hora	849,28	949,93
m	m_H ₂ O	Masa de agua a evaporar (j - f)	kg/hora	391,22	437,58
n	Cpj	Calor específico del jugo	MJ/hora	3,77	3,77
o	FC_H ₂ O	FC del agua		2.208,00	2.208,00
p	T_ej	Temperatura de ebullición del jugo	°C	97,00	97,00
q	T_a	Temperatura ambiente	°C	26,00	26,00
Qapr		Calor aprovechado en el proceso de producción de panela [(j *(p-q)*n) + (m*o)]/1000	MJ/hora	991,11	1.108,57
Eff		Eficiencia de la hornilla (Qapr/Qsum)*100	porcentaje	42,56 %	47,60 %

Fuente: FEDEPALMA (Federación Nacional de la Panela); IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura); Programa de la Alianza en Energía y Ambiente en la Región Andina (AEA). 2014. Informe final. Optimización del proceso de combustión de hornillas paneleras en el departamento de Cundinamarca a través de la implementación de un sistema de dosificación de bagazo y recuperación de calor residual.

Cuadro 9. Colombia. Departamento de Cundinamarca. Finca Los Lagos. Implementación de un sistema de dosificación de bagazo y recuperación de calor para la eficiencia energética (EE) en la producción de panela.

Ítem	Nomenclatura	Insumo (input) o Producto (output)	Unidad de medida	Cantidad	
				Antes de mejora EE	Después de mejora EE
Cálculo del calor suministrado en el proceso de elaboración de panela (Qsum) – bagazo seco					
a	Bsc_JoH	Bagazo seco consumido en la jornada de operación	kg	2.145,60	3.132,00
b	p_JoH	Panela producida en la jornada de operación	kg	200,00	1.457,00
c	Bsc/p_JoH	Bagazo seco consumido por panela producida (a/b)	kg bagazo/kg panela	3,58	2,14
d	JoH	Jornada de operación	horas	12,00	14,50
e	PCM_Bs	Poder calorífico medio del bagazo seco (tiempo de secado de 40 días con una humedad del 25 %)	MJ/kg bagazo	11,75	11,75
f	mBsc/JoH	Masa del bagazo seco consumido por hora (a/d)	kg/hora	178,80	216,00
Qsum		Calor suministrado en el proceso de producción de panela (e * f)	MJ/hora	2.100,90	2.538,00
Cálculo del calor suministrado en el proceso de elaboración de panela (Qsum) – leña					
c ₁	Lsc/p_JoH	Leña consumida por panela producida (a/b)	kg leña/kg panela	0,23	0,00
e ₁	PCM_L	Poder calorífico medio de la leña (con una humedad del 20 %)	MJ/kg leña	14,60	---
f ₁	mLsc/JoH	Masa de la leña consumida por hora (a/d)	kg/hora	11,50	0,00
Qsum ₁		Calor suministrado en el proceso de producción de panela (e ₁ * f ₁)	MJ/hora	167,90	0,00
Qsum total		Calor suministrado en el proceso de producción de panela (Qsum + Qsum ₁)	MJ/hora	2.268,80	2.538,00
Cálculo del calor aprovechado en el proceso de elaboración de panela					
g	mpr	Capacidad de producción de panela	kg/hora	50,00	100,50
h	B_p	°Bx panela	g sacarosa/100 g panela	93,00	93,00
i	B_j	°Bx jugo	g sacarosa/100 g jugo	16,50	17,00
j	m_j	Masa de jugo producido g * (h/i)	kg/hora	281,82	549,79
k	Ext	Tasa de extracción de jugo	----	0,66	0,60
l	m_c	Masa de caña molida (j/k)	kg/hora	427,00	916,32
m	m_H2O	Masa de agua a evaporar (j - f)	kg/hora	231,82	449,29
n	Cpj	Calor específico del jugo	MJ/hora	3,77	4,17
o	FC_H2O	FC del agua		2.208,00	2.208,00
p	T_ej	Temperatura de ebullición del jugo	°C	97,00	97,00
q	T_a	Temperatura ambiente	°C	30,00	26,00
Qapr		Calor aprovechado en el proceso de producción de panela [(j *(p-q)*n) + (m*o)]/1000	MJ/hora	583,04	1.154,82
Eff		Eficiencia de la hornilla [Qapr/(Qsum + Qsum1)]*100	porcentaje	25,70 %	45,50 %

Fuente: FEDEPALMA (Federación Nacional de la Panela); IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura); Programa de la Alianza en Energía y Ambiente en la Región Andina (AEA). 2014. Informe final. Optimización del proceso de combustión de hornillas paneleras en el Departamento de Cundinamarca a través de la implementación de un sistema de dosificación de bagazo y recuperación de calor residual.



Bibliografía

- Canning, P; Charles, A; Huang, S; Polenske, KR; Waters, A. 2010. Energy Use in the U.S. Food System. Washington, DC, US, USDA-ERS. Economic Research Report No. 94. Disponible en http://www.ers.usda.gov/media/136418/err94_1_.pdf.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CL). 2014a. Informe nacional de monitoreo de la eficiencia energética de la República Argentina. Santiago, CL. Disponible en http://repositorio.cepal.org/bitstream/11362/37142/4/S1420670_es.pdf.
- _____. 2014b. Informe nacional de monitoreo de la eficiencia energética de la República de Chile. Santiago, CL. Disponible en http://repositorio.cepal.org/bitstream/11362/37149/1/S1420571_es.pdf.
- Gardi, C; Angelini, M; Barceló, S; Comerma, J; Cruz Gaistardo, C; Encina Rojas, A; Jones, A; Krasilnikov, P; Mendonça Santos Brefin, ML; Montanarella, L; Muñoz Ugarte, O; Schad, P; Vara Rodríguez, MI; Vargas, R. (eds). 2014. Atlas de suelos de América Latina y el Caribe. Luxemburgo, LU, Comisión Europea - Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, L-2995. 176 p. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-av050s/av050s00.pdf>.
- Garnett, T. 2011. Where are the best opportunities for reducing greenhouse gas emissions in the food system (including the food chain)? Food Policy 36, Supplement 1, 23-32.
- Heller, MC; Keoleian, GA. 2000. Life Cycle-Based Sustainability Indicators for Assessment of the U.S. Food System. Michigan, US, The Center for Sustainable Systems. December 6. 59 p.
- IEA (International Energy Agency, FR). 2015. Energy and Climate Change. World Energy Outlook Special Report. París, FR. Disponible en <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2015SpecialReportonEnergyandClimateChange.pdf>.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, CH). 2014. Summary for Policymakers. In Climate Change 2014, Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK, Cambridge University Press. Disponible en http://report.mitigation2014.org/spm/ipcc_wg3_ar5_summary-for-policy-makers_approved.pdf.
- Sutton, MA; Bleeker, A; Howard, CM; Bekunda, M; Grizzetti, B; de Vries, W; van Grinsven, HJM; Abrol, YP; Adhya, TK; Billen, G; Davidson, EA; Datta, A; Diaz,

R; Erisman, JW; Liu, XJ; Oenema, O; Palm, C; Raghuram, N; Reis, S; Scholz, RW; Sims, T; Westhoek, H; Zhang, FS; Ayyappan, S; Bouwman, AF; Bustamante, M; Fowler, D; Galloway, JN; Gavito, ME; Garnier, J; Greenwood, S; Hellums, DT; Holland, M; Hoysall, C; Jaramillo, VJ; Klimont, Z; Ometto, JP; Pathak, H; Ploq Fichelet, V; Powlson, D; Ramakrishna, K; Roy, A; Sanders, K; Sharma, C; Singh, B; Singh, U; Yan, XY; Zhang, Y. 2013. Our Nutrient World: The challenge to produce more food and energy with less pollution. Global Overview of Nutrient Manage-

ment. Edinburgh, UK, Centre for Ecology and Hydrology, Global Partnership on Nutrient Management, International Nitrogen Initiative. Disponible en <http://www.unep.org/gpa/documents/publications/ONW.pdf>.

Woods, J; Williams, A; Hughes, JK; Black, M; Murphy, R. 2010. Energy and the food system. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 365(1554):2991-3006. Disponible en <http://rstb.royalsocietypublishing.org/content/365/1554/2991>.



Instituto Interamericano de
Cooperación para la Agricultura

Sede Central. Apartado postal 55-2200
San José, Vázquez de Coronado, San Isidro
11101 - Costa Rica
Tel.: (+506) 2216 0222
Fax: (+506) 2216 0233
Correo: iicahq@iica.int
Sitio web: www.iica.int