

# RECURSOS POTENCIALES DE ENERGÍA RENOVABLE EN EL ESTADO DE SINALOA, MÉXICO



**JOSÉ ARTURO LEÓN VELÁZQUEZ**

**JOSÉ ARTURO LEÓN**  
**ID: UD24948SRE33295**

**Potential Renewable Energy Resources in  
The State of Sinaloa, MÉXICO**

**A Final Thesis Presented to  
The Academic Department  
Of the School of Science and Engineering  
In Partial Fulfilment of the Requirements  
For the Degree of Doctor of Science in Renewable Energy**

**ATLANTIC INTERNATIONAL UNIVERSITY**  
**3/24/14 – SPRING 2014**

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar deseo expresar mi agradecimiento a Dios por haberme permitido llegar con salud en esta etapa de mi vida.

A mis padres y a mi tío Arturo por el apoyo que me brindaron en mi formación como persona y profesionalista.

A mi familia por su apoyo brindado.

## RESUMEN

El estudio de investigación es sobre los recursos potenciales de Energía Renovable en el estado de Sinaloa. Se realiza un estudio de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM). De acuerdo al censo de población del 2010, México se encuentra en el undécimo lugar con respecto a los países mayor poblados. También se muestra la cobertura de agua potable y el grado de presión sobre los recursos hídricos que tienen los países más poblados del planeta, ya que estos indicadores son relevantes en la medición de los ODM.

Se describe el entorno global de las Energías Renovables para el periodo 2012 y un escenario para el año 2035, adicionalmente se muestran las zonas geográficas en las que México cuenta con recursos potenciales de ER's.

Se realizó una revisión de la literatura de los diferentes tipos de ER's, especialmente de la energía hidráulica y de energía de biomasa que son la parte medular del estudio de investigación. Se revisaron los conceptos y aplicaciones de la energía hidráulica y de los cultivos energéticos para estudiar la viabilidad de implementar proyectos de generación de energía eléctrica y producción de biocombustible (Biodiesel) en el estado de Sinaloa. De acuerdo al análisis realizado existen recursos potenciales de ER's en recursos hídricos y de biomasa, para la generación de energía hidráulica y producción de biodiesel. Se realiza una evaluación técnico-económico financiera para un proyecto de biodiesel utilizando como materia prima la *Jatropha curcas*.

**Palabras clave:** Energías Renovables, Objetivos de Desarrollo del Milenio, recurso hídrico, recurso de biomasa, energía hidráulica y biodiesel.

## ABSTRACT

The research study is about the potential of Renewable Energy resources in the state of Sinaloa. A study of the Millennium Development Goals (MDGs) is made. According to the population census of 2010, Mexico is in eleventh place with respect to the more populated countries. Coverage of drinking water and the degree of pressure on water resources the most populous countries in the world have also shown, as these indicators are relevant in measuring the MDGs.

Global environment Renewable Energy for the period 2012 and 2035 scenario is described further geographical areas in which Mexico has potential resources of Renewable Energies.

A review of the literature of the different types of ERs, especially hydropower and biomass energy are the core of the research study was conducted. Concepts and applications of hydropower and energy crops to study the feasibility of implementing projects of power generation and production of biofuel (biodiesel) in the state of Sinaloa were reviewed. According to the analysis of potential resources exist in ERs water resources and biomass, hydropower generation and production of biodiesel. One financial techno-economic evaluation is done for a project using biodiesel feedstock *Jatropha curcas* .

**Keywords:** Renewable Energy, Millennium Development Goals, water resource, resource biomass, hydropower and biodiesel.

## ACRÓNIMOS

AJC	Aceite de Jatropha Curcas.
ASTM	American Society for Testing and Materials.
BRICS	Brasil, Rusia, India, China. Sudáfrica.
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
CFE	Comisión Federal de Electricidad.
CIAD	Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.
CODESIN	Consejo para el Desarrollo de Sinaloa.
CONACyT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
CONAE	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía.
CONANP	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.
CONEVAL	Consejo Nacional de Evaluación
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua.
EN	European Standards.
ER	Energía Renovable.
ER's	Energías Renovables
FCQB	Facultad de Ciencias Químico Biológicas.
FOGAES	Fondo de Garantías Complementarias y Apoyos a Proyectos Productivos del Estado de Sinaloa.
FNE	Flujo Neto de Efectivo.
FPS	Fundación Produce Sinaloa.
GW	Giga Watt.
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
IMERE	Iniciativa Mexicana para las Energías Renovables.
I&D	Investigación y Desarrollo.
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
INIFAP	Instituto Nacional de Investigaciones, Agrícolas y Pecuarias.
IPN	Instituto Politécnico Nacional.
ISR	Impuesto Sobre la Renta
KW	Kilo Watt.

MDP	Millones de Pesos.
Mj	Mega joule
Mt	Millones de toneladas.
MW	Mega Watt.
MWH	Mega Watt Hora.
NAMO	Nivel de Aguas Máximas Ordinarias.
ND	No Disponible
ONU	Organización de Naciones Unidas.
ODM	Objetivos de Desarrollo del Milenio.
OLADE	Organización Latinoamericana de Energía y del Caribe.
PCH	Pequeñas Centrales Hidroeléctricas.
PIB	Producto Interno Bruto.
PMR	Precio Medio Rural.
PNUD	Programa de Naciones Unidas de Desarrollo
POISE	Programa de Obras e Inversión del Sector Eléctrico.
PTU	Participación de Utilidades a los Trabajadores.
PwC	PricewaterhouseCoopers.
REPDA	Registro Público de Derechos de Agua.
RHA	Región Hidrológica Administrativa.
RPA	Reservas Potenciales de Agua.
RSU	Residuos Sólidos Urbanos.
SEMARNAT	Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales
SEN	Sistema Eléctrico Nacional.
SENER	Secretaría de Energía
SIDA	Síndrome de Inmunodeficiencia Adquirida.
TIR	Tasa Interna de Rendimiento.
TMAR	Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento.
TW	Tera Watt.
UAS	Universidad Autónoma de Sinaloa.
VIH	Virus de Inmunodeficiencia Humana.
VPN	Valor Presente Neto.

WB	World Bank
WWF	World Wildlife Fund.
ZNI	Zona No Interconectada.

## CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	5
2.1 Justificación .....	5
2.2 Objetivos .....	6
2.3 Hipótesis .....	7
III. MARCO TEORICO.....	8
3.1 Entorno Mundial .....	8
3.1.1 Objetivos de Desarrollo del Milenio.....	8
3.1.2 Población Mundial.....	12
3.1.3 Grado de Presión sobre los Recursos Hídricos .....	13
3.1.4 Entorno Global de las Energías Renovables .....	14
3.2 Entorno Nacional de las Energías Renovables .....	19
3.3 Localización Geográfica y Población de México .....	23
3.4 Energías Renovables.....	27
3.4.1 Conceptos de Energías Renovables.....	27
3.4.2 Tecnologías para la Generación de Electricidad a partir de Energía Renovable.....	32
3.4.2.1 Energía Hidráulica .....	32
3.4.2.2 Pequeñas Centrales Hidroeléctricas.....	39
3.4.2.3 Estudios para la Construcción de una PCH.....	42
3.4.3 Energía de la Biomasa.....	44
3.4.3.1 Propiedades de la Biomasa .....	46
a) Propiedades Físicas, Químicas y Energéticas .....	46
b) Contenido de Humedad .....	48
3.4.3.2 Biocombustibles .....	50
a) Las próximas Generaciones de Biocombustibles y sus Materias Primas.....	55
b) Procesos empleados para extraer Energía de la Biomasa.....	58
3.4.3.3 Cultivos Energéticos .....	67
3.4.3.4 Biocarburantes .....	68

3.4.4 Energía Solar .....	71
3.4.5 Energía Eólica .....	73
3.4.6 Energía Oceánica .....	73
3.4.7 Energía Geotérmica.....	74
IV. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	76
4.1 Recurso Hídrico .....	76
4.1.1 Población .....	76
4.1.2 Vivienda .....	76
4.1.3 Entorno Macroeconómico .....	76
4.1.4 RHA III Pacífico Norte.....	76
4.2 Recurso Biomasa.....	78
4.2.1 Variables edafoclimáticas .....	78
4.2.2 Producción de Biodiesel .....	78
4.2.3 Proceso de producción de Biodiesel .....	78
4.2.4 Evaluación Económica Financiera .....	79
4.3 Objetivos de Desarrollo del Milenio .....	79
V. ANÁLISIS DE LOS RECURSOS HÍDRICO Y BIOMASA EN EL ESTADO DE SINALOA.....	82
5.1 Ubicación Geográfica.....	82
5.2 Población .....	84
5.3 Vivienda .....	86
5.3.1 Viviendas que disponen de Energía Eléctrica.....	87
5.3.2 Viviendas del sector rural que no disponen de Energía Eléctrica .....	88
5.4 Entorno Macroeconómico .....	89
5.5 Objetivos de Desarrollo del Milenio .....	91
5.6 Análisis del Recurso Hídrico .....	99
5.6.1 Regiones Hidrológicas-Administrativas para la Gestión del Agua .....	99
5.6.1.1 Estaciones Hidrométricas .....	100
5.6.1.2 Estaciones Climatológicas.....	100
5.6.1.3 Precipitación pluvial.....	106
5.6.1.4 Ríos principales .....	108

5.6.1.5 Cuencas Hidrográficas .....	110
5.6.1.6 Cuencas Hidrológicas.....	111
5.6.1.7 Agua Renovable y Grado de Presión sobre el Recurso Hídrico .....	114
5.6.1.8 Usos del agua.....	116
a) Agua potable .....	117
b) Plantas Potabilizadoras.....	118
c) Usos consuntivos del agua.....	121
5.6.2 Infraestructura Hidráulica .....	122
5.6.2.1 Presas .....	122
5.6.2.2 Distritos de riego.....	125
a) Volumen distribuido del Agua en el sector Agrícola .....	126
b) Superficie Sembrada y Cosechada .....	127
5.6.2.3 Hidroeléctricas.....	129
5.6.3 Sitios Ramsar .....	132
5.6.4 Reservas Potenciales de Agua .....	136
5.6.5 Potencial Hidráulico Renovable .....	137
5.7 Análisis del Recurso Biomasa.....	138
5.7.1 Generalidades de la Jatropha Curcas.....	138
5.7.2 Requerimientos edafoclimáticos .....	139
5.7.3 Zonificación Agroecológica .....	140
5.7.4 Producción del Biodiesel por hectárea de diferentes cultivos .....	146
5.7.5 Definición del Biodiesel y como se produce.....	147
5.7.5.1 Reacciones químicas en el proceso de producción de Biodiesel .....	149
5.7.6 Tecnologías del procesamiento de Biodiesel.....	151
5.7.6.1 Proceso de Ultrasonido .....	152
5.7.6.2 Propiedades fisicoquímicas de la materia prima en la producción de Biodiesel.....	154
5.7.6.3 Diagrama de flujo del proceso de producción de Biodiesel .....	154
5.7.6.4 Sistema de producción .....	156
5.7.7 Ventajas y desventajas del empleo del Biodiesel.....	159
5.7.7.1 Ventajas .....	159

5.7.7.2 Desventajas.....	160
5.7.8 Análisis Tecno-económico Financiero del Proyecto de Biodiesel .....	160
5.7.8.1 Sistema de producción .....	161
5.7.8.2 Inversión Fija .....	162
5.7.8.3 Costo unitario de la Producción de Biodiesel.....	163
5.7.8.4 Análisis económico financiero .....	165
5.7.9 Potencial de la biomasa.....	169
5.8 Usos productivos de la Energía Renovable en comunidades rurales .....	169
VI CONCLUSIONES .....	171
VII. BIBLIOGRAFÍA .....	176
ANEXO.....	183

## I. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se realizó la investigación sobre los recursos potenciales de energía renovable en el estado de Sinaloa.

Se realiza un estudio de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) para ver cuales ODM han sido alcanzados y ver en cuales áreas hay que tomar medidas más audaces para el logro de lo ODM en el 2015. Se efectuó un análisis de los ODM en México, elaborando una gráfica radial de los ODM que nos permita visualizar el desempeño de éstos en el año 2013.

Respecto a la población se observa que para México tomando el censo de población realizado en el 2010 por el INEGI, las cifras del censo muestran que en México se encuentra clasificado en el undécimo lugar con respecto a los países del mundo con mayor población. También se muestra la cobertura de agua potable y el grado de presión sobre los recursos hídricos que tienen los países más poblados del planeta, ya que estos indicadores son relevantes en la medición de los ODM.

Se describe el entorno global de las Energías Renovables para el periodo 2012 y un escenario para el año 2035 referente a la capacidad instalada de energía requerida para satisfacer la demanda de la población. Adicionalmente se muestran las zonas geográficas en las que México cuenta con recursos potenciales de ER's y los tres escenarios para el desarrollo de las ER's al año 2018.

Con respecto a la tecnología para la generación de electricidad a partir de las ER's se realizó una revisión de la literatura de los siguientes tipos de ER:

- Energía hidráulica
- Energía de la biomasa

- Energía solar (Energía fotovoltaica y energía térmica)
- Energía eólica
- Energía oceánica
- Energía geotérmica

Se efectuó una revisión a fondo de la literatura en los tipos de ER: Energía Hidráulica y Energía de Biomasa. Ya que estos tipos de ER son la parte medular del estudio de investigación desarrollado, en la generación de energía eléctrica y producción de biocombustibles. Se revisaron los conceptos y aplicaciones de la energía hidráulica y de los cultivos energéticos para estudiar la viabilidad de implementar proyectos de generación de energía eléctrica y producción de biocombustible (Biodiesel) en el estado de Sinaloa.

En la tecnología de la ER energía hidráulica se estudian los siguientes tipos de centrales hidroeléctricas:

- Centrales de agua fluyente o pasada
- Centrales de embalse o reserva: centrales de derivación y centrales a pie de presa
- Centrales reversibles o de bombeo

También se realizó una revisión de la literatura sobre las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH), su clasificación de acuerdo a su tamaño y la clasificación que realiza el Banco Mundial, en el otorgamiento de financiamiento para la adquisición de los tamaños pico, micro y mini hidroeléctricas; que son los tamaños primordialmente requeridos en los países pobres y en desarrollo. Para las PCH del tamaño de 10 MW hasta 30 MW, se requieren efectuar los estudios siguientes:

- Estudio de la demanda
- Estudio socioeconómico
- Estudio hidrológico y pluviométrico
- Estudio cartográfico y topográfico
- Estudio geotécnico
- Estudio de impacto ambiental

- Estudio de factibilidad tecnoeconómico financiero

En la energía de Biomasa, se realizó una revisión de la literatura referente a los siguientes conceptos: los tipos de biomasa y sus características físicas, la composición química para varios tipos de biomasa y su valor calórico y el contenido de humedad.

Los procesos empleados para extraer la energía de la biomasa son los siguientes:

- Termoquímico: combustión directa, pirolisis y gasificación.
- Bioquímico: fermentación alcohólica, digestión anaeróbica y biofotolisis.
- Agroquímico: extracción de combustibles

Los biocarburantes se obtienen de diferentes transformaciones de materia vegetal y animal, en la obtención de biodiesel se emplea el proceso de transesterificación que consiste en la obtención de un éster metílico (biodiesel) a partir de aceites vegetales.

En el capítulo del análisis del estado de Sinaloa, se estudiaron la Energía Hidráulica y la Energía de Biomasa. En los dos tipos de ER se realizó el análisis de la población (urbana y rural), entorno macroeconómico y los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), que nos muestran el panorama socioeconómico del estado de Sinaloa.

En el análisis del recurso hídrico se estudiaron y analizaron los conceptos del ciclo hidrológico, e.g.: cuenca hidrológica, cuenca hidrográfica, precipitación pluvial, temperatura, agua renovable y grado de presión sobre el recurso hídrico.

Respecto a la infraestructura (Presas y Distritos de Riego) se analizó la Región Hidrológica Administrativa (RHA) Pacífico Norte que es el organismo que se encarga de la administración del agua.

También se analizó la infraestructura hidroeléctrica existente en el estado de Sinaloa (localización, número de unidades y capacidad instalada) así como también las plantas termoeléctricas y turbo gas de la entidad.

En el análisis de los humedales, se identificó el número existente, localización geográfica y superficie ocupada.

Se analizaron las reservas potenciales de agua de la RHA Pacífico Norte, así como el potencial hidráulico renovable.

Referente al recurso de biomasa se localizaron los sitios óptimos para el cultivo de *Jatropha curcas* y se investigaron las condiciones edafoclimáticas requeridas (temperatura, precipitación, humedad, altura sobre el nivel del mar y pendiente del suelo) para el desarrollo óptimo del cultivo y la tecnología necesaria para la producción de Biodiesel.

Se analizó el potencial productivo de *Jatropha curcas* en zonas agrícolas de temporal en los 18 municipios del estado de Sinaloa.

Posteriormente se analizó la tecnología en la producción de biodiesel desarrollada en la Facultad de Ciencias Químico Biológicas de la Universidad Autónoma de Sinaloa y se comparó con la tecnología existente en otros países.

En el análisis del proyecto de la planta de biodiesel, se utilizaron las técnicas del VPN y TIR y se hizo una corrida con financiamiento del 60% de la Inversión total a un horizonte de tiempo de 10 años.

En el capítulo de conclusiones y recomendaciones se vierten las conclusiones para los dos tipos de recursos renovables estudiados (hídrico y de biomasa) y su impacto económico en las comunidades rurales del estado de Sinaloa.

Las hipótesis planteadas en el estudio de investigación son:

- El estado de Sinaloa cuenta con los recursos hídricos suficientes para la generación de energía hidráulica.
- Existen las condiciones edafoclimáticas óptimas para el potencial productivo de la *Jatropha curcas* en el estado de Sinaloa.
- El estado de Sinaloa cuenta con la tecnología competitiva para la producción de Biodiesel a partir de la semilla de *Jatropha curcas*.

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 2.1 Justificación

Este trabajo de investigación se realizó para confirmar la existencia de fuentes renovables potenciales hídricas y de biomasa en el Estado de Sinaloa para la implementación de proyectos de Energía Hidroeléctrica y de Biodiesel.

Actualmente la demanda de energía eléctrica está incrementándose a tasas altas, por el incremento de la población, las industrias y los servicios; y por el incremento de los precios internacionales de los combustibles fósiles (petróleo, gas natural y carbón) utilizados en la generación de energía; además por los problemas político económico mundial de los últimos años que han venido impactando en el precio de los combustibles fósiles.

En el año 2012 se tenía una capacidad instalada de generación de energía de 5,640 GW y para el año 2035 se estima una capacidad instalada de 8, 613 GW, de acuerdo a las cifras antes mencionadas se estima una tasa media de crecimiento anual (TMCA) para el periodo 2012-2035 del 65.5 % aproximadamente.<sup>1</sup>

Las energías renovables serían la mejor opción en la generación de energía en los próximos años, ya que las reservas de combustibles fósiles se están agotando, así como el incremento de sus precios en los mercados internacionales.

---

<sup>1</sup> World Wildlife Fund (México), Plan integral para el desarrollo de las energías renovables, en México 2013-2018 [en línea]: Recursos en Línea de World Wildlife Fund, [México, D.F], <<http://www.wwf.org.mx/wwfmex/archivos/cc/130222-Plan-integral-para-desarrollo-de-energias-renovables.pdf>> [Consulta: 17 marzo, 2014].

Al utilizar los tipos de energías renovables propuestas (energía hídrica y biomasa) en este trabajo de investigación, se obtendría energía limpia ya que estos tipos de energía no causan gran impacto ambiental en los lugares donde se implementan.

En la utilización de la energía hidráulica (energía hídrica) se aprovecharían los saltos de las corrientes y el flujo de las corrientes de agua a través de los canales de riego, generando energía eléctrica para las comunidades rurales que no cuentan con el servicio de energía eléctrica.

La energía biomasa a partir de cultivos energéticos no produce emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmosfera, al contrario absorbe el CO<sub>2</sub> para el desarrollo vegetativo de los cultivos, produciendo de esta forma una energía 100% limpia. Los otros insumos en la producción de energía biomasa (residuos agrícolas, ganaderos, urbanos, industriales y forestales) utilizan tecnologías que causan impactos medio ambientales por la emisión de gases a la atmosfera, como CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> entre otros.<sup>2</sup>

Estos dos tipos de energía renovable (energía hídrica y biomasa) generarían energía eléctrica, suministrando el servicio de energía eléctrica a comunidades rurales que no están interconectadas a la red principal y además en la producción de biodiesel se generarían empleos a la población marginada del estado de Sinaloa.

## **2.2 Objetivos**

Los objetivos principales del estudio de investigación son:

1. Analizar la viabilidad del uso potencial de los recursos en Energía Renovable referente a los recursos hídrico y biomasa existentes en el Estado de Sinaloa para la implementación de proyectos en generación de energía eléctrica y producción de biodiesel respectivamente, lo cual beneficiará con el suministro del servicio de energía eléctrica y generación de empleo a las poblaciones marginadas de pobreza extrema en el Estado de Sinaloa.
2. Identificar las reservas potenciales de agua existentes en el estado de Sinaloa para su aprovechamiento en la generación de energía hidráulica y en la implementación de cultivos energéticos.

---

<sup>2</sup> Jaime González. Energías renovables, Barcelona. Editorial Reverté, S.A., 2012, p. 285.

3. Realizar un análisis de factibilidad tecnoeconómico financiero de una planta de biodiesel a partir del aceite de *Jatropha curcas*.
4. Analizar las variables climatológicas e hidrológicas que intervienen en el ciclo hidrológico de las corrientes en el estado de Sinaloa.
5. Identificar las zonas viables para el cultivo energético de la *Jatropha curcas*.

### **2.3 Hipótesis**

- El estado de Sinaloa cuenta con los recursos hídricos suficientes para la generación de energía hidráulica.
- Existen las condiciones edafoclimáticas óptimas para el potencial productivo de la *Jatropha curcas* en el estado de Sinaloa.
- El estado de Sinaloa cuenta con la tecnología competitiva para la producción de Biodiesel a partir de la semilla de *Jatropha curcas*.

## III. MARCO TEORICO

### 3.1 Entorno Mundial

#### 3.1.1 Objetivos de Desarrollo del Milenio

Los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) han sido la herramienta más exitosa en la historia para luchar contra la pobreza a nivel mundial.<sup>3</sup> Los ODM de acuerdo al Organismo de las Naciones Unidas son los siguientes:

1. Erradicar la pobreza extrema y el hambre.
2. Lograr la enseñanza primaria universal.
3. Promover la igualdad de género y el empoderamiento de la mujer.
4. Reducir la mortalidad de los niños menores de 5 años.
5. Mejorar la salud materna.
6. Combatir el VIH/SIDA, el paludismo y otras enfermedades.
7. Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente.
8. Fomentar una alianza mundial para el desarrollo.

A continuación se listan algunos ODM que ya se han alcanzado o están a punto de alcanzarse:<sup>4</sup>

- En todo el mundo el porcentaje de gente que vive en la pobreza extrema se ha reducido a la mitad: En las regiones en desarrollo la proporción de personas que vive con menos de 1,25 dólares al día cayó del 47% en 1990 al 22% en 2010.

---

<sup>3</sup> Organización de Naciones Unidas (Estados Unidos de América), *Objetivos del Desarrollo del Milenio Informe 2013*, [en línea]: Recursos en Línea de La Organización de Naciones Unidas, [Nueva York, EUA], <<http://www.un.org/es/millenniumgoals/pdf/mdg-report-2013-spanish.pdf>> [Consulta: 8 de febrero, 2014].

<sup>4</sup> Ibid.

- Más de 2.000 millones de personas han logrado acceder a fuentes mejoradas de agua potable: En 2010, la proporción de población con acceso a ese tipo de fuentes llegó al 89% (76% en 1990).
- Se han realizado notables avances en la lucha contra el paludismo y la tuberculosis: entre 2000 y 2010 la tasa de mortalidad por paludismo a nivel mundial disminuyó en más de un 25%, y se calcula que en ese período se evitaron 1,1 millones de muertes.
- En los países en desarrollo el número de habitantes de tugurios de ciudades y metrópolis está disminuyendo: entre 2000 y 2010 más de 200 millones de habitantes de tugurios se beneficiaron del acceso a fuentes mejoradas de agua, instalaciones de saneamiento, viviendas duraderas o suficiente espacio habitable, superando así los 100 millones del Objetivo.
- Una menor carga de la deuda y un mejor clima comercial están generando un entorno más equitativo para los países en desarrollo: la relación entre el servicio de la deuda y las ganancias por exportaciones de los países en desarrollo alcanzó el 3.1% en 2011, mucho menor que el 12% de 2000; el acceso al mercados sin aranceles fue del 80% de sus exportaciones.
- La reducción del hambre está al alcance de la mano: en todo el mundo, el porcentaje de personas con nutrición insuficiente bajó del 23,2% en 1990-1992, al 14,9% en 2010-2012.

Sin embargo la ONU estima que en muchas áreas hay que acelerar los avances y tomar medidas más audaces, e.g.<sup>5</sup>

- La sostenibilidad del medio ambiente (disminución de las emisiones del CO<sub>2</sub>)
- Los logros en la supervivencia de los niños han sido notables, pero hay que hacer más para cumplir con nuestra obligación con las generaciones más jóvenes
- Lograr la meta de reducir a un 75% la muerte materna
- Expandir el acceso a la terapia antirretroviral y el conocimiento acerca de la prevención del VIH

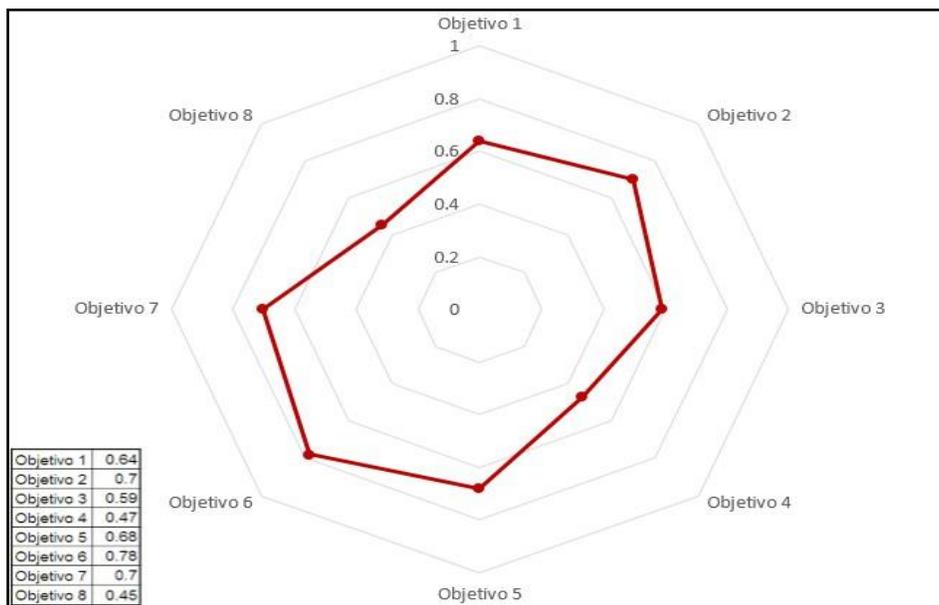
---

<sup>5</sup> Ibid.

- Reducir el número de niños a los que se les niega su derecho a la enseñanza primaria
- Los logros en saneamiento han sido notables, pero son insuficientes (acceso a letrinas, inodoros u otras instalaciones de saneamiento)
- Otorgar más ayuda económica a los países pobres
- Centrar la atención en las disparidades que obstaculizan las mejoras (la brecha rural-urbana con respecto a la salud reproductiva y al agua potable, disminuir la cantidad de que los niños más pobres no estén adscritos al sistema escolar, y disminuir la igualdad de género en la toma de decisiones).

A continuación en la tabla 3.1, se listan los avances relativos en cada uno de los 8 objetivos de los ODM para México:

**Tabla 3.1.** Objetivos de los ODM, México\*



\*Valores estimados por el autor.

**Nota:** Los valores de cada indicador están entre 0 y 1, donde 1 representa el mayor logro y 0 el menor.

Fuente: Elaboración propia con datos INEGI 2014.

El objetivo 4 (Reducir la mortalidad de los niños menores de 5 años) y el objetivo 8 (Fomentar una alianza mundial para el desarrollo) presentan valores muy pobres, y los objetivos 6 (Combatir el VIH/SIDA, el paludismo y otras enfermedades) y 7 (Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente) reportan valores superiores.

La cobertura de agua potable es uno de los indicadores en la medición del objetivo 7 (garantizar la sostenibilidad del medio ambiente) de los ODM, que está conformado por los indicadores:<sup>6</sup> Proporción de la población con acceso sostenible a fuentes mejoradas de abastecimiento de agua, en zonas urbanas y rurales; y Proporción de la población con acceso a servicios de saneamiento mejorados, en zonas urbanas y rurales. México tiene una cobertura de agua potable del 96%, como se aprecia en la tabla 3.2.

---

<sup>6</sup> Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México), Anuario estadístico y geográfico por entidad federativa 2013 [en línea]: Recursos en línea del Instituto Nacional Estadística y Geografía, [Aguascalientes, Ags.], [http://www.inegi.org.mx/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/aepef/2013/aegpef\\_2013.pdf](http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/aepef/2013/aegpef_2013.pdf) [Consulta: 16 marzo, 2014].

**Tabla 3.2.** Cobertura de agua potable por país, 2010

No.	País	Continente	Cobertura de agua potable (%)
1	Alemania	Europa	100
2	Andorra	Europa	100
3	Aruba	Norte y Centro América	100
4	Australia	Oceania	100
5	Austria	Europa	100
6	Barbados	Norte y Centro América	100
7	Bélgica	Europa	100
8	Bielorrusia	Europa	100
9	Bulgaria	Europa	100
10	Canadá	Norte y Centro América	100
50	Estados Unidos de América	Norte y Centro América	99
59	Brasil	Sudamérica	98
70	Argentina	Sudamérica	97
82	Tailandia	Asia	96
83	<b>México</b>	Norte y Centro América	96
84	Albania	Europa	95
85	Comoras	África	95
86	Costa Rica	Norte y Centro América	95
87	Dominica	Norte y Centro América	95
98	Cuba	Norte y Centro América	93
99	Jamaica	Norte y Centro América	93
100	Namibia	África	93
101	Panamá	Norte y Centro América	93
102	Venezuela	Sudamérica	93
103	Colombia	Sudamérica	92
111	China	Asia	91
123	Bolivia	Sudamérica	88
180	Afganistán	Asia	50
184	Madagascar	África	46
188	Somalia	África	29

**Nota:** Los datos son de 2010 o del último año disponible en los casos en que el dato no exista para el 2010.

El término agua potable se refiere a acceso a agua mejorada, que incluye: agua de la red y de hidrantes.

Fuente: Elaboración propia con datos de CONAGUA (2014).

### 3.1.2 Población Mundial

A continuación en la tabla 3.3, se listan los países del mundo con mayor población, ocupando China el primer lugar seguido por India, Estados Unidos de América, Indonesia, Paquistán y Brasil; y México se encuentra en el undécimo lugar de un total de 195 países, con una población total de 112.33 millones de habitantes, una

extensión territorial de un millón 960,660 km<sup>2</sup> y una densidad de 57 habitantes por kilómetros cuadrados.<sup>7</sup>

**Tabla 3.3.** Países del mundo con mayor población

No.	País	Población (millones de habitantes)	Extensión territorial (miles de km <sup>2</sup> )	Densidad de población (hab/km <sup>2</sup> )
1	China	1,372.15	9,600.00	143
2	India	1,224.61	3,287.26	373
3	Estados Unidos de América	310.38	9,831.51	32
4	Indonesia	239.87	1,904.57	126
5	Brasil	194.95	8,514.88	23
6	Pakistán	239.87	1,904.57	126
7	Bangladesh	148.69	144.00	1,033
8	Nigeria	158.42	923.77	172
9	Rusia	142.96	17,098.24	8
10	Japón	126.54	377.95	335
11	<b>México</b>	112.33	1,960.66	57
12	Filipinas	93.26	300.00	311
13	Vietnam	87.85	331.05	265
14	Alemania	82.30	357.12	231
15	Egipto	81.12	1,001.45	81
16	Etiopía	82.95	1,104.30	75
17	Turquía	72.75	783.56	93
18	Irán	73.97	1,745.15	42
19	Tailandia	69.12	513.12	135
20	República Democrática del Congo	65.97	2,344.86	28
21	Francia	62.79	549.19	114
22	Reino Unido	62.27	243.61	256
23	Italia	60.55	301.34	201
24	Sudáfrica	50.13	1,219.09	41

Fuente: Elaboración propia con datos de CONAGUA (2014).

### 3.1.3 Grado de Presión sobre los Recursos Hídricos

Actualmente el calentamiento global, está incrementando en un mayor grado de presión sobre los recursos hídricos, tal que por su baja disponibilidad de agua, los países del Medio Oriente sufren una presión más fuerte sobre los recursos hídricos, mientras que México se encuentra en el lugar 53 conforme a este indicador de 180

<sup>7</sup> Comisión Nacional del Agua (México), Atlas del agua en México 2012, [en línea]: Recursos en línea de Comisión Nacional del Agua, [México, D.F], <<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/SGP-36-12.pdf>> [Consulta: 2 marzo, 2014].

países evaluados. En la tabla 3.4, se muestra la disponibilidad y la extracción de agua, y también el grado de presión sobre los recursos hídricos.<sup>8</sup>

**Tabla 3.4.** Países con mayor grado de presión sobre los recursos hídricos, 2010

No.	País	Disponibilidad (km <sup>3</sup> )	Extracción total (km <sup>3</sup> )	Grado de presión sobre los recursos hídricos (%)
1	Kuwait	0.02	0.49	2,465.00
2	Emiratos Árabes Unidos	0.15	3.05	2,032.00
3	Arabia Saudita	2.40	22.64	943.30
4	Libia	0.60	4.31	718.00
5	Qatar	0.06	0.26	455.20
6	Bahréin	0.12	0.26	219.80
7	Yemen	2.10	3.39	161.40
8	Egipto	57.30	68.20	119.00
9	Uzbekistán	50.41	59.61	118.30
10	Israel	1.78	1.81	101.90
11	Turkmenistán	24.72	24.91	100.80
12	Siria	16.80	16.76	99.76
13	Jordania	0.94	0.93	99.37
14	Iraq	75.61	65.99	87.28
15	Omán	1.40	1.21	86.57
16	Pakistán	225.30	183.50	81.45
17	Barbados	0.08	0.06	76.12
18	Tayikistán	15.98	11.96	74.84
19	Malta	0.05	0.04	71.29
20	Irán	137.50	93.10	67.71
40	Sudáfrica	50.00	12.48	24.96
52	Turquía	213.60	40.10	18.77
53	<b>México</b>	462.58	80.30	17.36
59	Estados Unidos de América	2,818.00	477.80	15.57
60	Francia	200.00	31.61	14.98

Fuente: CONAGUA (2014).

### 3.1.4 Entorno Global de las Energías Renovables

El sector de ER está constituido por todas las formas de energía que se renuevan de forma continua. Algunas de éstas son: el sol, el viento, el agua, la biomasa y el calor

<sup>8</sup> La presión sobre el recurso hídrico resulta de dividir la extracción entre la disponibilidad de agua.

proveniente del núcleo de la Tierra.<sup>9</sup> En la figura 3.1, se muestra el esquema para la generación de electricidad por tipo de tecnología.

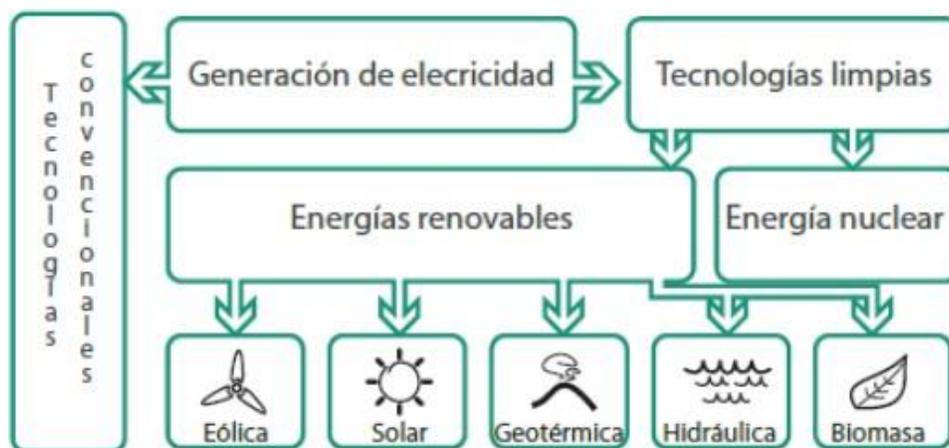


Figura 3.1. Generación de electricidad por tipo de tecnología.

Fuente: PROMEXICO (2014).

En 2012 la capacidad total instalada para la generación de energía eléctrica con Energía Renovable (ER) alcanzó un total de 1,470.7 GW, de los cuales el 67.3% fue aportado por centrales de energía hidráulica y el 19.2% por parques eólicos,<sup>10</sup> que se muestran en la tabla 3.5. Respecto al crecimiento en el periodo 2011-2012, las ER's que tuvieron un sustancial crecimiento son la energía eólica con un 18.9%, la energía solar fotovoltaica con un crecimiento del 40.8% y la energía solar de alta concentración con un 56.3%

<sup>9</sup> PROMEXICO (México), Energías Renovables Unidad de Inteligencia de Negocios [en línea]: Recursos en línea de PROMEXICO, [México, D.F.], <[http://mim.promexico.gob.mx/work/sites/mim/resources/LocalContent/42/2/130726\\_DS\\_Energias\\_Renovables\\_ES.pdf](http://mim.promexico.gob.mx/work/sites/mim/resources/LocalContent/42/2/130726_DS_Energias_Renovables_ES.pdf)> [Consulta: 1 marzo, 2014].

<sup>10</sup> Ibid.

**Tabla 3.5.** Capacidad instalada para la generación de electricidad 2012

ENERGÍA	CAPACIDAD INSTALADA (GW)	CRECIMIENTO 2011-2012
Hidráulica	990.0	3.1%
Eólica	283.0	18.9%
Biomasa	83.0	12.2%
Solar fotovoltaica	100.0	40.8%
Geotérmica	11.7	2.6%
Solar de alta concentración	2.5	56.3%
Mareomotriz	0.5	0.0%
<b>Total</b>	<b>1470.7</b>	<b>8.4%</b>

Fuente: PROMEXICO (2014).

A continuación en la tabla 3.6, se muestra la capacidad instalada estimada de los tipos de ER en el periodo 2011 al 2035.

**Tabla 3.6.** Capacidad instalada para la generación de electricidad 2011-2035 (GW)

ENERGÍA	2011	2012	2015	2020	2025	2030	2035
HIDRÁULICA	970	990	1,119	1,271	1,410	1,520	1,602
EÓLICA	238	283	358	535	703	862	1,035
SOLAR FOTOVOLTÁICA	70	100	57	110	197	294	406
BIOMASA	72	83	75	98	134	184	244
SOLAR DE ALTA CONCENTRACIÓN	2	3	10	17	30	52	91
GEOTÉRMICA	11	12	16	21	27	34	42
MAREOMOTRIZ	0	1	0	1	2	6	17
TOTAL GLOBAL ER	1,363	1,471	1,635	2,053	2,503	2,952	3,437
TOTAL GLOBAL DE CAPACIDAD INSTALADA PARA LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD	5,360	5,640	5,952	6,581	7,186	7,867	8,613

Fuente: PROMEXICO (2014)

Referente a los costos estimados de tecnología para el periodo 201-2020, la energía geotérmica tuvo un costo promedio de \$52 dls/MWH, que es el costo más

bajo y la energía fotovoltaica con el costo más alto aproximadamente de \$406 dls., ver tabla 3.7.

Los costos de las tecnologías de las ER's se estima que disminuyan por las economías de escala y la promoción de los gobiernos para el desarrollo sustentable entre otros factores, la energía solar es la que presenta un menor costo estimado para el periodo 2021-2035 (46 dls/MWH) con respecto a las demás ER's.<sup>11</sup>

La energía solar es la que reporta el mayor índice de aprendizaje, alrededor de un 17% y el índice de aprendizaje más bajo es el de biomasa con un 5%.<sup>12</sup> Los índices de aprendizaje se muestran en la tabla 3.7.

**Tabla 3.7.** Costo de tecnología para la generación de electricidad con fuentes renovables

TIPO DE ENERGÍA	COSTO 2010-2020 (US\$2009 POR MWH)			COSTO 2021-2035 (US\$2009 POR MWH)			ÍNDICE DE APRENDIZAJE
	MIN.	MAX.	PROM.	MIN.	MAX.	PROM.	
	Biomasa	119	148	131	112	142	
Eólica terrestre	63	126	85	57	88	65	7%
Eólica marina	78	141	101	59	94	74	9%
Geotérmica	31	83	52	31	85	46	5%
Solar FV- gran escala	195	527	280	99	271	157	17%
Solar FV- edificios	273	681	406	132	356	217	17%
Plantas solares de concentración	153	320	207	107	225	156	10%

Fuente: PROMEXICO (2014).

El movimiento internacional para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero e incrementar el uso de ER ha resultado en una amplia gama de políticas públicas y acuerdos para el logro de ese objetivo.<sup>13</sup> Al menos 127 países

<sup>11</sup> Ibid.

<sup>12</sup> Un ritmo de aprendizaje del 5% implica que el costo de inversión esperado de una tecnología caiga 5% por cada duplicación de la capacidad instalada acumulada.

<sup>13</sup> Op. cit. Energías Renovables Unidad de Inteligencia de Negocios.

implementaron algún tipo de política pública para promover la generación de ER en 2012, de los cuales dos tercios fueron países emergentes y en desarrollo como se observa en la tabla 3.8.

**Tabla 3.8.** Políticas públicas para impulsar las ER 2012

POLÍTICAS PÚBLICAS		# DE PAÍSES
POLÍTICAS REGULATORIAS	<i>Feed-in tariff</i> (precio fijo garantizado que recibe el propietario por la generación de electricidad)	68
	Portafolio Estándar de ER	22
	Medición neta	31
	Mínimos % de uso de biocombustibles	51
	Mínimos % de generación de calor con ER	18
	Certificados comerciables de ER	21
INCENTIVOS FISCALES	Subvención de capital o bonificación	57
	Subvenciones fiscales a la inversión/ producción	37
	Reducciones en tarifas fiscales (ventas, energía reducción de emisiones CO <sub>2</sub> , IVA)	84
	Pagos por la producción de energía	19
FINANCIAMIENTO PÚBLICO	Inversiones Públicas, Préstamos o Donaciones	65
	Licitación Pública	44

Fuente: PROMEXICO (2014).

En 2012, los países con mayor capacidad instalada de ER fueron China, con un 22%, seguido de Estados Unidos con el 11% y Brasil con 7%. Los BRIC's<sup>14</sup> reportan una capacidad instalada de 530 GW, la cual se muestra en la tabla 3.9.

<sup>14</sup> En economía internacional, se emplea la sigla BRICS para referirse conjuntamente a Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica, este último país se unió al grupo en 2011..

**Tabla 3.9.** Países con mayor capacidad instalada en ER 2012

PAÍS	CAPACIDAD INSTALADA GW(*)	GENERACIÓN TWH**
China	319	797
Estados Unidos	164	520
Alemania	76	127
España	48	87
Italia	47	86
India	67	162
Brasil	100	459
BRIC'S	530	1,588
Unión Europea-27	330	696
<b>Total</b>	<b>1,470</b>	<b>2,405</b>

(\*)Incluye energía hidráulica

(\*\*)Datos a 2011

Fuente: PROMEXICO (2014)

### 3.2 Entorno Nacional de las Energías Renovables

México dispone de un potencial renovable indiscutible, con un amplio portafolio de recursos (eólico, solar, geotérmico, biomasa e hídrico) además de la cogeneración eficiente.<sup>15</sup>

La figura 3.2, muestra algunas de las principales zonas con mayor potencial renovable por tipo de recurso, sin embargo cada una de las Entidades Federativas (Estados) del país, cuentan con una alta diversificación de recurso renovable.<sup>16</sup>

<sup>15</sup> Op, cit. Plan integral para el desarrollo de las energías renovables en México 2013-2018.

<sup>16</sup> Ibid.



Figura 3.2. Ubicación geográfica de las zonas con mayor potencial renovable

Fuente: WWF (2014).

Mediante la elaboración de la propuesta “Plan integral para el desarrollo de las energías renovables 2013-2018”, PwC en colaboración con Climate Works Foundation, Iniciativa Mexicana para las Energías Renovables (IMERE) y el World Wildlife Fund (WWF), pretende realizar su aportación a la integración definitiva de las energías renovables dentro de la matriz energética mexicana y, en concreto, dentro del sistema eléctrico nacional (SEN).<sup>17</sup> Estas organizaciones han estimado tres escenarios para el desarrollo de las ER’s al año 2018:

- **Escenario tendencial:** escenario estimado de acuerdo al estado actual del sector y los planes vigentes.

<sup>17</sup> Op cit. Plan integral para el desarrollo de las energías renovables en México 2013-2018.

- **Escenario competitivo:** contempla el objetivo de facilitar el cumplimiento del objetivo a 2024, establecido en la “Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y financiamiento de la Transición Energética” (LAERFTE).<sup>18</sup>
- **Escenario con apoyo:** considerando lo establecido en la Ley del Cambio Climático sobre la necesidad de apoyo internacional para el cumplimiento de los objetivos de sustentabilidad.

Estas organizaciones han estimado que en un Escenario competitivo, en el que se instalasen al menos 18,000 MW renovables y de cogeneración eficiente a 2018 en México, generaría nuevas inversiones del sector privado y desarrollo social de las distintas regiones con recurso competitivo. El escenario señalado generaría un incremento del PIB de aproximadamente de 230,000 MDP, equivalente a alrededor del 2.0% del PIB del año 2011.<sup>19</sup> En la figura 3.3, se muestran los escenarios de aprovechamiento de las ER´s al año 2018.

Referente al escenario tendencial se generaría un incremento del PIB de 98,000 MDP (1%) del PIB del año 2,011, una generación de empleos de alrededor de 84,000 empleos y se mitigarían 7 MTCO<sub>2</sub>

En el escenario competitivo se generaría un incremento del PIB de 233,000 MDP (2.0%) del PIB del año 2011, generaría a su vez 147,000 empleos y se mitigarían 21 MtCO<sub>2</sub> (adicionales al escenario actual).

Para el escenario con apoyo, por parte de los países desarrollados, el PIB se incrementaría un 3.5% al año 2018 coadyuvando a la generación de 246,000 empleos y una mitigación de CO<sub>2</sub> de 30 MtCO<sub>2</sub>.

---

<sup>18</sup> Cámara de Diputados (México), Ley General del Cambio Climático [en línea]: Recursos en Línea de la Cámara de Diputados, [México, D.F.]< <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC.pdf>> [Consulta: 9 marzo, 2014].

<sup>19</sup> Op. cit. Plan integral para el desarrollo de las energías renovables en México 2013-2018.

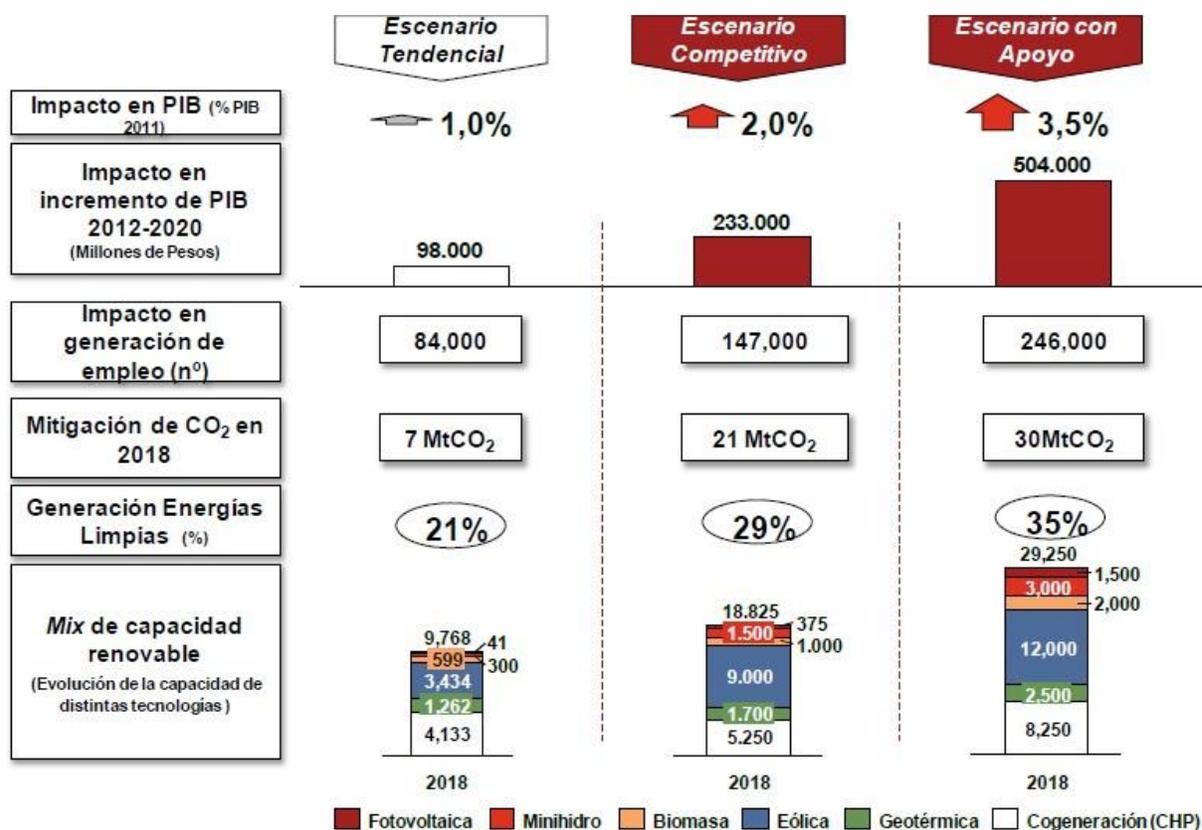


Figura 3.3. Escenario de aprovechamiento de las ER´s a 2018

Fuente: WWF (2014).

El potencial de recursos renovables en México al año 2030 se muestra en la tabla 3.10, y la biomasa (bioenergía) es la que presenta el mayor potencial (83,500-119,498 MW) y la energía solar con un potencial de 24,300 MW.

**Tabla 3.10.** Potencial de recursos renovables al año 2030

TIPO DE ENERGÍA	POTENCIAL (MW)
Eólica	40,268
Geotérmica	40,000
Hidráulica	53,000
Solar	24,300
Biomasa	83,500-119,498

Fuente: PROMEXICO (2014).

Los montos de inversión y costos de generación para los diferentes tipos de ER's, se muestran en la tabla 3.11, se observa que el tipo de ER que requiere una menor inversión es la geotérmica y biomasa, y la de mayor inversión es la maremotriz con una inversión de 5,580 dlls en promedio.

**Tabla 3.11.** Inversión y costos de generación de energía eléctrica

Tipo de energía	Inversión (dlls/KW)	Costo de generación (dlls/KW h)
Fotovoltaica	3,500 – 7000	0.25- 0.5
Fototérmica	2,000 – 4,000	0.10 -0.25
Eólica	1,400	0.1150
Biomasa	1800	0.05 – 0.12
Geotérmica	1,400	0.0398
Oceánica (maremotriz)	5,290 – 5,870	0.21 – 0.28

Fuente: Adaptada de SENER (2014).

### 3.3 Localización Geográfica y Población de México

Los Estados Unidos Mexicanos o México se encuentra ubicado en la parte norte y centro del continente americano, colindando al norte con los Estados Unidos de América y al sur con los países centroamericanos de Belice y Guatemala; al oriente con el Golfo de México y el mar Caribe y al occidente con el Océano Pacífico. Sus coordenadas de localización geográfica<sup>20</sup> son las siguientes:

- Norte: 32°43'06" latitud norte (Marcado en el monumento 206, en la frontera con los Estados Unidos de América).
- Sur: 14°32'27" latitud norte (Desembocadura del río Suchiate, frontera con Guatemala).
- Este: 86°42'36" longitud oeste (Isla Mujeres en el Caribe Mexicano).
- Oeste: 118°22'00" longitud oeste (Isla de Guadalupe en el Océano Pacífico).

<sup>20</sup> Op.cit. Atlas del agua en México 2012.

La ubicación geográfica de México se muestra en la figura 3.4, respecto a sus litorales (línea costera) con el Golfo de México y el Mar del Caribe es de 3,924 km y 7,828 km con el Océano Pacífico sumando un total de 11,752 km en litorales.<sup>21</sup>

México está conformado por 31 estados y un Distrito Federal, constituidos por 2,440 municipios y 16 delegaciones respectivamente.<sup>22</sup> El Censo de Población y Vivienda 2010 arrojó una población total de 112'336,538 habitantes<sup>23</sup>. La población de las 31 Entidades Federativas (Estados) y el Distrito Federal, contabilizada en el Censo de Población 2010 se muestra en la tabla 3.12, también se lista la superficie continental, la densidad de población y los Municipios y/o Delegaciones para cada una de las Entidades Federativas.

---

<sup>21</sup> Ibid.

<sup>22</sup> Ibid.

<sup>23</sup> Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (México), Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos 2012, [en línea]: Recursos en línea de Instituto Nacional de Estadística y Geografía. [Aguascalientes, Ags.], <<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/productos/default.aspx?c=265&s=inegi&upc=702825046385&pf=Prod&ef=&f=2&cl=0&tg=8&pg=0&ct=106010000>> [Consulta: 7 enero, 2014].

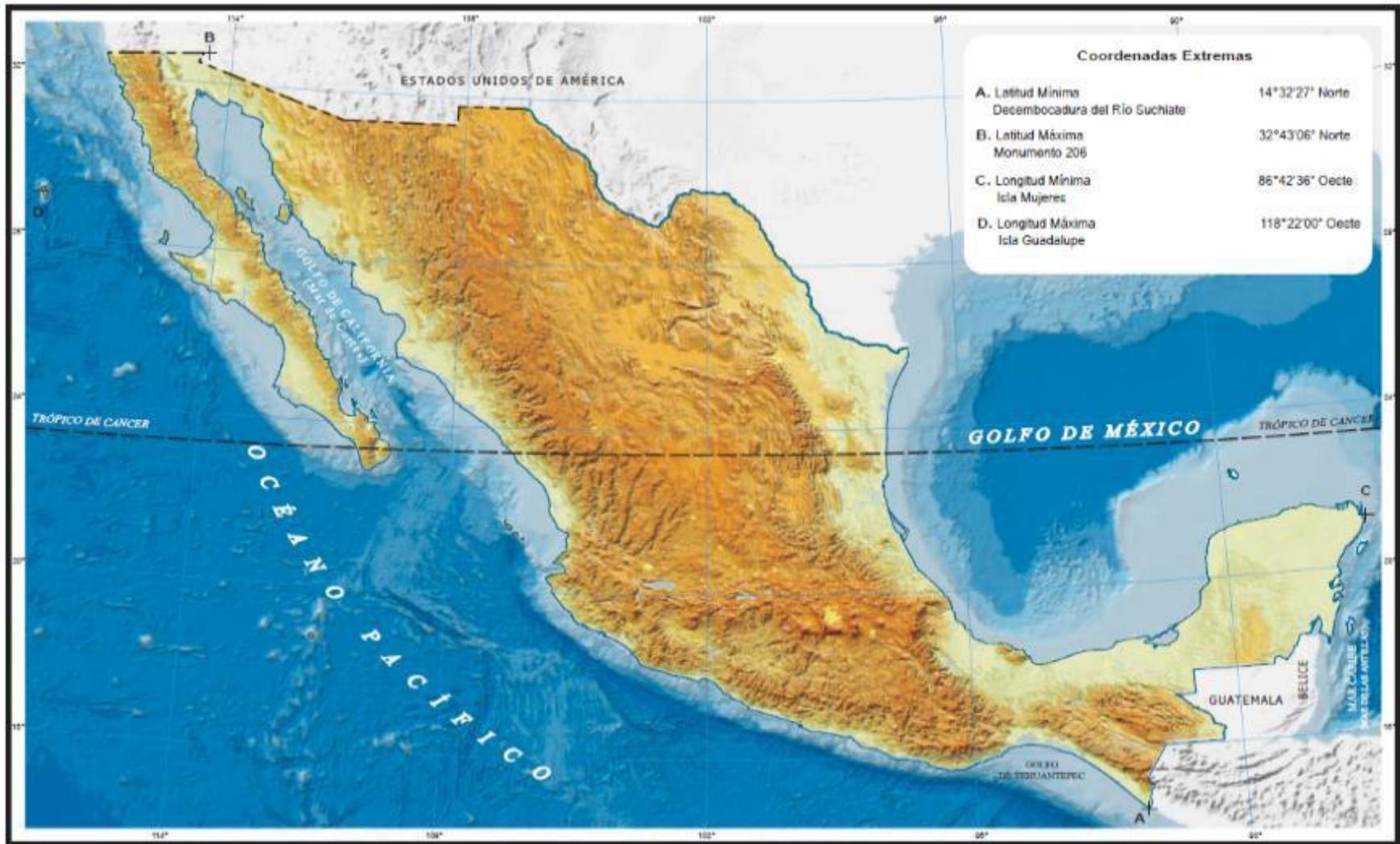


Figura 3.4. Ubicación Geográfica de México  
 Fuente: INEGI (2014).

Así mismo la población total está constituida por cincuenta y cuatro millones 855 mil 231 hombres y cincuenta y siete millones 481 mil 307 mujeres,<sup>24</sup> ésta se encuentra tipificada en población urbana y rural, que representa el 77.8 % y el 22.2 % del total de la población respectivamente.

**Tabla 3.12.** Población por Entidad Federativa

	Entidad Federativa	Población a 2010 (habitantes)	Superficie continental (km <sup>2</sup> )	Densidad de población 2010 (hab/km <sup>2</sup> )	Municipios y / o Delegaciones
1	Aguascalientes	1,184,996	5,616	211	11
2	Baja California	3,155,070	71,450	44	5
3	Baja California Sur	637,026	73,909	9	5
4	Campeche	822,441	57,507	14	11
5	Coahuila de Zaragoza	2,748,391	151,595	18	38
6	Colima	650,555	5,627	116	10
7	Chiapas	4,796,580	73,311	65	118
8	Chihuahua	3,406,465	247,460	14	67
9	Distrito Federal	8,851,080	1,495	5,920	16
10	Durango	1,632,934	123,317	13	39
11	Guanajuato	5,486,372	30,607	179	46
12	Guerrero	3,388,768	63,596	53	81
13	Hidalgo	2,665,018	20,813	128	84
14	Jalisco	7,350,682	78,588	94	125
15	México	15,175,862	22,351	679	125
16	Michoacán de Ocampo	4,351,037	58,599	74	113
17	Morelos	1,777,227	4,879	364	33
18	Nayarit	1,084,979	27,857	39	20
19	Nuevo León	4,653,458	64,156	73	51
20	Oaxaca	3,801,962	93,757	41	570
21	Puebla	5,779,829	34,306	168	217
22	Querétaro Arteaga	1,827,937	11,699	156	18
23	Quintana Roo	1,325,578	44,705	30	9
24	San Luis Potosí	2,585,518	61,137	42	58
25	Sinaloa	2,767,761	57,365	48	18
26	Sonora	2,662,480	179,355	15	72
27	Tabasco	2,238,603	24,731	91	17
28	Tamaulipas	3,268,554	80,249	41	43
29	Tlaxcala	1,169,936	3,997	293	60
30	Veracruz de Ignacio de la Llave	7,643,194	71,826	106	212
31	Yucatán	1,955,577	39,524	49	106
32	Zacatecas	1,490,668	75,284	20	58
	Total	112,336,538	1,960,668	57	2,456

Fuente: CONAGUA (2014).

<sup>24</sup> Op.cit. Atlas del agua en México 2012.

El número de habitantes que tiene una población determina si ésta es rural o urbana.<sup>25</sup> A continuación se lista en la tabla 3.13, la población total, la población urbana y la población rural en México, así como sus porcentajes respectivos con respecto a la población total en el periodo 1950-2010.

**Tabla 3.13.** Población Urbana y Rural en México (1950-2010)

Año	Población Total	Población		Porcentaje	
		Urbana	Rural	Urbana	Rural
1950	25,791,017	10,986,973	14,804,044	42.6%	57.4%
1960	34,923,129	17,706,026	17,217,103	50.7%	49.3%
1970	48,225,238	28,308,215	19,917,023	58.7%	41.3%
1980	66,846,833	44,319,450	22,527,383	66.3%	33.7%
1990	81,249,645	57,930,997	23,318,648	71.3%	28.7%
2000	97,843,412	72,991,185	24,852,227	74.6%	25.4%
2010	112,336,538	87,397,827	24,938,711	77.8%	22.2%

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2014).

### 3.4 Energías Renovables

#### 3.4.1 Conceptos de Energías Renovables

Actualmente las necesidades energéticas del mundo se satisfacen básicamente mediante la explotación de los combustibles fósiles, los cuales producen contaminación alterando el entorno y la calidad de vida de la población.

Las Energías Renovables (ER's) son fuentes de energía, caracterizadas por reponerse a un ritmo igual o superior al que son consumidas.<sup>26</sup> Algunos autores renombrados han dado definiciones para el término de Energía Renovable (ER): para Twidell y Weir es "energía que se obtiene a partir de corrientes de energía continuas y recurrentes en el mundo natural", mientras que para Sorensen es todo "flujo energético que se restablece al mismo ritmo que se utiliza" o, también, "el uso de cualquier depósito de energía que se rellena a velocidad comparable a la que es

<sup>25</sup> De acuerdo con el INEGI, una población se considera rural cuando tiene menos de 2,500 habitantes, mientras que la urbana se refiere a poblaciones con 2,500 habitantes o más.

<sup>26</sup> Op. cit. Energías renovables, p.4

extraída”.<sup>27</sup> Las fuentes donde se originan las ER’s son el sol, la gravedad, la rotación de la tierra y el calor interno de la tierra, la figura 3.5, muestra dos esquemas que permiten comparar el suministro de energía a partir de fuentes renovables y el que se obtiene a partir de yacimientos finitos, no renovables.

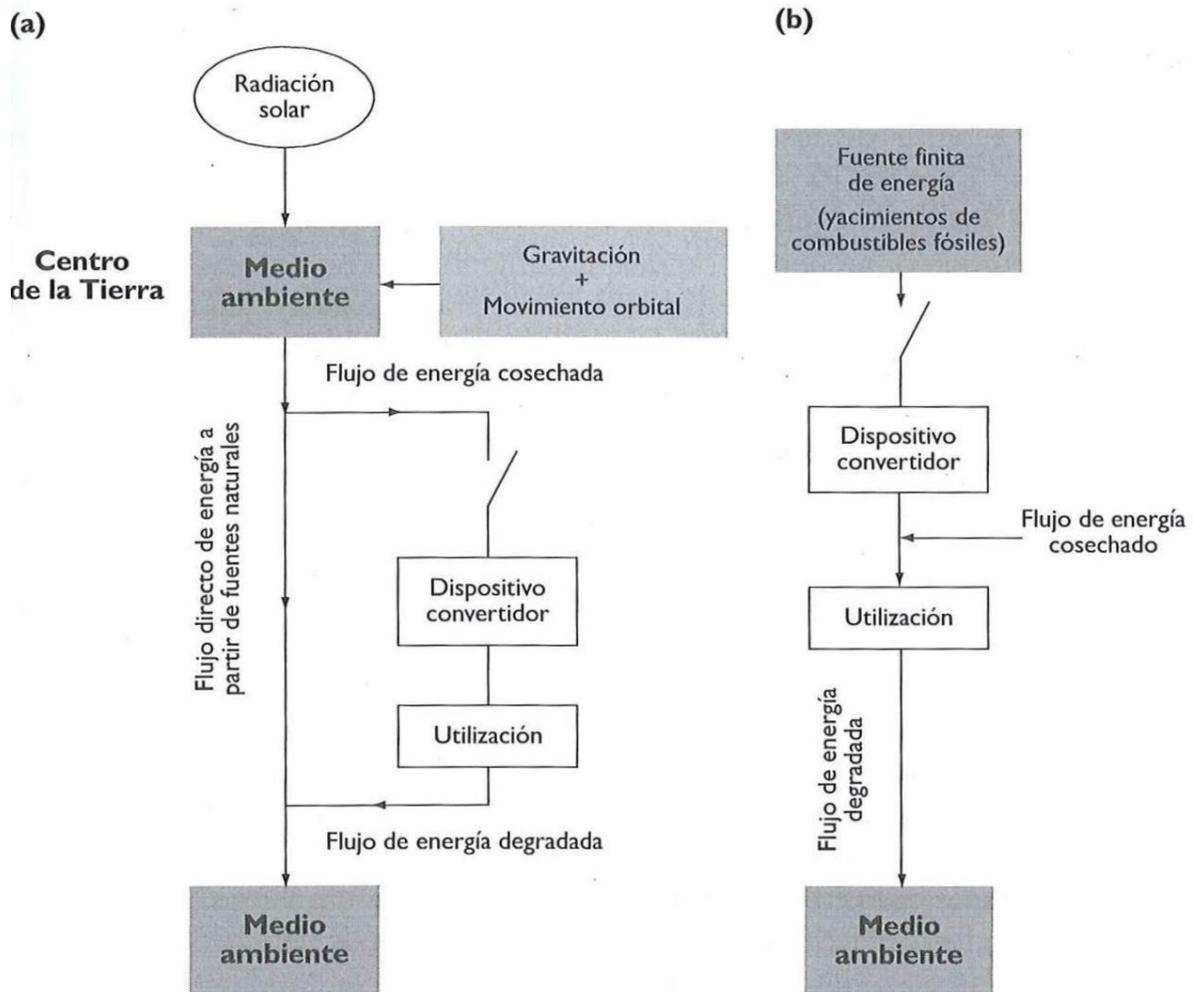


Figura 3.5. Comparación entre el aprovechamiento de energías renovables (a) y el de energías finitas o no renovables (b).

Fuente: González (2012).

El estudio de las ER’s no solamente está relacionado con las ciencias exactas (por ejemplo la matemática, la física y la química), sino también en áreas tales como las Ciencias del Medioambiente, las Ciencias de la Tierra, las Ciencias Sociales, la

<sup>27</sup> Idem, p. 46.

Economía y la Arquitectura entre otras. Tal que se pudiera considerar a las ER's como un sistema, en el cual las otras ciencias relacionadas con las ER's, forman subsistemas y la interrelación entre cada uno de ellas constituya el Sistema de ER's.

Una fuente de "energía primaria es toda forma de energía disponible en la naturaleza antes de ser convertida o transformada. Consiste en la energía contenida en los combustibles crudos, la energía solar, la eólica, la geotérmica y otras formas de energía que constituyen una entrada al sistema".<sup>28</sup> Si no es utilizable directamente, debe ser transformada en una fuente de energía secundaria (electricidad, calor, etc.).

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) o ECLAC por sus siglas en inglés, define a la "energía primaria como los recursos naturales disponibles en forma directa o indirecta que no sufren ninguna modificación química o física para su uso energético". Las principales fuentes normalmente consideradas por los balances energéticos de los países de América Latina y el Caribe son: petróleo, gas natural, carbón mineral, hidroelectricidad, leña y otros subproductos de la leña, biogás; geotérmica, eólica, nuclear, solar y otras primarias como el bagazo y los residuos agropecuarios o urbanos",<sup>29</sup> también define a la energía secundaria como "el conjunto de productos energéticos que han sufrido un proceso de transformación química o física, que los hace más aptos para su utilización final".<sup>30</sup> Por lo general se consideran como productos secundarios: *fuel oil*, *gas oil*, gasolinas, gas licuado de petróleo (GLP), gasolinas (de diferentes octanajes, con o sin plomo), kerosen, gasolina y kerosene de aviación, naftas, gas de refinería, electricidad, carbón vegetal, gases, coke, y gas de alto horno. La suma de estas energías nos da la oferta total que es la cantidad de energía disponible para satisfacer las necesidades energéticas de un país, tanto en los procesos de transformación como en el consumo final.

---

<sup>28</sup> Academia Testo, Energía primaria [en línea]: Recursos en línea de Academia Testo, [Argentina] < <http://www.academiatesto.com.ar/cms/?q=energia-y-combustion> > [Consulta: 20 enero, 2014].

<sup>29</sup> Economic Commission for Latin American and the Caribbean (Chile), Sostenibilidad energética en América Latina y el Caribe: el aporte de las fuentes renovables [en línea]: Recursos en línea de Economic Commission for Latin American and the Caribbean, [Santiago, Chile] < <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/9/13319/Lcl.1966e.pdf> > [Consulta 20 enero, 2014].

<sup>30</sup> Ibid.

$$\text{OFERTA TOTAL} = \text{Producción} + \text{importación} - \text{exportación} \pm \text{variación de inventarios} - \text{energía no aprovechada} \quad (3.1)$$

En la tabla 3.14, se muestra un ejemplo de posibilidades de obtener otras energías limpias a partir de energía primaria de origen renovable.

**Tabla 3.14.** Formas de energía obtenidas a partir de primaria de origen renovable

Forma de la energía obtenida	Procedimiento de transformación	Energía primaria
Electricidad	Fotovoltaico Termosolar (solar térmica de alta temperatura)	Luz solar
	Eólico	Viento
	Gasificación/Pirólisis	Biomasa
	Metanización	Residuos orgánicos
	Geotérmico	Calor de la Tierra
	Oleaje/corrientes marinas	Mares
Combustibles alternativos a los fósiles	Producción de biodiesel y bioetanol	Residuos orgánicos
Climatización	Solar térmica de baja temperatura	Luz solar

Fuente: Perales (2012).

En la figura 3.6, se muestra un esquema de las fuentes de donde derivan los flujos de energía, los tipos de ER's generadas y sus aplicaciones.

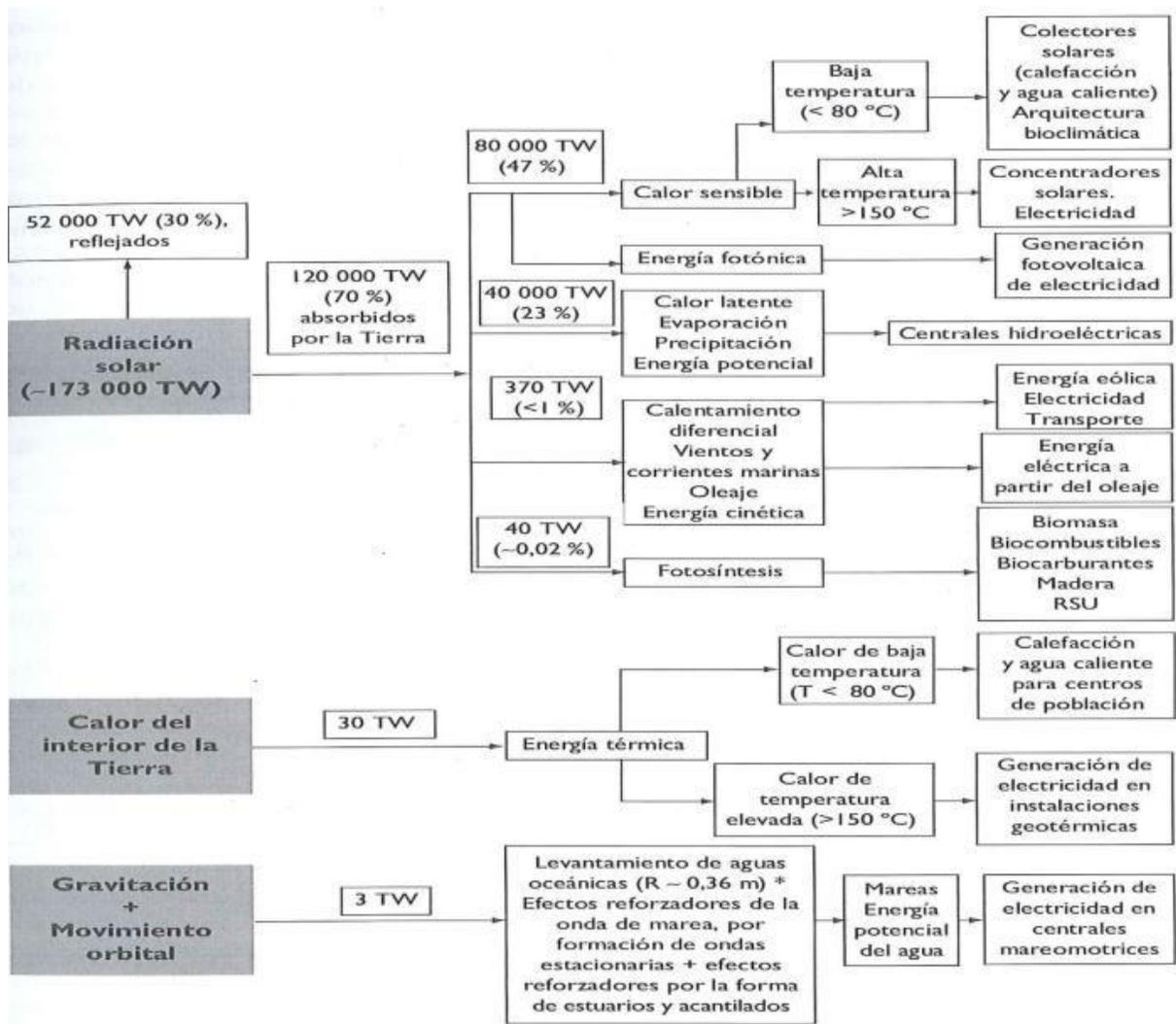


Figura 3.6. Flujos naturales de energía y energías renovables obtenibles de los mismos.

Fuente: González (2012).

### 3.4.2 Tecnologías para la Generación de Electricidad a partir de Energía Renovable

Los tipos de ER´s más empleados son los siguientes:

- Energía hidráulica
- Energía de la biomasa
- Energía solar (Energía fotovoltaica y energía térmica)
- Energía eólica
- Energía oceánica
- Energía geotérmica

#### 3.4.2.1 Energía Hidráulica

La energía hidroeléctrica es una fuente renovable, cuyo origen es la radiación del sol que llega a la tierra, generada por medio del “ciclo hidrológico”.<sup>31</sup> La energía hidráulica o energía hidroeléctrica “es la electricidad generada mediante turbinas accionadas por agua cuyo movimiento se debe a la fuerza de la gravedad”.<sup>32</sup>

Esta Energía es renovable gracias al ciclo hidrológico natural o ciclo del agua<sup>33</sup> que se rige por el sol, desde el calentamiento del agua de océanos, mares y ríos con su consiguiente evaporación,<sup>34</sup> hasta las precipitaciones,<sup>35</sup> escorrentías<sup>36</sup> y aguas subterráneas que devuelven el agua a estas masas de agua,<sup>37</sup> figura 3.7. Hay tres “circuitos” principales en el ciclo del agua:<sup>38</sup>

---

<sup>31</sup> Sergio Romero, Omar Romero, *et al*, *Energías Renovables: Impulso político y tecnológico para un México sustentable*. México, USAID e ITAM, 2011, pp. 102-103.

<sup>32</sup> Blanca Elena Jiménez, *La Contaminación Ambiental en México*, México, Editorial Limusa, S.A. de C.V., 2002, p. 723.

<sup>33</sup> Ciclo hidrológico o ciclo del agua: en esencia, consiste en que el agua pasa a la atmósfera por evaporación o transpiración y vuelve al suelo por condensación y transpiración.

<sup>34</sup> Evaporación es la conversión del agua líquida de los lagos, corrientes y otros cuerpos de agua en vapor.

<sup>35</sup> La precipitación es el principal mecanismo por el que se libera agua de la atmósfera, se presenta en forma de lluvia, nieve, aguanieve y granizo.

<sup>36</sup> Escorrentía: es la lámina de agua que circula sobre la superficie en una cuenca de drenaje, es decir la altura en milímetros del agua de lluvia escurrida y extendida.

<sup>37</sup> Ecovive (España), *Energía Hidráulica: Recursos en Línea de Ecovive*, [España] < <http://www.ecovive.com/energia-hidraulica> > [Consulta: 25 de enero de 2014].

<sup>38</sup> Bernard J. Nebel, Richard T. Wright, *Ciencias ambientales: Ecología y desarrollo sostenible*, México, Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., 6ª edición, 1999, p. 270.

1. El circuito del escurrimiento superficial, en el que el agua de lluvia se desplaza por el suelo y se convierte parte del sistema de aguas superficiales.
2. El circuito de evapotranspiración, en el que el agua se infiltra, se retiene como agua capilar y regresa a la atmósfera por evaporación y transpiración vegetal.
3. El circuito de aguas freáticas, en el que el agua se infiltra, circula por conductos acuíferos y sale por manantiales, fuentes o pozos, donde se une al agua superficial.



Figura 3.7. Ciclo del Agua.

Fuente: Wikipedia (2014).

La energía hidráulica es un energético con un impacto menor ambiental dentro de los energéticos renovables que aporta una quinta parte de la energía eléctrica producida en el mundo, con características multipropósito que le permite integrarse a otras actividades como: el regadío, el agua potable, el turismo, la pesca, la navegabilidad, la reducción de inundaciones, entre otros.<sup>39</sup> El proceso de generación

<sup>39</sup> Ramiro Ortiz, *Hidráulica: Generación de energía*, Bogotá Colombia, Ediciones de la U, 2011, p. 15.

de energía hidroeléctrica es gravitacional y por consiguiente la energía potencial procedente del salto de la corriente del río o de la represa, se convierte en energía cinética, posteriormente en mecánica y consecuentemente en eléctrica.<sup>40</sup>

La generación de energía hidroeléctrica depende del régimen de lluvias, por lo que es necesario la construcción de una reserva (presa o represa) que le permita disponer de energía para satisfacer la demanda, cuando se presenten bajos caudales.<sup>41</sup>

### **1) Clasificación de las Centrales Hidroeléctricas considerando la Afluencia del Caudal**

De acuerdo al régimen de flujo y el tipo de embalse las Centrales Hidroeléctricas pueden clasificarse en: Centrales de Agua Fluyente o Pasada, Centrales de Embalse o Reserva y Centrales Reversibles o de Bombeo.<sup>42</sup>

- a) **Centrales de Agua Fluyente o Pasada:** estas centrales requieren de poco o nulo almacenamiento de agua (no requieren represas o reservorios),<sup>43</sup> en la figura 3.8, se muestra una Central de Agua Fluyente:

---

<sup>40</sup> Ibid.

<sup>41</sup> Idem, p. 16.

<sup>42</sup> Ecovive, Centrales según la afluencia del caudal [en línea]: Recurso en Línea de Ecovive, <<http://www.ecovive.com/centrales-segun-la-afluencia-del-caudal>> [Consulta: 26 enero, 2014].

<sup>43</sup> Odón de Buen, Guía para el desarrollo de proyectos de generación de electricidad con energía renovable en y para los municipios, México, USAID, 2010, p.25.



Figura 3.8. Central de Agua fluente

Fuente: Ecovive (2014).

El proceso se inicia en un azud o presa de derivación, desviándose el flujo de agua por un canal hasta la cámara de carga, después pasa a una tubería de presión hasta la turbina y posteriormente a un generador eléctrico, y finalmente el agua turbinada es devuelta al río a través de un canal de desagüe.

- b) **Centrales con Embalse:** las centrales con embalses almacenan suficiente agua, que les permite compensar las fluctuaciones temporales del flujo de agua y suministrar el mismo valor de energía a lo largo del año,<sup>44</sup> en la figura 3.9, se muestra una Central con Embalse:

---

<sup>44</sup> Ibid.

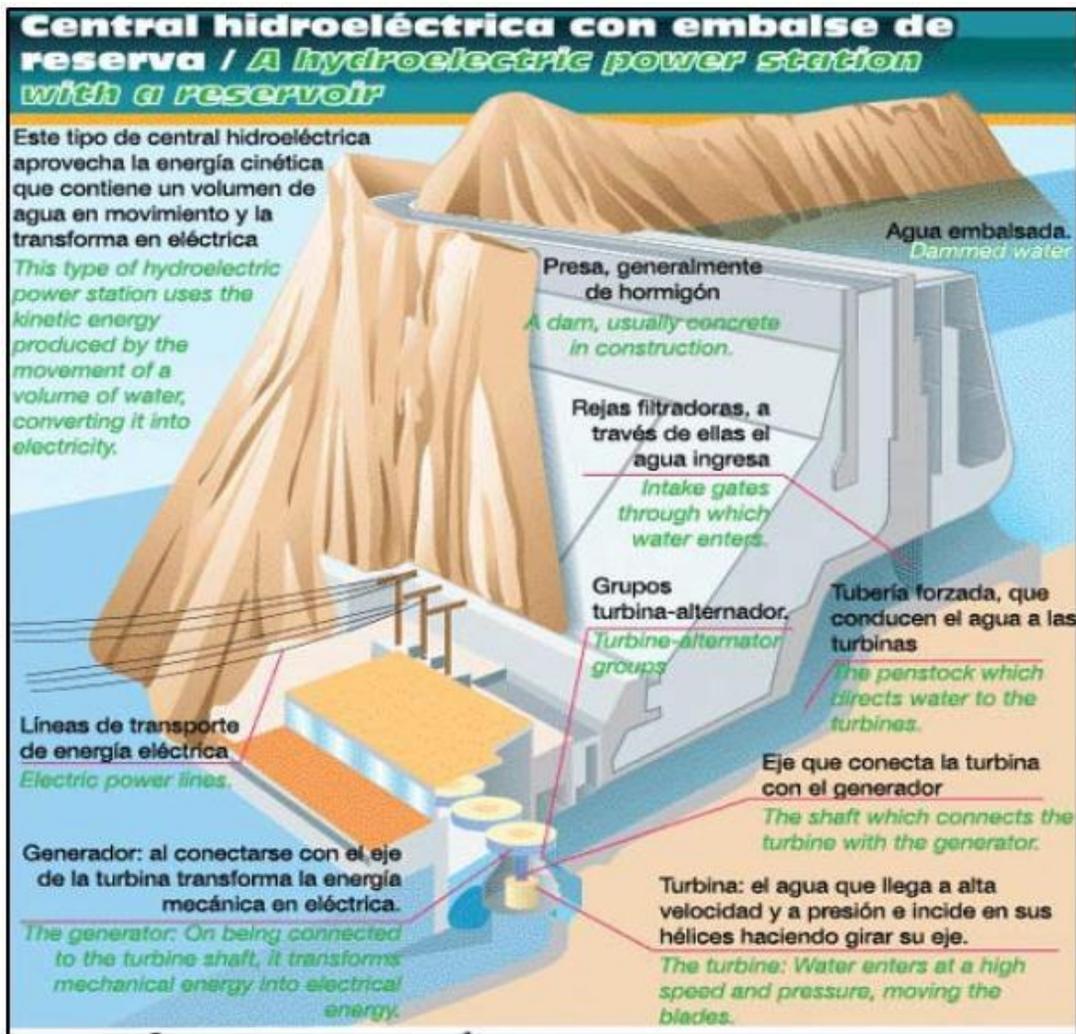


Figura 3.9. Central con Embalse

Fuente: Ecovive (2014).

Son centrales con grandes caídas de agua y poco caudal, y su producción de electricidad se puede ajustar a la demanda. En esta clasificación se cuenta dos variantes adicionales: Centrales de Derivación y Centrales a Pie de Presa:

- **Centrales de Derivación:** aprovechan la corriente por derivación del agua con tuberías. Las aguas del río son desviadas mediante una pequeña presa y son conducidas a través de un canal o tubería de presión a poca velocidad, hasta llegar a un pequeño depósito llamado cámara de carga o de presión, figura 3.10.

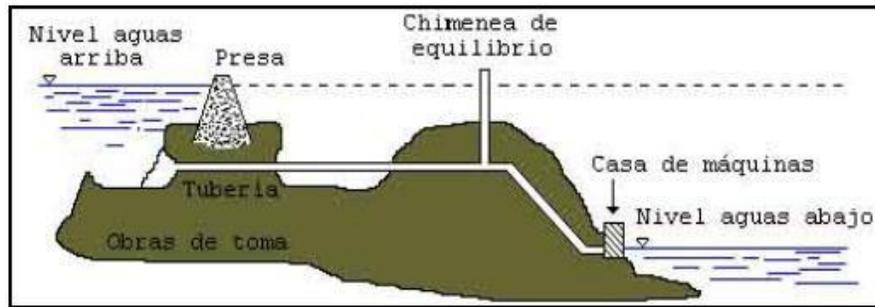


Figura 3.10. Central de Derivación

Fuente: Ecovive (2014).

- **Centrales a Pie de Presa:** Aprovechamiento por acumulación de agua y con la casa de máquinas a pie de presa. La toma de agua se realiza en un punto situado a media altura de la presa, lo que permite aprovechar el peso del agua situada por encima, pero además posibilita el disponer de agua incluso en épocas en las que su nivel se encuentra muy bajo, figura 3.11.

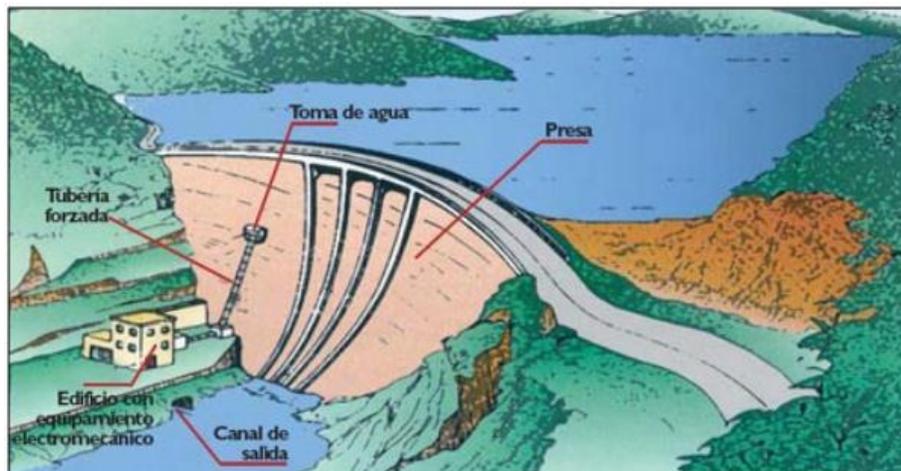


Figura 3.11. Componentes de una Central a Pie de Presa

Fuente: Ecovive (2014).

### c) Centrales Reversibles o de Bombeo

Aprovechamiento por acumulación del agua. Están formadas por dos embalses situados a diferente nivel, uno al pie de la central y el otro a una

altura superior, que puede ser natural o artificial, y es al que se bombea el agua, figura 3.12.

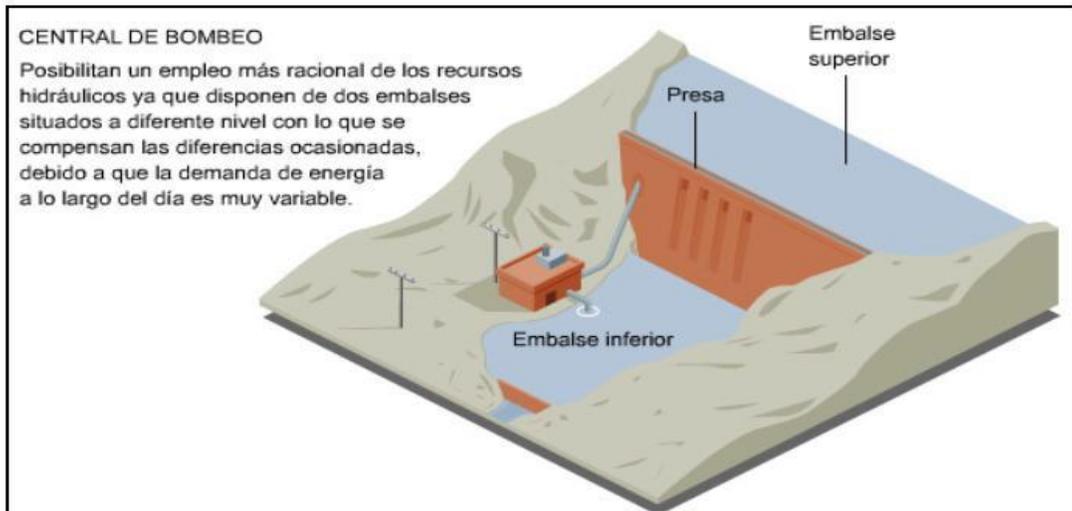


Figura 3.12 Central de bombeo con embalses superior e inferior

Fuente: Ecovive (2014).

El agua llega a través de una galería de conducción a una tubería forzada que la conduce hasta la sala de máquinas de la central eléctrica.

Para la regulación de las presiones del agua entre las conducciones anteriores se construye en ocasiones una chimenea de equilibrio, ver figura 3.13.



Figura 3.13 Central Reversible o de Bombeo

Fuente: Ecovive (2014).

Una central hidroeléctrica de este tipo, además de poder transformar la energía potencial del agua en electricidad, tiene la capacidad de hacerlo a la inversa, es decir, retornar el agua hacia la presa mediante bombas, o mediante la misma turbina funcionando como bomba, en los momentos de menor demanda eléctrica e impulsar posteriormente este agua en los momentos de mayor demanda eléctrica.

En los períodos de poca demanda de energía, se utiliza el excedente de energía en la red, procedente de otras centrales conectadas eléctricamente con la central de bombeo, para bombear agua del embalse inferior al embalse superior, figura 3.14.



Figura 3.14. Central de bombeo mostrando los flujos por el día y por la noche.

Fuente: Ecovive (2014).

Mientras que en las horas de mayor demanda energética, se turbinan el agua desde el embalse superior con gran altura de salto, funcionando entonces la máquina eléctrica reversible como alternador.

#### 3.4.2.2 Pequeñas Centrales Hidroeléctricas

Los pequeños sistemas hidroeléctricos, generalmente usan una planta mini-hidro o micro-hidroeléctrica. Aunque existen varias definiciones para sistemas hidroeléctricos por diferentes instituciones y/o organismos gubernamentales, el World Bank ha

realizado una clasificación de hidroeléctricas de acuerdo a su tamaño,<sup>45</sup> como se muestra en la tabla 3.15.

**Tabla 3.15.** Clasificación de hidroeléctricas de acuerdo a su tamaño

Clasificación	Capacidad
Pico – hidroeléctrica	Menos de 5kW
Micro – hidroeléctrica	5 kW – 100 kW
Mini – Hidroeléctrica	100 kW – 1 MW
Pequeña hidroeléctrica	1 MW – 10 MW
Hidroeléctrica Mediana o Grande	Mayores de 10 MW a 30 MW

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial (2014).

Los sistemas de menos de 1 MW de potencia (mini-, micro- y pico-hidros) son del tipo “curso-del-río” (Centrales de Agua fluyente). Este tipo de plantas generalmente no incluyen una represa, por lo tanto no tienen los problemas ambientales y sociales asociados a sistemas hidroeléctricos más grandes. Los sistemas tipo “curso-del-río” pueden ser instalados donde la caída del agua y las tasas de flujo del agua son lo suficientemente altas.<sup>46</sup>

Para identificar el alcance de suministro de energía eléctrica de una Pequeña Central Hidroeléctrica (PCH) a una comunidad en Latinoamérica, la Organización Latinoamericana de Energía y del Caribe (OLADE)<sup>47</sup> en función de la capacidad instalada y el tipo de usuario ha propuesto la clasificación indicada en la tabla 3.16.

<sup>45</sup> Banco Mundial, Manual Ambiental y Marco de Gestión Ambiental para Proyectos de Electrificación Rural en México, [en línea]: Recursos en Línea del Banco Mundial, [Washington, E.U.A.], < [http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2007/04/04/000310607\\_20070404162358/Rendered/PDF/E16150MX0Manua1ficacion0Rural0Final.pdf](http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2007/04/04/000310607_20070404162358/Rendered/PDF/E16150MX0Manua1ficacion0Rural0Final.pdf) > [Consulta: 26 enero, 2014].

<sup>46</sup> Ibid

<sup>47</sup> Ramiro Ortiz, Pequeñas Centrales Hidroeléctricas: Construcción paso a paso, Bogotá Colombia, Ediciones de la U, 2011, p. 21.

**Tabla 3.16.** Clasificación para pequeños aprovechamientos hidroenergéticos según la capacidad instalada y el tipo de usuario en las ZNI.

Tipo	Potencia (kW)	Usuario
Picocentrales (PicoCHE)	0.5 y 5	Finca o similar
Microcentrales (MicroCHE)	5 y 50	Caserío
Minicentrales (MiniCHE)	50 y 500	Cabecera municipal
Pequeñas Centrales (PCH)	500 y 10 000	Municipio

Fuente: Elaboración propia con datos de Ortiz (2011).

A continuación, en la tabla 3.17, se listan las ventajas y desventajas de utilizar presas y embalses grandes para producir electricidad:<sup>48</sup>

---

<sup>48</sup> G. Tyler Miller, Jr., *Ciencia ambiental- Desarrollo sostenible Un enfoque integral*, México, D.F., CENGAGE Learning, 8ª edición, 2007, p. 227.

**Tabla 3.17.** Soluciones intermedias. Ventajas y desventajas de utilizar presas y embalses grandes para producir electricidad.

Ventajas	Desventajas
Energía neta de moderada a alta	Costos de construcción altos
Alta eficiencia (80%)	Impacto ambiental alto por inundar el terreno para formar un embalse
Gran potencial no aprovechado	Altas emisiones de CO2 de la descomposición de la biomasa en embalses tropicales superficiales
Electricidad a bajo costo	Se inundan las áreas naturales detrás de la presa
Larga duración	Convierte un hábitat de terreno en un hábitat de lago
No hay emisiones de CO2 durante la operación en áreas templadas	Existe el peligro de colapso
Permite controlar inundaciones bajo la presa	Desarraiga a las personas
Proporciona agua para irrigar las cosechas durante todo el año	Reduce la cosecha de peces bajo la presa
El embalse es útil para pescar y para recreación	Disminuye el flujo del fertilizante natural (limo) hacia el terreno bajo la presa

Fuente: Elaboración propia con datos de Miller (2007).

### 3.4.2.3 Estudios para la Construcción de una PCH

A continuación se describen los estudios de prefactibilidad y factibilidad a realizar en la construcción de una PCH.<sup>49</sup>

<sup>49</sup> Ramiro Ortiz, Pequeñas Centrales Hidroeléctricas, Bogotá, D.C., Colombia, Editorial McGrawHill, 2001, pp. 10-12.

**Estudio de la demanda:** el objetivo del estudio es la de mejorar las condiciones de vida de la población de una región, sin servicio de energía eléctrica. Se realiza un censo de la población objetivo y de consumo de energía de otras fuentes (petróleo, pilas y leña entre otros) y se estima el consumo energético de la población y luego se determina si con el recurso hidroenergético, la región dispone de una potencia superior a la demanda.

**Estudio socioeconómico:** se evalúan los recursos económicos, la organización y el desarrollo de la comunidad para la creación de procedimientos para el mantenimiento, la operación, la administración y el financiamiento del proyecto.

**Estudio hidrológico y pluviométrico:** es el que determina los caudales de diseño disponibles en el aprovechamiento hídrico por medio de datos estadísticos de caudal durante varios años. Cuando no se cuenta con datos hídricos suficientes para seleccionar el caudal, se utiliza la información pluviométrica con la que es posible determinar aproximadamente el caudal de la cuenca.

**Estudio cartográfico y topográfico:** para la localización de saltos de agua (aprovechamiento de la energía potencial) se utiliza mapas cartográficos de la región en estudio. Cuando no se tienen mapas cartográficos de la región es necesario realizar un estudio topográfico para conocer la caída aprovechable y determinar la potencia del recurso hidroenergético.

**Estudio geotécnico:** este estudio determina la ubicación de las obras civiles en función de la estabilidad del terreno y posibles fallas.

**Estudio de impacto ambiental:** las obras civiles construidas y el equipo en operación generan un impacto en el medio ambiente de la región, y el estudio deberá identificar las características del impacto ambiental y la forma de atenuarlo. El estudio rechazará el proyecto si el impacto es considerable y lo avalará si su impacto es reducido.

**Diseño y selección de equipo:** dentro del diseño general del proyecto se encuentra la ubicación final de las obras de captación y de conducción, del tanque de presión y del desarenador, la tubería, la casa de máquinas y el tendido de redes. Este diseño contempla dos fases: una de diseño de obras civiles y otra de selección de equipo.

**El diseño de obras civiles comprende los diseños de:** bocatoma, aliviadero, obra de conducción, desarenador, tanque de presión, anclajes para tubería de presión y casa de máquinas.

**La selección de equipo comprende:** tubería de presión o su diseño, compuertas o su diseño, turbina, válvula, generador, volante, regulador de tensión y frecuencia, protecciones, redes de transmisión y accesorios.

### 3.4.3 Energía de la Biomasa

Biomasa “es toda la masa viviente que existe sobre la tierra, o, más exactamente, en una estrecha capa superficial de la misma denominada Biosfera”,<sup>50</sup> la biomasa constituye un sistema que la Naturaleza utiliza para almacenar energía. La biomasa “está formada por materiales de las plantas (como madera y desechos agrícolas) y desecho de animales que se pueden quemar de manera directa como un combustible sólido o convertirse en **biocombustibles** gaseosos o líquidos”.<sup>51</sup>

La fuente de energía en la biomasa es el material orgánico formado por los seres vivos. La producción de la biomasa de origen animal ocurre a partir de la vegetal, la cual a su vez se da por medio de la fotosíntesis,<sup>52</sup> siendo nuevamente el sol la fuente de energía.<sup>53</sup> De los 173,000 TW en forma de radiaciones que llegan del sol a la tierra sólo 70 TW se convierten en materia orgánica vía fotosíntesis, que es equivalente aproximadamente a tres veces el consumo mundial de energía primaria en la actualidad, en la figura 3.15, se muestra la conversión de la potencia de la radiación solar en diversas formas de potencia renovable:

---

<sup>50</sup> Op. cit. Energías renovables, p. 218.

<sup>51</sup> Op. cit. Ciencia ambiental- Desarrollo sostenible Un enfoque integral., p. 229.

<sup>52</sup> Fotosíntesis, es el proceso químico que realizan las plantas verdes para producir con la energía del sol glucosa a partir de agua y dióxido de carbono. Se libera oxígeno como subproducto.

<sup>53</sup> Blanca Elena Jiménez, La Contaminación Ambiental en México, México, D.F., Editorial Limusa S.A. de C.V., 2002, p. 817.

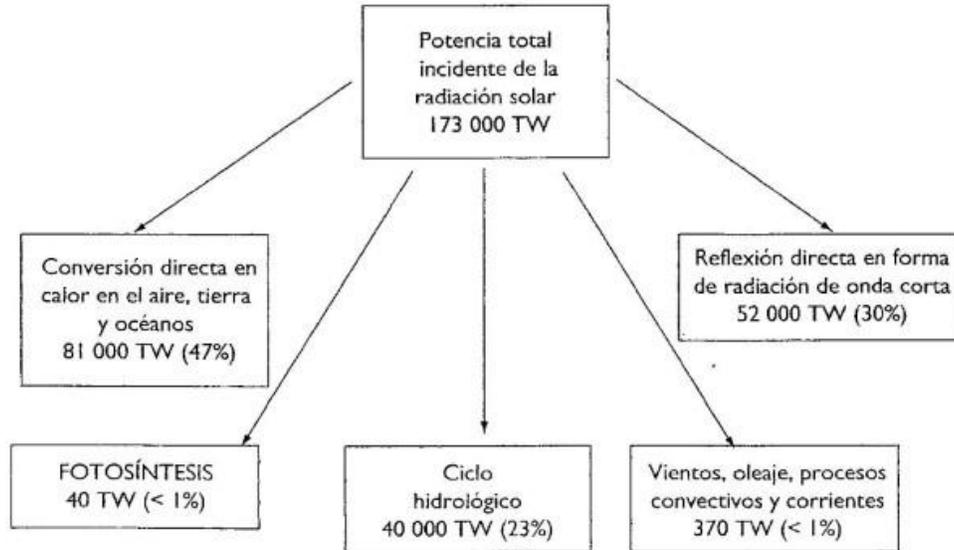


Figura 3.15. Conversión de la potencia de radiación solar en diversas formas de potencia renovable.

Fuente: González (2012).

Los combustibles fósiles son la biomasa que ha sido procesada por la naturaleza a lo largo de millones de años, hasta convertirse en combustibles fósiles con una densidad de energía<sup>54</sup> mayor que la de la biomasa de producción reciente. Las fuentes más importantes de biomasa son los campos forestales y agrícolas pues en ellos se producen residuos (rastros) que normalmente son dejados en el campo al consumirse sólo un bajo porcentaje de ellos con fines energéticos. También los procesos de secado de granos generan subproductos que son usados para generación de calor en sistemas de combustión directa; por ejemplo: el bagazo de caña de azúcar, la cascarilla de café y la de arroz. Por otro lado, los centros urbanos generan grandes cantidades de basura compuestas en gran parte, por materia orgánica que puede ser convertida en energía.<sup>55</sup>

<sup>54</sup> Densidad de energía es la cantidad de energía contenida en la unidad de masa del combustible como metano, etanol o carbón de madera.

<sup>55</sup> BUN-CA, Manual de Biomasa [en línea]: Recursos en línea de BUN-CA, [San José, Costa Rica] <<http://www.bun-ca.org/publicaciones/BIOMASA.pdf>> [Consulta: 27 enero, 2014].

### 3.4.3.1 Propiedades de la Biomasa

#### a) Propiedades Físicas, Químicas y Energéticas

En el estudio de factibilidad técnico económica de un proceso de conversión de biomasa en energía, es necesario considerar las siguientes variables: el tipo de biomasa, su composición química y física, el contenido de humedad, el porcentaje de cenizas, el poder calórico, la densidad aparente y la recolección transporte y manejo.<sup>56</sup>

- **Tipo de biomasa:** El estado físico de la biomasa se clasifica de acuerdo al tipo de recurso, como se muestra en la tabla 3.18.

**Tabla 3.18.** Estados típicos de la biomasa

Recursos de Biomasa	Tipo de residuo	Características físicas
Residuos forestales	Restos de aserrío: corteza, aserrín, astillas. Restos de ebanistería: aserrín, trozos, astillas. Restos de plantaciones: ramas. Corteza raíces.	Polvo sólido, HR >50% Polvo sólido, HR 30 – 45%  Sólido: HR > 55%
Residuos agropecuarios	Cáscara y pulpa de frutas y vegetales.  Cáscara y polvo de granos secos (arroz, café). Estiércol.  Residuos de cosechas: tallos y hojas, cáscaras, maleza, pastura.	Sólido. Alto contenido humedad. Polvo, HR < 25%  Sólido, Alto contenido humedad Sólido HR > 55%
Residuos industriales	Pulpa y cáscara de frutas y vegetales. Residuos de procesamiento de carnes. Aguas de lavado y precocido de carnes y vegetales. Grasas y aceites vegetales.	Sólido, humedad moderada Sólido, alto contenido humedad Líquido  Líquido, gaseoso
Residuos urbanos	Aguas negras Desechos domésticos orgánicos (cáscara de vegetales). Basura orgánica (madera)	Líquido Sólido, alto contenido humedad  Sólido, alto contenido humedad

Fuente: BUN-CA (2014).

- **Composición química:** La tabla 3.19 muestra la composición para varios tipos de biomasa. Se incluye el carbón mineral como punto de comparación:

<sup>56</sup> Ibid

**Tabla 3.19.** Composición química de diferentes formas de biomasa

Tipo de biomasa	Porcentaje del peso (sin humedad)						
	C	H	N	O	S	Cl	Ceniza
<b>Madera</b>							
Sauce	47.66	5.2	0.3	44.70	0.03	0.01	1.45
Madera suave	52.10	6.10	0.20	39.90	-	-	1.70
Corteza de madera dura	50.35	5.83	0.11	39.62	0.07	0.03	3.99
Madera dura	50.48	6.04	0.17	42.43	0.08	0.02	0.78
Eucalipto	50.43	6.01	0.17	41.53	0.08	0.02	1.76
Roble	49.89	5.98	0.21	42.57	0.05	0.01	1.29
Corteza de pino	52.30	5.80	0.29	38.76	0.03	0.01	2.90
Aserrín pino	52.49	6.24	0.15	40.45	0.03	0.04	0.60
<b>Sub-productos agrícolas</b>							
Brizna de trigo	39.07	4.77	0.58	50.17	0.08	0.37	4.96
Caña de azúcar	44.80	5.35	0.38	39.55	0.01	0.12	9.79
Bagazo de caña	46.95	5.47	0.38	39.55	0.01	0.12	9.79
Paja de arroz	39.65	4.88	0.92	35.77	0.12	0.50	18.16
Cascarilla de arroz	38.68	5.14	0.41	37.45	0.05	0.12	18.15
Paja de maíz	46.91	5.47	0.56	42.78	0.04	0.25	3.99
Olote de maíz	47.79	5.64	0.44	44.71	0.01	0.21	1.2
Fibra de coco	50.29	5.05	0.45	39.63	39.63	0.28	4.14
Carbón mineral	71.70	4.70	1.3	8.3	0.64	0.060	20.70

Fuente: Elaboración propia con datos de BUN-CA (2014).

- **Valor calórico:** a continuación en la tabla 3.20 se muestra el valor calorífico bruto<sup>57</sup> de algunas formas de biomasa. Los valores pueden variar según el contenido de cenizas, sin embargo la humedad relativa es el factor más importante que determina el valor calorífico.

<sup>57</sup> El valor calorífico bruto es la cantidad total de energía que se liberaría vía combustión, dividido por el peso. El neto es la cantidad de energía disponible después de la evaporación del agua en la biomasa.

**Tabla 3.20.** Poder calórico de algunas formas de biomasa.

<b>Tipo de Biomasa</b>	<b>Valor calorífico bruto (Mj/kg)</b>
<b>Madera</b>	
Astilla de madera	20.89
Corteza de pino	20.95
Desechos industriales de madera	19.00
<b>Sub-productos agrícolas</b>	
Paja de trigo	18.94
Caña	18.06
Bagazo	18.09
Cáscara de coco	18.60
Olote de maíz	17.72
Paja de arroz	15.61
Cascarilla de arroz	15.58
Aserrín	19.34

Fuente: Elaboración propia con datos de BUN-CA (2014).

**b) Contenido de Humedad:** Para combustibles de biomasa, la humedad relativa,<sup>58</sup> es el factor más crítico, pues determina la energía que se puede obtener por medio de la combustión. Cuando se quema la biomasa, primero se necesita evaporar el agua antes de que el calor esté disponible. El valor de la humedad se expresa en base seca o en base húmeda,<sup>59</sup> el valor en base húmeda siempre es más bajo que en base seca. En la figura 3.16 se muestra el valor calorífico en función de la humedad relativa.

<sup>58</sup> Humedad relativa es la cantidad de agua presente en la biomasa, expresada como un porcentaje del peso.

<sup>59</sup> El valor de la humedad en base seca es la fracción del peso de agua dentro de la biomasa y el peso total del material, y el contenido de humedad en base húmeda es la fracción del peso del agua dentro de la biomasa y el peso total del material.

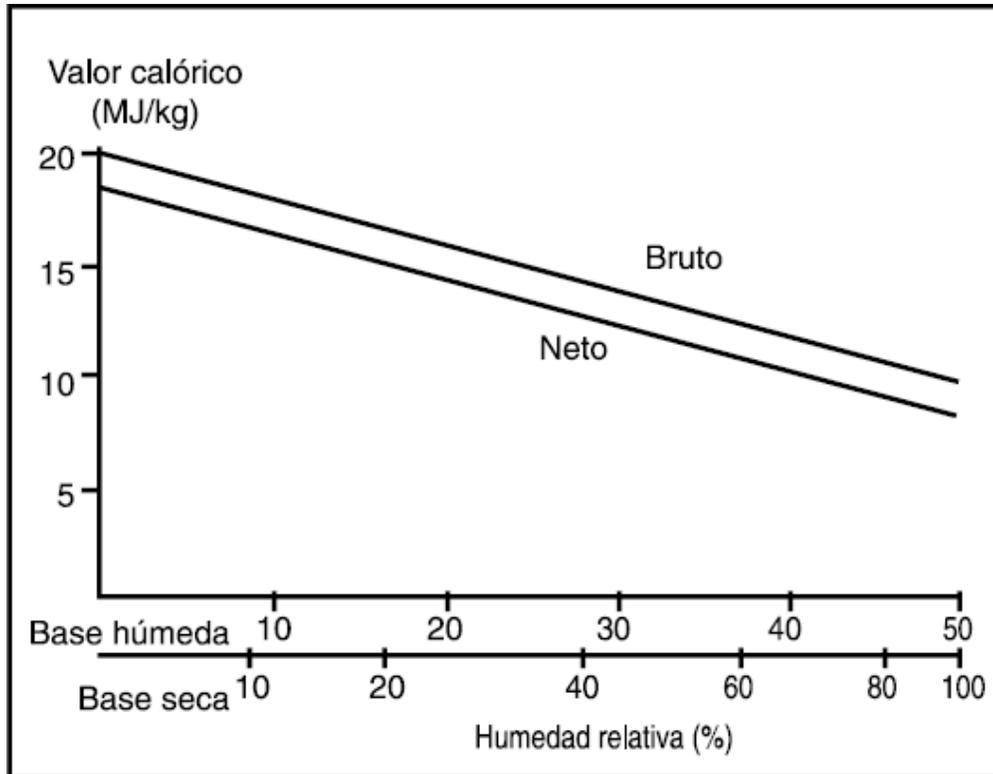


Figura 3.16. Valor calórico en función de la humedad relativa.

Fuente: Fuente: BUN-CA (2014).

La tabla 3.21, lista las ventajas y las desventajas generales de quemar la biomasa de sólidos como combustible.<sup>60</sup>

<sup>60</sup> Op. cit. Ciencia ambiental- Desarrollo sostenible Un enfoque integral., p. 229.

**Tabla 3.21.** Soluciones intermedias: ventajas y desventajas generales de quemar la biomasa en sólidos como combustible.

Ventajas	Desventajas
Grandes reservas potenciales en algunas áreas	No renovable y se cosecha en forma no sostenible
Costos moderados	Impacto ambiental de moderado a alto
No hay aumento neto de CO <sub>2</sub> si se cultiva y se quema de manera sostenible	Se emite CO <sub>2</sub> si se cosecha y quema de manera no sostenible
La plantación puede ubicarse en un terreno semiárido no necesario para cosechas	Baja eficiencia de fotosíntesis Erosión del suelo, contaminación del agua y pérdida de hábitat de la fauna silvestre
La plantación puede ayudar a restaurar los terrenos degradados	Erosión del suelo, contaminación del agua y pérdida de hábitat de la fauna silvestre
Puede utilizar desechos agrícolas, de la madera y urbanos	Suele quemarse en chimeneas y estufas abiertas ineficientes y contaminantes

Fuente: Miller (2007).

### 3.4.3.2 Biocombustibles

Los **biocombustibles** “son cualquiera de los combustibles sólidos, líquidos o gaseosos que se derivan de los materiales orgánicos que forman parte de la biomasa”.<sup>61</sup> Tradicionalmente, la energía de la biomasa se ha utilizado en forma de leña para calentar y cocinar en el hogar. Actualmente existen tecnologías para su conversión energética en productos de más valor, como es la combustión,

<sup>61</sup> Op. cit. Energías Renovables., p.222.

gasificación o pirolisis en la que se generan aceites y otros subproductos que también pueden comercializarse.<sup>62</sup>

Últimamente se considera la posibilidad de recurrir a los denominados **cultivos energéticos**<sup>63</sup> como fuentes de energía, aprovechando las tierras marginales (tierras no aptas para el cultivo agrícola) y no solamente la obtención de un balance de CO<sub>2</sub> nulo.

Según las condiciones climáticas y de suelos disponibles, los cultivos energéticos más comunes pueden ser madera para quemar, plantas para hacerlas fermentar para obtener **bioetanol y metanol**; y cultivos de semillas ricas en aceites, como la soja, el girasol, el coco, la colza o la palma, que últimamente se han comercializado como combustibles para vehículos con el nombre de **biodiesel**.<sup>64</sup>

En los cultivos energéticos es de importancia relevante tener una idea de la cantidad de energía que se puede generar por hectárea de terreno y de cómo se puede optimizar el rendimiento, así mismo el tipo de clima, la naturaleza del suelo, el agua disponible, de los nutrientes y de que la planta elegida como cultivo energético sea la adecuada para el tipo de suelo.<sup>65</sup> Como se muestra en la tabla 3.22.

---

<sup>62</sup> Thoma Ulrich, Gabriela Dominguez *et al*, *De lo Insostenible a lo Sustentable-Propuestas básicas, indicadores y casos de éxito para tomar decisiones sustentables en México*, México, Grupo Editorial y de Investigación Polaris, S.A. de C.V., 2013, p. 206.

<sup>63</sup> Cultivos energéticos son plantas que se cultivan con la finalidad específica de que sirvan como fuente de energía.

<sup>64</sup> Op. cit. Energías Renovables, p.245.

<sup>65</sup> Ídem, pp. 246-247.

**Tabla 3.22.** Rendimientos anuales de diversos cultivos. Los datos se expresan en toneladas de material secado al horno por hectárea y por año.

Cultivo	Rendimiento medio	Rendimiento óptimo
Caña de azúcar	35	90
Maíz (grano)	10	40
Trigo	5	20
Arroz	4	16
Remolacha	8	10
Mandioca	8	35
Madera (crecida en regiones templadas)	10	20
Madera (crecida en regiones tropicales)	20	35

Fuente: Gonzáles (2012).

La biomasa desempeña un papel primordial en el mantenimiento de la atmósfera, en la prevención de la erosión de los suelos, en la conservación de la diversidad de las especies y en el equilibrio de los sistemas ecológicos; de tal forma que sólo serían sostenibles y aceptables aquellos esquemas de explotación de biomasa que respeten mencionados equilibrios y además tener en cuenta la contribución que hace la biomasa a la alimentación de los seres humano y animales y a la construcción, la fabricación de papel, etc., y no solamente enfocarse a la generación de energía por medio de los cultivos energéticos.<sup>66</sup>

La Conferencia de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo (UNCED por sus siglas en inglés), ha estimado que hacia la mitad del presente siglo la biomasa podría aportar al consumo de energía humano alrededor de 200 Ej,<sup>67</sup> la mitad del consumo actual mundial en energía primaria. En la tabla 3.23, se listan las diferentes formas de biomasa y su posible aportación energética a la cifra anterior. La UNCED estima de que, en todo el mundo, podrían existir alrededor de 2,000 millones de tierras no utilizadas, las cuales podrían ser productivas para la obtención de alimentos y para la producción de energía a partir de biomasa. En Latinoamérica podría haber 150 millones de hectáreas de tierras degradadas, que podrían

<sup>66</sup> Op. cit. Energías Renovables, p. 48

<sup>67</sup> Un Ej (exajoule) equivale a  $10^{18}$  joules.

reforestarse y hasta 100 millones de hectáreas en África, si se realizaran plantaciones de biomasa en esas regiones con una productividad de 300 GJ Ha-1 año-1, se podrían alcanzar producciones anuales de energía de 47 Ej en Latinoamérica y de 31 Ej en África, convirtiendo a esas regiones en exportadores de biocombustibles.<sup>68</sup>

**Tabla 3.23.** Estimación de la cantidad de energía obtenible a partir de biomasa hacia 2050.

<b>Recurso de biomasa</b>	<b>Posible aportación energética anual (Ej)</b>
Cultivos energéticos	128
Estiércol	25
Residuos forestales	14
Residuos cereales	13
Residuos de caña de azúcar	12
Bosques	10
Basura urbana	3
<b>TOTAL</b>	<b>205</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de Gonzáles (2012).

La tabla 3.24, muestra el contenido aproximado de algunos biocombustible, junto con la cantidad de CO<sub>2</sub> que se libera en su combustión por GJ de calor liberado:

<sup>68</sup> Op. cit. Energías Renovables, pp. 248-249.

**Tabla 3.24.** Contenido medio de energía de diversos biocombustibles.

Biocombustible	Contenido de energía (Gj/ton)	Contenido de energía (Gj/m <sup>3</sup> )	Kg de CO <sub>2</sub> producido por Gj de calor liberado
Madera (secada al aire, 20% de humedad)	15	10	77
Papel (periódicos apilados)	17	9	
Estiércol (seco)	16	4	
Paja (embalada)	14	1.4	
Caña de azúcar (tallos secados al aire)	14	10	
Basura doméstica (tal como se recoge)	9	1.5	
Desechos comerciales (media aproximada)	16	Variable	
Hierba (recién cortada)	4	3	
Petróleo*	42	34	70
Carbón (promedio)*	28	50	90
Gas natural (CH <sub>4</sub> , a presión de suministro)*	55	0.04	50

\*El combustible fósil que menor cantidad de CO<sub>2</sub> genera es el gas natural.

Fuente: Elaboración propia con datos de González (2012).

Los biocombustibles se clasifican de acuerdo a su estado físico, según el origen, su uso final y según el proceso de conversión<sup>69</sup>, como se muestra en la tabla 3.25.

<sup>69</sup> Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Manual de Biocombustibles [en línea]: Recursos en Línea de Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, [San José Costa Rica], <[http://www.iica.int/Esp/Programas/Innovacion/Publicaciones\\_Tel/B2223E.pdf](http://www.iica.int/Esp/Programas/Innovacion/Publicaciones_Tel/B2223E.pdf)> [Consulta: 14 de febrero, 2014].

**Tabla 3.25. Criterios para clasificar los biocombustibles**

<b>Según el estado físico</b>	Biocombustibles sólidos: leña, residuos forestales. Biocombustibles líquidos: bioetanol, biodiesel, aceites vegetales, MTBE y ETBE. Biocombustibles gaseosos: biogás y gasógeno.
<b>Según el origen</b>	Agro combustibles: bioetanol y biodiesel de cultivos anuales o plui anuales como caña de azúcar, remolacha, soja, colza, girasol, palma, repectivamente. Dendrocombustibles: leña.
<b>Según el uso final</b>	Biocombustibles para generación de energía térmica (calórica): leña, biogás. Biocombustibles para generación de energía eléctrica: cascarilla de arroz, biogás, bagazo de caña, biodiesel para generadores. Biocombustibles para transporte: biodiesel y bioetanol.
<b>Según el proceso de conversión</b>	Procesos químicos: biodiesel por transesterificación. Procesos térmicos: residuos forestales para combustión directa, gas de pirolisis. Procesos bioquímicos: biogás por fermentación anaeróbica, etanol.

Fuente: Elaboración propia con datos de IICA (2014).

### **a) Las próximas Generaciones de Biocombustibles y sus Materias Primas**

El proceso de emergencia y configuración de la cadena mundial de biocombustibles se caracteriza por un muy alto dinamismo en materia de investigación, desarrollo tecnológico e innovación.<sup>70</sup> Los principales jugadores del mercado mundial, con Estados Unidos, la UE y Brasil a la cabeza, están invirtiendo significativos presupuestos en I&D, tanto a nivel público como privado, en el marco de amplias plataformas de investigación y desarrollo, multidisciplinarias e integradas, en donde confluyen la botánica, la I&D agrícola, la ingeniería genética, la biotecnología, la biología sintética y la ciencia y tecnología industrial. Considerando tanto a la materia prima utilizada como a la tecnología de conversión, los biocombustibles pueden clasificarse en las siguientes generaciones:<sup>71</sup>

- **Biocombustibles de primera generación:** constituyen la generación actual de biocombustibles, basados en la utilización de materias primas que también tienen usos alimentarios (maíz, caña de azúcar, remolacha azucarera, soja,

<sup>70</sup>Ibid

<sup>71</sup> Op.cit. Manual de Biocombustibles

palma, etc.) y tecnologías sencillas de fermentación (bioetanol) y transesterificación (biodiesel).<sup>72</sup>

- **Biocombustibles de generación 1,5:** abarca a los biocombustibles producidos con las tecnologías convencionales y con materias primas menos sensibles a la competencia con la producción de alimentos. Entre estas materias primas se encuentran diversas especies arbustivas o arbóreas perennes y otras alternativas con potencial para desarrollarse en zonas áridas o semiáridas y tierras marginales, degradadas o abandonadas, tales como el ricino, la jatropha, el cardo, el sorgo dulce, el topinambur, entre otros. El ricino constituye la alternativa más avanzada en cuanto a desarrollo agrícola dada la experiencia vigente en la producción de su aceite, mientras que el resto se encuentra en fases avanzadas de investigación y desarrollo para su producción a escala comercial.
- **Biocombustibles de segunda generación:** representan un cambio en la tecnología de conversión que permite reemplazar los azúcares, el almidón y los aceites de las materias primas utilizadas por la primera generación, por diversas formas de biomasa lignocelulósica (residuos agrícolas y forestales primarios y secundarios, hierbas perennes, árboles de crecimiento rápido, etc.). La conversión de biomasa lignocelulósica en biocombustibles da lugar a la obtención de bioetanol celulósico, biocombustibles sintéticos y bio-oil. Los biocombustibles de segunda generación, dejarían atrás el dilema biocombustibles vs alimentos.<sup>73</sup>
- **Biocombustibles de tercera generación:** esta generación se basa en la utilización de cultivos energéticos especialmente diseñados o adaptados (a través de técnicas avanzadas de genética molecular, genómica y el diseño tradicional de cultivos transgénicos, etc.), a los efectos de obtener materias primas más eficientes para la conversión en biocombustibles y bioproductos. La biotecnología y el campo emergente de la biología sintética resultarán fundamentales para el desarrollo de los biocombustibles de tercera

---

<sup>72</sup> Ibid.

<sup>73</sup> Ibid.

generación, que representarían balances energéticos y ambientales altamente positivos y una coexistencia factible con la producción de alimentos.<sup>74</sup> Las algas cuentan con un pequeña huella ecológica (no necesita mucha tierra y agua), y puede consumir dióxido de carbono como fertilizante. Se cultiva en un sistema de bucle cerrado (closed loop system), todos los factores de entrada pueden ser ajustados y controlados. Esto hace a la alga potencialmente únicas (capaz de ser cultivada en cualquier lugar) y la materia prima para biocombustibles altamente escalable. Las algas como materia prima para biocombustibles resuelven los problemas de alimentos vs combustible, el problema de la tierra, la huella ecológica y el problema de escalabilidad; y además las algas se alimentan de CO<sub>2</sub>. En la figura 3.17, se muestra la producción de biocombustible utilizando algas:

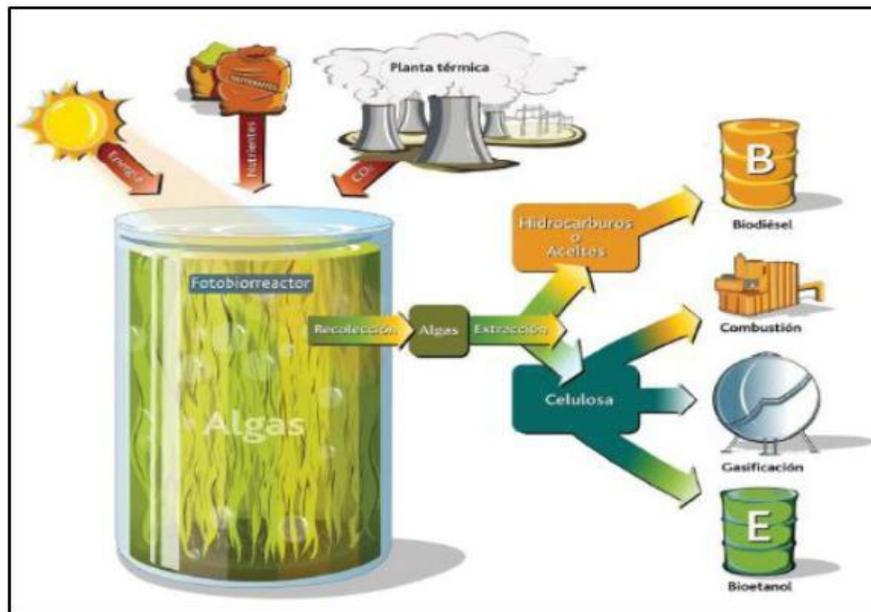


Figura 3.17. Algas produciendo biocombustibles

Fuente: IICA (2014).

- **Biocombustibles de cuarta generación:** representarían un avance revolucionario en la mitigación del cambio climático al incorporar el concepto

<sup>74</sup> Ibid.

de bioenergía con balance negativo de carbono.<sup>75</sup> Estos desarrollos implican una evolución incremental de la tercera generación, a partir de la obtención de materias primas especialmente diseñadas para la captura de grandes cantidades de CO<sub>2</sub>.<sup>76</sup>

#### **b) Procesos empleados para extraer Energía de la Biomasa**

Los métodos que se utilizan para extraer energía de la biomasa son:<sup>77</sup>

- Combustión directa de biomasa vegetal o primaria (es un proceso poco eficiente).
- Combustión tras un proceso físico simple de selección y separación (astillado, compresión y secado al aire).
- Procesado termoquímico (procesos como la pirolisis, gasificación y licuefacción).
- Procesado bioquímico (proceso promovido por bacterias como la digestión anaerobia y la fermentación para la producción de combustibles gaseosos o líquidos de mayor grado, estabilidad y densidad energética).

La figura 3.18, muestra un esquema de los procesos antes mencionados:

---

<sup>75</sup> El balance negativo de carbono significa que el dióxido de carbono liberado durante la producción y utilización del biocombustible es menor que el capturado o consumido durante el cultivo de la materia prima y la producción del biocombustible. En este caso se superaría incluso el desempeño de otras energías renovables, como la solar y la eólica, que generan energía neutral en carbono.

<sup>76</sup> Op. cit. Manual de biocombustibles.

<sup>77</sup> Op. cit. Energías renovables, p. 249.

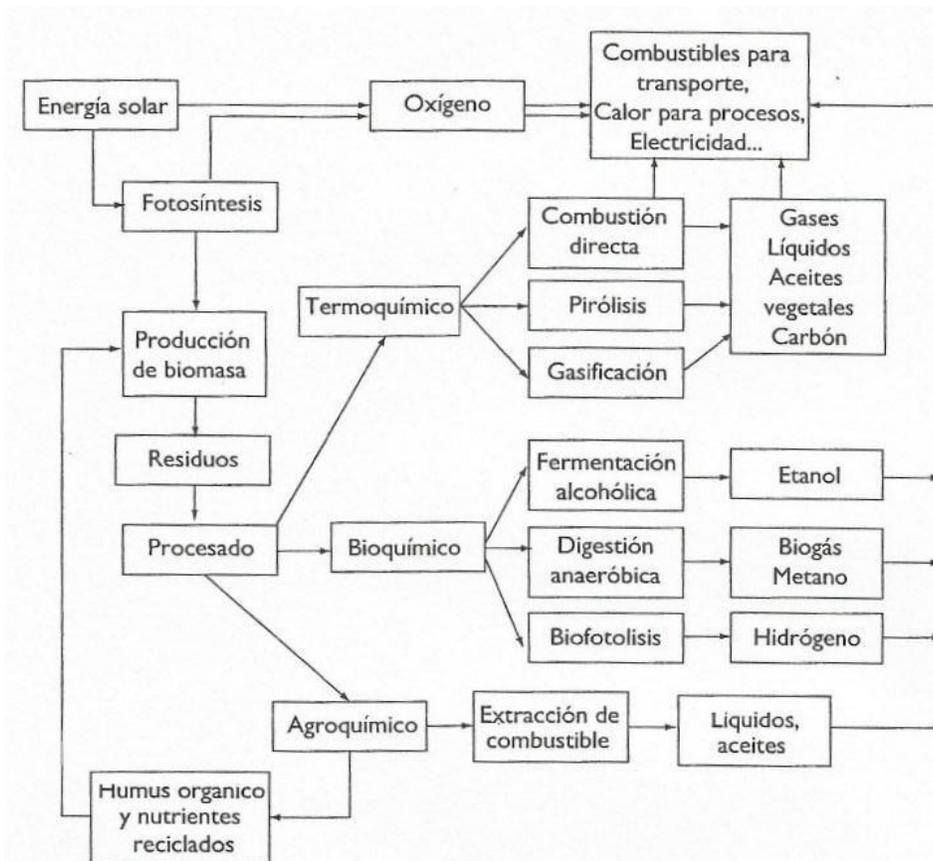


Figura 3.18 Procesos de producción de biocombustibles.

Fuente: González (2012).

- **Combustión directa**

El proceso de combustión directa de biomasa vegetal o primarias suele ser un proceso poco eficiente y tiene lugar en dos etapas, en las que se queman los dos tipos de combustibles que forman parte de un combustible sólido.<sup>78</sup> Por una parte existen materiales volátiles, que se emiten en forma de una mezcla de vapores o de aceites y alquitranes vaporizados al elevarse la temperatura del combustible y que dan lugar a los súbitos avivamientos de la llama al quemar la madera o carbón; el sólido restante está compuesto por carbonilla y materia inerte. La carbonilla es carbón que se quema produciendo CO<sub>2</sub> y de la materia inerte quedan escorias y cenizas.<sup>79</sup>

<sup>78</sup> OP. cit. Energías renovables, p. 252.

<sup>79</sup> Ibid.

- **Pirolisis y gasificación**

La pirolisis “es la descomposición fisicoquímica de la materia orgánica bajo la acción del calor y en ausencia de un medio oxidante”,<sup>80</sup> es el método tradicional de obtención de carbón vegetal, las materias primas más adecuadas son la madera y la basura.

Los productos de la pirolisis son gases, vapores, líquidos, aceites y carbonilla. En algunos casos se utiliza la pirolisis en la obtención de combustibles líquidos y es necesario trabajar en ausencia total de oxígeno y a altas temperaturas del rango de 250°C a 600°C. Al inicio se forma el vapor piroleñoso (mezcla de hidrógeno, CO, CO<sub>2</sub> e hidrocarburos), después se forman compuestos líquidos (aceites, alcoholes y ácidos), y finalmente queda un residuo sólido denominado coque, que está compuesto de alquitrán, carbón y cenizas.<sup>81</sup>

Los residuos forestales y agrícolas y los residuos sólidos urbanos (RSU) o basura, son sometidos al proceso de pirolisis, el cual se muestra en la figura 3.19.

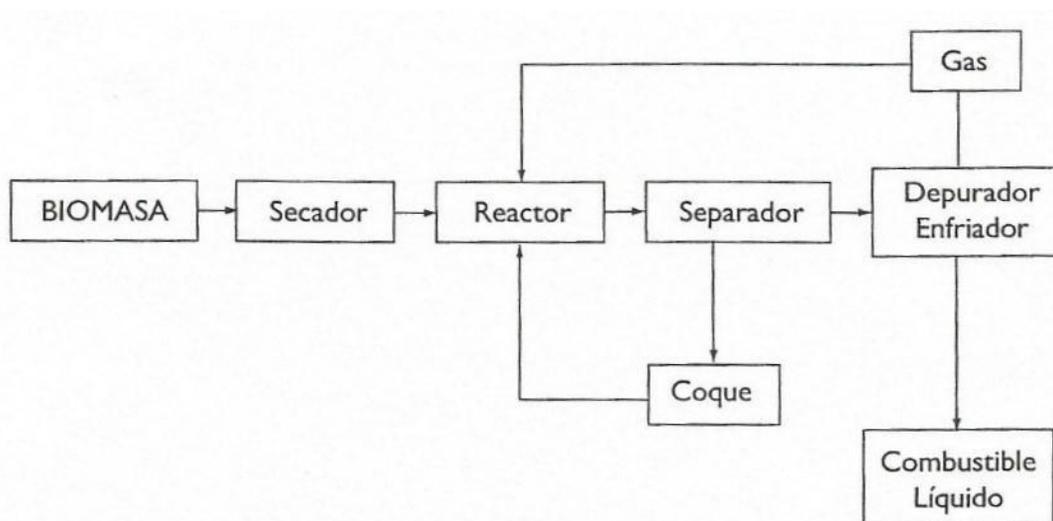


Figura 3.19. Esquema de un proceso de pirolisis para la obtención de combustibles líquidos.

Fuente: González (2012).

<sup>80</sup> Op.cit. La Contaminación Ambiental en México, p. 831.

<sup>81</sup> Op. cit. Energías renovables, p. 253.

La pirolisis convencional es una tecnología menos contaminante que otras técnicas de extracción y tratamiento de combustibles de biomasa, esta técnica ha sido usada en plantas de tratamiento de plásticos o de neumáticos usados.<sup>82</sup> En la tabla 3.26, se muestran los rendimientos en diversos productos que se pueden generar en la pirolisis de la madera seca:

**Tabla 3.26.** Rendimientos de la pirolisis de la madera seca

<b>Rendimientos por 1,000 kg de madera seca</b>	
Carbón vegetal	300 kg
Gas (calor de combustión 10,500 kJ m <sup>-3</sup> )	140 m <sup>3</sup> ( <i>p</i> y <i>T</i> estándar)
Metanol	14 litros
Ácido acético	53 litros
Ésteres	8 litros
Acetona	3 litros
Aceite de madera y alquitranes ligeros	76 litros
Aceite de cerosota	12 litros
Brea	30 kg

Fuente: Elaboración propia con datos de González (2012).

Si se quiere producir productos en su mayor parte gaseosos, al proceso se le denomina gasificación. La figura 3.20 muestra un esquema de proceso de gasificación simple que partiendo de carbón, conduce al denominado gas de ciudad.<sup>83</sup>

<sup>82</sup> Op. cit. Energías Renovables, p. 254.

<sup>83</sup> Op.cit. Energías Renovables, p. 256.

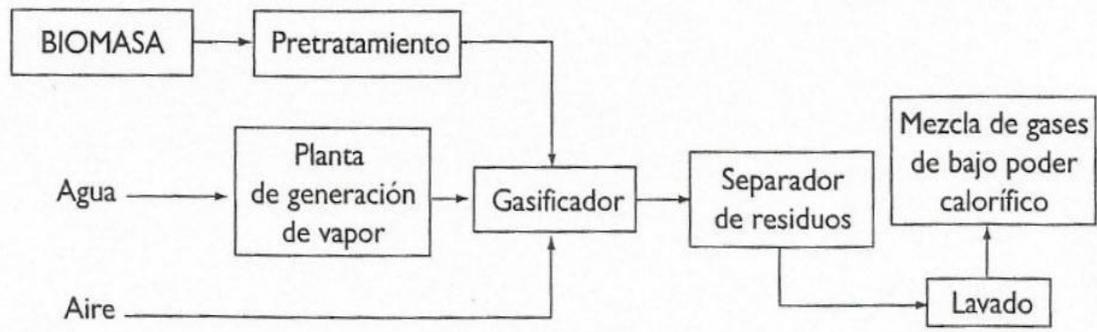


Figura 3.20. Esquema de un proceso de gasificación sencillo, que resulta de la producción de una mezcla de gases y que contiene más del 50% en volumen de  $N_2$  y  $CO_2$ .

Fuente: González (2012).

Procesos más complejos, aplicados al carbón como material de partida, produce el denominado **gas de síntesis**, cuya obtención se describe en la figura 3.21.

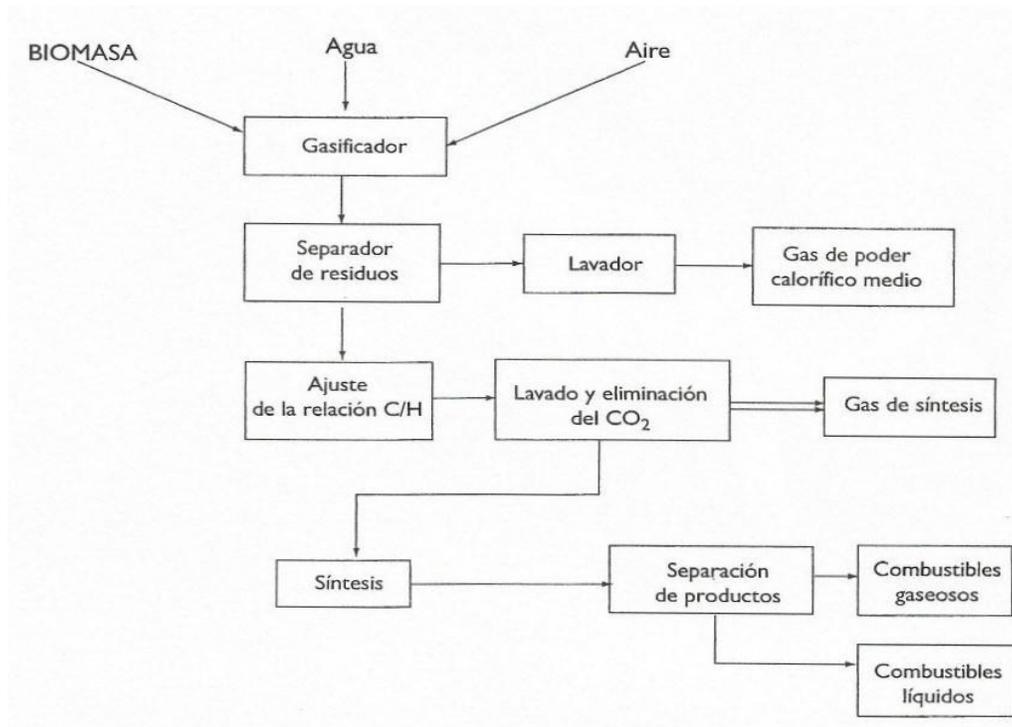
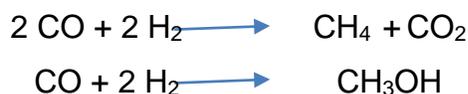


Figura 3.21. Proceso de obtención de gas de síntesis y de hidrocarburos.

Fuente: González (2012).

El gas de síntesis se puede utilizar en la generación de metano o de metanol, de acuerdo con las reacciones globales siguientes:



El metanol es líquido a la temperatura ordinaria y presenta una densidad de energía de 23 GJ ton<sup>-1</sup>. La reacción global de formación de metanol a partir de gas de síntesis es la suma de una serie de procesos químicos, en las que se requiere alcanzar elevadas presiones (150 atm) y temperaturas del orden de 330°C y trabajar en presencia de catalizadores, en plantas de tratamientos que requieren inversiones cuantiosas.<sup>84</sup>

- **Proceso Bioquímico de la Biomasa**

Otra forma de obtener combustibles a partir de biomasa vegetal o primaria es someterla a tratamientos bioquímicos como la **fermentación alcohólica**, la **digestión anaeróbica** y la **biofotólisis**.<sup>85</sup>

- La **fermentación alcohólica** es un proceso biológico anaeróbico mediante el cual los azúcares contenidos en la biomasa se convierten en alcohol etílico por intermedio de la levadura o de ciertas bacterias.

La fermentación consiste en la producción de alcohol por la acción de levaduras que descomponen la glucosa proveniente de materias azucaradas o amiláceas en dos moléculas de etanol y desprendimiento de CO<sub>2</sub>.



El proceso global consiste de tres etapas: pretratamiento, fermentación y separación del alcohol.<sup>86</sup>

---

<sup>84</sup> Op. cit. Energías Renovables, p. 258.

<sup>85</sup> Ibid.

<sup>86</sup> Op. cit., La contaminación Ambiental en México, p. 827.

Los métodos de pretratamiento e hidrólisis extraen azúcares al convertir los almidones y la celulosa en glucosa y eliminando partículas sólidas. El proceso de hidrólisis puede ser químico (hidrólisis ácida) o enzimático (hidrólisis de enzimas).

Las concentraciones de etanol obtenidas de la fermentación son del orden de 15% en volumen. Si se desea etanol puro o más concentrado se requiere un tercer paso de destilación que requiere cantidades importantes de energía.<sup>87</sup>

El contenido energético del etano es  $30\text{Mj kg}^{-1}$  y su índice de octano varía entre 89 y 100, por lo que es un combustible idóneo para los motores de combustión interna.<sup>88</sup> En la figura 3.22, se muestra un esquema del proceso de elaboración de bioetanol.

---

<sup>87</sup> Ibid.

<sup>88</sup> Op. cit. Energías Renovables, p. 258

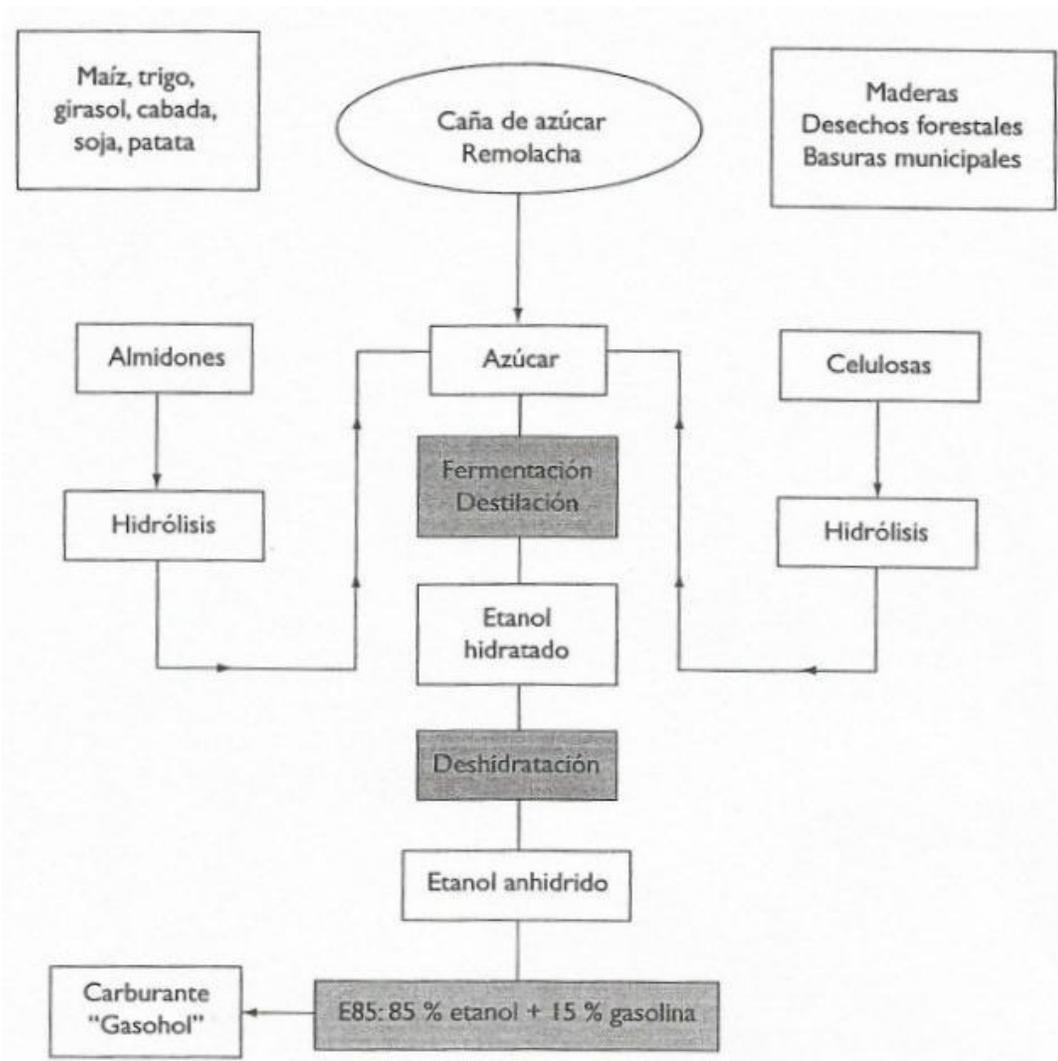


Figura 3.22. Esquema del proceso de elaboración de bioetanol.

Fuente: González (2012).

- La **digestión anaeróbica** es un proceso de descomposición de biomasa que se produce en ausencia de aire y que es provocado por microorganismos, similares a las bacterias, denominados **archeas**.<sup>89</sup> En ciénegas pantanosas, donde se descompone vegetación en el fondo, se genera el proceso denominado **gas de los pantanos (metano)**, y también es responsable de la producción de metano que se observa en los cultivos de arroz.

<sup>89</sup> Op. cit. Energías Renovables, p. 263.

La descomposición anaeróbica de estiércol de origen animal y de basuras domésticas enterradas produce el denominado biogás (mezcla de metano y dióxido de carbono con nitrógeno), se produce a partir de **residuos generados en explotaciones ganaderas intensivas** con alta concentración de ganado. Los residuos sólidos urbanos (RSU) contienen una fracción orgánica que puede ser sometida a digestión anaerobia en biorreactores, para producir biogás. También se puede producir biogás a partir de los lodos de las aguas residuales urbanas y las cantidades generadas pueden ser importantes en ciudades de más de cien mil habitantes.<sup>90</sup> El proceso de digestión anaeróbica se esquematiza en la figura 3.23

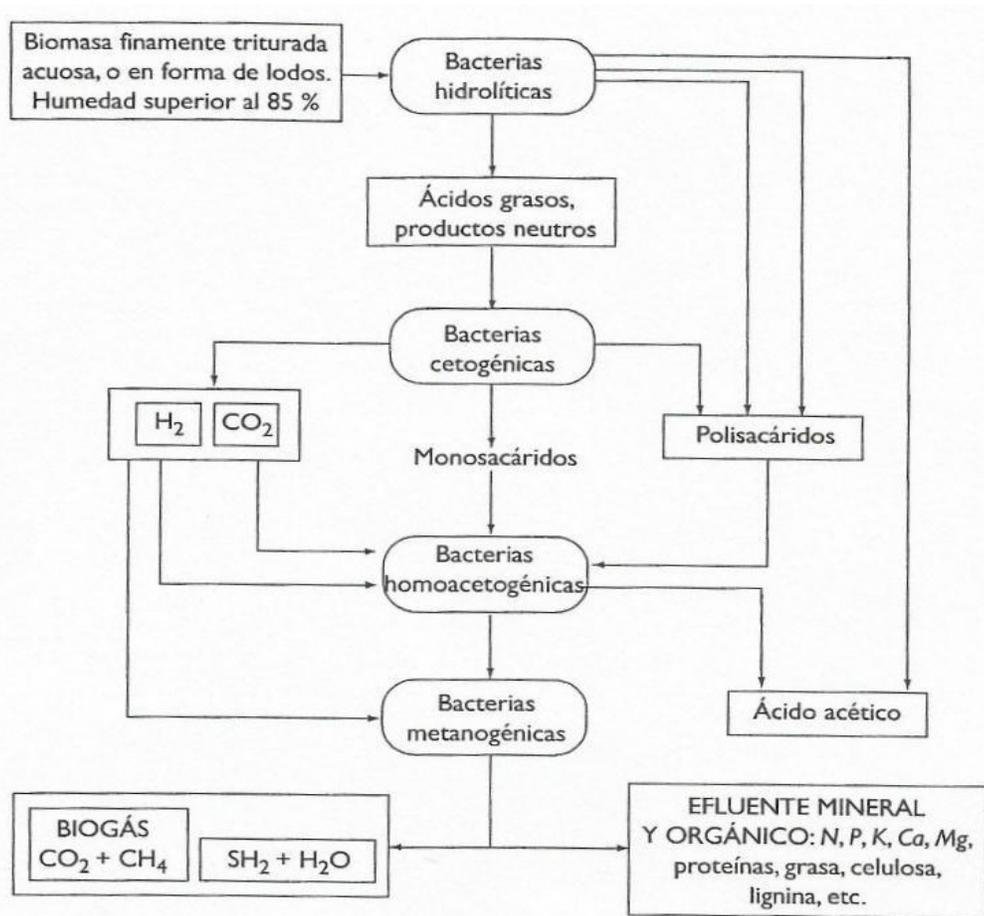


Figura 3.23 Esquema del proceso de digestión anaeróbica.

Fuente: González (2012).

<sup>90</sup> Op. cit. Energías Renovables, p. 264.

- **La biofotólisis** es la producción de hidrógeno por medio de organismos vivos como las algas y las cianobacterias.<sup>91</sup> La producción de biocombustibles a partir de microalgas es la mejor alternativa ecológica frente a la producción de combustibles fósiles. A pesar del beneficio ecológico, siempre existe un porcentaje de emisiones de carbono (CO<sub>2</sub>) que no se recupera con el secuestro de carbono por parte de las microalgas. El hidrógeno es un gas combustible 100% ecológico (su combustión produce vapor de agua) que también puede ser producido biológicamente por diversos microorganismos y utilizando distintas vías metabólicas. Así entonces, la producción biológica de hidrógeno se realiza en diferentes biorreactores según sea el bioproceso metabólico realizado y el tipo de microorganismo utilizado.<sup>92</sup>

Existen cuatro bioprocesos metabólicos por los que puede producirse biológicamente el hidrógeno:

- Biofotólisis del agua (Directa e Indirecta)
- Fotofermentación
- *Water-shift reaction* biológica
- Fermentación oscura

### 3.4.3.3 Cultivos Energéticos

En los últimos años se han venido utilizando tierras dedicadas tradicionalmente a cultivos agrícolas (las cuales han dejado de ser rentables) en la plantación de **cultivos energéticos**.<sup>93</sup> Estos cultivos tienen que tener una productividad elevada y poder ser trabajados con maquinaria agrícola convencional y no degradar el suelo, su balance energético debe ser positivo y deben permitir una recuperación de las tierras después de finalizados.<sup>94</sup>

<sup>91</sup> Op. cit. Energías Renovables, p. 276.

<sup>92</sup> Reinhardt Acuña, *Producción biotecnológica de hidrogeno y uso de biorreactores*. Recuperado de < <http://bioreactorcrc.wordpress.com/2012/03/25/produccion-biotecnologica-de-hidrogeno-y-uso-de-foto-bioreactores/> > [Consulta: 3 febrero, 2014].

<sup>93</sup> Cultivos energéticos son cultivos destinados específicamente a la producción de materiales combustibles.

<sup>94</sup> Op. cit. Energías Renovables, p. 276.

Estos cultivos contribuyen a una mejora de la fijación de CO<sub>2</sub> de la atmósfera, a una protección del suelo contra la erosión y a incrementar su contenido en materia orgánica.

El cultivo más extendido en el mundo es la caña de azúcar para obtener etanol, pero también es posible extraer etanol de otros tipos de cultivos como el sorgo, la soja y el trigo entre otros.

#### **3.4.3.4 Biocarburantes**

Los *biocarburantes* “son combustibles líquidos que se obtienen de diferentes transformaciones de materia vegetal y animal, que pueden ser utilizados para sustituir a los combustibles fósiles en motores de combustión interna”.<sup>95</sup> Los biocarburantes más importantes son el bioetanol y el biodiesel. Algunas semillas de oleaginosas, producen aceites vegetales (ésteres de la glicerina con ácidos grasos), que se comportan en forma similar a los hidrocarburos en cuanto a su uso en motores de combustión interna. Los aceites vegetales presentan contenidos de energía entre 37 y 30 GJ ton<sup>-1</sup>, similares al del gasóleo (o diésel) que es de 42 GJ ton<sup>-1</sup> y superiores al del etanol (30 GJ ton<sup>-1</sup>). Las mezclas con elevados contenidos en aceite vegetal pueden provocar obstrucciones en los inyectores y depositarse en determinadas partes del motor, debido a su elevada viscosidad. Para disminuir la viscosidad de los aceites vegetales se les somete a un proceso de hidrólisis catalizado por una base como KOH, con lo cual se obtienen ácidos grasos y glicerina. Los ácidos grasos son sometidos a un proceso de esterificación con metanol, con lo que se obtiene los ésteres metílicos, que son menos viscosos y se queman mejor en los motores de explosión convencionales.<sup>96</sup> Estos ésteres metílicos son los que forman el biodiesel, en la figura 3.24, se muestra simplificado del proceso en la elaboración del biodiesel.

---

<sup>95</sup> Op. cit. Energías Renovables, p. 280.

<sup>96</sup> Ibid.

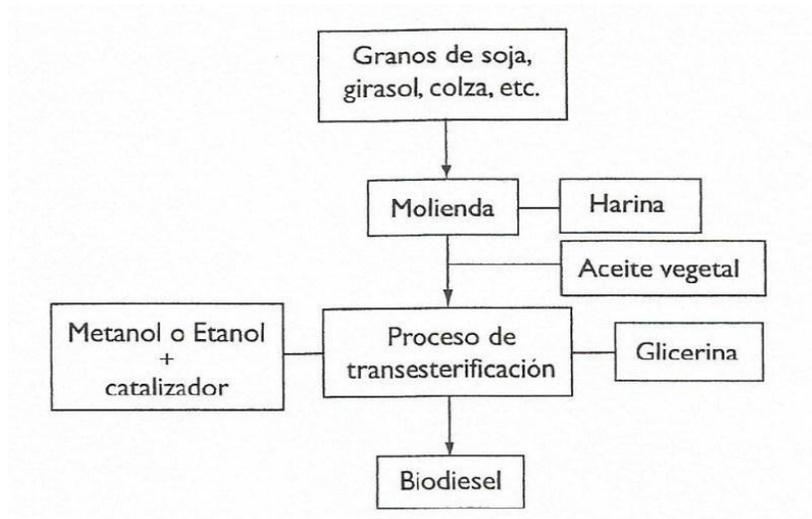


Figura 3.24. Proceso de producción de biodiesel.

Fuente: González (2012).

Las reacciones químicas que se llevan a cabo en la obtención del biodiesel, se muestran en la figura 3.25.

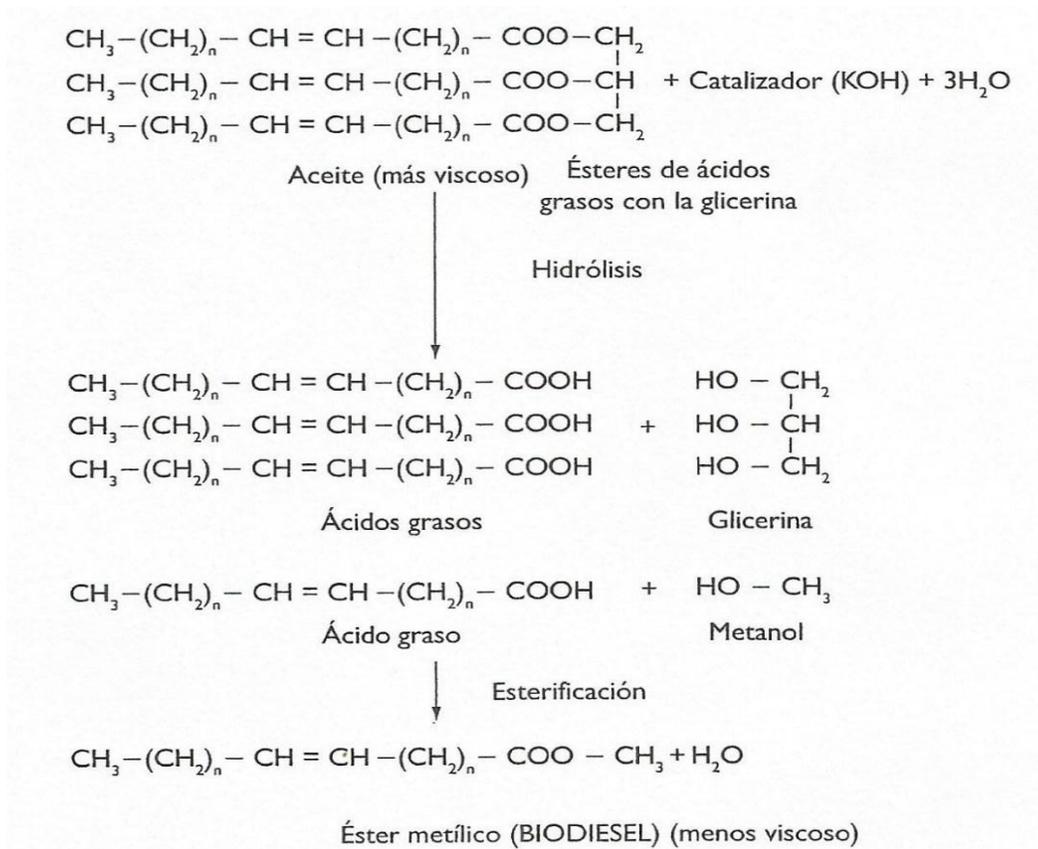


Figura 3.25. Obtención de biodiesel por transesterificación de aceites vegetales.  
Fuente: González (2012).

Los biocarburantes presentan una serie de ventajas entre las que se pueden mencionar las siguientes:<sup>97</sup>

- Ofrecen nuevas actividades al sector agrícola
- Permiten mantener la actividad de sectores industriales relacionados con la producción de productos agrícolas, como las industrias de fertilizantes, maquinaria agrícola, o producción de semillas.
- Crean puestos de trabajos en el sector agrario y en industrias relacionados con el mismo.
- Reducen el ritmo de emisiones de CO<sub>2</sub>.
- Reducen las emisiones de Pb de las gasolinas y de otros productos tóxicos, así como de derivados de azufre.

<sup>97</sup> Op. cit. Energías renovables, p. 284.

- Reducen parte de la dependencia energética externa, al ser sustitutos de los hidrocarburos.

La tabla 3.27, lista las ventajas y las desventajas generales de quemar la biomasa de sólidos como combustible:<sup>98</sup>

**Tabla 3.27.** Ventajas y desventajas generales de quemar la biomasa en sólidos como combustibles

Ventajas	Desventajas
Grandes reservas potenciales en algunas áreas	No renovable y se cosecha en forma no sostenible
Costos moderados	Impacto ambiental de moderado a alto
No hay aumento neto de CO <sub>2</sub> si se cultiva y se quema de manera sostenible	Se emite CO <sub>2</sub> si se cosecha y quema de manera no sostenible
La plantación puede ubicarse en un terreno semiárido no necesario para cosechas	Baja eficiencia de fotosíntesis Erosión del suelo, contaminación del agua y pérdida de hábitat de la fauna silvestre
La plantación puede ayudar a restaurar los terrenos degradados	Erosión del suelo, contaminación del agua y pérdida de hábitat de la fauna silvestre
Puede utilizar desechos agrícolas, de la madera y urbanos	Suele quemarse en chimeneas y estufas abiertas ineficientes y contaminantes

Fuente: Miller (2007).

### 3.4.4 Energía Solar

Las células fotovoltaicas,<sup>99</sup> permiten transformar directamente en electricidad la energía de parte de los fotones que componen el espectro visible de la luz solar.<sup>100</sup>

<sup>98</sup> Op. cit. Ciencia ambiental- Desarrollo sostenible Un enfoque integral, p. 229.

El material más utilizado en la elaboración de células fotovoltaicas es el silicio, en sus formas monocristalina, policristalina o amorfa, como material semiconductor de base.<sup>101</sup> El proceso de fabricación de las células o celdas en sus distintas formas es el mismo, y comprende las siguientes etapas básicas:<sup>102</sup>

1. Obtención de silicio de grado metalúrgico.
2. Purificación del silicio.
3. Crecimiento de los cristales de silicio.
4. Producción de las obleas de material semiconductor base.
5. Ataque químico y texturización.
6. Formación de la unión.
7. Colocación de los contactos metálicos.
8. Tratamiento antirreflexivo.

Inicialmente las células fotovoltaicas se utilizaron en los satélites artificiales y en repetidores de radiocomunicación, en los últimos años sus aplicaciones se están extendiendo al suministro de electricidad a pueblos aislados (áreas rurales), a sistemas de agua utilizados en la agricultura y ganadería entre otras.<sup>103</sup>

La energía térmica es la conversión directa de la radiación solar en calor aprovechable con facilidad por medio del calentamiento de un fluido en circulación por conductos expuestos al sol.<sup>104</sup> Existen dos tipos de captadores: los basados en el efecto invernadero que proporcionan agua caliente sanitaria (ACS) y climatización, y los espejos concentradores que proporcionan temperaturas altas para la generación de electricidad.<sup>105</sup>

---

<sup>99</sup> Una célula fotovoltaica está formada por una unión entre dos finas láminas de material semiconductor, una de tipo p y otra de tipo n.

<sup>100</sup> Op. cit., Energías renovables, p. 140.

<sup>101</sup> Manuel Viejo, Energías eléctricas y Renovables: Turbinas y plantas generadoras/Proyecto hidroeléctrico La Yesca, México, Editorial Limusa, S.A. de C.V., 2010, p. 281.

<sup>102</sup> Ibid

<sup>103</sup> Op.cit., Energías renovables, p. 142.

<sup>104</sup> Tomás Perales, *El universo de las energías renovables*, Barcelona España, Editorial MARCOMBO, S.A, 2012, p. 24.

<sup>105</sup> Ibid

### 3.4.5 Energía Eólica

La energía eólica está basada en los desplazamientos de masas de aire como consecuencia de las diferencias de presión causadas por las alteraciones de temperatura.<sup>106</sup>

Los aerogeneradores o turbinas son utilizados en la conversión de la energía cinética del viento en electricidad, estos equipos tienen dos tipos de aplicaciones muy diferentes que son:<sup>107</sup>

- **Parques eólicos:** son zonas rurales donde se instalan un gran número de aerogeneradores de gran potencia con fines industriales, ya que la energía eléctrica producida abastece las redes públicas de distribución de electricidad. El objetivo principal de estos parques es reducir el consumo de petróleo y por consiguiente la emisión de agentes contaminantes como el CO<sub>2</sub>.
- **Instalaciones de pequeña potencia:** son instalaciones en las que se requiere generalmente una potencia comprendida entre 200 W y 20 KW. Su utilización usualmente es en cabañas de turismo rural, sistemas de bombeo de agua y alimentación de repetidores de telefonía o televisión entre otras.

### 3.4.6 Energía Oceánica

La energía de los océanos es viable a ser utilizada de cuatro formas: por el aprovechamiento del gradiente térmico, utilización de la energía cinética de las mareas, por el aprovechamiento de la energía potencial de las mareas y por el empleo de las olas.<sup>108</sup>

El autor Perales clasifica la energía de los océanos de una manera más explicativa:<sup>109</sup>

- **Maremotérmica:** es la energía térmica que se genera por la diferencia de temperatura existente entre las aguas profundas y las de la superficie.
- **Energía de las corrientes:** se basa en el aprovechamiento de la energía cinética derivada de las corrientes marinas

---

<sup>106</sup> Tomás Perales, *Guía del instalador de Energías Renovables*, México, D.F., Editorial Limusa S.A. de C.V., 2006, p. 69.

<sup>107</sup> Idem, p. 70.

<sup>108</sup> Op. cit. La Contaminación Ambiental en México, p. 836.

<sup>109</sup> Op. cit. El universo de las energías renovables, p. 173.

- **Maremotriz:** es una energía generada a partir del aprovechamiento del ciclo del ascenso y descenso del mar costero a causa de la acción gravitatoria del Sol y la Luna
- **Undimotriz o olamotriz:** es la energía que resulta del movimiento de las olas a consecuencia del rozamiento del aire con la superficie marina

### 3.4.7 Energía Geotérmica

La energía geotérmica es la “energía producida por el calor interno de la tierra mediante la excavación de hoyos por donde se bombea el fluido caliente (vapor o agua caliente a partir de la que se forma vapor) que se utiliza tanto de manera directa como indirecta por medio de intercambiadores de calor dependiendo de la temperatura del fluido de trabajo”.<sup>110</sup> Esta energía se utiliza para suministrar a los hogares agua caliente sanitaria (ACS) y calefacción, calentamiento del agua en las albercas entre otras, y para la generación de energía al pasar el vapor a través de una turbina para producir electricidad.

Por medio de pozos, las aguas subterráneas se extraen en forma de vapor y agua, y el vapor fluye a una turbina la cual genera la energía eléctrica; el agua residual se reinyecta al subsuelo para hacer el proceso sostenible. El proceso utilizado para la generación de vapor se muestra en la figura 3.26.

---

<sup>110</sup> Op. cit., De lo insostenible a lo sustentable: propuestas básicas, indicadores y casos de éxito para tomar decisiones sustentables en México, p. 205.

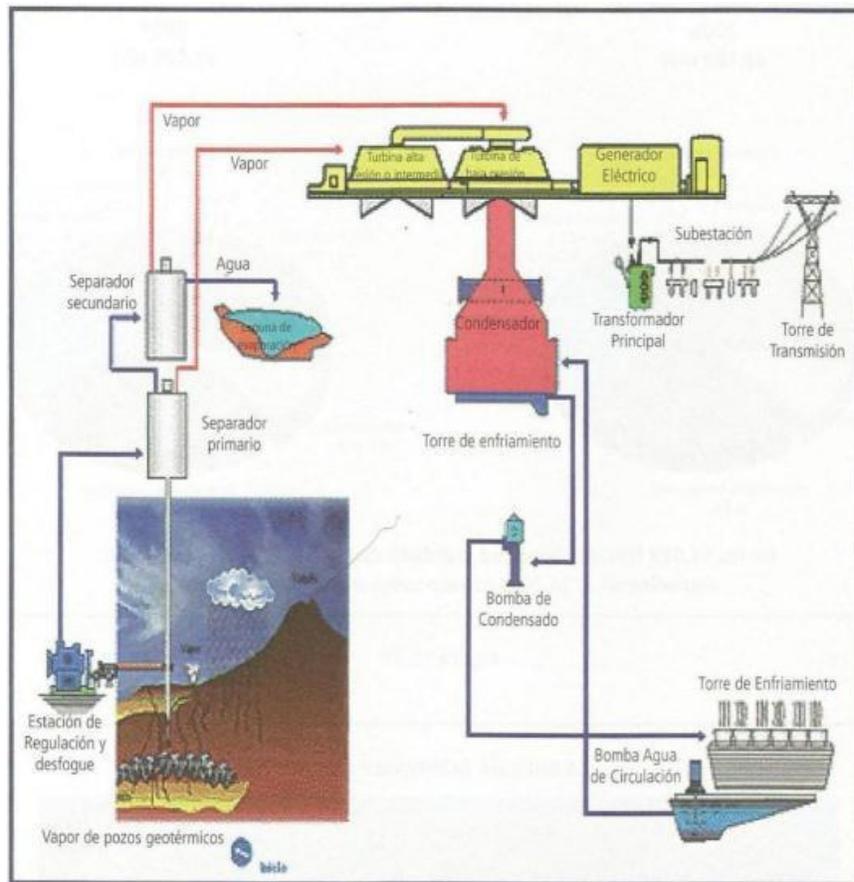


Figura 3.26. Proceso de energía geotérmica

Fuente: Viejo (2010).

## **IV. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

En el presente estudio se realizó la investigación primordialmente en dos recursos de Energía Renovable en el estado de Sinaloa: el recurso hídrico, el recurso de biomasa y los Objetivos de Desarrollo del Milenio.

### **4.1 Recurso Hídrico**

#### **4.1.1 Población**

Se tomaron las cifras del censo de población 2010 de los 18 municipios que conforman el estado de Sinaloa, y ésta, se estratificó en población urbana y rural.

#### **4.1.2 Vivienda**

En este rubro se tomaron las viviendas habitadas y se estratificaron por población urbana y rural. Las viviendas también se estratificaron en viviendas que reciben y no reciben el servicio de energía eléctrica.

#### **4.1.3 Entorno Macroeconómico**

Se tomaron las cifras reportadas al año 2012, Sinaloa tiene una contribución alta al PIB ( 27.7 %) por su actividad agrícola.

#### **4.1.4 RHA III Pacífico Norte**

El recurso hídrico es administrado por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y ha dividido el territorio mexicano en trece Regiones Hidrológicas Administrativas RHA, la Región III Pacífico Norte corresponde al estado de Sinaloa y su sede es la ciudad de Culiacán, Sin. Esta RHA proporciona los datos: Precipitación pluvial, Temperatura media anual, Agua renovable per cápita, Disponibilidad natural media total y el Grado de presión sobre el recurso hídrico.

Para el análisis se tomaron al menos series de tiempo de 5 años.

- **Precipitación pluvial:** se tomaron las cifras registradas durante el periodo 1971-2000.
- **Temperatura promedio anual:** cifras registradas del periodo 1986-2011.
- **Agua renovable per cápita:** se tomaron las cifras reportadas al 2010.
- **Disponibilidad natural media total:** cifras reportadas en el periodo 2010.
- **Grado de presión sobre el recurso hídrico:** se tomaron las cifras reportadas del 2010.

También registra los usos consuntivos del agua, la cobertura de agua potable, plantas potabilizadoras y las Reservas Potenciales de Agua (RPA). En el rubro de infraestructura hidráulica proporciona la capacidad de las presas al NAMO y su capacidad de conservación.

- **Usos consuntivos del agua:** se tomaron las cifras del periodo 2010-2011.
- **Cobertura de la población con servicio de agua potable:** cifras de los años censales de 1990 a 2010.
- **Plantas potabilizadoras:** se tomaron las cifras reportadas en año 2010.
- **Reservas Potenciales de Agua:** cifras del periodo 2010-2012.
- **Capacidad de las presas al NAMO y su capacidad de conservación:** cifras del 19 de febrero de 2014.

### **Distritos de riego**

- Volumen distribuido del agua en el sector agrícola, nacional: año agrícola 2001-2002 al 2011-2012.
- Volumen distribuido del agua en el sector agrícola, estatal:
- Superficie sembrada y cosechada, nacional: serie del año agrícola 2001-2002 al año 2011-2012.
- Superficie sembrada y cosechada, estatal: serie del año agrícola 2001-2002 al año 2011-2012.

En el estudio se tomó como muestra los once ríos que tiene el estado de Sinaloa: los ríos El Fuerte, Mocorito, Culiacán, Sinaloa, Baluarte, San Lorenzo, Piaxtla, Presidio, Elota, Quelite y Cañas. El río Culiacán está formado por el río Humaya y el río Tamazula. En estos once ríos se tomaron los datos estadísticos correspondientes a: escurrimiento medio superficial y área de la cuenca.

- Escurrimiento medio superficial, área de la cuenca y longitud del río. Cifras reportadas al 2012.

El estado de Sinaloa cuenta con cuatro estaciones meteorológicas (Mazatlán, Jaina, Culiacán, El Fuerte y El Playón): ubicadas en el norte, el centro y el sur del estado de Sinaloa y son las que proporcionan los datos de precipitación pluvial y temperatura a la CONAGUA.

### **Humedales**

- Nombre del sitio Ramsar, lugar donde se localiza, superficie y fecha de designación: cifras al 2013.

## **4.2 Recurso Biomasa**

### **4.2.1 Variables edafoclimáticas**

Altitud, precipitación, temperatura y pendiente del suelo (zonas con potencial para el cultivo de *Jatropha curcas*).

### **4.2.2 Producción de Biodiesel**

Rubros requeridos para elaborar el costo de producción: Materia prima, reactivos químicos, energía eléctrica, gas L.P., mano de obra, depreciación y mantenimiento.

### **4.2.3 Proceso de producción de Biodiesel**

Proceso de Sonotransesterificación

#### 4.2.4 Evaluación Económica Financiera

- **Estado de Resultados o Utilidad Neta:** requiere ingresos por ventas, el costo de producción los gastos de administración y venta, los gastos financieros, el ISR y el PTU.

Ventas-Costo de Producción = Utilidad Bruta – Gastos de Operación (Gastos de Administración y Ventas) = Utilidad de Operación– Gastos Financieros =Utilidad antes de impuestos – (impuestos y reparto de utilidades a los trabajadores)= **Utilidad Neta.**

- **Flujo Neto de Efectivo:** requiere para su elaboración la Utilidad Neta, la depreciación, las inversiones en equipo y capital de trabajo, las amortizaciones de capital, los incrementos o disminuciones de capital de trabajo y el valor de rescate.

Utilidad Neta + Depreciación – Inversión Total (Inversión Fija + Inversión en Capital de Trabajo) – Amortización de Capital ± Capital de Trabajo + Valor de Rescate = **Flujo Neto de Efectivo**

- **Capital de Trabajo:** son los costos de un mes del costo de producción.
- **Valor Presente Neto (VPN):** requiere para su elaboración el Flujo Neto de Efectivo (FNE) y la Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR).
- Tasa Interna de Rendimiento (TIR): requiere para su elaboración el Flujo Neto de Efectivo (FNE).

#### 4.3 Objetivos de Desarrollo del Milenio

Por ser un indicador global de calidad de vida y monitoreo de los indicadores de la población en pobreza extrema, se incluyó en el estudio y además está relacionada con los indicadores de población, viviendas que no disponen del servicio de energía eléctrica y cobertura de agua potable entre otros.

En cada uno de los 8 ODM, se tomaron los indicadores de acuerdo al Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

**Objetivo 1: Erradicar la pobreza extrema y el hambre**

- Proporción de la población con ingresos per cápita inferiores a 1.25 dólares diarios (Paridad de Poder de Compra respecto al dólar)
- Relación entre ocupación y población en edad de trabajar
- Proporción de trabajadores por cuenta propia y los no remunerados

**Objetivo 2: Lograr la enseñanza primaria universal**

- Tasa neta de matriculación en la enseñanza primaria (6 a 11 años de edad)
- Proporción de alumnos que comienzan el primer grado y llegan al último grado de enseñanza primaria
- Tasa de alfabetización de las personas de 15 a 24 años de edad
- Tasa de alfabetización de las mujeres de 15 a 24 años de edad
- Tasa de alfabetización de los hombres de 15 a 24 años de edad

**Objetivo 3: Promover la igualdad de género y el empoderamiento de la mujer**

- Razón entre niñas y niños en la enseñanza primaria
- Razón entre niñas y niños en la enseñanza secundaria
- Razón entre mujeres y hombres en la enseñanza media superior
- Razón entre mujeres y hombres en la enseñanza superior
- Proporción de mujeres en el total de asalariados en el sector no agropecuario

**Objetivo 4: Reducir la mortalidad de los niños menores de 5 años**

- Tasa de mortalidad en niños menores de 5 años (defunciones de menores de 5 años por cada mil nacidos vivos)
- Tasa de mortalidad infantil (defunciones de menores de 1 año por cada mil nacidos vivos)
- Proporción de niños de un año de edad vacunados contra el sarampión

**Objetivo 5: Mejorar la salud materna**

- Razón de mortalidad materna (defunciones por cada 100 mil nacidos vivos)
- Proporción de partos con asistencia de personal sanitario capacitado
- Prevalencia de uso de anticonceptivos en mujeres unidas en edad fértil

- Promedio de consultas prenatales por embarazada atendida en las instituciones del Sistema Nacional de Salud
- Necesidad insatisfecha de métodos anticonceptivos

**Objetivo 6: Combatir el VIH/SIDA, el paludismo y otras enfermedades**

- Tasa de incidencia asociada al paludismo (por 100 mil habitantes)
- Proporción de tratamientos otorgados a casos confirmados de paludismo en menores de 5 años, para la prevención, control y eliminación de la transmisión del Plasmodium Vivax
- Tasa de incidencia asociada a la tuberculosis (todas las formas) por 100 mil habitantes
- Tasa de mortalidad por tuberculosis (todas las formas), defunciones por cada 100 mil habitantes
- Proporción de casos nuevos de tuberculosos pulmonar que curan al terminar el tratamiento

**Objetivo 7: Garantizar la sustentabilidad del medio ambiente**

- Proporción de la población con acceso sostenible a fuentes mejoradas de abastecimiento de agua en zonas urbanas y rurales
- Proporción de la población con acceso a servicios de saneamiento mejorados, en zonas urbanas y rurales

**Objetivo 8: Fomentar una alianza mundial para el desarrollo**

- Número de suscripciones telefónicas fijas por cada 100 habitantes
- Número de suscripciones a teléfonos celulares móviles por cada 100 habitantes.

## V. ANÁLISIS DE LOS RECURSOS HÍDRICO Y BIOMASA EN EL ESTADO DE SINALOA

### 5.1 Ubicación Geográfica

A continuación en la tabla 5.1, se muestra la ubicación geográfica del estado de Sinaloa.

**Tabla 5.1.** Ubicación geográfica del estado de Sinaloa

---

Coordenadas geográficas extremas	Al norte 27°07', al sur 22°20' de latitud norte; al este 105°22', al oeste 109°30' de longitud oeste. a/
Porcentaje territorial	El estado de Sinaloa representa el 2.9% de la superficie del país. b/
Colindancias	Sinaloa colinda al norte con Sonora y Chihuahua; al este con Durango y Nayarit; al sur con Nayarit y el Océano Pacífico; al oeste con el Golfo de California y Sonora. a/

---

Fuente: INEGI (2014).

El estado de Sinaloa está conformado por 18 municipios, los cuales se muestran en la figura 5.1.



Figura 5.1. Localización de los municipios del estado de Sinaloa.

Fuente: [www.google-com.mx](http://www.google-com.mx)

Sus coordenadas geográficas se listan en la tabla 5.2.

**Tabla 5.2.** División geoestadística municipal y coordenadas geográficas de las cabeceras municipales

Clave	Municipio	Cabecera municipal	Latitud norte			Longitud oeste			Altitud (msnm)
			Grados	Minutos	Segundos	Grados	Minutos	Segundos	
1	Ahome	Los Mochis	25	47	37	108	59	49	10
2	Angostura	Angostura	25	22	2	108	9	42	20
3	Badiraguato	Badiraguato	25	21	46	107	33	3	220
4	Concordia	Concordia	23	17	13	106	3	50	120
5	Cosalá	Cosalá	24	24	51	106	41	19	380
6	Culiacán	Culiacán Rosales	24	47	31	107	23	53	60
7	Choix	Choix	26	42	36	108	19	34	230
8	Elota	La Cruz	23	55	17	106	53	31	20
10	ElFuerte	ElFuerte	26	24	59	108	37	4	90
9	Escuinapa	Escuinapa	22	50	0	105	46	41	20
11	Guasave	Guasave	25	34	24	108	28	13	20
12	Mazatlán	Mazatlán	23	14	29	106	24	35	10
13	Mocorito	Mocorito	25	28	58	107	55	16	90
18	Navolato	Navolato	24	45	56	107	42	11	20
14	Rosario	ElRosario	22	59	31	105	51	41	30
15	Salvador Alvarado	Guamúchil	25	27	52	108	4	40	50
16	San Ignacio	San Ignacio	23	56	29	106	25	27	150
17	Sinaloa	Sinaloa de Leyva	25	49	22	108	13	24	80

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2014).

## 5.2 Población

La población total del territorio mexicano, está constituida por cincuenta y cuatro millones 855 mil 231 hombres y cincuenta y siete millones 481 mil 307 mujeres, ésta se encuentra tipificada en población urbana y rural, que representa el 77.8 % y el 22.2 % del total de la población respectivamente.<sup>111</sup>

El Censo de Población y vivienda 2010, contabilizó dos millones 767 mil 761 habitantes residentes en el territorio sinaloense, el cual está integrado por 18 municipios (Ahome, Angostura, Badiraguato, Concordia, Cosalá, Culiacán, Choix, Elota, Escuinapa, El Fuerte, Guasave, Mazatlán, Mocorito, Rosario, Salvador

<sup>111</sup> Loc. cit., p. 24, p. 26.

Alvarado, San Ignacio, Sinaloa, y Navolato).<sup>112</sup> A lo largo del siglo XX, la población ha mantenido un crecimiento sostenido; entre 1910 y 1921 la tasa de crecimiento medio anual fue de sólo 0.5%, a partir de ese momento el ritmo de crecimiento fue en aumento, hasta llegar a 4.4% en la década de los sesenta, a partir de este periodo se inicia el descenso de la tasa de crecimiento, debido a la disminución de la natalidad, hasta alcanzar 0.9% en el periodo 2000-2010. En Sinaloa, la población tiende a concentrarse en las ciudades más grandes, ya que en los municipios de Culiacán, Mazatlán y Ahome residen casi 2 terceras partes de la población en 2010 (61.9%). Por otra parte, los tres municipios con menor volumen de población son Concordia, San Ignacio y Cosalá, que en conjunto concentran el 2.4 % de la población;<sup>113</sup> como se muestra en la tabla 5.3.

---

<sup>112</sup> Instituto Nacional de Geografía y Estadística (México), Anuario estadístico de Sinaloa [en línea]: Recursos en línea del Instituto Nacional de Geografía y Estadística, [Hermosillo, sonora], <[http://www.inegi.org.mx/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/anuario\\_muti/2012/sin/702825045845.pdf](http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/anuario_muti/2012/sin/702825045845.pdf)>[Consulta: 28 febrero, 2014].

<sup>113</sup> José Arturo León, Implementación de Energías Renovables en el Estado de Sinaloa, XXXIV Encuentro Nacional y III Congreso Internacional de la AMIDIQ, Mazatlán, Sin., 7 al 10 de mayo de 2013.

**Tabla 5.3. POBLACIÓN DEL ESTADO DE SINALOA AL AÑO 2010**

Nombre del Municipio	Población Total	Población Urbana	Población Rural	% Población Urbana	% Población Rural	% Población Total
Ahome	416,299	334,941	81,358	80	20	15
Angostura	44,993	23,137	21,856	51	49	2
Badiraguato	29,999	3,725	26,274	12	88	1
Concordia	28,493	8,328	20,165	29	71	1
Cosalá	16,697	6,577	10,120	39	61	1
Culiacán	858,638	742,790	115,848	87	13	31
Choix	32,998	9,306	23,692	28	72	1
Elota	42,907	15,657	27,250	36	64	2
Escuinapa	54,131	43,695	10,436	81	19	2
El Fuerte	97,536	38,873	58,663	40	60	4
Guasave	285,912	182,293	103,619	64	36	10
Mazatlán	438,434	406,981	31,453	93	7	16
Mocorito	45,847	11,767	34,080	26	74	2
Rosario	49,380	20,054	29,326	41	59	2
Salvador Alvarado	79,085	69,223	9,862	88	12	3
San Ignacio	22,527	8,093	14,434	36	64	1
Sinaloa	88,282	17,431	70,851	20	80	3
Navolato	135,603	72,896	62,707	54	46	5
<b>Total Entidad</b>	<b>2,767,761</b>	<b>2,015,767</b>	<b>751,994</b>	<b>73</b>	<b>27</b>	<b>100</b>

Fuente: León (2013).

Se estratificó la población de la entidad, en población urbana y rural, encontrándose que la población urbana y rural están constituidas por un 73% y 27% respectivamente. Del total de la población rural (751,994 personas), los municipios de Badiraguato, Concordia, Choix, Mocorito y Sinaloa, presentan porcentajes altos (entre un 70% al 80%) con respecto a la población de cada uno de ellos; y los municipios de Culiacán, Salvador Alvarado y Mazatlán presentan porcentajes bajos (de un 7% al 13%).<sup>114</sup>

### 5.3 Vivienda

Con respecto al total de viviendas (707,320 viviendas), el municipio de Culiacán tiene la mayor cantidad de viviendas particulares habitadas en la entidad, alcanzando un total de 217,362, cifra que representa el 30.7% del total estatal. Ocho municipios registran un promedio de ocupantes por vivienda superior al estatal (3.9),

<sup>114</sup> Ibid.

encabezados por Cosalá con 4.5 habitantes por vivienda. Por otra parte, seis municipios se ubican por debajo de la media estatal por el número de habitantes por vivienda que registran: Ahome, Angostura, Rosario, Salvador Alvarado, San Ignacio y Mazatlán. Mientras que Culiacán, Mocorito, Badiraguato y Concordia igualan el promedio estatal.<sup>115</sup>

### 5.3.1 Viviendas que disponen de Energía Eléctrica

La electricidad es uno de los servicios que mayor cobertura tiene en el estado, ya que un 98.8% de las viviendas particulares habitadas cuentan con él. El municipio con mayor proporción de este servicio es Salvador Alvarado con 99.8%, seguido de Mazatlán con 99.5% y Ahome, Angostura y Culiacán con un 99.4%,<sup>116</sup> que se muestran en la tabla 5.4.

**Tabla 5.4. VIVIENDAS PARTICULARES HABITADAS QUE DISPONEN DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

Nombre del Municipio	Total de viviendas	Viviendas particulares habitadas que disponen de luz eléctrica	Viviendas particulares habitadas que no disponen de luz eléctrica	Promedio de ocupantes en viviendas particulares habitadas	Población sin servicio de luz eléctrica
<u>Ahome</u>	108,283	107,587	696	3.8	2,652
Angostura	11,776	11,710	66	3.8	251
<u>Badiraguato</u>	7,523	5,868	1,655	3.9	6,521
Concordia	7,336	6,927	409	3.9	1,587
<u>Cosalá</u>	3,656	3,570	86	4.5	387
Culiacán	217,362	215,997	1,365	3.9	5,310
<u>Choix</u>	7,829	7,111	718	4.2	3,001
<u>Elota</u>	10,253	10,134	119	4.2	494
<u>Escuinapa</u>	13,186	13,031	155	4.0	625
El Fuerte	23,807	23,231	576	4.1	2,344
Guasave	70,398	69,928	470	4.0	1,899
Mazatlán	121,551	120,895	656	3.6	2,335
<u>Mocorito</u>	11,633	11,485	148	3.9	580
Rosario	12,768	12,423	345	3.8	1,325
Salvador Alvarado	20,448	20,400	48	3.8	184
San Ignacio	5,828	5,610	218	3.8	837
Sinaloa	20,674	19,926	748	4.3	3,179
<u>Navolato</u>	33,009	32,791	218	4.1	889
<b>Total Entidad</b>	<b>707,320</b>	<b>698,624</b>	<b>8,696</b>	<b>3.9</b>	<b>34,400</b>

Fuente: León (2013).

<sup>115</sup> Ibid.

<sup>116</sup> Ibid.

### 5.3.2 Viviendas del sector rural que no disponen de Energía Eléctrica

Sinaloa registra un total de 184,909 viviendas en el sector rural, que representa un 26.1% del total de viviendas. Los municipios de Culiacán, Guasave y Ahome registran la mayor cantidad de viviendas, con porcentajes de 14.8%, 13.7% y 10.5% respectivamente. Sinaloa cuenta con 6,616 viviendas particulares del sector rural habitadas que no disponen de luz eléctrica, que representa el 3.6 % del total de viviendas del sector rural, que en términos de habitantes es de 26,280 personas. El municipio de Badiraguato, es el que presenta el porcentaje más elevado (24.8%) y Angostura, el que registra el porcentaje más bajo (0.6%) de viviendas particulares habitadas que no disponen de luz eléctrica,<sup>117</sup> ver tabla 5.5.

**Tabla 5.5.** VIVIENDAS PARTICULARES DEL SECTOR RURAL HABITADAS QUE NO DISPONEN DE LUZ ELÉCTRICA

Nombre del Municipio	Total de viviendas	Viviendas particulares habitadas que disponen de luz eléctrica	Viviendas particulares habitadas que no disponen de luz eléctrica	Promedio de ocupantes en viviendas particulares habitadas	Población sin servicio de luz eléctrica
Ahome	19,457	19,117	340	3.8	1,292
Angostura	5,668	5,633	35	3.8	133
Badiraguato	6,651	5,002	1,649	3.9	6,431
Concordia	5,237	4,875	362	3.9	1,412
Cosalá	2,253	2,184	69	4.5	311
Culiacán	27,308	26,572	736	3.9	2,870
Choix	5,664	4,969	695	4.2	2,919
Elota	6,486	6,396	90	4.2	378
Escuinapa	2,605	2,547	58	4.0	232
El Fuerte	14,179	13,703	476	4.1	1,952
Guasave	25,274	25,038	236	4.0	944
Mazatlán	8,983	8,792	191	3.6	688
Mocorito	8,839	8,698	141	3.9	550
Rosario	7,572	7,282	290	3.8	1,102
Salvador Alvarado	2,756	2,552	204	3.8	775
San Ignacio	3,873	3,669	204	3.8	775
Sinaloa	16,537	15,809	728	4.2	3,058
Navolato	15,567	15,455	112	4.1	459
<b>Total Entidad</b>	<b>184,909</b>	<b>178,293</b>	<b>6,616</b>	<b>3.9</b>	<b>26,280</b>

Fuente: León (2013).

<sup>117</sup> Ibid.

## 5.4 Entorno Macroeconómico

El Producto Interno está conformado por las cuentas nacionales:

- **Actividades primarias:** están integradas por la agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza.
- **Actividades secundarias:** están conformadas por la minería, industria manufacturera, construcción y la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica y suministro de gas por ductos al consumidor final.
- **Actividades terciarias:** están integradas por las empresas de servicio, comercio, comunicación y turismo.

El Producto Interno Bruto nacional en 2012 mostró una variación anual de 3.9% en términos reales con relación a 2011.

El estado de Sinaloa registró en el PIB total una variación anual del 4.5%, en las actividades primarias tuvo un 27.7%, en las actividades secundarias registró un descenso de anual de -2.8% y en las actividades terciarias registró un incremento del 4.0%; estas variaciones anuales del PIB se muestran en la tabla 5.6.

La actividad económica preponderante en el estado de Sinaloa es la agricultura, tal que en el periodo 2012, registró en la cuenta nacional de actividades primarias, una variación anual del 27.7% que está por arriba del promedio nacional.

**Tabla 5.6.** Variación porcentual anual del PIB

Estado	2012			
	Total	Actividades		
		Primarias	Secundarias	Terciarias
<b>Total Nacional</b>	<b>3.9</b>	<b>8.3</b>	<b>2.6</b>	<b>4.5</b>
Aguascalientes	3.9	5.8	2.0	5.4
Baja California	4.2	6.9	5.2	3.5
Baja California Sur	3.1	10.5	(-) 3.3	4.9
Campeche	(-) 1.0	(-) 1.1	(-) 1.7	4.9
Coahuila de Zaragoza	5.3	0.5	5.9	4.9
Colima	3.9	(-) 10.7	5.0	4.7
Chiapas	2.6	(-) 3.5	1.2	4.1
Chihuahua	5.9	7.7	10.0	3.6
Distrito Federal	4.3	(-) 2.3	1.7	4.7
Durango	2.8	12.7	1.7	2.1
Estado de México	3.4	16.4	0.4	4.8
Guanajuato	5.4	1.8	6.7	4.8
Guerrero	1.2	(-) 2.5	(-) 1.1	2.1
Hidalgo	2.9	15.5	0.9	3.8
Jalisco	3.5	4.4	1.4	4.5
Michoacán de Ocampo	2.1	6.7	(-) 4.0	3.8
Morelos	4.6	4.2	4.9	4.4
Nayarit	1.4	3.9	1.8	1.0
Nuevo León	4.5	(-) 1.6	2.8	5.6
Oaxaca	3.3	5.6	4.1	2.7
Puebla	6.8	14.9	9.8	4.6
Querétaro	5.4	14.4	6.0	4.6
Quintana Roo	6.8	(-) 10.1	9.7	6.6
San Luis Potosí	6.2	4.5	9.5	3.6
<b>Sinaloa</b>	<b>4.5</b>	<b>27.7</b>	<b>(-) 2.8</b>	<b>4.0</b>
Sonora	5.6	14.1	6.0	4.3
Tabasco	2.5	11.1	1.2	5.4
Tamaulipas	3.2	7.5	1.2	4.3
Tlaxcala	4.1	57.7	0.6	3.7
Veracruz de Ignacio de la Llave	3.9	5.0	3.5	4.1
Yucatán	4.2	1.3	1.7	5.6
Zacatecas	5.0	29.0	2.4	3.9

Fuente: INEGI (2014).

## 5.5 Objetivos de Desarrollo del Milenio

Referente a los Objetivos del Desarrollo del Milenio:

1. Erradicar la pobreza extrema y el hambre
2. Lograr la enseñanza primaria universal
3. Promover la igualdad de género y el empoderamiento de la mujer
4. Reducir la mortalidad de los niños menores de 5 años
5. Mejorar la salud materna
6. Combatir el VIH/SIDA, el paludismo y otras enfermedades
7. Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente
8. Fomentar una alianza mundial para el desarrollo

El estado de Sinaloa se encuentra en la misma posición que la media nacional en el Objetivo 2 y debajo de la media nacional en el Objetivo 6; y en los objetivos restantes presenta un mejor desempeño que la media nacional. En la figura 5.2, se muestra la gráfica de los ODM a nivel nacional y estatal.

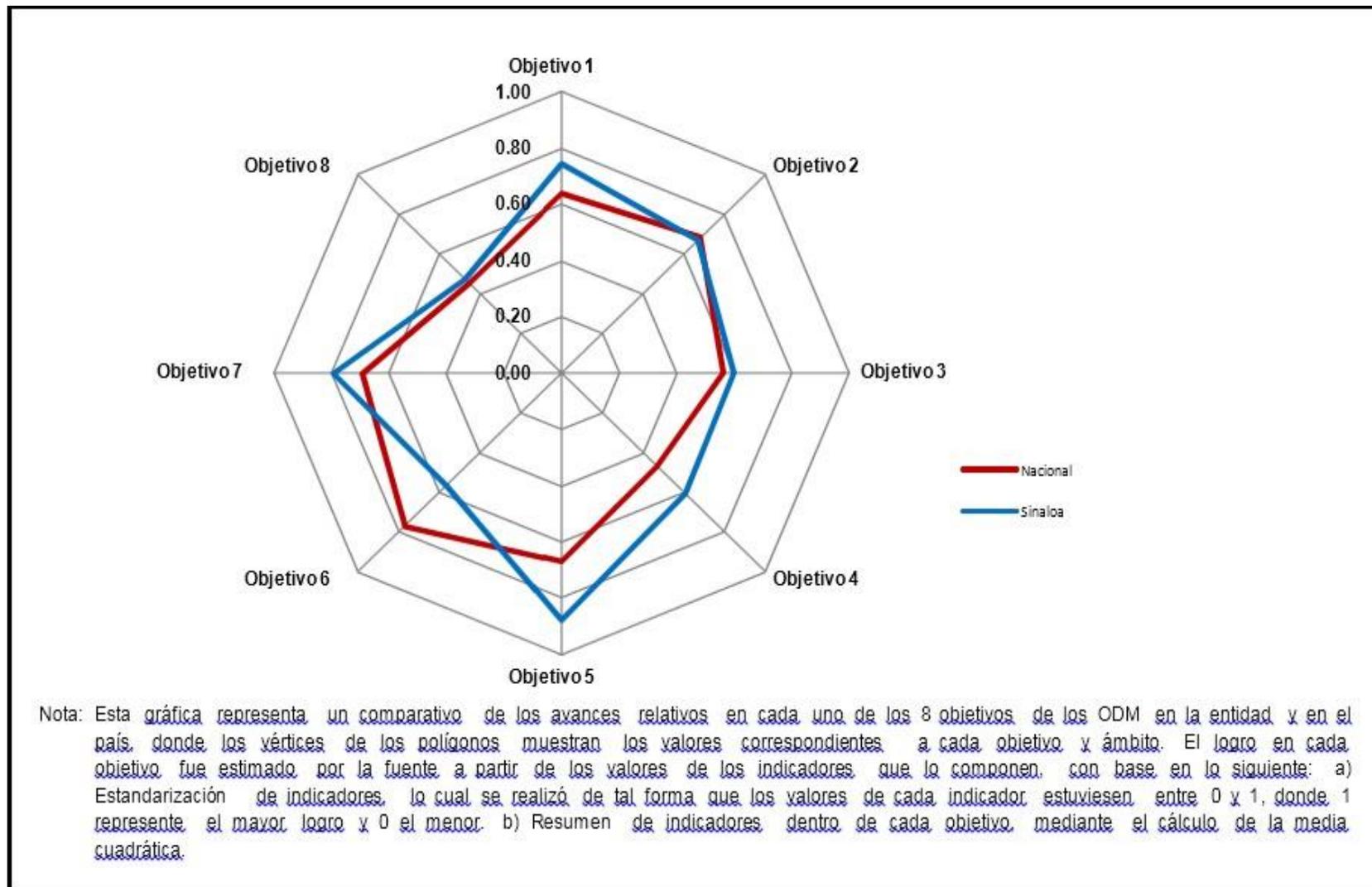


Figura 5.2. Objetivos de Desarrollo del Milenio nacional y estado

Fuente: INEGI (2014).

El consejo Nacional de Evaluación (CONEVAL) informó que se logró disminuir la pobreza extrema en un 20% en el periodo de 2010-2012, pasando de un registro de 156 mil 300 en 2010 a 130 mil 200 personas en pobreza extrema en el informe de la Medición de la Pobreza.<sup>118</sup> En la figura 5.3, se muestra el decrecimiento de la población en pobreza extrema en el periodo comprendido de 2010 a 2012.

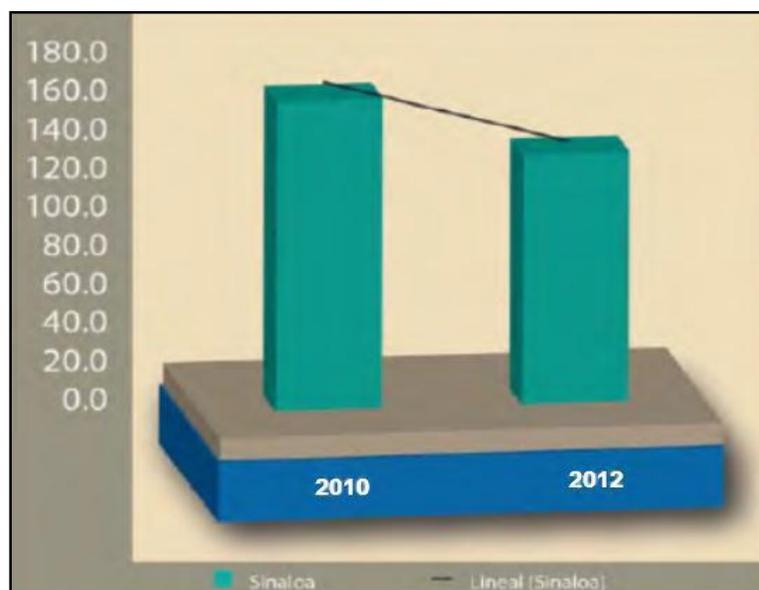


Figura 5.3. Población en pobreza extrema en Sinaloa.  
Fuente: López (2013).

El gobierno de Sinaloa en coordinación con el fideicomiso “Fondo de Garantías Complementarias y Apoyo a Proyectos Productivos del Estado de Sinaloa” (FOGAES), se entregaron 12 millones 140 mil pesos para la creación de micro y pequeñas empresas a población en situación de pobreza. Este apoyo económico se entregó a 607 emprendedores y emprendedoras sociales de 17 municipios, que consistió en créditos de 20 mil pesos para cada emprendedor(a).<sup>119</sup> En la tabla 5.7, se listan los municipios y los proyectos aprobados por FOGAES en 2013.

<sup>118</sup> Mario López, *3er Informe de Gobierno*, México, Gobierno del estado de Sinaloa, 2013, p. 322.

<sup>119</sup> Idem, p. 323.

**Tabla 5.7.** Proyectos aprobados por FOGAES en 2013

Municipio	Proyectos aprobados
Ahome	44
Angostura	26
Badiraguato	9
Choix	1
Concordia	1
Cosalá	2
Culiacán	312
El Fuerte	9
Elota	4
Escuinapa	2
Guasave	33
Mazatlán	63
Mocorito	14
Navolato	30
Salvador Alvarado	18
San Ignacio	11
Sinaloa	28
Total	607

Fuente: López (2013).

A continuación en la tabla 5.8, se muestran los principales indicadores de desarrollo humano con servicios en el estado y municipios al 2005. Se observa que los municipios Salvador Alvarado, Mazatlán y Culiacán son los que tienen un mayor índice de desarrollo humano con servicios y los municipios de Badiraguato, Choix, Sinaloa y Cosalá muestran un menor índice de desarrollo humano en los servicios de agua entubada, drenaje y electricidad.<sup>120</sup>

<sup>120</sup> Op. cit., Anuario estadístico y geográfico por entidad federativa 2013.

**Tabla 5.8.** Principales indicadores de desarrollo humano en el estado y municipios al 17 de octubre de 2005

Estado y municipio	Índice de agua entubada	Índice de drenaje	Índice de electricidad	Índice de desarrollo humano con servicios	
				Índice	Rango
<b>Estado</b>	<b>0.9296</b>	<b>0.8628</b>	<b>0.9708</b>	<b>0.8712</b>	<b>9</b>
Ahome	0.9792	0.8923	0.9866	0.8882	4
Angostura	0.9601	0.8960	0.9838	0.8818	5
Badiraguato	0.3509	0.4331	0.5237	0.6883	18
Choix	0.6608	0.5767	0.8272	0.7676	17
Concordia	0.8944	0.7568	0.9429	0.8534	10
Cosalá	0.8367	0.6686	0.8873	0.8139	15
Culiacán	0.9564	0.9347	0.9784	0.8889	3
El Fuerte	0.9157	0.5932	0.9729	0.8318	12
Elota	0.9702	0.7431	0.9760	0.8510	11
Escuinapa	0.8987	0.8677	0.9782	0.8584	7
Guasave	0.8878	0.8070	0.9901	0.8595	6
Mazatlán	0.9812	0.9567	0.9831	0.8913	2
Mocorito	0.7487	0.7773	0.9773	0.8232	14
Navolato	0.9325	0.8544	0.9700	0.8537	9
Rosario	0.8886	0.8200	0.9578	0.8538	8
Salvador Alvarado	0.9653	0.9656	0.9938	0.9013	1
San Ignacio	0.8505	0.7504	0.9579	0.8246	13
Sinaloa	0.8073	0.5177	0.9375	0.8011	16

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2014).

Respecto a los indicadores de Desarrollo Humano (género y alfabetización), los municipios que presentan un menor índice son los municipios de Badiraguato, Choix, Cosalá, Mocorito, San Ignacio y Sinaloa; y los municipios con un mayor índice son los municipios de Ahome, Culiacán, Mazatlán y Salvador Alvarado<sup>121</sup>; como se muestra en la tabla 5.9.

<sup>121</sup> Op.cit., Anuario estadístico y geográfico por entidad federativa

**Tabla 5.9.** Indicadores de Desarrollo Humano relativo al género y a la alfabetización

Estado y municipio	PIB per cápita (Pesos a precio de 1993)	Índice de desarrollo humano per cápita	Índice de desarrollo humano relativo al género	Índice de alfabetización (15 o más años)
<b>Estado</b>	<b>12,544.10</b>	<b>0.8038</b>	<b>0.7986</b>	<b>0.9349</b>
Ahome	13,425.60	0.8141	0.8082	0.9598
Angostura	8,674.31	0.7854	0.7721	0.9304
Badiraguato	4,768.02	0.7288	0.7064	0.8503
Choix	6,289.61	0.7395	0.7316	0.8309
Concordia	9,522.04	0.7895	0.7795	0.8993
Cosalá	6,979.61	0.7551	0.7455	0.8492
<b>Culiacán</b>	<b>14,078.00</b>	<b>0.8161</b>	<b>0.8112</b>	<b>0.9482</b>
El Fuerte	10,077.90	0.7835	0.7772	0.9126
Elota	12,306.10	0.7908	0.7867	0.8516
Escuinapa	9,499.44	0.7777	0.7738	0.9216
Guasave	11,273.30	0.7948	0.7887	0.9252
Mazatlán	14,654.50	0.8150	0.8098	0.9653
Mocorito	8,740.78	0.7646	0.7565	0.8729
Navolato	12,054.60	0.7848	0.7798	0.9002
Rosario	9,438.93	0.7814	0.7753	0.9141
Salvador Alvarado	12,472.80	0.8156	0.8070	0.9497
San Ignacio	9,346.76	0.7636	0.7484	0.8762
Sinaloa	7,587.28	0.7614	0.7531	0.8534

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI (2014).

Referente a los indicadores de pobreza, privación social, indicadores de carencia social y bienestar económico, a nivel estatal se muestran en la tabla 5.10, el indicador de carencia social presenta un mayor porcentaje de personas.<sup>122</sup>

<sup>122</sup> Op. cit., Anuario estadístico y geográfico por entidad federativa.

**Tabla 5.10.** Indicadores de Pobreza, Privación social, Carencia social y Bienestar económico

Indicador	Personas	Porcentaje de personas
<b>Pobreza</b>		
En situación de pobreza	1,011,013	36.5
En situación de pobreza moderada	860,841	31.1
En situación de pobreza extrema	150,172	5.4
Vulnerables por carencias sociales	936,256	33.8
Vulnerables por ingresos	212,923	7.7
No pobres y no vulnerables	611,837	22.1
<b>Privación social</b>		
Con al menos una carencia social	1,947,269	70.2
Con tres o más carencias sociales	530,288	19.1
<b>Indicadores de carencia social</b>		
Rezago educativo	532,343	19.2
Con carencia por acceso a los servicios de salud	639,644	23.1
Con carencia por acceso a la seguridad social	1,480,008	53.4
Con carencia por calidad y espacios de la vivienda	231,479	8.4
Con carencia por acceso a los servicios básicos en la vivienda	427,429	15.4
Con carencia por acceso a la alimentación	675,498	24.4
<b>Bienestar económico</b>		
Con ingreso inferior a la línea de bienestar	1,223,936	44.2
Con ingreso inferior a la línea de bienestar mínimo	390,701	14.1

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2014).

Finalmente se presenta la tabla 5.11, referente al indicador de Pobreza, Pobreza extrema, Pobreza moderada; y Población no pobre y no vulnerable a nivel estatal y por municipio.<sup>123</sup>

- En el indicador de Pobreza los municipios de Badiraguato, Choix, Cosalá, San Ignacio y Sinaloa son los que presentan el mayor porcentaje de personas.
- En el indicador de pobreza extrema los municipios que presentan un mayor porcentaje de personas, son los municipios de Badiraguato, Choix, Cosalá y Sinaloa.
- En el indicador de Pobreza moderada se encuentran los municipios de Badiraguato Choix y San Ignacio.

<sup>123</sup> Op. cit. Anuario estadístico y geográfico por entidad federativa.

- El indicador de Población no pobre y no vulnerable, presenta a los municipios de Ahome, Culiacán y Mazatlán como los que tienen un mejor status y calidad de vida.

**Tabla 5.11.** Indicadores seleccionados de pobreza para el estado y municipios, 2010

Municipio	Pobreza			Pobreza extrema			Pobreza moderada			Población no pobre y no vulnerable
	Personas	Porcentaje de personas	Promedio de carencias	Personas	Porcentaje de personas	Promedio de carencias	Personas	Porcentaje de personas	Promedio de carencias	
<b>Estado</b>	<b>1,011,013</b>	<b>36.5</b>	<b>2.3</b>	<b>150,172</b>	<b>5.4</b>	<b>3.7</b>	<b>860,841</b>	<b>31.1</b>	<b>2.0</b>	<b>611,837</b>
Ahome	136,582	30.6	2.1	14,227	3.2	3.4	122,354	27.4	2.0	107,356
Angostura	21,593	52.4	2.0	2,968	7.2	3.4	18,625	45.2	1.8	4,497
Badiraguato	23,547	74.8	2.7	6,646	21.1	3.9	16,901	53.7	2.2	646
Choix	24,069	79.1	2.9	8,650	28.4	3.9	15,419	50.7	2.2	787
Concordia	13,097	52.6	2.6	3,029	12.2	4.0	10,068	40.4	2.2	2,155
Cosalá	9,039	66.1	2.6	2,403	17.6	3.6	6,636	48.5	2.2	545
<b>Culiacán</b>	<b>254,056</b>	<b>29.8</b>	<b>2.1</b>	<b>25,544</b>	<b>3.0</b>	<b>3.5</b>	<b>228,512</b>	<b>26.8</b>	<b>2.0</b>	<b>245,984</b>
El Fuerte	44,783	48.7	2.5	9,897	10.8	3.8	34,885	37.9	2.2	12,907
Elota	23,271	56.8	2.5	5,339	13.0	3.9	17,931	43.8	2.1	3,102
Escuinapa	24,134	50.3	2.3	4,165	8.7	3.5	19,968	41.6	2.0	5,682
Guasave	128,744	40.8	2.4	18,638	5.9	3.6	110,106	34.9	2.1	49,565
Mazatlán	119,926	28.1	2.1	12,553	2.9	3.7	107,372	25.2	1.9	120,716
Mocorito	23,663	56.8	2.4	4,545	10.9	3.7	19,117	45.9	2.1	2,689
Navolato	43,721	33.1	2.2	6,109	4.6	3.8	37,612	28.5	1.9	27,816
Rosario	25,420	59.5	2.3	5,541	13.0	3.8	19,880	46.5	1.9	3,636
Salvador Alvarado	27,475	32.8	2.1	2,547	3.0	3.5	24,927	29.8	1.9	18,038
San Ignacio	12,240	61.3	2.2	1,985	9.9	3.7	10,255	51.4	1.9	1,280
Sinaloa	55,655	63.0	2.6	15,384	17.4	3.9	40,271	45.6	2.2	4,435

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2014).

El gobierno del estado de Sinaloa ha otorgado apoyos a través del Programa de Desarrollo Humano Oportunidades a los dieciocho municipios en los rubros de alimentación, adultos mayores, educación, infantil vivir mejor y energético; los cuales se muestran en la tabla 5.12.

**Tabla 5.12.** Principales características de los apoyos emitidos a través del Programa Humano Desarrollo Oportunidades por municipio 2011

Municipio	Monto de los apoyos económicos emitidos (Pesos)					
	Total	Alimentación	Adultos mayores	Educación	Infantil Vivir Mejor	Energético
<b>Estado</b>	<b>1,330,513,800</b>	<b>524,806,625</b>	<b>3,821,870</b>	<b>626,260,295</b>	<b>85,893,085</b>	<b>89,731,925</b>
Ahome	156,828,495	61,165,795	512,410	74,045,315	10,672,045	10,432,930
Angostura	32,853,535	11,943,435	0	17,116,980	1,774,600	2,018,520
Badiraguato	52,645,815	23,188,960	0	22,326,745	3,120,150	4,009,960
Choix	44,899,770	20,101,785	610	18,484,745	2,836,170	3,476,460
Concordia	25,328,705	10,539,870	0	11,318,365	1,648,630	1,821,840
Cosalá	22,007,355	8,844,270	0	10,447,235	1,205,320	1,510,530
<b>Culiacán</b>	<b>249,559,660</b>	<b>95,724,645</b>	<b>17,558,201</b>	<b>117,172,150</b>	<b>18,489,100</b>	<b>6,417,945</b>
El Fuerte	90,171,975	38,450,460	0	39,781,965	5,314,080	6,625,470
Elota	35,432,570	13,845,960	35,690	16,799,845	2,381,315	2,369,760
Escuinapa	36,314,090	13,439,130	57,250	17,853,435	2,656,505	2,307,770
Guasave	160,974,605	58,948,245	281,020	82,718,160	9,173,920	9,853,260
Mazatlán	89,484,395	33,966,050	735,350	42,300,350	6,623,755	5,858,890
Mocorito	49,038,555	20,150,110	0	22,892,480	2,558,645	3,437,320
Navolato	91,000,615	36,770,755	43,290	41,404,345	6,474,655	6,307,570
Rosario	39,045,980	15,036,065	14,470	19,047,400	2,363,785	2,584,260
Salvador Alvarado	26,205,635	9,763,960	385,960	12,872,355	1,505,380	1,677,980
San Ignacio	28,639,595	11,784,845	0	13,315,705	1,499,545	2,039,500
Sinaloa	100,082,450	41,142,285	0	46,362,720	5,595,485	6,981,960

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2014).

## 5.6 Análisis del Recurso Hídrico

### 5.6.1 Regiones Hidrológicas-Administrativas para la Gestión del Agua

Los organismos de cuenca son los responsables de administrar y preservar las aguas nacionales en cada una de las trece regiones hidrológicas administrativas en que se divide el país.

Actualmente el país cuenta con 731 cuencas hidrológicas y éstas conforman 37 regiones hidrológicas, que a su vez se agrupan en 13 regiones hidrológicas-administrativas.<sup>124</sup>

En la tabla 5.13, se listan las regiones hidrológicas y sus ciudades sedes.<sup>125</sup>

<sup>124</sup> Op. cit., Atlas del Agua en México 2012.

<sup>125</sup> Op. cit. Estadísticas del Agua en México, edición 2012.

**Tabla 5.13.** Regiones Hidrológicas Administrativas y sus ciudades sedes

No.	Región hidrológica administrativa	Ciudad sede
I	Península de Baja California	Mexicali, Baja California
II	Noroeste	Hermosillo, Sonora
III	Pacífico Norte	Culiacán, Sinaloa
IV	Balsas	Cuernavaca, Morelos
V	Pacífico Sur	Oaxaca, Oaxaca
VI	Río Bravo	Monterrey, Nuevo León
VI	Cuencas Centrales del Norte	Torreón, Coahuila
VIII	Lerma Santiago Pacifico	Guadalajara, Jalisco
IX	Golfo Norte	Ciudad Victoria, Tamaulipas
X	Golfo Centro	Jalapa, Veracruz
XI	Frontera Sur	Tuxtla Gutiérrez, Chiapas
XII	Península de Yucatán	Mérida, Yucatán
XIII	Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala	México, D. F.

Fuente: CONAGUA (2014).

#### 5.6.1.1 Estaciones Hidrométricas

Al 2010, México cuenta con 368 estaciones hidrométricas,<sup>126</sup> y que sirven para conocer la cantidad, disponibilidad del recurso y su distribución entre usuarios. Actualmente existe una marcada concentración de estaciones en las regiones hidrológicas administrativas IV, VIII, X y XI, en contraste con las regiones I, VI, VII, IX y XII.<sup>127</sup>

#### 5.6.1.2 Estaciones Climatológicas

Al 2012 México tenía registradas 3,817 estaciones oficiales en operación.<sup>128</sup> Estas miden las variables climatológicas e hidrométricas que se registran en el país. 1,064 son estaciones de referencia de donde se obtienen datos que determinan el

<sup>126</sup> Una estación hidrométrica mide la cantidad de agua que fluye y es almacenada en ríos, canales, tuberías y presas

<sup>127</sup> Op. cit., Atlas del Agua en México, Edición 2012.

<sup>128</sup> Las estaciones climatológicas miden temperatura, precipitación pluvial, evaporación, velocidad y dirección del viento.

comportamiento normal del clima nacional.<sup>129</sup> El estado de Sinaloa cuenta con 5 estaciones climatológicas, en la figura 5.4, se muestran las variables climatológicas de un reporte de la Facultad de Biología de la Universidad Autónoma de Sinaloa localizada en la ciudad de Culiacán, Sin.

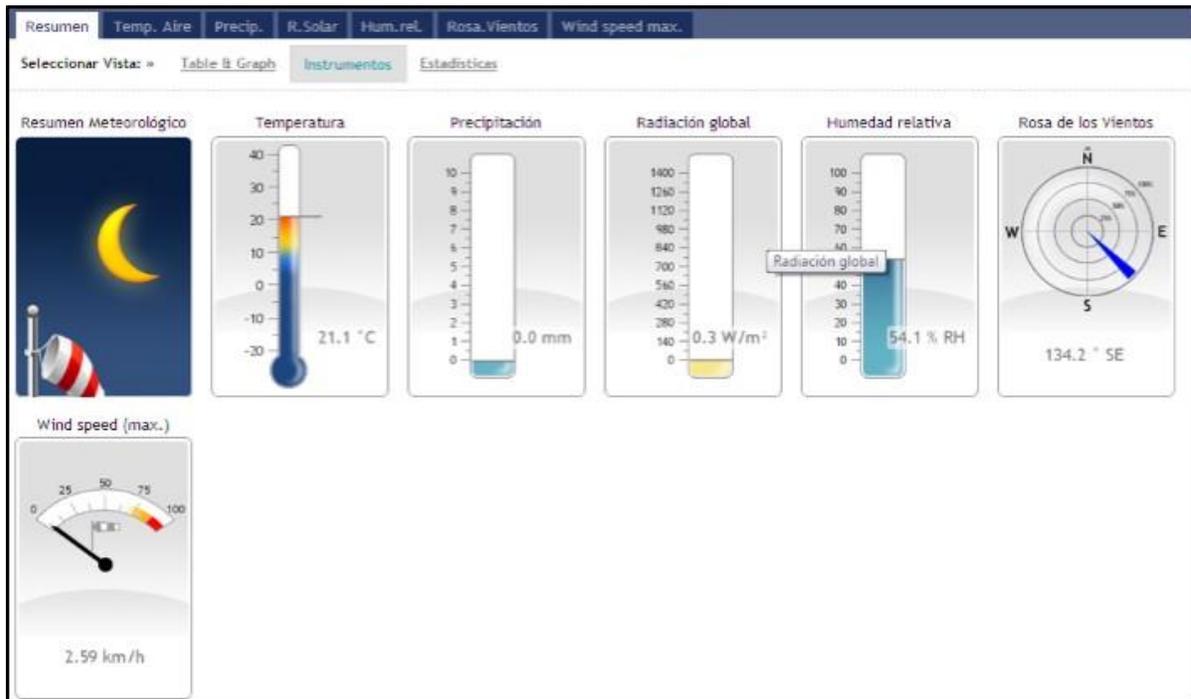


Figura 5.4. Resumen de la Estación Clima UAS  
Fuente: Elaboración propia con datos de Agrience (2014).

Así mismo, en la tabla 5.14, se muestran los registros del día (16 febrero de 2014) y un comparativo con respecto a una semana, un mes y un año anterior.

<sup>129</sup> Op. cit., Atlas del Agua en México, Edición 2012.

**Tabla 5.14.** Reporte climatológico de la Facultad de Biología de la UAS

Variable climatológica	16/feb/2014	7 días	Mes	año
Temperatura MED (°C)	23.9	22.5	21.0	21.4
Precipitación SUM (mm)	0.0	0.0	0.0	2.0
Radiación global MAX (W/m <sup>2</sup> )	886.7	886.7	886.7	924.8
Humedad relativa MED (% RH)	54.5	64.7	62.6	61.8
Velocidad del viento MED (Km/h)	5.82	6.12	6.12	6.29
Rosa de los vientos MED (*)	202.0	205.0	206.8	192.2
Velocidad del viento MAX (Km/h)	17.65	18.75	19.06	19.85

Fuente: Elaboración propia con datos de Agrilance (2014).

La CONAGUA opera las siguiente cinco estaciones metereológicas las cuales se encuentran localizadas en la región norte, centro y sur del estado de Sinaloa;<sup>130</sup> como se muestra en la tabla 5.15.

**Tabla 5.15.** Estaciones metereológicas

Clave	Estación	Latitud norte			Longitud oeste			Altitud (msnm)
		Grados	Minutos	Segundos	Grados	Minutos	Segundos	
25-031	Mazatlán	23	15	24	106	24	52	10
25-028	Jaina	25	54	7	108	1	4	110
25-081	<b>Culiacán</b>	24	47	41	107	23	24	60
25-022	El Fuerte	26	26	11	108	36	51	84
25-116	El Playón	25	13	16	108	11	45	50

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2014).

Las estaciones metereologicas se encuentran ubicadas en los siguientes municipios, como se listan en la tabla 5.16.

<sup>130</sup> Op. cit. Anuario estadístico de Sinaloa 2012

**Tabla 5.16.** Ubicación de las estaciones en los municipios

Estación	Municipio
Mazatlán	Mazatlán
Jaina	Sinaloa
Culiacán	Culiacán
El Fuerte	El Fuerte
El Playón	Angostura

Fuente: Elaboración propia con datos de Portillo (2014).

A continuación se presentan la temperatura media anual del periodo de 1986 a 2011 de las cuatro principales estaciones meteorológicas del estado de Sinaloa, como se observa en la tabla 5.17.

**Tabla 5.17.** Temperatura media anual (grados centígrados)

Estación	Periodo	Temperatura promedio	Temperatura del año más frío	Temperatura del año más caluroso
Mazatlán	De 1986 a 2011	24.7	19.6	25.4
Jaina	De 1986 a 2011	24.7	23.8	25.1
<b>Culiacán</b>	De 1986 a 2011	25.7	24.5	26.8
El Fuerte	De 1986 a 2011	25.3	24.1	26.9
El Playón	De 1986 a 2011	23.9	23.3	24.7

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2014).

Se observa que la temperatura promedio en el periodo de 1986 a 2011, de las cinco estaciones meteorológicas, osciló entre un rango de 23.9 a 25.7 grados centígrados.

También en la tabla 5.18, se muestran la temperatura media mensual del mes de enero a diciembre del 2011, así como también la temperatura promedio de enero a diciembre del año más frío y caluroso del periodo de 1986 a 2011.

**Tabla 5.18.** Temperatura media mensual (grados centígrados)

Estación Concepto	Periodo	Mes											
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Mazatlán	2011	18.1	17.2	20.3	22.5	26	28.7	28.9	29.2	29.8	28.6	23.9	18.8
Promedio	De 1986 a 2011	19.9	20.0	20.9	22.7	25.5	28.2	28.9	28.9	28.7	27.6	24.1	20.5
Año más frío	2003	16.3	14.9	13.0	16.5	24.0	23.8	25.4	24.7	23.7	21.6	17.7	13.5
Año más caluroso a/	2009	21.1	20.8	22.5	22.7	26.7	28.6	29.4	29.5	29.2	27.7	25.1	21.3
Jaina	2011	17.5	17.9	22.5	23.6	28.5	29.9	28.9	29.1	28.8	27.1	21.7	16.7
Promedio	De 1986 a 2011	18.4	19.4	21.0	23.8	27.7	30.5	29.3	29.2	28.8	27.0	22.6	19.1
Año más frío	1987	17.4	18.6	20.4	22.2	26.4	31.4	19.6	29.4	30.0	28.8	22.3	19.6
Año más caluroso a/	2003	21.1	20.0	20.6	24.4	29.0	30.3	29.0	29.0	28.7	27.0	23.5	18.5
Culiacán	2011	19.0	20.4	23.4	25.3	27.9	30.7	30.6	30.5	26.4	30.1	24.6	19.4
Promedio	De 1986 a 2011	19.9	20.8	22.7	24.7	27.6	30.5	30.1	30.1	29.5	28.7	24.4	19.6
Año más frío	1999	18.5	19.9	20.7	23.1	25.3	28.3	28.3	29.0	29.1	28.2	24.4	18.9
Año más caluroso a/	2009	21.6	22.1	24.2	25.3	29.1	31.0	31.4	30.5	31.2	28.2	25.7	20.8
El Fuerte	2011	17.9	18.4	21.8	24.1	26.3	31.7	31.1	30.8	31.6	28.6	22.5	16.6
Promedio	De 1986 a 2011	18.6	19.6	21.3	23.7	27.3	31.1	31.4	30.5	30.3	28.0	22.9	18.7
Año más frío	1988	15.7	19.0	20.7	23.0	25.8	28.0	30.0	30.0	30.0	28.0	21.0	18.0
Año más caluroso	2002	18.9	21.4	22.5	26.9	29.8	33.2	34.2	33.0	32.3	28.3	23.5	18.8
El Playón	2011	16.3	17.5	20.1	21.1	23.4	28.3	29.2	29.6	30.0	27.5	21.0	16.3
Promedio	De 1986 a 2011	17.7	18.2	19.6	22.2	24.5	28.4	29.6	29.6	29.3	27.3	22.4	18.4
Año más frío	2007	17.1	17.8	19.2	21.0	23.4	27.9	29.1	29.3	28.2	26.5	22.6	17.5
Año más caluroso	1986	19.3	19.4	21.2	24.8	25.4	28.4	30.0	30.3	29.2	26.2	23.0	18.8

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2014).

Referente a la precipitación, se muestra en la tabla 5.19, la precipitación promedio de las cinco estaciones meteorológicas localizadas en el estado de Sinaloa, en el periodo de 1986 a 2011, así como la precipitación del año más seco y del año más lluvioso.

**Tabla 5.19.** Precipitación total anual (milímetros)

Estación	Periodo	Precipitación promedio	Precipitación del año más seco	Precipitación del año más lluvioso
Mazatlán	De 1986 a 2011	858.7	370.5	1,297.6
Jaina	De 1986 a 2011	870.5	513.8	1,335.8
Culiacán	De 1986 a 2011	676.4	452.5	939.0
El Fuerte	De 1986 a 2011	551.9	310.7	958.8
El Playón	De 1986 a 2011	414.7	139.7	833.0

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2014).

También en la tabla 5.20, se lista la precipitación mensual del 2011 de las cinco estaciones meteorológicas del estado de Sinaloa, así como la precipitación del año más lluvioso y caluroso del periodo 1986 a 2011.

**Tabla 5.20.** Precipitación total mensual (Milímetros)

Estación Concepto	Periodo	Mes											
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Mazatlán	2011	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.9	361.3	548.8	90.5	39.3	25.3	NS
Promedio	De 1986 a 2011	21.4	13.2	2.8	0.9	0.1	25.0	181.1	253.6	237.7	70.7	40.6	11.5
Año más seco	1994	0.0	0.0	3.7	0.0	0.0	5.1	79.2	65.5	127.1	76.8	8.0	5.1
Año más lluvioso	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	132.5	192.2	294.1	358.9	245.5	70.9	3.5
Jaina	2011	NS	0.0	0.0	0.0	NS	7.5	545.0	198.0	114.5	20.0	65.5	12.0
Promedio	De 1986 a 2011	23.7	17.3	3.8	4.6	0.7	55.6	266.6	224.9	146.3	52.5	38.0	36.6
Año más seco	1987	2.3	23.6	0.3	0.0	4.8	3.2	182.7	196.8	61.7	7.4	9.0	22.0
Año más lluvioso	1990 R/	0.7	21.5	2.5	NS	NS	118	585.2	170.7	76.3	108.9	58.7	193.3
<b>Culiacán</b>	2011	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	NS	271.0	233.7	86.7	0.0	19.8	NS
Promedio	De 1986 a 2011	17.1	13.5	2.7	2.2	0.3	15.9	172.5	213.9	147.8	51.4	19.6	19.5
Año más seco	1999	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	62.6	171.0	176.4	39.5	3.0	0.0	0.0
Año más lluvioso	2004	85.5	23.8	11.5	0.0	0.0	9.5	119.1	212.8	214.2	197.7	55.7	9.2
El Fuerte	2011	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	258.9	129.5	10.5	3.5	38.0	1.0
Promedio	De 1986 a 2011	16.5	16.0	3.4	1.1	1.7	23.7	171.4	163.3	91.0	26.3	17.6	19.8
Año más seco	2005	35.0	77.4	7.2	0.0	0.0	0.0	127.8	44.5	6.8	6.0	2.5	3.5
Año más lluvioso	2004	87.8	32.9	20.0	1.4	0.0	59.5	254.8	268.7	136.0	81.3	9.1	7.3
El Playón	2011	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	71.7	109.2	64.6	8.3	46.2	5.2
Promedio	De 1986 a 2011	12.8	8.1	0.8	1.1	0.8	6.1	66.6	106.3	113.1	55.9	24.7	18.5
Año más seco	1999	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.8	35.4	15.4	78.1	0.0	0.0	0.0
Año más lluvioso	1992	81.2	27.7	6.1	0.0	0.0	0.0	60.4	108.6	451.0	74.0	19.0	5.0

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2014).

A continuación se presentan los días con heladas de los meses en los años de 1986 a 2011 de las cinco estaciones meteorológicas, así como el mes del año con menos heladas registradas y el mes del año con más heladas, las cuales se muestran en la tabla 5.21.

**Tabla 5.21.** Días con heladas

Estación	Concepto	Período	Mes											
			E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Mazatlán														
	Total	De 1986 a 2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Año con menos a/	2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Año con más a/	2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jaina														
	Total	De 1986 a 2011	18	5	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3
	Año con menos a/	2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Año con más a/	1999	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Culiacán														
	Total	De 1986 a 2011	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Año con menos a/	2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Año con más	1999	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
El Fuerte														
	Total	De 1986 a 2011	41	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	17
	Año con menos a/	2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Año con más	2000	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
El Playón														
	Total	De 1986 a 2011	18	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Año con menos a/	2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Año con más	1987	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Fuente: INEGI (2014).

### 5.6.1.3 Precipitación pluvial

En el periodo 1971-2000, la precipitación normal promedio del país fue 760 mm anuales,<sup>131</sup> las regiones hidrológicas administrativas III, IV, V, VIII, IX, X, XI, y XII las que presentan una distribución por arriba del promedio nacional, Las regiones que presentan un comportamiento por debajo de la media nacional son: I, II, VI, VII y en menor medida la XIII. La región III Pacífico Norte (estado de Sinaloa) reporta una precipitación anual de 747 mm,<sup>132</sup> como se muestra en la tabla 5.22. En México, el 68% de la precipitación normal mensual ocurre entre junio y septiembre.

<sup>131</sup> Los valores normales, de acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial (OMM) corresponden a los promedios calculados para un periodo uniforme y relativamente largo, el cual debe tener como mínimo 30 años de recabar información, lo cual se considera como un periodo climatológico mínimo representativo.

<sup>132</sup> Comisión Nacional del Agua, Estadísticas del Agua en México, Edición 2011 [en línea]: Recursos en línea de la Comisión Nacional del Agua, [México, D.F.]<<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/EAM2011.pdf>> [Consulta: 15 febrero, 2014]

**Tabla 5.22.** Precipitación pluvial normal mensual por RHA, 1971-2000 (milímetros)

RHA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
I Península de Baja California	23	22	17	4	1	1	9	23	24	12	12	21	169
II Noroeste	25	23	13	5	5	18	111	107	56	28	20	33	445
III Pacífico Norte	27	12	5	5	8	62	188	193	136	54	29	28	747
IV Balsas	15	5	6	14	52	186	198	192	189	83	16	7	963
V Pacífico Sur	9	8	8	20	78	244	205	225	249	111	21	9	1 187
VI Río Bravo	16	12	10	16	31	50	75	81	81	36	15	17	438
VII Cuencas Centrales del Norte	16	6	5	12	27	59	87	86	72	32	13	15	430
VIII Lerma-Santiago-Pacífico	22	6	3	6	23	131	201	185	150	59	18	12	816
IX Golfo Norte	27	17	21	40	76	142	145	130	176	82	30	29	914
X Golfo Centro	45	34	30	41	85	226	255	253	281	161	88	61	1 558
XI Frontera Sur	60	52	38	52	135	278	219	266	332	222	114	77	1 846
XII Península de Yucatán	48	31	29	38	83	172	158	173	212	147	76	52	1 218
XIII Aguas del Valle de México	10	8	13	28	56	105	115	104	98	50	13	7	606
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>17</b>	<b>13</b>	<b>18</b>	<b>41</b>	<b>105</b>	<b>136</b>	<b>140</b>	<b>136</b>	<b>70</b>	<b>31</b>	<b>27</b>	<b>760</b>

Fuente: CONAGUA (2014).

En la figura 5.5, se presenta la gráfica de la precipitación mensual en México, 1971-2000.

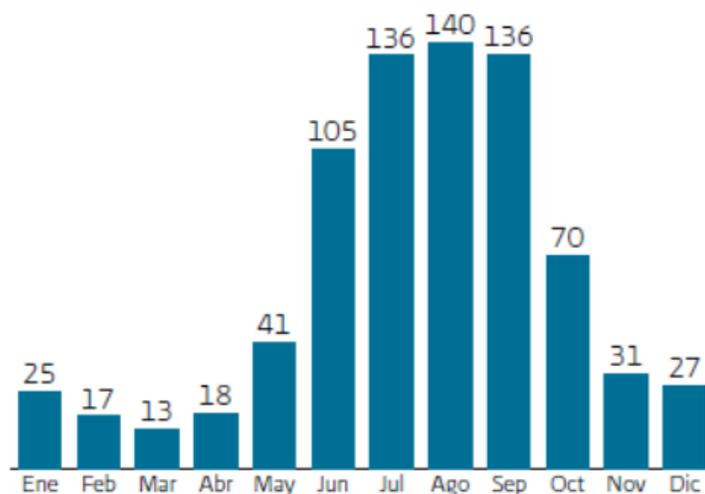


Figura 5.5. Precipitación pluvial mensual normal mensual en México

Fuente: CONAGUA (2011).

#### 5.6.1.4 Ríos principales

Los ríos y arroyos de México forman una red hidrográfica de 633 mil kilómetros de longitud. Por los cauces de los 50 ríos principales fluye el 87% del escurrimiento superficial de la república y sus cuencas cubren el 65% de la superficie territorial continental del país.<sup>133</sup> En el anexo en la tabla 1, se muestra la lista de los 50 ríos principales y sus características principales respectivas.

Por la superficie que abarcan, destacan las cuencas de los ríos Bravo y Balsas, y por su longitud, destacan los ríos Bravo y Grijalva-Usumacinta. Los ríos Lerma, Nazas y Aguanaval pertenecen a la vertiente interior.<sup>134</sup>

Dos tercios del escurrimiento superficial se dan en los cauces de siete ríos: Grijalva-Usumacinta, Papaloapan, Coatzacoalcos, Balsas, Pánuco, Santiago y Tonalá, a la vez que sus cuencas representan el 22% de la superficie de la República Mexicana.<sup>135</sup>

El estado de Sinaloa cuenta con 11 ríos los cuales se muestran en el mapa hidrográfico en la figura 5.6, y en la tabla 5.23, se listan los once ríos con los datos registrados del escurrimiento medio superficial, el área de la cuenca y la longitud.

---

<sup>133</sup> Op.cit. Atlas del Agua en México, Edición 2012.

<sup>134</sup> Ibid.

<sup>135</sup> Ibid.

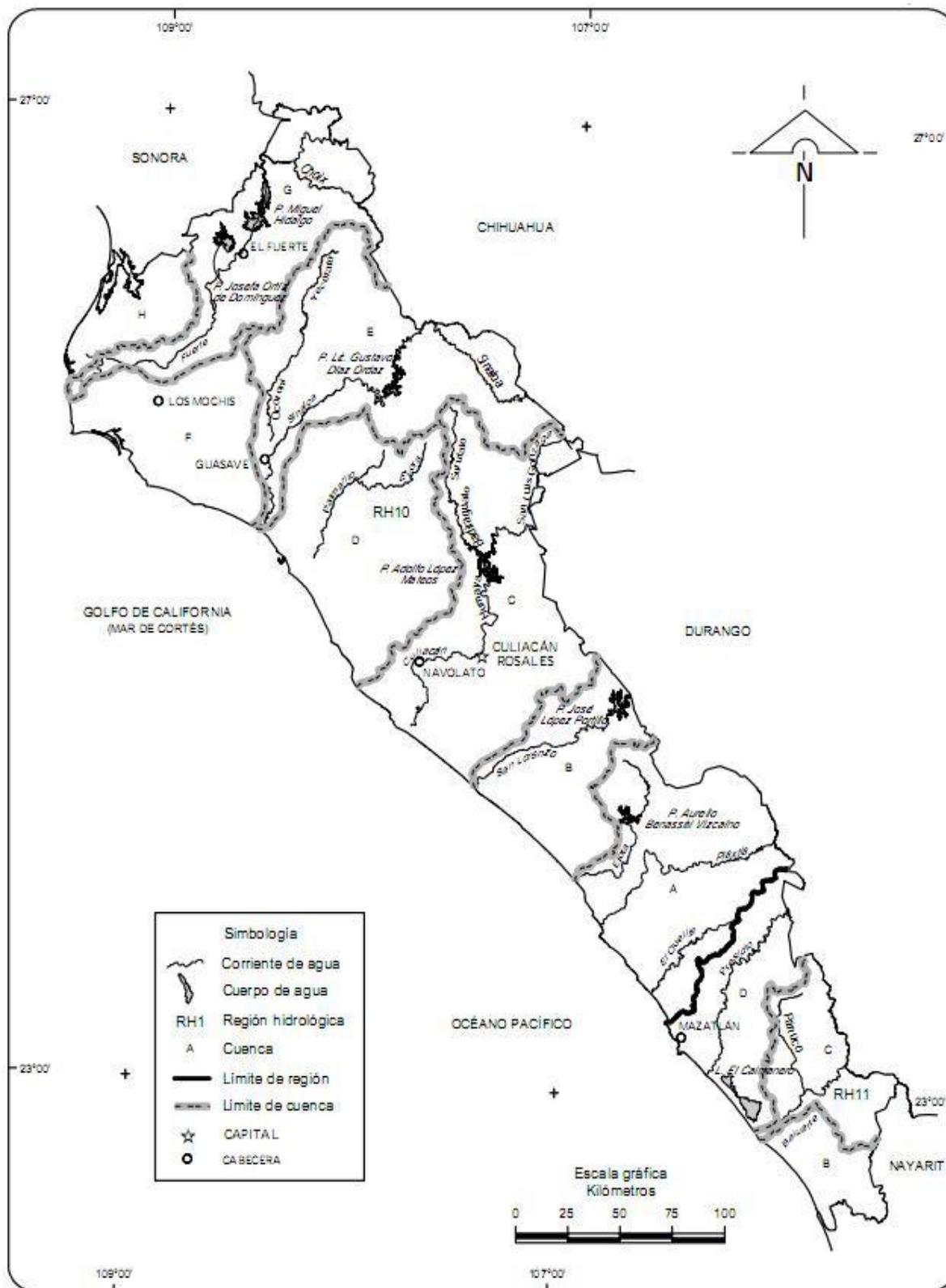


Figura 5.6. Hidrografía del estado de Sinaloa.

Fuente: INEGI (2014).

**Tabla 5.23.** Ríos del estado de Sinaloa

Río	Escorrentamiento natural medio superficial (millones de m <sup>3</sup> /año)	Área de la cuenca (km <sup>2</sup> )	Longitud del río (km)
El Fuerte	5,176	33,590	540
Mocorito	127**	2,478	108
Culiacán*	3,122	15,731	875
Sinaloa	2,100	12,260	400
Baluart	1,838	5,094	142
San Lorenzo	1,680	8,919	315
Piaxtla	1,415	11,473	220
Presidio	1,250	6,479	167
Elota	506	2,324	221
Quelite	146**	1,194.5	110
Cañas	130**	626.154	72

\*El río Culiacán lo forman el río Humaya y el río Tamazula.

\*\*Cifras estimadas por el autor.

Fuente: Elaboración propia con datos de CONAGUA (2014).

### 5.6.1.5 Cuencas Hidrográficas

Una cuenca hidrográfica de un río, arroyo o lago, es aquella superficie geográfica cuya precipitación pluvial que escurre, es decir que no regresa a la atmósfera por evapotranspiración ni se infiltra en los acuíferos, llega finalmente al río, arroyo o lago.<sup>136</sup> Las cuencas hidrográficas son delimitadas por líneas de cumbres, las cuales están formadas por las cimas más altas de los relieves. Se tienen identificadas 1,471 cuencas en México.

---

<sup>136</sup> Ibid.

### 5.6.1.6 Cuencas Hidrológicas

La Ley de Aguas Nacionales es la que norma los títulos de concesión o asignación y establece que se tomará en cuenta la disponibilidad media anual de agua (agua renovable) de la cuenca o acuífero del que se vaya realizar el aprovechamiento.<sup>137</sup> Lo anterior está en la norma NOM-011-CNA-2000 la cual dice “Conservación del recurso agua, que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales”.<sup>138</sup> Actualmente se cuenta con 731 cuencas hidrológicas que forman 37 regiones hidrológicas y estas a su vez conforman 13 regiones hidrológicas administrativas.<sup>139</sup> En la figura 5.7, se muestran las 37 regiones hidrológicas que conforman el territorio mexicano.

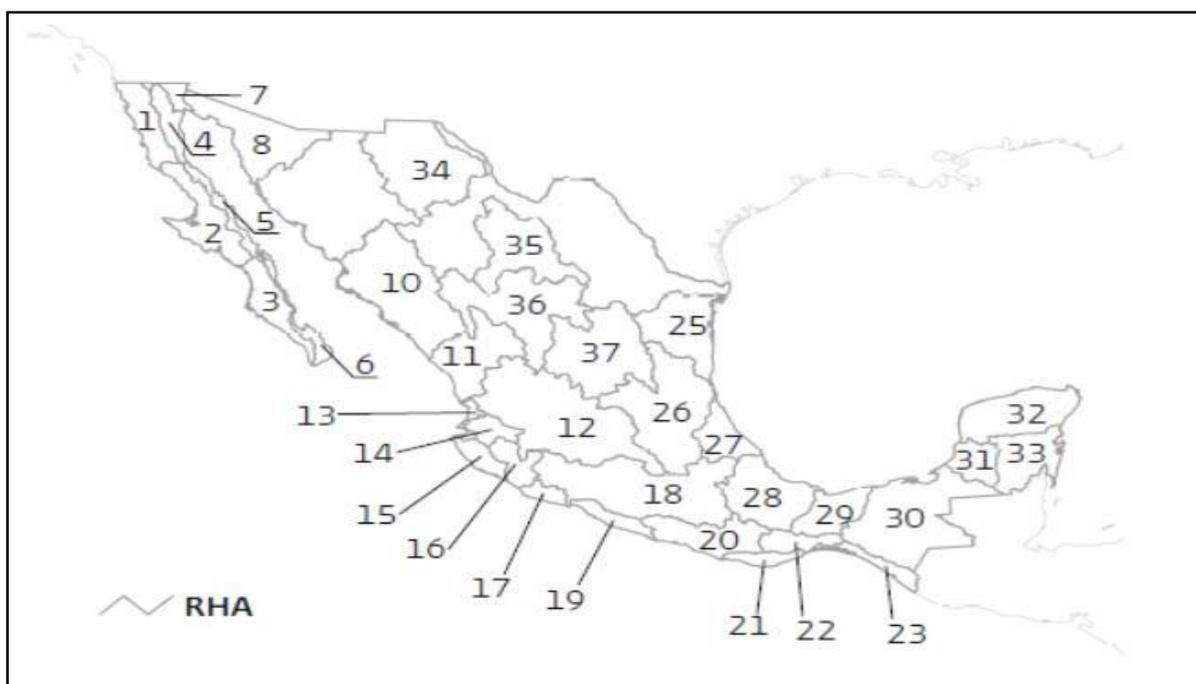


Figura 5.7. Regiones Hidrológicas

Fuente: CONAGUA (2014).

Las cuencas del país se encuentran organizadas en 37 regiones hidrológicas que se muestran en la tabla 5.24.

<sup>137</sup> Ibid.

<sup>138</sup> Ibid,

<sup>139</sup> Op cit. Estadísticas del Agua en México, edición 2012.

**Tabla 5.24.** Regiones Hidrológicas

1. B.C. Noroeste	20. Costa Chica de Guerrero
2. B.C. Centro-Oeste	21. Costa de Oaxaca
3. B.C. Suroeste	22. Tehuantepec
4. B.C. Noreste	23. Costa de Chiapas
5. B.C. Centro-Este	24. Bravo-Conchos
6. B.C. Sureste	25. San Fernando-Soto La Marina
7. Río Colorado	26. Pánuco
8. Sonora Norte	27. Norte de Veracruz (Tuxpan-Nautla)
9. Sonora Sur	28. Papaloapan
10. Sinaloa	29. Coatzacoalcos
11. Presidio-San Pedro	30. Grijalva-Usumacinta
12. Lerma-Santiago	31. Yucatán Oeste
13. Río Huicicila	32. Yucatán Norte
14. Río Ameca	33. Yucatán Este
15. Costa de Jalisco	34. Cuencas Cerradas del Norte
16. Armería-Coahuayana	35. Mapimí
17. Costa de Michoacán	36. Nazas-Aguanaval
18. Balsas	37. El Salado
19. Costa Grande de Guerrero	

Fuente: CONAGUA (2014).

El estado de Sinaloa está conformado por 23 cuencas hidrológicas, en la tabla 5.25, se muestran las 37 regiones hidrológicas que conforman el territorio nacional y algunas cifras relevantes de las regiones hidrológicas.

**Tabla 5.25.** Características de las regiones hidrológicas, 2010

Nombre de Región hidrológica	Extensión territorial continental (km <sup>2</sup> )	Precipitación normal anual 1971-2000 (mm)	Escorrentamiento natural medio superficial interno (hm <sup>3</sup> /año)	Importaciones (+) o exportaciones (-) de otros países (hm <sup>3</sup> /año)	Escorrentamiento natural medio superficial total (hm <sup>3</sup> /año)	Número de cuencas hidrológicas
1. B.C. Noroeste	28,492	249	359		359	16
2. B.C. Centro-Oeste	44,314	103	449		449	16
3. B.C. Suroeste	29,722	184	318		318	15
4. B.C. Noreste	14,418	190	105		105	8
5. B.C. Centro-Este	13,626	101	53		53	15
6. B.C. Sureste	11,558	274	219		219	14
7. Río Colorado	6,911	107	80	1,850	1,930	4
8. Sonora Norte	61,429	304	139		139	5
9. Sonora Sur	139,370	505	4,934		4,934	16
10. Sinaloa	103,483	713	14,350		14,350	23
11. Presidio-San Pedro	51,717	818	8,299		8,299	23
12. Lerma-Santiago	132,916	723	13,211		13,211	58
13. Río Huicicila	5,225	1,387	1,277		1,277	6
14. Río Ameca	12,255	1,020	2,235		2,235	9
15. Costa de Jalisco	12,967	1,175	3,684		3,684	11
16. Armería-Coahuayana	17,628	908	3,985		3,985	10
17. Costa de Michoacán	9,205	888	1,612		1,612	6
18. Balsas	118,268	952	17,057		17,057	15
19. Costa Grande de Guerrero	12,132	1,234	6,091		6,091	28
20. Costa Chica de Guerrero	39,936	1,391	18,714		18,714	32
21. Costa de Oaxaca	10,514	967	3,389		3,389	19
22. Tehuantepec	16,363	821	2,606		2,606	15
23. Costa de Chiapas	12,293	2,347	12,617	1,586	14,203	25
24. Bravo-Conchos	229,740	453	5,588	- 432	5,156	37
25. San Fernando-Soto La Marina	54,961	757	4,842		4,842	45
26. Pánuco	96,989	892	20,330		20,330	77
27. Norte de Veracruz	26,592	1,427	14,306		14,306	12
28. Papaloapan	57,355	1,460	48,176		48,176	18
29. Coatzacoalcos	30,217	1,946	39,482		39,482	15
30. Grijalva-Usumacinta	102,465	1,709	73,316	44,080	117,396	83
31. Yucatán Oeste	25,443	1,229	707		707	2
32. Yucatán Norte	58,135	1,091				0
33. Yucatán Este	38,308	1,243	1,109	864	1,973	1
34. Cuencas Cerradas del Norte	90,829	404	1,701		1,701	22
35. Mapimí	62,639	361	957		957	6
36. Nazas-Aguanaval	93,032	425	1,912		1,912	16
37. El Salado	87,801	431	2,876		2,876	8
Total	1,959,248	760	331,086	47,949	379,034	731

Fuente: CONAGUA (2014).

En la figura 5.8, se muestran las Cuencas hidrológicas con disponibilidad publicada a 2010. Actualmente se cuenta con 731 cuencas hidrológicas.

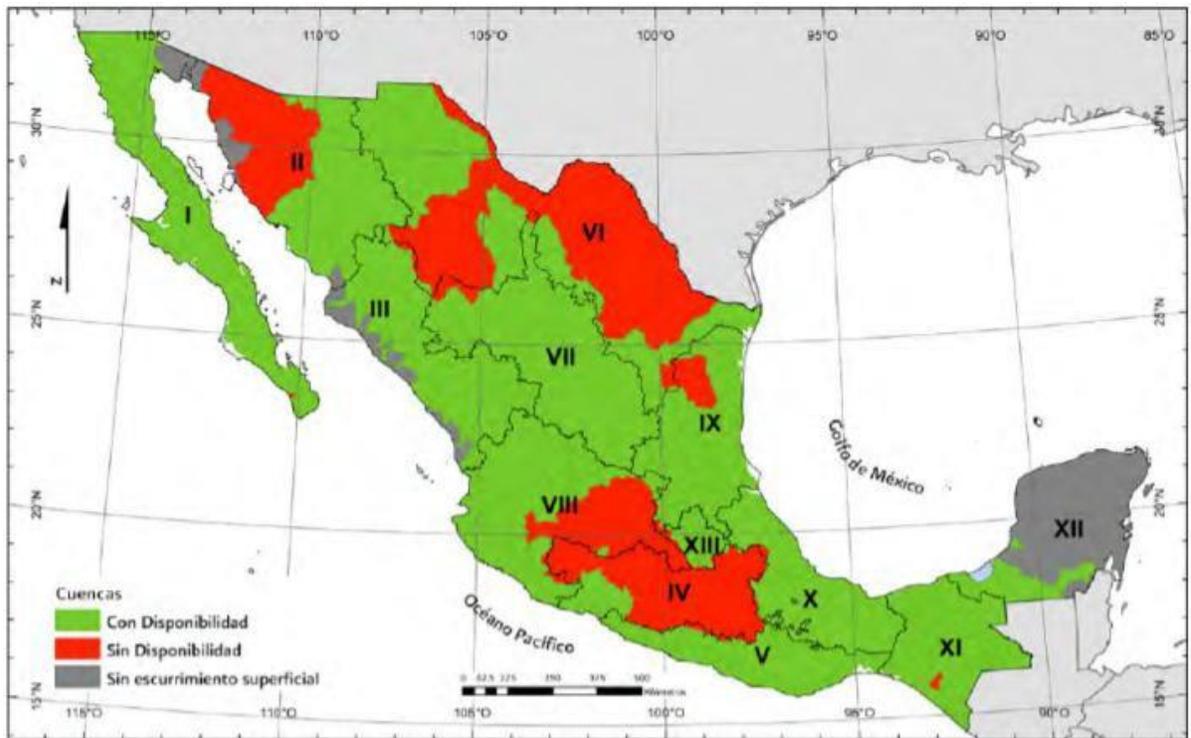


Figura 5.8. Cuencas hidrológicas con disponibilidad publicada a 2010

Fuente: CONAGUA (2014).

### 5.6.1.7 Agua Renovable y Grado de Presión sobre el Recurso Hídrico

En el ciclo hidrológico, en la fase que ocurre en la superficie terrestre, el agua fluye por corrientes superficiales y se infiltra, evapora y almacena en cuerpos de agua y acuíferos, se le denomina agua renovable<sup>140</sup> o disponibilidad natural media de agua.

La fórmula para el cálculo de agua renovable se describe mediante la ecuación:

Agua Renovable = Ingreso – Egreso

Ingreso= Lluvia + importación (subterránea + superficial) (5.1)

Egreso= Evotranspiración<sup>141</sup> (área por altura de evaporación) + consumo (público, urbano, industrial y agrícola) (5.2)

<sup>140</sup> Agua renovable, es la cantidad máxima que es posible explotar anualmente en una región, es decir, la cantidad de agua que es renovada por la lluvia y por el agua proveniente de otras regiones o países (importaciones). Se calcula como el escurrimiento natural medio superficial interno anual, más la recarga total anual de los acuíferos, más las importaciones de otras regiones, menos las exportaciones de agua a otras regiones (en el caso de México se utilizan los valores medios determinados a partir de los estudios disponibles).

En la tabla 5.26, se muestra el agua renovable por Región Hidrológica Administrativa (RHA). Las RHA que tuvo una mayor disponibilidad natural media, en el periodo 2010 fue la XI Frontera Sur (159,404 mill. m<sup>3</sup>) y la que presentó una menor disponibilidad natural media es la XIII Aguas del Valle de México (3, 515 mill. m<sup>3</sup>); la RHA III Pacífico Norte, que corresponde al estado de Sinaloa presentó una disponibilidad natural media de 25,917 mill. m<sup>3</sup>.

**Tabla 5.26.** Agua renovable per cápita por región hidrológica-administrativa, 2010

Región Hidrológico Administrativa		Disponibilidad natural media total (mill. m <sup>3</sup> /año)	Población a diciembre de 2010 Mill. Hab	Agua renovable per cápita 2010 (m <sup>3</sup> /hab/año)	Escurrimiento natural medio superficial total (hm <sup>3</sup> /año)	Recarga media total de acuíferos (hm <sup>3</sup> /año)
I	Península de Baja California	5,021	4.02	1,250	3,434	1,588
II	Noroeste	8,231	2.60	3,161	5,073	3,157
III	Pacífico Norte	25,917	4.20	6,173	22,650	3,267
IV	Balsas	21,991	11.07	1,987	17,057	4,935
V	Pacífico Sur	32,683	4.80	6,814	30,800	1,883
VI	Río Bravo	13,022	11.38	1,144	6,857	6,165
VII	Cuencas Centrales del Norte	8,163	4.27	1,911	5,745	2,418
VIII	Lerma-Santiago-Pacífico	34,348	22.49	1,527	26,005	8,343
IX	Golfo Norte	26,604	5.02	5,301	24,740	1,864
X	Golfo Centro	94,089	10.06	9,349	89,831	4,258
XI	Frontera Sur	159,404	7.12	22,393	141,388	18,015
XII	Península de Yucatán	29,596	4.15	7,138	4,280	25,316
XIII	Aguas del Valle de México	3,515	21.94	160	1,174	2,341
Total		462,584	113.12	4,090	379,035	83,550

Fuente: Elaboración propia con datos de CONAGUA (2012).

“El porcentaje que representa el agua empleada en usos consuntivos respecto a la disponibilidad es un indicador del grado de presión que se ejerce sobre el recurso hídrico en un país, cuenca o región”.<sup>142</sup> Se considera que si el porcentaje es mayor al 40% se ejerce una fuerte presión sobre el recurso.

En la tabla 5.27, se muestra el Grado de presión sobre el recurso hídrico. A nivel nacional, México tuvo un grado de presión del 17.38%, el cual se considera moderado y la RHA III Pacífico Norte de un 40.64% que se considera fuerte.

<sup>141</sup> Evotranspiración es la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación. Se expresa en mm por unidad de tiempo.

<sup>142</sup> Op.cit. Atlas del Agua en México, Edición 2012.

**Tabla 5.27.** Grado de presión sobre el recurso hídrico, por Región, Hidrológica Administrativa, 2010

Región Hidrológica Administrativa	Disponibilidad natural Media (mill.m <sup>3</sup> )	Grado de presión sobre el recurso hídrico (%)	Clasificación del grado de presión
I Península de Baja California	5,021	76.86	Fuerte
II Noroeste	8,231	88.60	Fuerte
<b>III Pacífico Norte</b>	<b>25,917</b>	<b>40.64</b>	<b>Fuerte</b>
IV Balsas	21,991	46.97	Fuerte
V Pacífico Sur	32,683	4.69	Escasa
VI Río Bravo	13,022	70.83	Fuerte
VII Cuencas Centrales del Norte	8,163	45.20	Fuerte
VIII Lerma Santiago-Pacífico	34,348	42.45	Fuerte
IX Golfo Norte	26,604	18.25	Moderada
X Golfo Centro	96,089	5.02	Escasa
XI Frontera Sur	159,408	1.36	Escasa
XII Península de Yucatán	29,596	9.61	Escasa
XIII Aguas del Valle de México	3,515	132.91	Muy Fuerte
<b>Total</b>	<b>462,583</b>	<b>17.36</b>	<b>Moderada</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de CONAGUA (2014).

### 5.6.1.8 Usos del agua

La CONAGUA, considera que el uso sustentable del agua se logra cuando se cumplen los aspectos siguientes:<sup>143</sup>

1. El agua genera bienestar social: básicamente se refiere al suministro de los servicios de agua potable y alcantarillado a la población, así como al tratamiento de las aguas residuales.
2. El agua propicia el desarrollo económico: considera al agua como un insumo en la actividad económica; por ejemplo, en la agricultura, la producción de energía eléctrica o la industria.
3. El agua se preserva: es el elemento que cierra el concepto de sustentabilidad. Si bien se reconoce que el agua debe proporcionar bienestar social y apoyar

<sup>143</sup> Ibid.

el desarrollo económico, la Comisión Nacional del Agua está convencida de que se debe preservar en cantidad y calidad adecuadas para las generaciones actuales y futuras y la flora y fauna de cada región.

**a) Agua potable**

De acuerdo al Censo de Población y Vivienda 2010, al mes de junio de ese año, el 90.9% de la población del territorio nacional tenía cobertura de agua potable.<sup>144</sup>

Se observan los mayores rezagos con cobertura menor al 80% en las regiones V Pacífico Sur y XI Frontera Sur; y la III Pacífico Norte (estado de Sinaloa) con una cobertura del 91.3%. En la tabla 5.28, se muestra el % de cobertura de agua por Región Hidrológico Administrativa.

---

<sup>144</sup> Ibid.

**Tabla 5.28.** Cobertura de la población con servicio de agua potable por Región Hidrológico Administrativa, serie de años censales de 1990 a 2010 (porcentaje)

No.	Región Hidrológico Administrativa	Agua Potable				
		12-Mar-90	5-Nov-95	14-Feb-00	17-Oct-05	12-Jun-10
I	Península de Baja California	81.3	87.4	92.0	92.9	95.5
II	Noroeste	89.7	93.2	95.2	94.8	96.3
III	Pacífico Norte	78.7	85.6	88.8	89.0	91.3
IV	Balsas	72.8	81.1	83.2	84.4	85.8
V	Pacífico Sur	59.2	69.0	73.2	73.5	75.6
VI	Río Bravo	91.8	94.4	96.1	96.1	97.0
VII	Cuencas Centrales del Norte	83.2	87.9	90.9	93.3	95.0
VIII	Lerma-Santiago-Pacífico	84.2	90.3	92.2	93.4	94.9
IX	Golfo Norte	57.6	67.8	75.5	80.9	84.9
X	Golfo Centro	58.8	64.6	71.9	77.2	81.2
XI	Frontera Sur	56.7	65.4	73.3	74.4	78.5
XII	Península de Yucatán	74.0	84.9	91.9	94.1	94.2
XIII	Aguas del Valle de México	92.5	96.3	96.9	96.5	96.8
NACIONAL		78.4	84.6	87.8	89.2	90.9

Fuente: elaboración propia con datos de CONAGUA (2014).

### b) Plantas Potabilizadoras

En 2010 se potabilizaron 91.72 metros cúbicos por segundo en las 645 plantas en operación del país. La Región Hidrológico Administrativa III Pacífico Norte cuenta con 153 plantas en operación, una capacidad instalada de 9.29 m<sup>3</sup>/s y un caudal potabilizado de 7.85 m<sup>3</sup>/s,<sup>145</sup> como se aprecia en la tabla 5.29.

<sup>145</sup> Ibid.

**Tabla 5.29.** Plantas Potabilizadoras en Operación por Región Hidrológico Administrativa, 2010

No.	Región Hidrológico-Administrativa	Número de plantas en operación	Capacidad instalada (m <sup>3</sup> /s)	Caudal potabilizado (m <sup>3</sup> /s)
I	Península de Baja California	45	12.25	6.37
II	Noroeste	24	4.09	1.92
III	Pacífico Norte	153	9.29	7.85
IV	Balsas	21	22.76	17.25
V	Pacífico Sur	9	3.23	2.61
VI	Río Bravo	59	26.44	15.91
VII	Cuencas Centrales del Norte	71	0.56	0.40
VIII	Lerma-Santiago-Pacífico	114	19.98	12.50
IX	Golfo Norte	44	8.16	7.24
X	Golfo Centro	9	6.64	4.15
XI	Frontera Sur	49	16.54	11.20
XII	Península de Yucatán	1	0.01	0.01
XIII	Aguas del Valle de México	46	5.44	4.33
Total		645	135.39	91.72

Fuente: Elaboración propia con datos de CONAGUA (2014).

El caudal de agua potabilizada a nivel nacional, presenta una tasa de crecimiento promedio anual en el periodo 2000 a 2010 de 7.73%, como se observa en la figura 5.9.

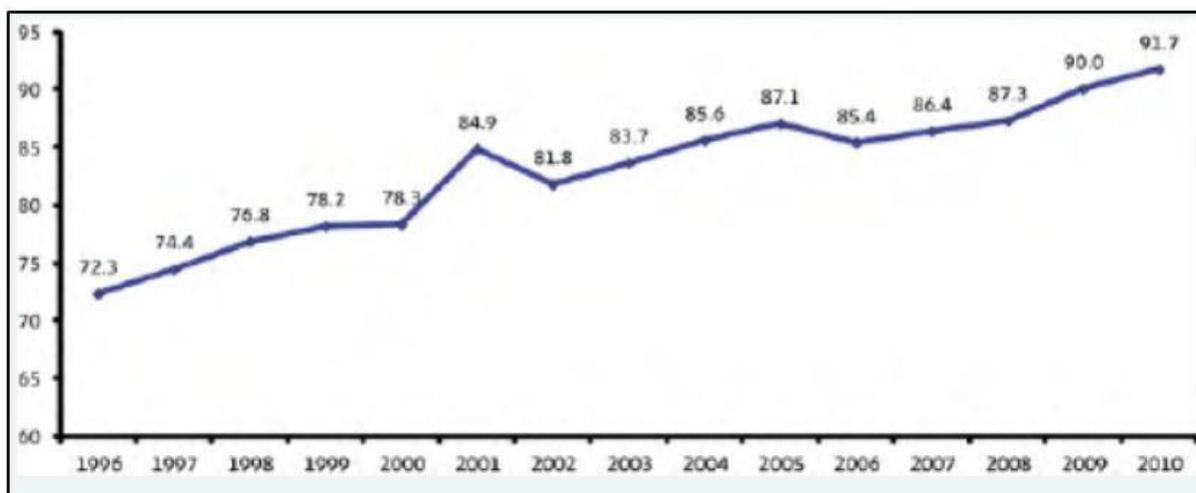


Figura 5.9. Caudal de aguas potabilizadas m<sup>3</sup>/, serie anual 1996 a 2010.

Fuente: CONAGUA (2014).

Con respecto al estado de Sinaloa se tienen 143 plantas potabilizadoras con una capacidad instalada de 9,603 litros por segundo.<sup>146</sup> El municipio de Culiacán (capital del estado de Sinaloa) cuenta con 28 plantas potabilizadoras con una capacidad instalada de 3,190 litros por segundo, como se observa en la tabla 5.30.

**Tabla 5.30.** Plantas potabilizadoras en operación, capacidad instalada y volumen suministrado anual de agua potable por municipio 2011

Municipio	Plantas potabilizadoras en operación	Capacidad instalada (Litros por segundo)	Volumen suministrado anual de agua potable (Millones de metros cúbicos)
<b>Estado</b>	<b>143</b>	<b>9,603.0</b>	<b>254</b>
Ahome	47	3,182.0	85
Angostura	12	262.0	7
Choix	1	8.0	NS
<b>Culiacán</b>	<b>28</b>	<b>3,190.0</b>	<b>75</b>
El Fuerte	14	383.0	11
Elota	2	7.0	NS
Guasave	26	759.0	22
Mazatlán	1	1,500.0	46
Mocorito	4	100.0	3
Navolato	3	135.0	3
Salvador Alvarado	1	2.0	NS
Sinaloa	4	75.0	2

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2014).

A continuación se muestran las fuentes de abastecimiento y el volumen promedio de extracción por cada tipo de fuente, como se observan en la tabla 5.31.

<sup>146</sup> Op.cit., Anuario estadístico de Sinaloa 2012.

**Tabla 5.31.** Fuentes de abastecimiento y volumen promedio diario de extracción de agua por municipio según principales tipos de fuente 2011.

Municipio	Fuentes de abastecimiento				Volumen promedio diario de extracción (Miles de metros cúbicos)			
	Total	Pozo profundo	Manantial	Otros	Total	Pozo profundo	Manantial	Otros
<b>Estado</b>	<b>337</b>	<b>215</b>	<b>0</b>	<b>122</b>	<b>465</b>	<b>264</b>	<b>0</b>	<b>201</b>
Ahome	43	1	0	42	137	1	0	136
Angostura	31	19	0	12	29	12	0	17
El Fuerte	88	60	0	28	70	32	0	38
Escuinapa	22	8	0	14	20	17	0	3
Mazatlán	91	70	0	21	141	136	0	5
Navolato	33	31	0	2	48	45	0	2
Salvador Alvarado	29	26	0	3	21	21	0	0
Resto de los municipios	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI (2014).

### c) Usos consuntivos del agua

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), es un organismo federal encargado de la gestión y administración del agua en la República Mexicana.

La misión de la Comisión Nacional del Agua consiste en administrar y preservar las aguas nacionales, con la participación de la sociedad, para lograr el uso sustentable del recurso<sup>147</sup> y tiene como visión “ser autoridad con calidad técnica y promotora de la participación de la sociedad y de los órdenes del gobierno en la gestión integrada del recurso hídrico y sus bienes públicos inherentes”.<sup>148</sup>

En el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), se registran los volúmenes concesionados (o asignados para el caso de cantidades destinadas al uso público urbano o doméstico) a los usuarios de aguas nacionales. Los cuatro grupos para uso consuntivo del agua son: el agrícola, el abastecimiento público, la industria autoabastecida y la generación de energía eléctrica (excluyendo hidroelectricidad) y por último el hidroeléctrico, que se contabiliza aparte por corresponder a un uso no consuntivo.

Se observa en la tabla 5.32, que las zonas que tienen mayores volúmenes concesionados para usos consuntivos son: VIII Lerma Santiago-Pacífico, IV Balsas, III Pacífico Norte y VI Río Bravo. La Región III Pacífico norte del volumen total concesionado, presenta un 93.3% de uso consuntivo de agua para el grupo agrícola.

<sup>147</sup> Ibid.

<sup>148</sup> Ibid.

**Tabla 5.32.** Volúmenes concesionados para usos consuntivos por Región Hidrológico

Administrativa, 2010-2011 (millones de metros cúbicos)

No.	Región Hidrológico Administrativa	Volumen total concesionado	Agrícola	Abastecimiento público	Industria autoabastecida sin termoeléctricas	Termoeléctricas
I	Península de Baja	3,861.8	3,134.9	432.4	95.3	199.1
II	Noroeste	7,266.8	6,244.5	924.4	90.9	7.0
III	Pacífico Norte	10,401.3	9,704.8	640.0	56.4	0.0
IV	Balsas	10,367.1	5,967.7	1,012.3	216.8	3,170.2
V	Pacífico Sur	1,430.0	1,058.5	350.0	21.4	0.0
VI	Río Bravo	9,328.1	7,827.9	1,178.2	210.5	111.5
VII	Cuencas Centrales del	3,704.1	3,225.6	369.5	80.6	28.3
VIII	Lerma Santiago Pacífico	14,563.0	11,957.9	2,134.8	449.6	20.7
IX	Golfo Norte	4,832.3	3,773.3	523.5	470.0	65.6
X	Golfo Centro	4,828.8	3,012.9	714.0	724.9	377.0
XI	Frontera Sur	2,163.9	1,606.3	456.6	100.9	0.0
XII	Península de Yucatán	2,843.8	1,728.8	589.5	516.5	9.1
XIII	Valle de México	4,709.1	2,333.7	2,117.7	168.1	89.6
Total nacional		80,300.0	61,576.7	11,443.1	3,202.2	4,078.0

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2014).

## 5.6.2 Infraestructura Hidráulica

### 5.6.2.1 Presas

Existen más de 4,462 presas en México, de las cuales 667 están clasificadas como grandes presas, de acuerdo con la definición de la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD, por sus siglas en inglés).<sup>149</sup> La capacidad de almacenamiento de las presas del país es de aproximadamente 150 mil millones de metros cúbicos.

Son 116 presas principales las que representan casi el 79% de la capacidad total de almacenamiento del país, con una capacidad al NAMO de 118,405.3 hm<sup>3</sup>, las cuales se listan por RHA en la tabla 5.33.

<sup>149</sup> Op. cit., Atlas del Agua en México, Edición 2012.

**Tabla 5.33.** Presas principales

Región hidrológico administrativa	#	Capacidad al NAMO (hm <sup>3</sup> )
I Península de Baja California	1	92.1
II Noroeste	8	8,447.1
III Pacífico Norte	17	15,940.1
IV Balsas	16	17,418.1
V Pacífico Sur	2	1,091.1
VI Río Bravo	16	15,619.1
VII Cuencas Centrales del Norte	3	3,300.1
VIII Lerma Santiago Pacífico	27	12,413.1
IX Golfo Norte	12	6,550.1
X Golfo Centro	5	11,008.1
XI Frontera Sur	5	26,181.1
XII Península de Yucatán	0	3.1
XIII Aguas del Valle de México	4	342.1
<b>TOTAL</b>	<b>116</b>	<b>118,405.3</b>

Fuente: CONAGUA (2014).

La RHA Pacífico Norte cuenta con 17 presas con una capacidad al NAMO 15,940.1 hm<sup>3</sup>, y al 19 de febrero de 2014 registraba una capacidad de conservación de 15,779.8 Mm<sup>3</sup>. La cuenca Pacífico Norte está formada por dos subsistemas: el subsistema Sinaloa y el subsistema Durango, la cual se muestra en la tabla 5.34.

**Tabla 5.34.** Variación en el almacenamiento, aportaciones y extracciones de las principales presas de Cuenca Pacífico Norte.

 <b>ORGANISMO DE CUENCA PACIFICO NORTE</b> <b>DIRECCION TECNICA</b> <b>AGUAS SUPERFICIALES Y METEOROLOGIA</b>														
Variación en el almacenamiento, aportaciones y extracciones de las principales presas														
Fecha: 19 de Febrero de 2014														
PRESA	CAPAC. TOTAL Mm3	ELEV. NAME msnm	CAPAC. CONSERV. Mm3	ELEV. NAMO msnm	DIA DE HOY				Diferencia de almacenamiento		Aportación		Extracción	
					Almacenamiento		Elevación	AREA	2013/2014	24 Hrs	Mm3	m3/seg	Mm3	m3/seg
					Mm3	%	msnm	Has	Mm3	Mm3				
<b>SINALOA</b>														
Luis Donaldo Colosio	4568.0	290.00	2908.0	270.00	1917.9	66.0	253.62	5284.9	964.3	-2.2	0.7	8.0	2.9	33.8
Miguel Hidalgo y Costilla	3917.1	148.00	2921.4	140.83	782.3	26.8	117.44	5661.5	354.8	-12.5	0.1	1.6	13.5	156.4
Josefa Ortiz de Domínguez	590.1	111.15	513.9	109.70	400.2	77.9	107.31	4347.7	91.1	-4.9	0.1	0.7	4.4	51.0
Gustavo Díaz Ordaz	2822.7	252.50	1859.8	239.01	1064.9	57.3	224.29	4542.7	442.6	-5.0	0.8	9.2	5.8	67.5
Guillermo Blake Aguilar	488.0	196.61	300.6	188.45	94.5	31.4	172.31	792.7	-32.4	-0.6	0.1	0.6	0.7	8.0
Eustaquio Buelna	265.0	68.85	90.1	64.00	81.4	90.3	63.60	2214.8	14.8	-0.7	0.0	0.2	0.6	6.5
Adolfo López Mateos	4034.5	183.48	3086.6	176.00	1306.3	42.3	156.99	7035.5	681.4	-7.2	0.1	1.1	6.2	72.0
Sanalona	970.6	162.17	673.5	156.20	443.0	65.8	150.22	3346.5	208.4	-5.8	0.0	0.3	5.0	58.0
Juan Guerrero Alcocer	102.0	176.28	55.0	168.50	16.7	30.4	157.86	226.1	1.8	-0.1	0.0	0.2	0.1	1.0
José López Portillo	3966.2	286.95	2580.2	272.16	721.5	28.0	238.61	3375.8	381.4	-4.7	0.1	1.5	4.8	56.0
Aurelio Benassini V.	810.0	164.64	415.0	154.54	210.7	50.8	145.90	1256.3	41.6	-2.2	0.0	0.5	1.7	19.8
<b>Subsistema Sinaloa</b>	<b>22534.1</b>		<b>15404.1</b>		<b>7039.5</b>	<b>45.7</b>			<b>3150.0</b>	<b>-45.8</b>	<b>2.1</b>	<b>23.9</b>	<b>42.9</b>	<b>496.2</b>
<b>DURANGO</b>														
Santiago Bayacora	133.5	1965.94	130.0	1959.01	127.8	98.3	1958.57	526.0	39.3	-0.2	0.0	0.2	0.1	0.9
Guadalupe Victoria	93.0	1933.11	90.2	1932.53	89.5	99.2	1932.37	462.0	28.4	0.0	0.0	0.5	0.1	1.0
Francisco Villa	101.0	1996.13	78.7	1993.00	76.9	97.8	1992.72	637.0	22.9	-0.1	0.0	0.1	0.1	1.1
Caboraca	60.0	2001.28	45.0	1998.25	44.7	99.4	1998.20	405.0	36.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Peña del Aguila	55.8	1895.27	31.7	1892.50	30.5	96.3	1892.32	790.0	14.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Subsistema Durango</b>	<b>443.3</b>		<b>375.7</b>		<b>369.5</b>	<b>98.3</b>			<b>141.6</b>	<b>-0.3</b>	<b>0.1</b>	<b>0.8</b>	<b>0.3</b>	<b>3.0</b>
<b>Sistema</b>	<b>22977.4</b>		<b>15779.8</b>		<b>7409.0</b>	<b>47.0</b>			<b>3291.5</b>	<b>-46.1</b>	<b>2.1</b>	<b>24.7</b>	<b>43.1</b>	<b>499.2</b>

TRANSFERENCIAS			
		Mm3	m3/seg
L.D.C. HACIA	M.H.C.	2.92	33.8
M.H.C. HACIA	J.O.D.	0.00	0.0
J.L.P. HACIA	DTO. 010	0.00	0.0

Fuente: CONAGUA (2014).

### 5.6.2.2 Distritos de riego

Los distritos de riego son proyectos de irrigación desarrollados por el Gobierno Federal desde 1926, año de creación de la Comisión Nacional de Irrigación, e incluyen diversas obras, por ejemplo: vasos de almacenamiento, derivaciones directas, plantas de bombeo, pozos, canales y caminos, entre otros.<sup>150</sup>

En el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA), se registran los volúmenes concesionados (o asignados para el caso de cantidades destinadas al uso público urbano o doméstico) a los usuarios de aguas nacionales,<sup>151</sup> dicho registro se ha agrupado en cuatro grandes grupos de usos consuntivos: el agrícola, el abastecimiento público, la industria autoabastecida y la generación de energía eléctrica, excluyendo hidroelectricidad. México es uno de los países con mayor infraestructura de riego en el mundo.<sup>152</sup>

Existen en México 85 Distritos de Riego, el estado de Sinaloa cuenta con 8 Distritos de Riego,<sup>153</sup> en la tabla 5.35, se listan los Distritos de Riego existentes en el estado de Sinaloa:

---

<sup>150</sup> Ibid.

<sup>151</sup> Op. cit., Estadísticas del Agua en México, edición 2012.

<sup>152</sup> Ibid.

<sup>153</sup> Comisión Nacional del Agua, Estadísticas agrícolas de los distritos de riego Año agrícola 2008-2009 [en línea]: Recursos en Línea de la Comisión Nacional del Agua, [México, D.F.]<<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/Estad%C3%ADsticas%20agr%C3%ADcolas%20%202008-2009.pdf>> [consulta: 18 febrero, 2014].

**Tabla 5.35.** Distritos de Riego en el Estado de Sinaloa

# DR	Nombre del Distrito de Riego
010	Culiacán –Humaya
063	Guasave
074	Mocorito
075	Río Fuerte
076	Valle del Carrizo
108	Elota-Piactla
109	Río San Lorenzo
111	Baluartes-Presidio

Fuente: Elaboración propia con datos de CONAGUA (2014).

**a) Volumen distribuido del Agua en el sector Agrícola**

A continuación se muestra el volumen de agua distribuido del año agrícola 2001-2002 al 2011-2012, tanto a nivel nacional como estatal.

En la tabla 5.36, se muestra una estadística hidrométrica que contiene la serie 2001 a 2012 del año agrícola a nivel nacional, se observa que el volumen distribuido del año agrícola 2011-2012 con respecto al ciclo agrícola anterior decreció en un -26.2%.

**Tabla 5.36.** Volumen distribuido de agua en México del año agrícola 2001 al 2012

Año Agrícola	Usuarios	TOTAL Sup. Física Regada (ha)	Volumen Distribuido (Miles de m <sup>3</sup> )
2011 - 2012	471,607	2,499,018	25,676,323
2010 - 2011	474,608	2,632,131	34,776,320
2009 - 2010	432,609	2,489,119	28,033,541
2008 - 2009	462,665	2,592,132	32,218,638
2007 - 2008	453,649	2,547,384	31,052,373
2006 - 2007	421,100	2,489,649	29,160,072
2005 - 2006	427,986	2,481,808	30,401,301
2004 - 2005	425,386	2,444,237	28,576,953
2003 - 2004	404,807	2,082,879	23,702,414
2002 - 2003	452,086	2,314,364	24,328,696
2001 - 2002	423,026	2,151,663	26,160,853

Fuente: elaboración propia con datos de CONAGUA (2014).

Posteriormente se muestra la estadística hidrométrica del estado de Sinaloa del año agrícola 2001 al 2012 en la tabla 5.37, se observa que el volumen distribuido de agua en el año agrícola 2011-2012 es muy similar al registrado en el año agrícola 2002-2003, también se refleja en el año agrícola 2011-2012 un decrecimiento del - 53.2 % con respecto al año agrícola 2010-2011,

**Tabla 5.37.** Volumen distribuido de agua en Sinaloa del año agrícola 2001 al 2012

Año Agrícola	Usuarios	TOTAL	
		Sup. Física Regada (ha)	Volumen Distribuido (Miles de m <sup>3</sup> )
2011 - 2012	81,441	674,627	5,231,958
2010 - 2011	80,970	731,835	11,172,766
2009 - 2010	79,769	722,588	8,808,172
2008 - 2009	83,697	717,164	9,158,932
2007 - 2008	78,429	709,233	9,345,617
2006 - 2007	75,057	697,373	8,561,764
2005 - 2006	80,748	702,932	8,734,461
2004 - 2005	76,756	679,449	7,341,958
2003 - 2004	72,716	652,300	5,898,988
2002 - 2003	71,082	636,840	5,306,957
2001 - 2002	74,575	654,679	7,153,169

Fuente: Elaboración propia con datos de CONAGUA (2014).

### b) Superficie Sembrada y Cosechada

También se muestran las cifras registradas referentes a la superficie sembrada y cosechada del año agrícola 2001-2002 al 2011-2012 a nivel nacional como estatal. La serie del año agrícola está formada por los siguientes rubros: superficie sembrada, superficie cosechada, rendimiento producción, PMR<sup>154</sup> y Valor de la producción.

<sup>154</sup> Precio Medio Rural (PMR): es la cantidad de dinero en la que se comercializa generalmente cada producto agrícola por unidad de peso, o precio de concertación pactado a nivel parcela, expresado en pesos por tonelada.

La superficie sembrada y cosechada a nivel nacional, en el año agrícola 2011-2012 registró una disminución con respecto a los dos últimos años agrícolas, el rendimiento del año agrícola 2011-2012 tuvo un incremento del 13.3% con respecto al año agrícola anterior, y por consiguiente su producción también se incrementó un 12.3% aproximadamente con respecto al año agrícola 2010-2011. En la tabla 5.38, se muestran las cifras obtenidas de la serie del año agrícola 2001-2002 al 2011-2012.

**Tabla 5.38.** Superficie sembrada y cosechada, y valor de la producción agrícola, México año agrícola 2001-2002 a 2011-2012

Año Agrícola	Superficie Sembrada (Ha)	Superficie Cosechada (Ha)	Rendimiento (Ton/Ha)	Producción (Miles de Ton)	PMR (\$/Ton)	Valor de la Producción (Miles de \$)
2011 - 2012	2,795,908	2,763,809	17	47,657	2,367	112,803,222
2010 - 2011	3,418,434	2,859,890	15	42,450	2,269	96,319,915
2009 - 2010	2,914,714	2,887,641	15	43,372	1,960	84,996,133
2008 - 2009	2,959,441	2,949,967	15	44,292	1,861	82,440,894
2007 - 2008	2,889,202	2,863,931	16	45,413	1,773	80,504,455
2006 - 2007	2,840,078	2,814,917	16	44,399	1,567	69,588,022
2005 - 2006	2,783,468	2,757,488	16	42,966	1,302	55,936,287
2004 - 2005	2,791,901	2,749,761	15	41,782	1,264	52,799,643
2003 - 2004	2,611,276	2,528,979	16	39,871	1,271	50,678,811
2002 - 2003	2,652,255	2,598,765	15	38,286	1,148	43,938,590
2001 - 2002	2,698,707	2,602,420	14	36,952	1,165	43,058,188

Fuente: Elaboración propia con datos de CONAGUA (2014).

Respecto a la superficie sembrada y cosechada en el estado de Sinaloa, se observa un crecimiento sostenido en ambos conceptos a partir del año agrícola 2004-2005 al año agrícola 2009-2010, en los dos últimos años agrícolas en el rubro de superficie cosechada, éstos presentan tasas negativas de -6.33% y -15.32% respectivamente; sin embargo el rendimiento se ha incrementado en el año agrícola 2011-2012 un 20% con respecto al año agrícola anterior. En la tabla 5.39, se muestra las cifras obtenidas para el estado de Sinaloa, referente a Superficie sembrada, superficie cosechada y rendimiento entre otras.

**Tabla 5.39.** Superficie sembrada y cosechada en el estado de Sinaloa y valor de la producción del año agrícola 2001-2002 al año agrícola 2011-2012

Año Agrícola	Superficie Sembrada (Ha)	Superficie Cosechada (Ha)	Rendimiento (Ton/Ha)	Producción (Miles de Ton)	PMR (\$/Ton)	Valor de la Producción (Miles de \$)
2011 - 2012	695,217	678,178	12	8,248	3,620	29,854,924
2010 - 2011	1,241,090	723,999	10	7,474	3,385	25,299,524
2009 - 2010	855,023	854,990	11	9,638	2,912	28,064,700
2008 - 2009	820,605	819,450	12	9,707	2,744	26,634,334
2007 - 2008	798,814	791,427	14	11,140	2,392	26,648,295
2006 - 2007	770,002	768,908	14	10,980	2,226	24,441,618
2005 - 2006	782,978	779,822	13	10,188	1,695	17,272,945
2004 - 2005	749,086	731,244	12	8,598	1,909	16,415,451
2003 - 2004	685,447	664,327	13	8,596	1,952	16,779,088
2002 - 2003	653,120	644,352	11	7,005	1,763	12,350,070
2001 - 2002	737,171	727,271	11	8,237	1,609	13,254,423

Fuente: Elaboración propia con datos de CONAGUA (2014).

### 5.6.2.3 Hidroeléctricas

Al cierre de 2012 la capacidad efectiva de generación fue 39,362.196 MW, que comparada con la capacidad efectiva al 31 de Diciembre del año 2011 de 39,270.296 MW, se observa un incremento de 91.900 MW equivalente al 0.23%, como resultado de la aplicación del programa de retiro unidades programadas en el POISE<sup>155</sup> y de los siguientes movimientos de altas, bajas e incremento de capacidad por repotenciación conforme a lo siguiente: adición de capacidad (808.200 MW) y retiro de capacidad (716.300 MW).<sup>156</sup> En la tabla 5.40, se muestra la capacidad efectiva por tipo (hidrocarburos y fuentes alternas), del total obtenido en el periodo 2012 (39,362 MW) el 65% corresponde a hidrocarburos y el 35% a fuentes alternas. Para el mismo periodo la capacidad de Fuentes Alternas es de 13,766 MW, en donde el 82% corresponde a la Fuente Hidroeléctrica y el remanente a la Geotermoelectrica, Nucleoelectrica, Eoloelectrica y Fotovoltaica.

La capacidad instalada de Hidroeléctricas en el periodo 2007 al 2012 tuvo un crecimiento promedio de 0.36%.

<sup>155</sup> POSISE es un Programa de Obras e Inversión del Sector Eléctrico de la empresa gubernamental Comisión Federal de Electricidad (CFE).

<sup>156</sup> Op.cit., Informe Anual 2012.

**Tabla 5.40.** Capacidad efectiva por tipo (MW)

TIPO	CAPACIDAD EFECTIVA POR TIPO (MW)						2012	
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Centrales	Unidades
<b>TOTAL</b>	<b>38,397</b>	<b>38,474</b>	<b>38,927</b>	<b>39,704</b>	<b>39,270</b>	<b>39,362</b>	<b>157</b>	<b>640</b>
<b>HIDROCARBUROS</b>	<b>24,932</b>	<b>25,004</b>	<b>25,417</b>	<b>26,074</b>	<b>25,721</b>	<b>25,597</b>	<b>81</b>	<b>316</b>
Vapor	12,641	12,641	12,671	12,652	12,336	11,699	26	84
Ciclo Combinado <sup>3/</sup>	5,416	5,456	6,115	6,115	6,122	6,122	13	59
Turbogas	1,958	1,991	1,715	1,715	1,673	2,146	30	82
Combustión Interna	217	216	216	214	211	252	9	76
Carboeléctrica	2,600	2,600	2,600	2,600	2,600	2,600	2	8
Dual	2,100	2,100	2,100	2,778	2,778	2,778	1	7
<b>FUENTES ALTERNAS</b>	<b>13,465</b>	<b>13,470</b>	<b>13,510</b>	<b>13,630</b>	<b>13,549</b>	<b>13,765</b>	<b>76</b>	<b>324</b>
Hidroeléctrica	11,055	11,055	11,095	11,215	11,211	11,256	64	178
Geotermoeléctrica	960	965	965	965	887	812	7	37
Nucleoeléctrica	1,365	1,365	1,365	1,365	1,365	1,610	1	2
Eoloelectrica	85	85	85	85	87	87	3	106
Fotovoltaica						1	1	1

Fuente: CFE (2014).

La generación de energía eléctrica en Sinaloa (la entidad cuenta con seis centrales hidroeléctricas, dos termoeléctricas y una central de turbogas), es suministrada por CFE, la capacidad instalada de éstas, es de 777.4, 30, 936 y 30 MW respectivamente, las cuales se muestran en las tablas 5.41 y 5.42, resultando un total de 1,743.40 MW de capacidad instalada. Sinaloa cuenta con seis Centrales hidroeléctricas localizadas en los municipios: Sinaloa, Badiraguato, Choix, Cosalá, Culiacán y El fuerte, dos termoeléctricas en Mazatlán y Ahome; y una central de turbogas ubicada en Culiacán, que se muestran en la tabla 5.42.

**Tabla 5.41.** Capacidad efectiva de Centrales de energía en el estado de Sinaloa

Nombre de la Central	Cantidad de unidades	Fecha de entrada en operación	Capacidad efectiva instalada (MW)	Ubicación
Bacurato	2	16-jul-87	92	Sinaloa de Leyva
Humaya	2	27-nov-76	90	Badiraguato
Luis Donald Colosio	2	15-sep-96	422	Choix
Raúl J. Marsal	2	13-ago-91	100	Cosalá
Salvador Alvarado	2	08-may-63	14	Culiacán
27 de septiembre	<u>3</u>	27-ago-60	<u>59.4</u>	El Fuerte
Total entidad	13		777.4	
Total capacidad C.H. (Rep. Mexicana)			11,256	
% Capacidad instalada C.H. (Sinaloa)			6.91%	

Fuente: elaboración propia con datos de CFE (2014).

**Tabla 5.42.** Centrales de energía en Sinaloa

Tipo	Capacidad efectiva instalada (MW)	% Capacidad instalada
Hidroeléctricas	777.4	45
Termoeléctricas		
José Aceves Pozos	616	35
Juán de Dios Bátiz	320	18
Turbogas	30	2
Total entidad	1,743.40	100

Fuente: Elaboración propia con datos de CFE (2014).

### 5.6.3 Sitios Ramsar

En el estado de Sinaloa al 31 de diciembre de 2011 se tenían registrados 9 sitios Ramsar,<sup>157</sup> sus coordenadas geográficas se muestran en la tabla 5.43.

**Tabla 5.43.** Sitios Ramsar al 31 de diciembre de 2011

Fecha de designación	Denominación	Total	Latitud norte		Longitud oeste	
			Grados	Minutos	Grados	Minutos
	<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>
22-VI-1995	Marismas Nacionales	1	22	40	105	42
02-II-2004	Laguna Playa Colorada-Santa María La Reforma	1	24	59	108	07
02-II-2004	Playa Tortuguera El Verde Camacho	1	23	24	106	31
02-II-2007	Laguna Huizache-Caimanero	1	22	58	106	05
02-II-2008	Sistema Lagunar Agiabampo-Bacorehuis-Río Fuerte Antiguo	1	26	07	109	14
02-II-2008	Sistema Lagunar San Ignacio-Navachiste-Macapule	1	25	28	108	48
02-II-2008	Ensenada de Pabellones	1	24	26	107	35
02-II-2008	Sistema Lagunar Ceuta	1	23	57	106	59
02-II-2009	Lagunas de Santa María-Topolobampo-Ohuira	1	25	37	109	05

Fuente: INEGI (2014).

De los 139 humedales que tiene México, a nivel nacional el estado de Sinaloa, cuenta con nueve sitios Ramsar, con una superficie de 543,190 hectáreas, lo cual representa el 6.15 % del total del país.<sup>158</sup> En la tabla 5.44, se muestran los nueve sitios Ramsar.

<sup>157</sup> Los sitios Ramsar se refieren a humedales de importancia internacional, considerados como ecosistemas fundamentales en la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad, con importantes funciones (regulación de la fase continental del ciclo hidrológico, recarga de acuíferos y estabilización del clima local), valores (recursos biológicos, pesquerías y suministro de agua) y atributos (refugio de diversidad biológica, patrimonio cultural y sus tradicionales). Estos sitios se han venido determinando y registrando en México a partir del 4 de noviembre de 1986 derivado de la Convención celebrada en 1971 en la ciudad de Ramsar, Irán. Cabe señalar que estos humedales pueden o no estar incluidos dentro de las denominadas áreas naturales protegidas.

<sup>158</sup> Op.cit., Anuario Estadístico de Sinaloa.

**Tabla 5.44.** Sitios Ramsar en el estado de Sinaloa

Nombre del sitio Ramsar	Municipio(s)	Superficie (ha)	Fecha de designación
Ensenada de Pabellones	Culiacán, Navolato.	40,639	02/02/08
Laguna Huizache Caimanero.	Mazatlán, Rosario.	48,283	02/02/07
Laguna Playa Colorada-Santa María La Reforma.	Angostura, Navolato.	53,140	02/02/04
Laguna Santa María-Topolobampo-Ohuira.	Ahome.	22,500	02/02/09
<b>Marismas Nacionales.</b>	Rosario, Escuinapa.	200,000	22/06/95
Playa Tortuguera El Verde Camacho.	Mazatlán.	6,454	02/02/04
Sistema Lagunar Agiabampo-Bacorehuis-Río Fuerte Antiguo.	Ahome.	90,804	02/02/08
Sistema Lagunar Ceuta.	Elota.	1,497	02/02/08
Sistema Lagunar san Ignacio-Navachiste-Macapule.	Ahome, Guasave.	79,873	02/02/08
	Total	543,190	

Fuente: Elaboración propia con datos Ramsar (2014).

El sitio Ramsar de mayor superficie en el estado de Sinaloa, es “Marismas Nacionales” (200,000 ha) el cual se encuentra ubicado en los municipios de Rosario, Escuinapa y Nayarit, y representa el 36.82 % del total de humedales o marismas del estado de Sinaloa. A continuación se muestra en la figura 5.10, los humedales localizados en la República Mexicana y en el estado de Sinaloa.



Figura 5.10. Sitios Ramsar en México

Fuente: CONANP (2014).

La ubicación de los sitios Ramsar (humedales) se muestran en el mapa de la figura 5.11.

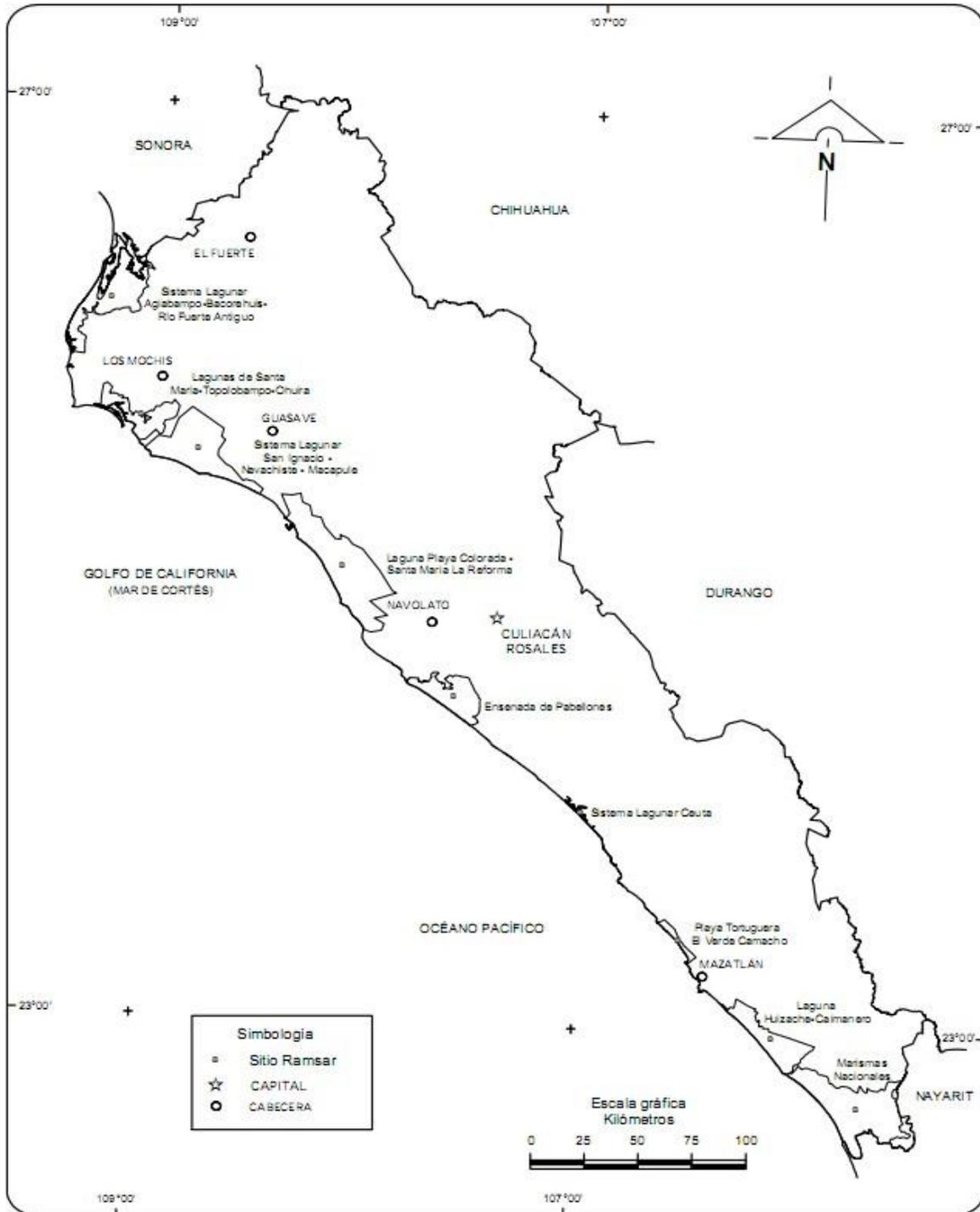


Figura 5.11 Sitios Ramsar

Fuente: INEGI (2014).

### 5.6.4 Reservas Potenciales de Agua

Desde el 2010 la Comisión Nacional del Agua y la World Wildlife Fund-Fundación Gonzalo Río Arronte han venido realizando esfuerzos conjuntos para establecer reservas de agua que aseguren la conservación de los principales ecosistemas de México, así como la disponibilidad del recurso para las generaciones presentes y futuras.<sup>159</sup> En la tabla 5.45, Se muestran los Organismos de Cuenca y su factibilidad como Reservas Potenciales de Agua (RPA), a nivel nacional existen 189 RPA y el Organismo de Cuenca Pacífico Norte tiene un total de 14 RPA, de las cuales 2 RPA son de factibilidad muy alta, 3 RPA están clasificadas como de factibilidad alta y 9 RPA está considerada a un nivel de factibilidad media.

**Tabla 5.45.** Reservas potenciales de agua por Organismo de Cuenca

Organismo de Cuenca	Factibilidad como RPA			Total	
	Muy Alta	Alta	Media	Absoluto	Relativo (%)
I. Península de Baja California		5	20	25	13
II. Noroeste		1	1	2	1
III. Pacífico Norte	2	3	9	14	7
IV. Balsas			1	1	1
V. Pacífico Sur			12	12	6
VI. Río Bravo			5	5	3
VII. Cuencas Centrales del Norte			9	9	5
VIII. Lema Santiago Pacífico	1	11	9	21	11
IX. Golfo Norte	2	7	14	23	12
X. Golfo Centro	2	5	7	14	7
XI. Frontera Sur	9	21	26	56	30
XII. Península de Yucatán	3	1	1	5	3
XIII. Aguas del Valle de México			2	2	1
<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>54</b>	<b>116</b>	<b>189</b>	<b>100</b>

Fuente: Conagua (2014).

<sup>159</sup> Comisión Nacional del Agua (México), Reservas Potenciales de Agua para el Medio Ambiente en México, una medida de adaptación al cambio climático [en línea]: Recursos en línea de la Comisión Nacional del Agua, [México, D.F.], <<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/P3-5.pdf.pdf>> [Consulta: 27 febrero, 2014].

Los estudios realizados muestran para el territorio nacional la cantidad de 487,868.1 hm<sup>3</sup> y para el Organismo de cuenca Pacífico Norte (Sinaloa) la cantidad de 14,888.3 hm<sup>3</sup> de reservas potenciales de agua, las cuales se muestran en la tabla 5.46.

**Tabla 5.46. Reservas Potenciales de Agua para el Organismo Pacífico Norte**

Organismo de cuenca	Clave de Región Hidrológica	Cuenca	Unidad de gestión	Calificación	Factibilidad	Sup km <sup>2</sup>	Disponibilidad (hm <sup>3</sup> )
<b>Nacional</b>						<b>448,092.1</b>	<b>487,868.1</b>
<b>Pacífico Norte</b>	1	Río Piaxtla	Río Piaxtla 2	5	muy alta	2,756.7	1,403.2
	5	Río San Pedro	Río San Pedro desembocadura	4.25	muy alta	833.7	2,690.5
	6	Río Acaponeta	Río Acaponeta 1	4	alta	5,095.4	1,331.1
	14	Río San Pedro	Río San Pedro-Mezquital	3.5	alta	11,406.3	2,438.3
	15	Río Acaponeta	Río Acaponeta 2	3.5	alta	250.3	1,412.0
	23	Río Piaxtla	Río Piaxtla 1	3	media	4,793.4	982.4
	23	Arroyo Puente de Fierro	Río Quelite 2	3	media	360.7	152.5
	23	Río Acaponeta	Rosa Morada 2	3	media	195.7	139.5
	25	Río Santago	Río Jesús María	3	media	3,083.4	78.9
	25	Río Ostuta	Ríos Aquila-Ostuta	3	media	1,317.8	206.6
	25	Río Huahua	Ríos Marmeyera-Tupitina	3	media	1,055.8	147.5
	28	Río Presidio	Río Presidio 1	2.75	media	5,195.4	1,013.9
	35	Río Presidio	Río Presidio 2	2.25	media	483.5	1,081.3
	36	Río Baluarte	Río Baluarte 2	2.25	media	408.4	1,810.6
<b>Total Pacífico Norte</b>						<b>37,236.5</b>	<b>14,888.3</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de CONAGUA (2014).

### 5.6.5 Potencial Hidráulico Renovable

La hidráulica renovable se basa en el aprovechamiento de pequeños saltos y desniveles de un curso de agua para generar energía eléctrica. Existen 2 ramas tecnológicas, en función de cómo discurre el agua, las centrales de agua fluyente/derivación y las centrales a pie de presa. En las primeras, el agua a turbinar se capta del cauce del río por medio de una obra de toma y, una vez turbinada, se devuelve al río en un punto distinto al de captación. Por su parte, las centrales a pie de presa son centrales con regulación, y el agua a turbinar se almacena mediante una presa.<sup>160</sup>

<sup>160</sup> Op. cit., Plan integral para el desarrollo de las energías renovables, en México 2013-2018.

## 5.7 Análisis del Recurso Biomasa

El análisis del recurso de biomasa se realizó en el cultivo energético denominado *Jatropha curcas*.

### 5.7.1 Generalidades de la *Jatropha Curcas*

La clasificación taxonómica de *Jatropha curcas* de acuerdo a Cronquist (1981) es la siguiente:<sup>161</sup>

- Reino Plantae
- Subreino Tracheobionta
- División Magnoliophyta
- Clase Magnoliopsida
- Subclase Rosidae
- Orden Euphorbiales
- Familia Euphorbiaceae
- Subfamilia Crotonoideae
- Tribu Jatropeae
- Género *Jatropha*
- Especie *curcas*

El género *Jatropha* cuenta con alrededor de 170 especies, en donde se encuentran dos variedades de la especie *curcas*, la tóxica que contiene los esteroides de forbol y la no tóxica que se cultiva en el estado de Sinaloa. Se le considera un arbusto por que presenta una altura de 3 a 5 metros, sin embargo puede alcanzar hasta los 7 metros y tiene una esperanza de vida hasta 50 años,<sup>162</sup> como se observa en la figura 5.12.

---

<sup>161</sup> Ignacio Contreras, et al. *Compendio de paquetes tecnológicos para el establecimiento de la cadena agroindustrial de *Jatropha curcas* en el noroeste de México*, Culiacán, Sin., Consejo para el Desarrollo de Sinaloa, 2013, p. 67.

<sup>162</sup> Idem, p. 47.



Figura 5.12. Planta de *Jatropha curcas*

Fuente: Universidad de Sonora (2014).

Es una planta nativa de México, América Central, Brasil, Bolivia, Perú, Argentina y Paraguay, aunque hoy en día tiene una distribución pantropical. Se cultiva en toda América Central, África y Asia.

Es una planta vigorosa, resistente a plagas y sequía, se utiliza principalmente como cerco vivo (protección de tierras de cultivo contra animales como vacas, ovejas y cabras).

La planta tiene una raíz pivotante profunda e inicialmente cuatro raíces superficiales laterales, la raíz principal puede estabilizar el suelo contra deslizamientos de tierra, mientras que las raíces poco profundas se alargan para prevenir y controlar la erosión del suelo causada por el viento y el agua.<sup>163</sup>

### **5.7.2 Requerimientos edafoclimáticos**

Los requerimientos edafoclimáticos para la siembra y el cultivo de la *Jatropha curcas* se muestran en la tabla 5.47.

---

<sup>163</sup> Idem, p. 180.

**Tabla 5.47.** Delimitación del potencial productivo de la jatropha curcas

Variable	Potencial productivo		
	Alto	Medio	Bajo
Altitud	0 - 1000 m	1000 – 1500 m	> 1500 m
Precipitación	600 – 1200 mm	1200 – 1800 mm	> 1800 <300 mm
Temperatura	18 – 28° C	28 – 34° C	< 18° C
Pendiente	0 – 20 %		

Fuente: Chapingo (2014).

### 5.7.3 Zonificación Agroecológica

Los resultados de la zonificación agroecológica muestran que existen más de 6 millones de hectáreas con potencial alto y medio para el establecimiento de plantaciones de piñón en México,<sup>164</sup> se muestran en la figura 5.13.

<sup>164</sup> Comité Nacional Sistema Producto Oleaginosas, Áreas de potencial productivo de piñón *Jatropha Curcas* L., como especie de interés bioenergético en México [en línea]: Recursos en Línea de Comité Nacional Sistema Producto Oleaginosas, [México, D.F.], < [http://www.oleaginosas.org/art\\_211.shtml](http://www.oleaginosas.org/art_211.shtml)> [Consulta: 9 de febrero, 2014].

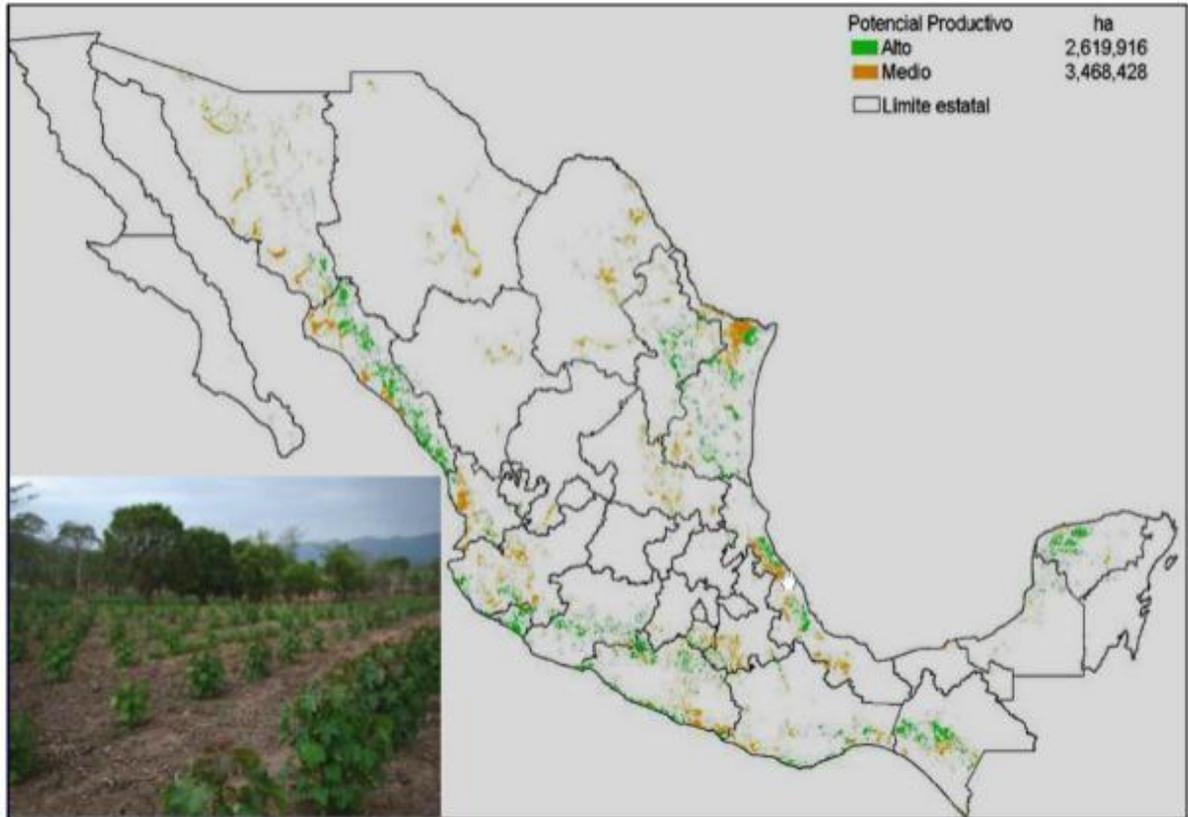


Figura 5.13. Potencial productivo de *Jatropha curcas* en México.

Fuente: Comité Nacional Sistema Producto Oleaginosas (2014).

A nivel nacional se estimaron alrededor de 2.6 millones de hectáreas con alto potencial para el cultivo del piñón, con un altitud de 0 a 1000 msnm, una temperatura entre 18 y 28 ° C y una precipitación pluvial entre 600 y 1200 mm anuales. Los estados de la República Mexicana que registraron mayor superficie óptima para el cultivo de piñón fueron Sinaloa con 557,641 ha, Tamaulipas con 317,690 ha, Guerrero con 282,158 ha, Chiapas con 230,273 ha y Michoacán con una superficie de 197,288 ha.

Las superficies identificadas presentan también pendientes menores a 20% con un uso de suelo predominantemente agrícola. De 32 estados en 8 de ellos no se detectaron áreas con potencial alto.<sup>165</sup>

<sup>165</sup> Ibid.

En la tabla 5.48, se muestra el potencial productivo de Jatropha en zonas agrícolas de temporal. El estado de Guerrero contribuye con un 60%, Sinaloa con el 12.1%, Tamaulipas con un 12.9% y Veracruz con un 15.6%.

**Tabla 5.48.** Potencial productivo de jatropha en zonas agrícolas de temporal

<b>Potencial productivo en zonas agrícolas de temporal</b>				
<b>Estado</b>	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>	<b>Total (ha)</b>	<b>%</b>
Baja California		9,154.5	9,154.5	0.4%
Campeche	17,148.7		17,148.7	0.7%
Chiapas	132,680.6	49,730.7	182,411.3	7.5%
Chihuahua		11,531.0	11,531.0	0.5%
<u>Cohahuila</u>		41,185.6	41,185.6	1.7%
Colima	21,009.2	10,513.0	31,522.2	1.3%
Durango	3,566.8	8,959.6	12,526.4	0.5%
Guerrero	242,729.7	79,362.0	322,091.7	13.3%
Hidalgo		2,480.3	2,480.3	0.1%
Jalisco	13,359.3	108,224.8	121,584.1	5.0%
Edo. de México	172.6	8,907.9	9,080.5	0.4%
Michoacán	7,091.1	87,349.3	94,440.4	3.9%
Morelos	1,156.2	51,208.3	52,364.5	2.2%
Nayarit	47,465.6	29,962.4	77,428.0	3.2%
Nuevo León		106,012.4	106,012.4	4.4%
Oaxaca	106,434.4	75,200.2	181,634.6	7.5%
Puebla	386.4	37,359.8	37,746.2	1.6%
Querétaro		1,554.4	1,554.4	0.1%
Quintana Roo	134.3		134.3	0.0%
San Luis Potosí	15,236.3	59,514.7	74,751.0	3.1%
<b>Sinaloa</b>	<b>16,820.7</b>	<b>276,426.0</b>	<b>293,246.7</b>	<b>12.1%</b>
Sonora		47,808.8	47,808.8	2.0%
Tamaulipas	28,395.9	282,752.1	311,148.0	12.9%
Veracruz	349,901.0	27,590.2	377,491.2	15.6%
Yucatán	2,309.0		2,309.0	0.1%
Zacatecas		1,201.8	1,201.8	0.0%
<b>Total</b>	<b>1,005,997.8</b>	<b>1,413,989.8</b>	<b>2,419,987.6</b>	<b>100.0%</b>

Fuente: elaboración propia con datos de Bioenergéticos (2014).

A continuación, en la figura 5.14, se muestran las regiones geográficas del estado de Sinaloa que tienen potencial para el cultivo de jatropha en zonas agrícolas de temporal.

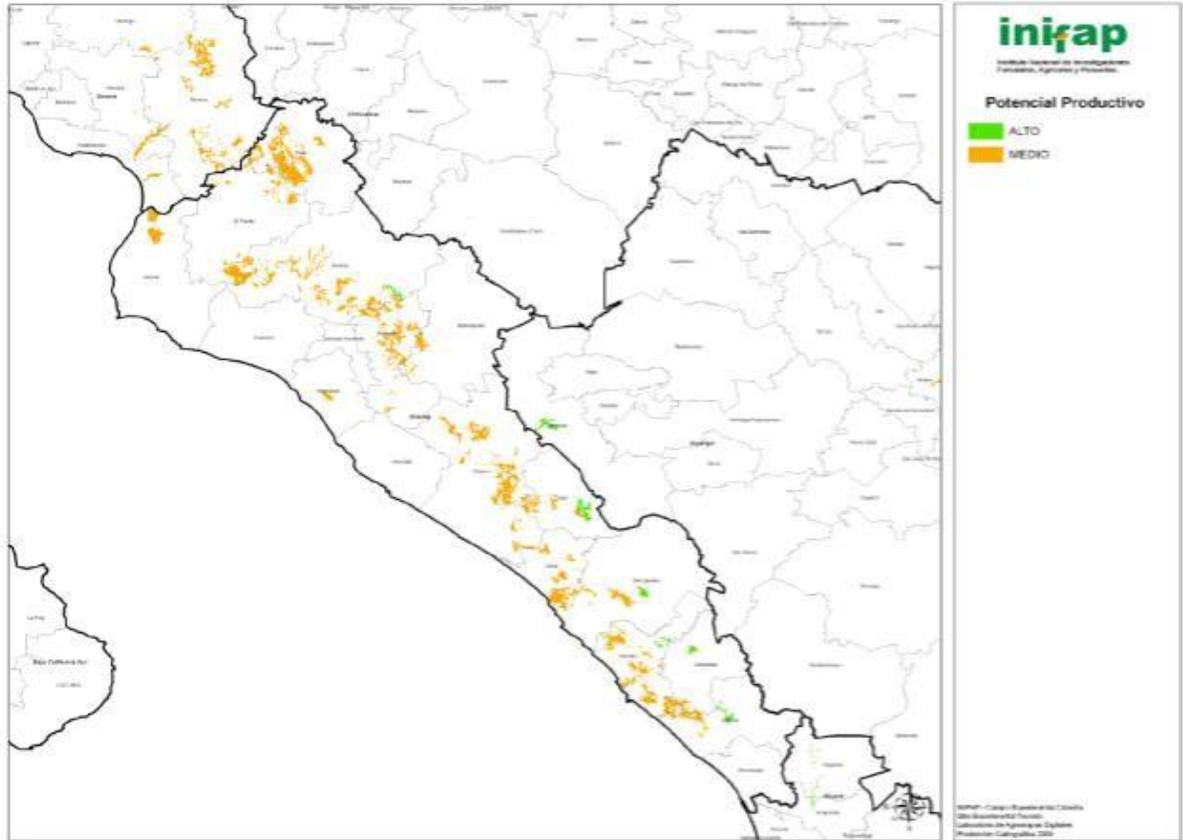


Figura 5.14. Potencial productivo de *jatropha curcas* en el estado de Sinaloa  
Fuente: Bioenergéticos (2014).

Así mismo en la tabla 5.49, se muestra el potencial alto y medio de *jatropha* en zonas agrícolas de temporal en 14 de los 18 municipios del estado de Sinaloa. Los municipios que contribuyen más en el potencial productivo en zonas agrícolas de temporal son: Choix con un 13.4%, Culiacán con el 14.4%, Mazatlán con un 11.4% y Sinaloa de Leyva con el 14.1%.

**Tabla 5.49.** Potencial productivo de *Jatropha* en zonas agrícolas de temporal  
Por municipio en el estado de Sinaloa

<b>Potencial productivo en zonas agrícolas de temporal</b>				
<b>Municipio</b>	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>	<b>Total (ha)</b>	<b>%</b>
Ahome		10,546.5	10,546.5	3.6%
Angostura		2,418.9	2,418.9	0.8%
Badiraguato	442.5	6,054.4	6,496.9	2.2%
Choix		39,210.0	39,210.0	13.4%
Concordia	1,865.0	5,011.1	6,876.1	2.3%
Cosalá	5,361.6	9,627.8	14,989.4	5.1%
Culiacán		42,364.6	42,364.6	14.4%
El Fuerte		27,500.8	27,500.8	9.4%
Elota		20,217.4	20,217.4	6.9%
Mazatlán	1,725.6	31,562.6	33,288.2	11.4%
Mocorito	507.7	26,421.9	26,929.6	9.2%
Rosario	3,111.9	6,969.7	10,081.6	3.4%
San Ignacio	1,807.1	9,231.1	11,038.2	3.8%
Sinaloa de Leyva	1,999.3	39,289.2	41,288.5	14.1%
<b>Total</b>	<b>16,820.7</b>	<b>276,426.0</b>	<b>293,246.7</b>	<b>100.0%</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de Bioenergéticos (2014).

A continuación se muestra en la tabla 5.50, la superficie cultivable en las zona norte, zona centro y zona sur del estado de Sinaloa que cuenta con una superficie de 557 mil 641 hectáreas aproximadamente para el cultivo de *jatropha Curcas*.<sup>166</sup>

<sup>166</sup> Ibid.

**Tabla 5.50.** Superficie cultivable de jatropha curcas en el estado de Sinaloa

<b>Región del estado de Sinaloa</b>	<b>Superficie cultivable (ha)</b>
Zona norte*	157,000
Zona centro	100,000
Zona sur	300,641
<b>Total</b>	<b>557,641</b>

\*Cifra estimada por el autor.

Fuente: Elaboración propia con datos de Contreras *et al* (2013).

Los requerimientos edafoclimáticos<sup>167</sup> óptimos para el cultivo de jatropha curcas, se muestran en tabla 5.51, así como los valores obtenidos en la Estación Dimas en el municipio de San Ignacio Sinaloa.<sup>168</sup>

<sup>167</sup> Edafoclimáticos, factores relativos al suelo y al clima.

<sup>168</sup> Op.cit., Compendio de paquetes tecnológicos para el establecimiento de la cadena agroindustrial de jatropha curcas en el noroeste de México, p.p. 48, 49.

**Tabla 5.51.** Requerimientos agroecológicos óptimos para el cultivo de *jatropha curcas*

Factor edafoclimático	Requerimiento	Requerimiento óptimo	Estación Dimas San Ignacio, Sin.
Precipitación	Entre 300 y 1,800 mm.	600 a 1200 mm.	pp anual 753.2 mm
Temperatura	De 10 a 34°C También soporta bajas temperaturas.	18 a 28°C.	Temperatura máxima promedio anual es de 28.2°C y la temperatura mínima anual promedio es de 17.4°C.
Altitud	Bajas elevaciones, por debajo de los 1,200 msnm.	Terrenos con altitud inferior a 900 msnm.	La zona sur del estado de Sinaloa, el pie de sierra oscila entre los 20 a 100 msnm.
Humedad	Los requerimientos de humedad relativa oscilan entre 80 y 90%.	El nivel óptimo es de 70 a 85%	La humedad relativa máxima anual es de 80% y la humedad relativa mínima anual es de 75%
Suelo	Se adapta a una gran variedad de suelos, incluyendo los de bajo contenido de nutrientes.	Suelos livianos y bien drenados, se desarrolla normalmente en suelos áridos y semiáridos, responde bien al pH no neutro.	Los suelos son de textura ligera a media ( <u>francoarenosa</u> ), con buen drenaje y con un pH de 6.5 a 7.2.

Fuente: Elaboración propia con datos de Contreras *et al* (2013).

#### 5.7.4 Producción del Biodiesel por hectárea de diferentes cultivos

La productividad es muy variable y dependerá de las condiciones del clima, el suelo, la humedad, las técnicas agronómicas utilizadas, las variedades y muchos otros factores. En la tabla 5.52, se presentan los rendimientos que se están alcanzando en la producción de biodiesel con el uso de diferentes cultivos, bajo condiciones favorables.<sup>169</sup>

<sup>169</sup> Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Preguntas y Respuestas más frecuentes sobre Biocombustibles [en línea]: Recursos en Línea del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, [San José, Costa Rica], <<http://www.iica.int/Esp/organizacion/LTGC/agroenergia/Documentos%20Agroenerga%20y%20Biocombustibles/Preguntas%20y%20respuestas%20m%C3%A1s%20frecuentes%20sobre%20biocombustibles.pdf>> [Consulta: 9 de febrero de 2014].

**Tabla 5.52.** Rendimientos de biodiesel de diferentes cultivos

<b>CULTIVO</b>	<b>L. BIODIÉSEL/ha</b>
PALMA AFRICANA	4,000 - 5,000
COLZA	900 - 1,300
SOYA	300 – 600
GIRASOL	600 – 1,000
RICINO	1,000 – 1,200
<b>JATROPHA CURCAS</b>	800 – 2,000

Fuente: Elaboración propia con datos de IICA (2014).

### **5.7.5 Definición del Biodiesel y como se produce**

El biodiesel, es un combustible líquido no contaminante y biodegradable, que se utiliza en el transporte urbano, minero y agrícola. De acuerdo a la ASTM “el biodiesel está compuesto de ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de aceites vegetales o grasas animales”.<sup>170</sup> Es decir, un combustible alternativo de combustión limpia hecho con grasa o aceite (como el de soya o de palma) que se ha sujetado a un proceso químico para extraerle la glicerina.<sup>171</sup>

La glicerina es un subproducto del biodiesel que tiene una gran diversidad de aplicaciones, las cuales se muestran en la figura 5.15.

<sup>170</sup> American Standar and Testing Materials, Standardization News [en línea]: Recursos en Línea de American Standar and Testing Materials, [West Conshohocken, PA EUA], [http://www.astm.org/SNEWS/SPANISH/SPJF09/nelson\\_spjf09.html](http://www.astm.org/SNEWS/SPANISH/SPJF09/nelson_spjf09.html) [Consulta: 9 de febrero, 2014].

<sup>171</sup> Ibid.

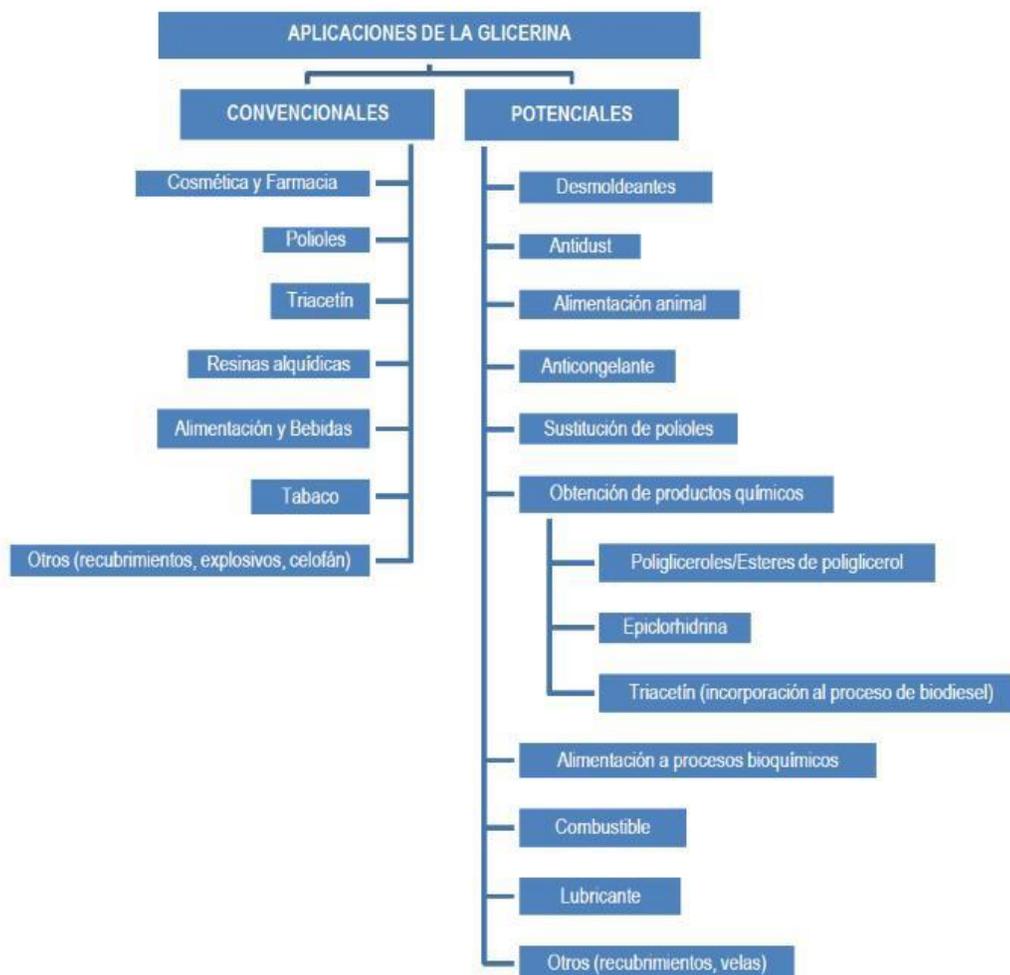


Figura 5.15. Aplicaciones actuales de la glicerina y propuestas futuras  
Fuente: IICA (2014).

El biodiesel se obtiene por transesterificación,<sup>172</sup> proceso que combina aceites vegetales y/o grasas animales con alcohol (metanol o etanol) en presencia de un catalizador que puede ser hidróxido de sodio o hidróxido de potasio con el fin de formar ésteres grasos.<sup>173</sup> Luego se decanta la sustancia resultante, quedando el biodiesel en la parte superior y la glicerina en la parte inferior como se muestra en la figura 5.16.

<sup>172</sup> La transesterificación es el proceso de intercambiar el grupo alcoxi de un éster por otro alcohol. Estas reacciones son frecuentemente catalizadas mediante la adición de un ácido o una base.

<sup>173</sup> Ésteres: compuestos orgánicos en los que un grupo orgánico reemplaza al menos un átomo de hidrógeno en un ácido oxigenado.



Figura 5.16. Biodiesel y glicerina típicos productos de reacción de transesterificación.  
Fuente: Contreras *et al* (2013).

#### 5.7.5.1 Reacciones químicas en el proceso de producción de Biodiesel

La reacción química que se lleva a cabo en el proceso de producción de biodiesel es la reacción de transesterificación (reacción de moléculas de triglicéridos) con alcoholes de bajo peso molecular (metanol, etanol, propanol y butanol) para producir biodiesel y glicerina,<sup>174</sup> en la figura 5.17, se muestra la reacción de transesterificación:

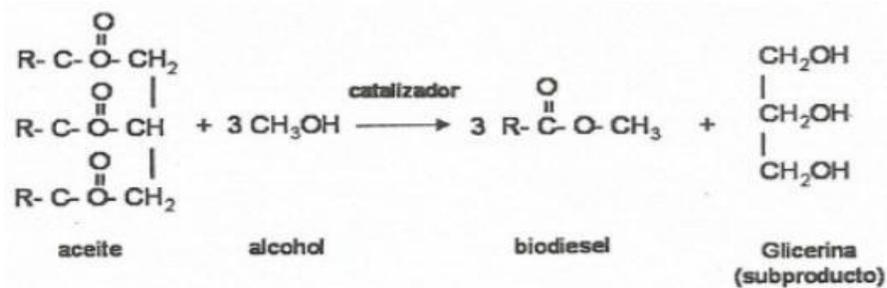


Figura 5.17. Reacción de transesterificación

Fuente: Contreras *et al* (2013).

<sup>174</sup> Op.cit., Compendio de paquetes tecnológicos para el establecimiento de la cadena agroindustrial de *jatropha curcas* en el noroeste de México, p. 118.

Esta reacción se lleva a cabo por pasos, involucrando diferentes reacciones que consisten en tres reacciones reversibles y consecutivas (conversión a diglecérido, monoglicérido y glicerina), en cada reacción se libera un mol de biodiesel (éster metílico) como se muestra en la figura 5.18.

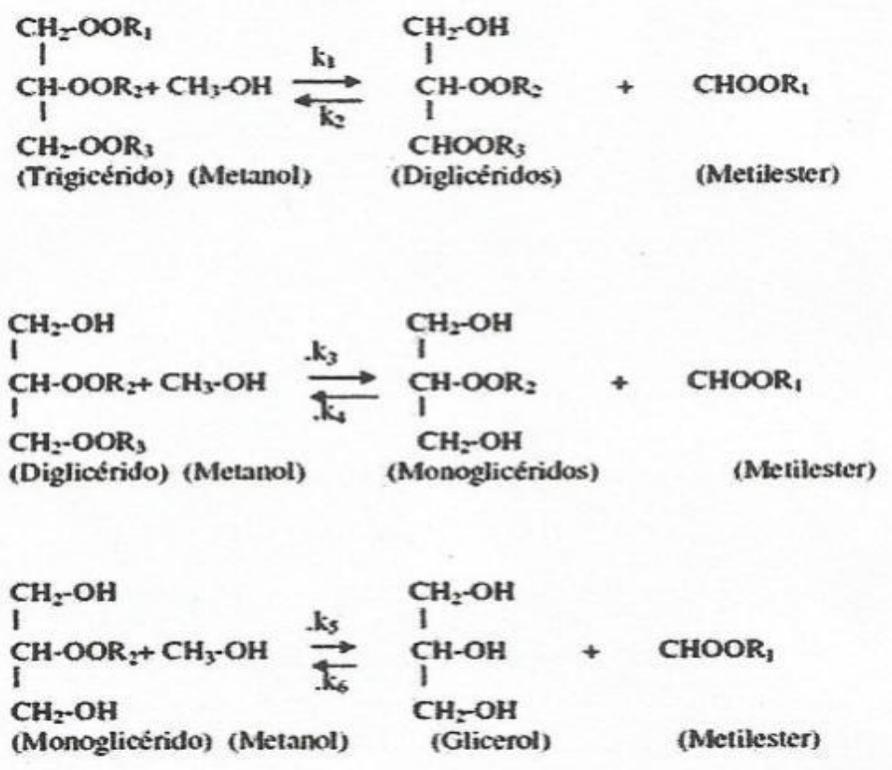


Figura 5.18. Reacciones implicadas en la transesterificación

Fuente: Contreras *et al* (2013).

En cuanto al **biodiesel**, este se produce a partir de los ácidos grasos derivados de aceites que pueden ser de origen vegetal o animal, los cuales pueden ser sometidos a varios procesos, pero el más utilizado es el de transesterificación.

Este consiste en convertir los triglicéridos en esteres, para lo cual se produce una reacción en los aceites mediante el uso de un alcohol, que puede ser metanol o etanol, y un catalizador, que puede ser hidróxido de sodio o hidróxido de potasio. Luego se decanta la sustancia resultante, quedando el biodiesel en la parte superior y glicerina en la parte inferior.

Es importante mencionar que la calidad del biodiesel tiene mucho que ver con el tipo de materia prima utilizada.

### 5.7.6 Tecnologías del procesamiento de Biodiesel

Existen diversas y variadas tecnologías para la producción del biodiesel, su selección depende de la calidad de la materia prima utilizada: concentración de ácidos grasos (AGL) o Free Fatty Acid (FFA, por sus siglas en inglés), perfil lipídico y presencia de humedad en el proceso; y de los reactivos y tiempos de operación utilizados en el proceso: tipo de alcohol, relación molar (alcohol-aceite), tipo de catalizador, tiempo de operación y agitación.<sup>175</sup> Todos estos factores repercuten en el rendimiento, conversión y cinética de la reacción.

A continuación se describen las características de las tecnologías del procesamiento de biodiesel:<sup>176</sup>

- **Catálisis ácida:** la transesterificación es catalizada por ácidos de Bronsted, como el sulfónico o el sulfúrico; las conversiones a ésteres son elevadas superando el 99%, pero la velocidad de reacción es lenta, en algunas veces mayor a tres horas para condiciones normales.
- **Catálisis con Lipasas:** las enzimas hidrolíticas se han aplicado en las síntesis químicas gracias a su estabilidad, tolerancia a los solventes y no requiere de coenzimas.
- **Catálisis alcalina no iónica:** se han empleado diversas bases orgánicas (guanidinas, amidinas, piperidina y trietilamina entre otras), se han obtenido conversiones altas y tiempos mínimos de reacción. Esta técnica presenta la desventaja de la dificultad de la separación de los productos y un costo elevado del catalizador.
- **Catálisis heterogénea:** se han probado polímeros con unidades químicas que proporcionan sitios activos básicos no iónicos, como poliestireno/divinilbenceno, poliuretanos y alquilguanidinas entre otros, los cuales presentan la ventaja de que el catalizador no se incluye como impureza

---

<sup>175</sup>Ídem, p. 119.

<sup>176</sup> Ibid.

y la cinética de separación de los productos es rápida, sin embargo el método no es viable para grandes volúmenes de producción, pues es muy susceptible a las impurezas y el catalizador es costoso.

- **Catálisis supercrítica:** los reactivos se llevan a las condiciones críticas del alcohol utilizado (metanol) y se cargan al reactor. La cinética es 10 veces más rápida que la de los métodos anteriores, con conversiones superiores al 99%. Por sus condiciones de operación (350°C y 30Mpa), lo hacen inviable para la producción a gran escala.
- **Catálisis alcalina:** es el proceso industrialmente más desarrollado y empleado, debido a que los catalizadores empleados, como hidróxidos o carbonatos de sodio o potasio son baratos, menos corrosivos que los catalizadores ácidos y se alcanzan conversiones superiores al 99%. La cinética es rápida, no requiere equipos complicados y la separación de los productos es fácil de utilizar. Su desventaja consiste en la ausencia total de agua, induciendo una hidrólisis con formación de jabones y pérdidas de éster. El diseño de la planta para producción de biodiesel a partir del aceite de palma utiliza este método, con las recomendaciones y condiciones sugeridas por el Palm Oil Research Institute of Malaysia (PORIM).

Las tecnologías descritas anteriormente utilizan la ruta catalítica, se han identificado 85 plantas de las cuales 30 corresponden a tamaños piloto de 500 a 3 mil toneladas por año y las restantes a escala mayor con capacidades en el rango de 10 mil y 120 mil toneladas por año.

Los insumos utilizados principalmente en el proceso son: aceite de vegetal, metanol, hidróxido de sodio como catalizador y agua para el proceso de lavado.

Los productos generados son metil o etil éster de aceite de vegetal (biodiesel) y glicerina entre el 80% y 85% de pureza.

#### **5.7.6.1 Proceso de Ultrasonido**

El sonido promueve o mejora las reacciones químicas, las ondas acústicas son propagaciones de la presión de oscilación de las ondas vibracionales en un medio

determinado (gas, líquido o sólido).<sup>177</sup> “Si la presión de la onda propagadora a través del líquido tiene suficiente intensidad, puede ocurrir formación de burbujas debido a que el gas disuelto en el líquido no puede permanecer disuelto debido a que la solubilidad del gas es proporcional a la presión, esto se conoce como fenómeno de cavitación”<sup>178</sup>.

Las miles de burbujas formadas durante el fenómeno de cavitación facilita la formación de una microemulsión de metanol, KOH y aceite a alta temperatura, lo cual disminuye drásticamente las limitaciones de transferencia de masa y la reacción puede ser llevada a cabo en unos pocos segundos a temperatura ambiente y presión atmosférica disminuyendo los costos de producción; este modelo se muestra en la figura 5.19.



Figura 5.19. Modelo de sonotransesterificación

Fuente: Contreras *et al* (2013).

<sup>177</sup> Idem, p. 120.

<sup>178</sup> Ignacio Contreras, *Biodiesel Current Technology: Ultrasonic Process a Realistic Industrial Applications*, Rijeka Croatia, Intech, 2013, p.183.

### 5.7.6.2 Propiedades fisicoquímicas de la materia prima en la producción de Biodiesel

La materia prima utilizada en la producción de biodiesel es el aceite de *jatropha curcas* (AJC), el cual fue elaborado de *jatropha* cultivada en el estado de Sinaloa.

A continuación en la tabla 5.53, se muestran las propiedades del AJC utilizado en la producción del biodiesel.

**Tabla 5.53.** Propiedades fisicoquímicas promedio de AJC evaluadas para el control de calidad del proceso.

Propiedad	Valor
Índice de ACIDEZ (MG KOH G <sup>-1</sup> )	3,07± 0.12
Porcentaje de ácidos grasos libres	1.5 1± 0.058 %
Índice de saponificación (MG KOH G <sup>-1</sup> )	180.92 ± 1.98
Índice de yodo (CG Y G <sup>-1</sup> )	28.75 ± 0.09
Índice de peróxido (ME O <sub>2</sub> ACTIVO KG <sup>-1</sup> )	18.5 ± 0.7

Fuente: Contreras *et al* (2013).

### 5.7.6.3 Diagrama de flujo del proceso de producción de Biodiesel

En la figura 5.20, se muestra el diagrama de flujo utilizado en la producción de biodiesel, el cual consiste de cinco etapas (preparación del Alcóxido, Transesterificación, Refinación, Control de calidad y Almacenamiento):

1. Preparación del Alcóxido: el alcóxido se prepara a partir de la mezcla de metanol (MeOH) y el catalizador básico (KOH).
2. Transesterificación: en esta etapa se mezcla el alcóxido con el AJC, produciéndose la reacción de transesterificación a 1 atm y a temperatura ambiente con el empleo de un sonicador (el cual introduce a la mezcla alcóxido-AJC una potencia de 65Wcm<sup>-2</sup>) para la formación de burbujas.
3. Refinación: en la refinación del biodiesel crudo, primero se recupera el excedente de MeOH usando una columna de destilación operada a 180°C y - 0.5 bar de presión, después se remueve KOH utilizando un material adsorbente (Megasol D60). En esta etapa se utiliza el 1% en peso del material

D60 y un tiempo de residencia de 10 minutos a una temperatura de 80-100°C. Después, el adsorbente D60 se remueve utilizando un filtro prensa para enviar el material refinado a un tanque-decantador, después de un tiempo de residencia de tres horas el biodiesel se recupera por la parte superior del tanque por decantación y la glicerina por la parte inferior.

4. Control de Calidad: se determinan los parámetros de calidad del biodiesel de acuerdo a las normas internacionales (ASTM 6751 para los Estados Unidos de América y el EN 14214 para la Comunidad Económica Europea).
5. Almacenamiento: finalmente se envía el biodiesel a un tanque de acero inoxidable para su almacenamiento.

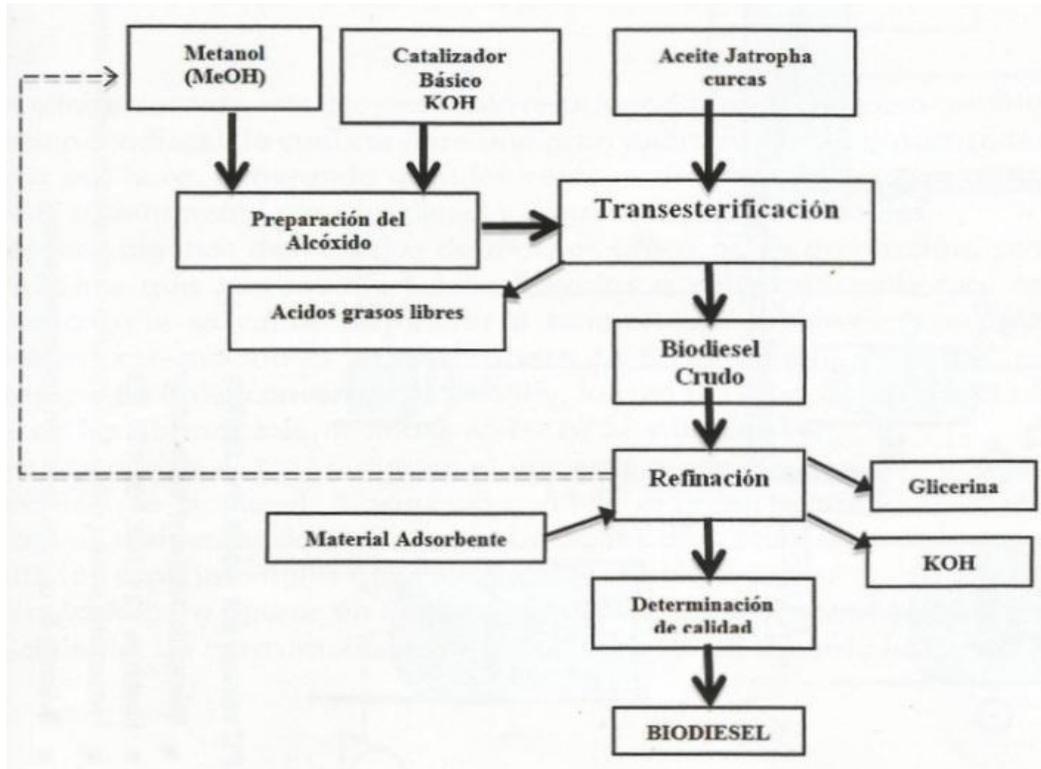


Figura 5.20. Diagrama de Flujo para la producción de biodiesel

Fuente: Contreras *et al* (2013).

A continuación en la tabla 5.54, se muestra el balance de materia para la producción de biodiesel:

**Tabla 5.54.** Balance de materia para la producción por litro de biodiesel

Reactivos/productos	Cantidad
Aceite de <i>Jatropha curcas</i>	1.15 L
Metanol anhidro	0.16 L
Hidróxido de potasio	0.09 kg
Catalizador para adsorción D60	0.10 kg
Biodiesel	1 L
Glicerina	0.21 L

Fuente: Contreras, *et al* (2013).

#### 5.7.6.4 Sistema de producción

La tecnología desarrollada en este proyecto, corresponde a un proceso continuo automatizado y flexible de producción de biodiesel, el cual podría procesar desde 10 L/hr hasta 180 L/hr, generando grandes ventajas de escalamiento en comparación con las tecnologías conocidas para biodiesel denominadas convencionales.<sup>179</sup>

La tecnología empleada en este proyecto (planta piloto) permite operar a la temperatura ambiente, con relaciones molares menores a los procesos convencionales (alcohol: aceite de 4:1) y de alta eficiencia, alcanzándose rendimientos superiores al 88%, hasta un 98%, lo cual hacen que el producto final cumpla con las especificaciones de las normas internacionales ASTM 6751 y EN 14214. También como en proceso no se utiliza agua en la parte de la refinación del biodiesel, el impacto ambiental es mínimo y se eliminan los costos del tratamiento de aguas residuales de una planta.<sup>180</sup>

La figura 5.21, muestra la imagen de la planta piloto instalada en la Facultad de Ciencias Químico Biológicas de la Universidad Autónoma de Sinaloa.

<sup>179</sup> Op.cit., Compendio de paquetes tecnológicos para el establecimiento de la cadena agroindustrial de *jatropha curcas* en el noroeste de México, p. 127.

<sup>180</sup> Ibid.



Figura 5.21. Planta piloto procesadora de biodiesel a partir de *Jatropha curcas*.  
Fuente: Contreras *et al* (2013).

La tecnología desarrollada en este proyecto presenta la oportunidad de procesar desde 10 L/hr., hasta 180 L/hr. (Ventaja de escalamiento) en comparación con las tecnologías de producción de biodiesel denominadas convencionales; el control automático se lleva a cabo mediante la interface desarrollada en Labview, la cual se muestra en la figura 5.22.

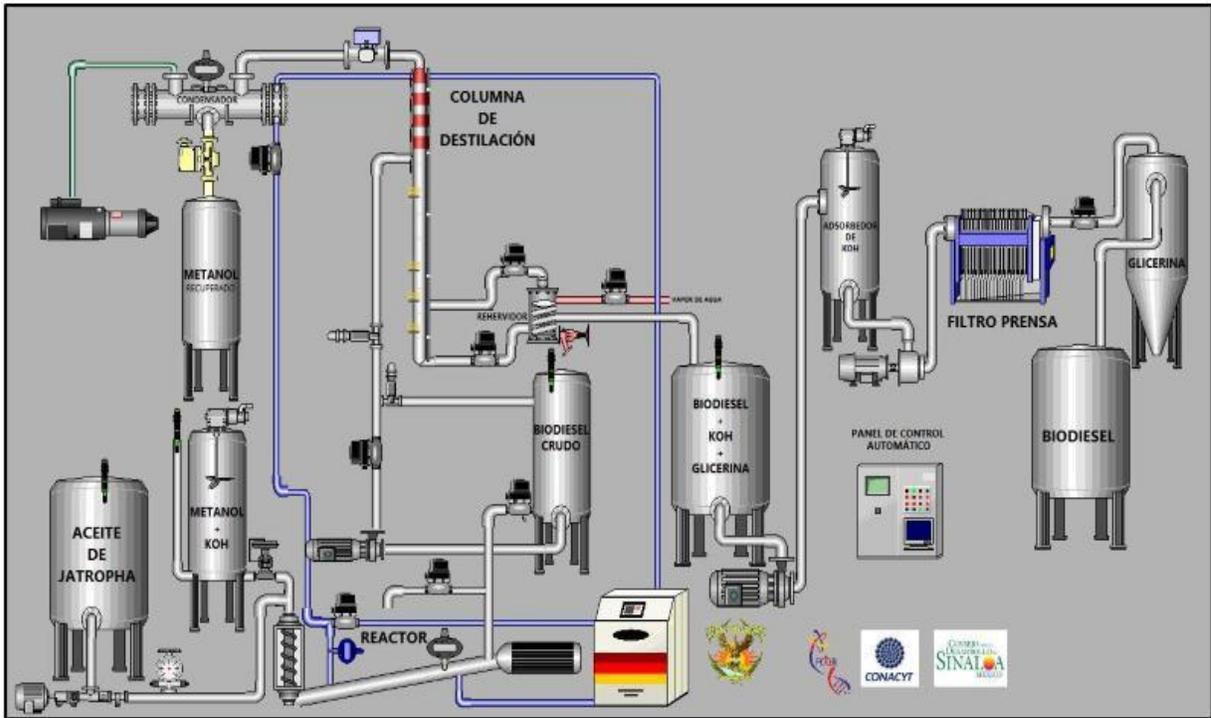


Figura 5.22. Interface de control automático de la planta piloto

Fuente: Contreras *et al* (2013).

El paquete tecnológico utilizado en la planta piloto, permite obtener un producto de calidad exportación, según la ficha técnica que se presenta en la tabla 5.55.

**Tabla 5.55.** Ficha técnica de biodiésel final obtenido en la planta piloto

Propiedad	Unidad	Valor	EN 14214
Índice de acidez	Mg KOH g <sup>-1</sup>	0.58±0. 02	≤0.5
Contenido de FAME	%p	98 ±0.0581	>96.5
Glicerina total	%p	<0.2	<0.25
Glicerina libre	%p	<0.02	<0.02
Densidad a 25 °C	G mL <sup>1</sup>	0.86 ±0.01	0.8 – 0.9

Fuente: Elaboración propia con datos de Contreras *et al* (2013).

## 5.7.7 Ventajas y desventajas del empleo del Biodiesel

Las ventajas y desventajas de utilizar biodiesel se listan a continuación:<sup>181</sup>

### 5.7.7.1 Ventajas

Se puede obtener a través de fuentes renovables, así como de aceites reciclados.

- En México se pueden emplear varios tipos de cultivos oleaginosos para su obtención: la palma africana que cuenta con alrededor de 2.5 millones de hectáreas con buen potencial para su cultivo, localizadas en los estados de Chiapas, Campeche, Guerrero, Michoacán, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco y Veracruz; y la jatropha curcas que a nivel nacional se estimaron 2.6 millones de hectáreas con un potencial para su cultivo. Los estados de la República Mexicana que registraron una mayor superficie óptima para el cultivo de la Jatropha Curcas fueron Sinaloa, Tamaulipas, Guerrero, Chiapas y Michoacán,
- Permite reducir emisiones contaminantes como es el caso del monóxido de carbono, hidrocarburos, así como partículas (en la medida en que se emplea una mezcla con mayor contenido de biodiesel, las emisiones de los contaminantes citados tienden a reducir considerablemente)
- Tiene mayor lubricidad y por tanto permite alargar la vida del motor y reducir su ruido. (con una mezcla de 1% de biodiesel puede mejorar la lubricidad en un 30%).
- Mayor poder disolvente, que hace que no se produzcan depósitos de carbón en los conductos internos del motor y por tanto permite mantener limpio el interior de este. Asimismo mantiene limpios los inyectores.

---

<sup>181</sup> Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, Biodiesel [en línea]: Recursos en línea de Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, [México, D.F.] <<http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/466/2/biodiesel.pdf>> [Consulta: 13 febrero, 2014].

### **5.7.7.2 Desventajas**

- Las emisiones de óxidos de nitrógeno generalmente se incrementan debido a al incremento de presión y temperatura en la cámara de combustión
- La potencia del motor disminuye y el consumo de combustible se incrementa debido a que el poder calorífico de este bioenergético es menor que el del diésel de origen fósil.
- Al ser el biodiesel un mejor solvente ataca toda aquella pieza construida a partir de caucho o goma, por ejemplo las mangueras y juntas de motor
- El empleo de mezclas con más de 30% de biodiesel puede presentar problemas de solidificación en frío, lo que obstruiría el sistema de alimentación de combustible del motor

### **5.7.8 Análisis Tecno-económico Financiero del Proyecto de Biodiesel**

Se evaluará únicamente el proyecto de factibilidad técnico-económico financiero para la producción de biodiesel y glicerina a partir del aceite de *Jatropha curcas*, del proyecto titulado “Desarrollo sustentable de la cadena agroindustrial de *Jatropha curcas*, para el rescate de la zona marginada del noroeste de México”, en el que participaron las siguientes Instituciones y Universidades: el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), la institución Fundación Produce Sinaloa (FPS), el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (INIFAP), la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. (CIAD) y el Instituto Politécnico Nacional (IPN).<sup>182</sup>

---

<sup>182</sup> Op. cit. Compendio de paquetes tecnológicos para el establecimiento de la cadena agroindustrial de *jatropha curcas* en el noroeste de México. p.7.

### 5.7.8.1 Sistema de producción

Se implementó el sistema de producción de biodiesel denominado sonotransesterificación desarrollado en la Universidad Autónoma de Sinaloa en la Facultad de Ciencias Químico Biológicas,<sup>183</sup> el cual presenta un mejor rendimiento y un menor costo de las tecnologías existentes. La capacidad instalada de la planta es de 4,200 L/día y es posible ajustar su capacidad de acuerdo a la demanda del mercado nacional e internacional.

En la figura 5.23, se muestra el diagrama del proceso integral del proyecto de *Jatropha Curcas* (plantación, cultivo, extracción de aceite de JC y producción de Biodiesel), en este trabajo solamente se analiza la parte correspondiente a la producción de Biodiesel.



Figura 5.23. Diagrama del Proceso integral del Proyecto JC.

Fuente: Contreras, *et al* (2013).

<sup>183</sup> Op. cit. Compendio de paquetes tecnológicos para el establecimiento de la cadena agroindustrial de *jatropha curcas* en el noroeste de México., p. 120.

### 5.7.8.2 Inversión Fija

La inversión fija es de \$294,080 dls., constituida por un importe de \$174,080 dls., en equipo y un importe de \$120,000 dls., en obra civil. En la tabla 5.56, se muestran los rubros en inversión realizados, tanto en maquinaria y equipo como en obra civil.

**Tabla 5.56.** Inversión Fija (dólares americanos) del proyecto de Biodiesel

<b>EQUIPO</b>	<b>COSTO</b>
Reactor	24,000
Tanques de A.I.	13,440
Bombas, reductores de velocidad y variadores de frecuencia	12,400
Torre de destilación	10,400
Caja de protección de sonido y electroválvulas	3,600
Sistema de control automático National Instrument	13,440
Accesorios y conexiones de acero inoxidable	8,000
Instrumentos de control	3,200
Panel de control y PLC	8,000
Sistema de purificación	8,000
Instrumentación de laboratorio de calidad	16,000
Instalación equipos de montaje	9,600
Tanques de A.I. (almacén de materia prima y producto terminado)	44,000
<b>Subtotal</b>	<b>174,080</b>
<b>OBRA CIVIL</b>	
Nave industrial (200 M <sup>2</sup> )	120,000
<b>Total</b>	<b>294,080</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de Contreras, *et al* (2013).

La inversión total del proyecto de Biodiesel está conformada por los rubros de Inversión en Equipo, Obra Civil y Capital de Trabajo, lo cual arroja un importe total de \$410,958.00 dls.

En la elaboración del costo de producción y los estados financieros se consideró la siguiente base de cálculo (premisas), la cual se muestra en la tabla 5.57.

**Tabla 5.57.** Base de cálculo en la producción de biodiesel y glicerina

Capacidad instalada (L/día)	4,200
Días trabajados / año	300
Días trabajados / mes	25
Turnos laborados/ día	3
Costo de AJC (\$/L)	5.14
Precio de venta de Biodiesel (d/lL)	1.22
Precio de venta de Glicerina (\$/L)	2.50
Tipo de cambio promedio del 2013 (\$/dl)	12.50
AJC requerido/L Biodiesel (L)	1.15
AJC requerido/L glicerina (L)	5.48
Densidad del Biodiesel (g/mL)	0.86
Densidad del AJC (g/mL)	0.96

Fuente: elaboración propia con datos de Contreras, *et al* (2013).

### 5.7.8.3 Costo unitario de la Producción de Biodiesel

Primeramente se muestra en la tabla 5.58, el consumo unitario, el costo unitario de cada uno de los insumos utilizados; y el costo total unitario de la producción de biodiesel.

**Tabla 5.58.** Costo total unitario de la producción de biodiesel (D/lL)

Material	Consumo unitario	Costo unitario	Costo total unitario
Reactivos p/ análisis de muestras		0.0024	0.0024
Aceite de Jatropha Curcas (lt)	1.15	0.4112	0.4729
Metanol Anhidro (lt)	0.16	0.6688	0.1070
Hidróxido de potasio (kg)	0.01	1.2000	0.0108
Megasol d60 (kg)	0.01	1.0992	0.0110
Gas LP p/caldera (kg)	0.20	1.0000	0.2000
Energía eléctrica (kwh)	2.75	0.0576	0.1584
Mano de obra		0.0473	0.0473
Depreciación		0.0186	0.0186
Mantenimiento (10% inversión en equipo)		0.0138	0.0138
<b>Costo total</b>			<b>1.0422</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de Contreras, *et al* (2013).

En la tabla 5.59, se muestran las cifras obtenidas para el costo de producción de biodiesel.

**Tabla 5.59.** Costo de producción de Biodiesel (DlIs)

CONCEPTO	Costo/ lt dlIs	Costo mensual dlIs	Costo anual dlIs
Reactivos p/ análisis de muestras	0.0024	252	3,024
Aceite de Jatropha Curcas (lt)	0.4729	57,100	685,203
Metanol Anhidro (lt)	0.1070	11,236	134,830
Hidróxido de potasio (kg)	0.0108	1,134	13,608
Megasol d60 (kg)	0.0110	1,154	13,850
Gas LP p/caldera (kg)	0.2000	21,000	252,000
Energía eléctrica (kwh)	0.1584	16,632	199,584
Mano de obra	0.0473	4,968	59,616
Depreciación	0.0186	1,951	23,408
Mantenimiento (10% inversión en equipo)	0.0138	1,451	17,408
<b>Costo total</b>	<b>1.0422</b>	<b>116,878</b>	<b>1,402,531</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de Contreras, *et al* (2013).

A continuación en la tabla 5.60, se muestran los montos por concepto de mano de obra y salarios

**Tabla 5.60.** Mano de Obra Directa (Dólares)

	Salario mensual	Prestaciones sociales (35%)	salario anual
Trabajadores (6)	1,920	672	31,104
Ing. Químico (1)	960	336	15,552
Técnico de laboratorio (1)	800	280	12,960
		<b>Total</b>	<b>59,616</b>

Fuente: Elaboración propia

La cuenta de gastos de administración y ventas se encuentra integrada por los conceptos de Sueldos y gastos inherentes a los departamentos de Administración y

de ventas. A continuación se listan en la tabla 5.61, los montos de los sueldos del área de administración y ventas:

**Tabla 5.61.** Sueldos de Gastos de Administración y Ventas (dólares)

	Salario mensual	Prestaciones sociales (35%)	salario anual
Gerente	2,400	840	38,880
Contador	640	224	10,368
Secretaria	320	112	5,184
		<b>Total</b>	<b>54,432</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### 5.7.8.4 Análisis económico financiero

El análisis económico financiero se formuló a precios de dólares constantes del 2013, los estados financieros desarrollados son:

- Estado de Resultados o Utilidad Neta
- Flujo Neto de Efectivo
- Valor Presente Neto
- Tasa Interna de Rendimiento

Se consideró un crédito bancario por el 60% del monto de la inversión total (inversión fija y capital de trabajo), por un monto de \$246,575 dls a un plazo de 5 años y una tasa del 10% sobre saldos insolutos.

Los gastos financieros del proyecto se muestran en la tabla 5.62, y en el anexo de la tabla 2, se listan el nombre de las instituciones federales e internacionales en las que se pudiera obtener financiamiento.

**Tabla 5.62.** Gastos de financiamiento de la Planta de Biodiesel

Periodo	Interés	Mensualidad	Pago a capital	Saldo insoluto	Periodo	Interés	Mensualidad	Pago a capital	Saldo insoluto
0				246,575	31	1,155	5,239	4,084	134,471
1	2,055	5,239	3,184	243,390	32	1,121	5,239	4,118	130,353
2	2,028	5,239	3,211	240,180	33	1,086	5,239	4,153	126,200
3	2,001	5,239	3,237	236,942	34	1,052	5,239	4,187	122,013
4	1,975	5,239	3,264	233,678	35	1,017	5,239	4,222	117,791
5	1,947	5,239	3,292	230,386	36	982	5,239	4,257	113,533
6	1,920	5,239	3,319	227,067	37	946	5,239	4,293	109,240
7	1,892	5,239	3,347	223,720	38	910	5,239	4,329	104,912
8	1,864	5,239	3,375	220,346	39	874	5,239	4,365	100,547
9	1,836	5,239	3,403	216,943	40	838	5,239	4,401	96,146
10	1,808	5,239	3,431	213,512	41	801	5,239	4,438	91,708
11	1,779	5,239	3,460	210,052	42	764	5,239	4,475	87,233
12	1,750	5,239	3,489	206,563	43	727	5,239	4,512	82,721
13	1,721	5,239	3,518	203,046	44	689	5,239	4,550	78,172
14	1,692	5,239	3,547	199,499	45	651	5,239	4,588	73,584
15	1,662	5,239	3,576	195,922	46	613	5,239	4,626	68,958
16	1,633	5,239	3,606	192,316	47	575	5,239	4,664	64,294
17	1,603	5,239	3,636	188,680	48	536	5,239	4,703	59,591
18	1,572	5,239	3,667	185,013	49	497	5,239	4,742	54,848
19	1,542	5,239	3,697	181,316	50	457	5,239	4,782	50,067
20	1,511	5,239	3,728	177,588	51	417	5,239	4,822	45,245
21	1,480	5,239	3,759	173,829	52	377	5,239	4,862	40,383
22	1,449	5,239	3,790	170,038	53	337	5,239	4,902	35,480
23	1,417	5,239	3,822	166,216	54	296	5,239	4,943	30,537
24	1,385	5,239	3,854	162,362	55	254	5,239	4,985	25,553
25	1,353	5,239	3,886	158,477	56	213	5,239	5,026	20,527
26	1,321	5,239	3,918	154,558	57	171	5,239	5,068	15,459
27	1,288	5,239	3,951	150,607	58	129	5,239	5,110	10,348
28	1,255	5,239	3,984	146,623	59	86	5,239	5,153	5,196
29	1,222	5,239	4,017	142,606	60	43	5,239	5,196	0
30	1,188	5,239	4,051	138,556					

Fuente: Elaboración propia.

En el cálculo del VPN, se considera una TMAR del 7% y un horizonte de tiempo de 10 años.

Considerando una TMAR del 7%, se obtuvieron los siguientes resultados:

VPN= \$92,063 dls.

TIR= 10.3%

Los resultados obtenidos del Estado de Resultados, Flujo Neto de Efectivo, VPN y TIR se muestran en la tabla 5.63.



### 5.7.9 Potencial de la biomasa

A diferencia de otros recursos renovables como el viento o la irradiación solar, la biomasa no es un elemento único, sino que el concepto incluye una gran variedad de insumos, entre los cuales se pueden destacar los siguientes:<sup>184</sup>

- **Residuos agrícolas**, generados en la cosecha de la producción agrícola.
- **Residuos ganaderos**, consiste en aprovechar el metano que generan los purines del ganado bovino o porcino
- **Residuos urbanos**, residuos degradables depositados en ubicaciones controladas
- **Residuos industriales**, consiste en aprovechar los residuos degradables generados en procesos industriales.
- **Residuos forestales**, implica aprovechar los residuos generados en las actividades madera y de limpieza de bosques, así como en la tala de árboles.
- **Cultivos energéticos**, implica desarrollar plantaciones de crecimiento rápido con el objetivo de producir energía térmica, eléctrica o para la producción de biocombustibles

### 5.8 Usos productivos de la Energía Renovable en comunidades rurales

En las comunidades rurales la generación de la energía eléctrica via ER´s tiene una gran diversidad de aplicaciones:

- **Producción de alimentos:** bombeo de agua para los cultivos, los animales y ordeña de vacas entre otros.
- **Procesamiento de alimentos:** por ejemplo en las operaciones de cocción, secado y congelado entre otros.
- **Usos diversos:** el suministro de energía eléctrica a las viviendas, a las empresas pequeñas (artesanales) y a las empresas de servicios (restaurantes y cabañas o villas) entre otras.

---

<sup>184</sup> Op.cit., Plan integral para el desarrollo de las energías renovables, en México 2013-2018.

En el anexo de la tabla 3, se incluyen algunas de las aplicaciones de las energías renovables en el área rural, éstas incluyen el tipo de actividad, el proceso con uso de energía y la forma de energía útil.

## **VI CONCLUSIONES**

A continuación se listan las conclusiones relevantes obtenidas en la realización del trabajo de investigación “Potential Renewable Energy Resources in The State of Sinaloa, MÉXICO”.

### **Objetivos de Desarrollo del Milenio**

- Referente a los ODM, el estado de Sinaloa se encuentra en la misma posición que la media nacional en el Objetivo 2 (lograr la enseñanza primaria universal) y debajo de la media nacional en el Objetivo 6 (combatir el VIH/SIDA, el paludismo y otras enfermedades); y en los objetivos restantes presenta un mejor desempeño que la media nacional.
- Se logró disminuir la pobreza extrema (Objetivo 1) en un 20% en el periodo de 2010-2012, pasando de un registro de 156 mil 300 en 2010 a 130 mil 200 personas en pobreza extrema en el estado de Sinaloa.
- En el Objetivo 7 de los ODM (Garantizar la sustentabilidad del medio ambiente), Sinaloa tuvo un mejor desempeño, ya que a junio del 2010 presentó un 91.3% de cobertura de agua a la población mientras que a nivel nacional fue del 90.9%.

### **Entorno Macroeconómico**

- Sinaloa registró en el PIB una variación anual del 4.5% en el 2012 con respecto al 2011, mientras que El Producto Interno Bruto nacional en 2012 registró una variación anual de 3.9% en términos reales con relación a 2011. El PIB correspondiente a actividades primarias a nivel nacional en el 2012 tuvo una variación anual respecto al 2011 del 8.3%, y Sinaloa registró una

variación del 27.7% con respecto al 2011. %. La actividad económica preponderante en el estado de Sinaloa es la agricultura.

### **Población**

- Se estratificó la población de la entidad, en población urbana y rural, encontrándose que la población urbana y rural están constituidas por un 73% y 27% respectivamente, mientras que a nivel nacional la población urbana es el 77.8% y la población rural el 22.2%.
- Sinaloa cuenta con 6,616 viviendas particulares del sector rural habitadas que no disponen del servicio de luz eléctrica, que representa el 3.6 % del total de viviendas del sector rural, que en términos de habitantes es de 26,280 personas.

### **Recurso Hídrico**

- La precipitación pluvial anual del periodo 1971-2000 para la RHA III Pacífico Norte (Estado de Sinaloa) fue de 747 mm, mientras que el promedio nacional es de 760 mm.
- La temperatura promedio en el periodo de 1986 a 2011, de las cinco estaciones meteorológicas (localizadas en la parte norte, centro y sur del estado), osciló entre un rango de 23.9 a 25.7 grados centígrados.
- El Agua Renovable per cápita en la RHA III Pacífico Norte en periodo 2010, fue de 6,173 m<sup>3</sup>/hab/año mientras que a nivel nacional se tuvo un registro de 4,090 m<sup>3</sup>/hab/año.
- A nivel nacional, México tuvo un grado de presión del 17.38%, el cual se considera moderado y la RHA III Pacífico Norte de un 40.64% que se considera fuerte (Se considera que si el porcentaje es mayor al 40% se ejerce una fuerte presión sobre el recurso).
- En el estado de Sinaloa se tienen 143 plantas potabilizadoras con una capacidad instalada de 9,603 litros por segundo (indicador que coadyuvó a obtener un mejor desempeño en el objetivo 7 de los ODM).

## **Reservas Potenciales de Agua**

A nivel nacional existen 189 RPA y el Organismo de Cuenca Pacífico Norte tiene un total de 14 RPA, de las cuales 2 RPA son de factibilidad muy alta, 3 RPA están clasificadas como de factibilidad alta y 9 RPA está considerada a un nivel de factibilidad media. Las RPA en Sinaloa de factibilidad muy alta y factibilidad alta se encuentran localizadas en la parte sur del estado, mientras que las de factibilidad media se localizan en el norte y centro del estado. Las RPA tienen un área de 37,236.5 km<sup>2</sup> y una disponibilidad de agua de 14,888.3 hm<sup>3</sup>.

## **Humedales**

En el estado de Sinaloa existen 9 sitios Ramsar con una superficie de 543,190 ha. Los sitios Ramsar son ecosistemas fundamentales en la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad, con importantes funciones como la recarga de acuíferos y refugio de diversidad biológica entre otras. En las Reservas Potenciales de Agua no se encuentra incluida la recarga de los acuíferos que proveen los humedales.

## **Recurso Biomasa (*Jatropha curcas*)**

- A nivel nacional se estimaron alrededor de 2.6 millones de hectáreas con alto potencial para el cultivo de la *Jatropha curcas*, con una altitud de 0 a 1000 msnm, una temperatura entre 18 y 28 ° C y una precipitación pluvial entre 600 y 1200 mm anuales. Sinaloa cuenta con una superficie de 557,641 ha. A continuación en la tabla 6.1, se presenta la superficie cultivable con alto potencial, en las regiones del estado de Sinaloa.

**Tabla 6.1.** Superficie Cultivable

Región del estado de Sinaloa	Superficie cultivable (ha)
Zona norte*	157,000
Zona centro	100,000
Zona sur	300,641
<b>Total</b>	<b>557,641</b>

\*Cifra estimada por el autor.

Fuente: Contreras *et al* (2013).

El estado de Sinaloa cumple con los requerimientos edafoclimáticos (altitud, precipitación, temperatura y pendiente del suelo) para el cultivo óptimo de la *Jatropha curcas*.

- La Facultad de Ciencias Químico Biológicas de la Universidad Autónoma de Sinaloa, ha construido una planta piloto de Biodiesel, usando como materia prima el aceite de *Jatropha curcas*. La planta piloto de Biodiesel trabaja con la tecnología denominada “Sonotransesterificación” que es competitiva con respecto a las tecnologías existentes, y además su proceso no produce aguas residuales. La capacidad instalada de la planta de biodiesel es de 4,200 L/día, el Biodiesel producido cumple con los estándares de calidad de exportación a los Estados Unidos de América (norma ASTM 6751) y la Comunidad Económica Europea (norma EN 14214).
- Se realizó un análisis de factibilidad tecno-económico financiero para la planta de Biodiesel a un horizonte de 10 años, con un financiamiento de \$246,575 dls (60% de la inversión total de \$410,958 dls) a una tasa del 10% a 5 años. Los resultados obtenidos fueron un VPN de \$92,063 dls y una TIR del 10.3%, lo cual muestra que el proyecto de la planta de Biodiesel es rentable.
- Referente a la generación de empleos directos por la producción de la planta de Biodiesel serían un total de 3,392 empleos directos (11 en la planta de Biodiesel y 3,381 en el cultivo de la *Jatropha curcas*).

- Las comunidades rurales sería viable que participaran también como accionistas minoritarios en la creación de plantas de producción de Biodiesel en sus lugares de origen.

Referente a lo expuesto anteriormente, se concluye que los cauces de los ríos y los canales de riego son viables para instalar pico, micro y minihidroeléctricas, ya que estos equipos no requieren una represa y no causan impacto ambiental, y solucionan las necesidades de energía básica de la comunidad rural, no es necesario construir Pequeñas Centrales Hidroeléctricas ( $PCH \geq 30$  MW) que requieren una mayor inversión y no son rentables para la CFE (institución gubernamental). También la comunidad tendría la oportunidad de instalar pequeños negocios (fabricación de alimentos y muebles entre otros), y también otorgar el servicio de ecoturismo al turismo nacional e internacional con instalaciones adecuadas (energía eléctrica, agua y alimentos).

Los proyectos de recursos de Energía Renovable (Hídrico y Biomasa) son fuentes de trabajo para la comunidad rural, incrementando sus ingresos y calidad de vida. Estos proyectos además de generar empleos, también la economía regional (PIB) se fortalecería sustancialmente, se aprovecharían los suelos de temporal no aptos para el cultivo de hortalizas o granos (zonas áridas o semiáridas y tierras marginales) evitándose la desertificación; todo lo expuesto anteriormente coadyuvaría a tener un mejor desempeño en la economía regional y en los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM).

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- American Psychological Association. (2010). *Manual de Publicaciones de la American Psychological Association* (3er ed.). México: Editorial el Manual Moderno, S.A. de C.V.
- Aparicio Francisco. (2012). *Fundamentos de hidrología de superficie*. México: Editorial Limusa, S.A. de C.V.
- Baca Urbina Gabriel. (2010). *Fundamentos de Ingeniería Económica* (5ª ed.). México: Editorial McGrawHill.
- Baca Urbina Gabriel. (2013). *Evaluación de Proyectos* (7ª ed.). México: Editorial McGrawHill.
- Cengel A. Yunes. Boles A. Michael. (2012). *Termodinámica* (7ª ed.). México: McGrawHill.
- Cengel A. Yunus, Cimbala M. John. (2012). *Mecánica de fluidos. Fundamentos y aplicaciones* (2ª ed.). México: McGrawHill.
- Chang Raymond. (2008). *Fisicoquímica*. México: Editorial McGrawHill.
- Chang Raymond, Goldsby A. Keneneth. (2013). *Química* (11ª ed.). México: McGrawHill.
- Contreras Andrade Ignacio. (2013). *Biodiesel Current Technology: Ultrasonic Process a Realistic Industrial Applications*, Rijeka Croatia, Intech.
- Contreras Andrade Ignacio, Leyva López Norma Elena, Angulo Escalante Miguel Angel, Puello Cruz Ana Carmela, Estrada Angulo Alfredo, Gutierrez Antonio Joel, Armenta Bojorquez Adolfo Dagoberto. (2013). *Compendio de paquetes tecnológicos para el establecimiento de la cadena agroindustrial de Jatropha curcas en el noroeste de México*. México: Consejo para el Desarrollo de Sinaloa.
- Davis L. Mackenzie, Masten J. Susan. (2005). *Ingeniería y ciencias ambientales*. México: McGrawHill

- De Buen Odón. (2010). *Guía para el desarrollo de proyectos de generación de electricidad con energía renovable en y para los municipios*. México: USAID-MÉXICO.
- Guillén Parra Manuel. (2006). *Ética en las organizaciones. Construyendo confianza*. México: Pearson Educación, S.A.
- Glynn Henry J., Heinke W. Gary. (1999). *Ingeniería Ambiental* (2ª ed.). México: Prentice Hall Hispanoamericana, S.A.
- González Velasco Jaime. (2012). *Energías renovables*. España: Editorial Reverté, S.A.
- Hernández Sampieri Roberto, Fernández Collado Carlos, Baptista Lucio Pilar. (2010). *Metodología de la investigación* (5ª ed.). México: Editorial McGrawHill.
- Jiménez Cisneros Blanca Elena. (2002). *La Contaminación Ambiental en México*. México: Editorial Limusa, S.A. de C.V.
- León Velázquez José Arturo. (2013). Implementación de Energías Renovables en el Estado de Sinaloa, XXXIV Encuentro Nacional y III Congreso Internacional de la AMIDIQ, Mazatlán, Sin., 7 al 10 de mayo de 2013
- Levenspiel Octave (1997). *Fundamentos de termodinámica*. México: Prentice Hall Interamericana, S.A.
- Levine N. Ira. (2014). *Principios de fisicoquímica* (6ª ed.). México: McGrawHil.
- López Valdez Mario. (2013). *3er INFORME DE GOBIERNO*. México: Gobierno del estado de Sinaloa.
- Mataiz Claudio. (2012). *Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas* (2ª ed.). México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.
- Mihelcic R. James, Zimmerman Julie Beth. (2012). *Ingeniería ambiental: Fundamentos. Sustentabilidad. Diseño*. México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.
- Morán J. Michael, Shapiro N. Howard. (2004). *Fundamentos de termodinámica técnica* (2ª ed.). España: Editorial Reverté, S.A.
- Nebel Bernard J., Wright Richard T. (1999). *Ciencias Ambientales-Ecología y Desarrollo Sostenible*. México: Prentice Hall Hispanoamericana, S.A.

- Ortiz Flores Ramiro. (2001). *Pequeñas Centrales Hidroeléctricas*. Colombia: McGrawHill.
- Ortiz Flórez Ramiro. (2011). *Hidráulica-Generación de Energía*. Colombia: Ediciones de la U.
- Ortiz Flórez Ramiro. (2011). *Pequeñas Centrales Hidroeléctricas-Construcción paso a paso*. Colombia: Ediciones de la U.
- Perales Benito Tomás. (2006). *Guía del instalador de Energías Renovables*. México: Editorial Limusa, S.A. de C.V.
- Perales Benito Tomás. (2012). *El universo de las energías renovables*. España: Editorial Marcombo, S.A.
- Romero Sergio, Romero Omar, et al. (2011). *Energías Renovables: Impulso político y tecnológico para un México sustentable*. México: USAID e ITAM.
- Sotelo Avila Gilberto. (2012). *Hidráulica General*. México: Editorial Limusa, S. A. de C.V.
- Tyler Miller, G. Jr. (2007). *Ciencia ambiental. Desarrollo sostenible. Un enfoque integral* (8ª ed.). México: Cengage Learning Editores, S.A.
- Ulrich Thoma, Domínguez Gabriela, Bolaños Juan Luis. (2013). *De lo Insostenible a los sustentable – Propuestas básicas, Indicadores y casos de éxito para tomar decisiones sustentables en México*. México: Editorial IEXE.
- Viejo Zubicaray Manuel. (2010). *Energías eléctricas y renovables-Turbinas y plantas generadoras/Proyecto hidroeléctrico La Yesca* (4ª ed.). México: Editorial Limusa, S.A. de C.V.

### Sitios en internet

- Academia Testo. (2014). *Energía primaria*. Recuperado de <http://www.academiatesto.com.ar/cms/?q=energia-y-combustion>
- Acuña Reinhardt. (2014). *Producción biotecnológica de hidrogeno y uso de biorreactores*. Recuperado de <http://bioreactorcrc.wordpress.com/2012/03/25/produccion-biotecnologica-de-hidrgeno-y-uso-de-foto-bioreactores/>

Agrience (2014). Estación climatológica de la escuela de Biología. Recuperado de <http://agrience.dyndns.info:84/livedata/collection.jsf?template=weather&node=31035&view=vi>

American Standard and Testing Materials. (2014). *Standardization News*. Recuperado de [http://www.astm.org/SNEWS/SPANISH/SPJF09/nelson\\_spjf09.html](http://www.astm.org/SNEWS/SPANISH/SPJF09/nelson_spjf09.html)

Banco Mundial (2014). *Manual Ambiental y Marco de Gestión Ambiental para Proyectos de Electrificación Rural en México*. Recuperado de [http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2007/04/04/000310607\\_20070404162358/Rendered/PDF/E16150MX0Manua1ficacion0Rural0Final.pdf](http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2007/04/04/000310607_20070404162358/Rendered/PDF/E16150MX0Manua1ficacion0Rural0Final.pdf)

Bioenergéticos. (2014). *Producción de Biodiesel a partir de Jatropha*. Recuperado de <http://www.bioenergeticos.gob.mx/index.php/biodiesel/produccion-a-partir-de-jatropha.html>

BUN-CA. (2014). *Manual de Biomasa*. Recuperado de <http://www.bunca.org/publicaciones/BIOMASA.pdf>

Chapingo. (2014). Requerimientos edafoclimáticos de la Jatropha. Recuperado de [http://computo.chapingo.mx/cads/archivos/Resumenes\\_Simposio\\_2009/PPTS2009/10.swf](http://computo.chapingo.mx/cads/archivos/Resumenes_Simposio_2009/PPTS2009/10.swf)

Cámara de Diputados. (2014). *Ley General del Cambio Climático*. Recuperado de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC.pdf>

Comisión Federal de Electricidad (2014). *Informe Anual 2012*. Recuperado de [http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1\\_AcercadeCFE/Lists/Publicaciones%20Informes%20Anuales/Attachments/10/Informe2012CFE.pdf?Mobile=1](http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_AcercadeCFE/Lists/Publicaciones%20Informes%20Anuales/Attachments/10/Informe2012CFE.pdf?Mobile=1)

Comisión Nacional del Agua. (2014). *Atlas del agua en México 2012*. Recuperado de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/SGP-36-12.pdf>

Comisión Nacional del Agua. (2014). *Atlas del Agua en México*. Recuperado de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/EAM2013.pdf>

Comisión Nacional del Agua. (2014). *Estadísticas del Agua en México, Edición 2011*. Recuperado de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/EAM2011.pdf>

Comisión Nacional del Agua. (2014). *Estadísticas del Agua en México, edición 2012* <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/EAM2013.pdf>

- Comisión Nacional del Agua. (2014). *Estadísticas agrícolas de los distritos de riego Año agrícola 2008-2009*. Recuperado de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/Estad%C3%ADsticas%20agr%C3%ADcolas%20%202008-2009.pdf>
- Comisión Nacional del Agua. (2014). *Reservas Potenciales de Agua para el Medio Ambiente en México, una medida de adaptación al cambio climático*. Recuperado de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/P3-5.pdf.pdf>
- Comisión Nacional del Agua (2014). Presas de la RHA Pacífico Norte. Recuperado de <http://www.conagua.gob.mx/ocpn07/contenido/documentos/presasgrpn.pdf>
- Comisión Nacional para el Ahorro de Energía. (2014). *Biodiesel*. Recuperado de <http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/466/2/biodiesel.pdf>
- Comité Nacional Sistema Producto Oleaginosas. (2014). *Áreas de potencial productivo de piñón *Jatropha Curcas L.*, como especie de interés bioenergético en México*. Recuperado de [http://www.oleaginosas.org/art\\_211.shtml](http://www.oleaginosas.org/art_211.shtml)
- CONANP. (2014). *Humedales de México*. Recuperado de <http://ramsar.conanp.gob.mx/sitios.php>
- Economic Commission for Latin American and the Caribbean (2014). *Sostenibilidad energética en América Latina y el Caribe: el aporte de las fuentes renovables*. Recuperaod de <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/9/13319/Lcl.1966e.pdf>
- Ecovive (2014). *Energía Hidráulica*. Recuperado de <http://www.ecovive.com/energia-hidraulica>
- Ecovive. (2014). *Central con embalse de reserva*. Recuperado de <http://www.ecovive.com/wp-content/uploads/2010/02/central-con-embalse-de-reserva.jpg>
- Ecovive. (2014). *Central a pie de presa*. Recuperado de <http://www.ecovive.com/wp-content/uploads/2010/02/central-a-pie-de-presa.jpg>
- Ecovive. (2014). *Central de bombeo*. Recuperado de <http://www.ecovive.com/wp-content/uploads/2010/02/central-de-bombeo.jpg>

Ecovive. (2014). *Central de pasada*. Recuperado de <http://www.ecovive.com/wp-content/uploads/2010/02/central-de-pasada2.jpg>

Ecovive. (2014). *Central de bombeo*. Recuperado de <http://www.ecovive.com/wp-content/uploads/2010/02/central-reversible-o-de-bombeo.jpg>

Ecovive. (2014). *Central reversible*. Recuperado de <http://www.ecovive.com/wp-content/uploads/2010/02/central-reversible.jpg>

Ecovive. (2014). *Centrales según la afluencia del caudal*. Recuperado de <http://www.ecovive.com/centrales-segun-la-afluencia-del-caudal>

Ecovive (2014). *Esquema central de regulación*. Recuperado de <http://www.ecovive.com/wp-content/uploads/2010/02/esquema-central-de-regulacion.jpg>

Google. (2014). *Los municipios en Sinaloa*. Recuperado de [www.google-com.mx](http://www.google-com.mx)

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2014). *Manual de Biocombustibles*. Recuperado de [http://www.iica.int/Esp/Programas/Innovacion/Publicaciones\\_Tel/B2223E.pdf](http://www.iica.int/Esp/Programas/Innovacion/Publicaciones_Tel/B2223E.pdf)

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2014). *Preguntas y Respuestas más frecuentes sobre Biocombustibles*. Recuperado de <http://www.iica.int/Esp/organizacion/LTGC/agroenergia/Documentos%20Agroenerga%20y%20Biocombustibles/Preguntas%20y%20respuestas%20m%C3%A1s%20frecuentes%20sobre%20biocombustibles.pdf>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (México), *Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos 2012*: Recuperado de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/productos/default.aspx?c=265&s=inegi&upc=702825046385&pf=Prod&ef=&f=2&cl=0&tg=8&pg=0&ct=106010000>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2014). *Anuario estadístico y geográfico por entidad federativa 2013*. Recuperado de [http://www.inegi.org.mx/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/aepef/2013/AEGPEF\\_2013.pdf](http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/aepef/2013/AEGPEF_2013.pdf)

- Instituto Nacional de Geografía y Estadística. (2014). *Anuario estadístico de Sinaloa 2012*. Recuperado de [http://www.inegi.org.mx/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/anuario\\_multi/2012/sin/702825045845.pdf](http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/anuario_multi/2012/sin/702825045845.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2014). *Anuario estadístico y geográfico por entidad federativa 2013*. Recuperado de [http://www.inegi.org.mx/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/aepef/2013/aegpef\\_2013.pdf](http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/aepef/2013/aegpef_2013.pdf)
- Organización de Naciones Unidas. (2014). *Objetivos del Desarrollo del Milenio Informe 2013*. Recuperado de <http://www.un.org/es/millenniumgoals/pdf/mdg-report-2013-spanish.pdf>
- PROMEXICO. (2014). *Energías Renovables Unidad de Inteligencia de Negocios*. Recuperado de [http://mim.promexico.gob.mx/work/sites/mim/resources/LocalContent/42/2/130726\\_DS\\_Energias\\_Renovables\\_ES.pdf](http://mim.promexico.gob.mx/work/sites/mim/resources/LocalContent/42/2/130726_DS_Energias_Renovables_ES.pdf)
- Ramsar. (2014). *Humedales de México*. Recuperado de <http://ramsar.conanp.gob.mx/sitios.php>
- SEMARNAT. (2014). *Guía de Programas de Fomento de Energías Renovables*. Recuperado de <http://www.semarnat.gob.mx/fomento/Documents/guia%20fomento%20energia%20renovable2013.pdf>
- Universidad de Sonora. (2014). *Jatropha curcas*. Recuperado de [http://www.dictus.uson.mx/bio3/docs/RSotelo\\_BIO3\\_2008.pdf](http://www.dictus.uson.mx/bio3/docs/RSotelo_BIO3_2008.pdf)
- World Wildlife Fund. (2014). *Plan integral para el desarrollo de las energías renovables, en México 2013-2018*. Recuperado de <http://www.wwf.org.mx/wwfmex/archivos/cc/130222-Plan-integral-para-desarrollo-de-energias-renovables.pdf>
- Wikipedia. (2014). *Ciclo hidrológico*. Recuperado de [http://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo\\_hidrol%C3%B3gico](http://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_hidrol%C3%B3gico)

## ANEXO

**Tabla 1.** Ríos principales de la República Mexicana.

**Tabla 2.** Programas del Gobierno Federal para el apoyo de proyectos de Energías Renovables en municipios, Programas privados o mixtos de apoyo para proyectos de Energías Renovables en municipios y Programas internacionales de apoyo para proyectos de Energías Renovables en municipios.

**Tabla 3.** Producción de alimentos, Procesamiento de alimentos y Usos diversos.

**Tabla 1. Ríos principales de la República Mexicana**

No.	Río	Región Hidrológica-Administrativa	Escorrentamiento natural medio superficial (millones de m <sup>3</sup> /año)	Área de la cuenca (km <sup>2</sup> )	Longitud del río (km)	Orden Máximo	Vertiente
1	Balsas	IV Balsas	16,587	117,406	770	7	Pacífico y Golfo de California
2	Santiago	VIII Lerma-Santiago-Pacífico	7,849	76,416	562	7	Pacífico y Golfo de California
3	Verde	V Pacífico Sur	5,937	18,812	342	6	Pacífico y Golfo de California
4	Ometepec	V Pacífico Sur	5,779	6,922	115	4	Pacífico y Golfo de California
5	El Fuerte	III Pacífico Norte	5,176	33,590	540	6	Pacífico y Golfo de California
6	Papagayo	V Pacífico Sur	4,237	7,410	140	6	Pacífico y Golfo de California
7	San Pedro	III Pacífico Norte	3,417	26,480	255	6	Pacífico y Golfo de California
8	Yaqui	II Noroeste	3,163	72,540	410	6	Pacífico y Golfo de California
9	Culiacán	III Pacífico Norte	3,122	15,731	875	5	Pacífico y Golfo de California
10	Suchiatec,d	XI Frontera Sur	2,737	203	75	2	Pacífico y Golfo de California
11	Ameca	VIII Lerma-Santiago-Pacífico	2,236	12,214	205	5	Pacífico y Golfo de California
12	Sinaloa	III Pacífico Norte	2,100	12,260	400	5	Pacífico y Golfo de California
13	Armería	VIII Lerma-Santiago-Pacífico	2,015	9,795	240	5	Pacífico y Golfo de California
14	Coahuayana	VIII Lerma-Santiago-Pacífico	1,867	7,114	203	5	Pacífico y Golfo de California
15	Coloradob	I Península de Baja California	1,863	3,840	160	6	Pacífico y Golfo de California
16	Baluarte	III Pacífico Norte	1,838	5,094	142	5	Pacífico y Golfo de California
17	San Lorenzo	III Pacífico Norte	1,680	8,919	315	5	Pacífico y Golfo de California
18	Acaponeta	III Pacífico Norte	1,438	5,092	233	5	Pacífico y Golfo de California
19	Pixtla	III Pacífico Norte	1,415	11,473	220	5	Pacífico y Golfo de California
20	Presidio	III Pacífico Norte	1,250	6,479	ND	4	Pacífico y Golfo de California
21	Mayo	II Noroeste	1,232	15,113	386	5	Pacífico y Golfo de California
22	Tehuantepec	V Pacífico Sur	950	10,090	240	5	Pacífico y Golfo de California
23	Coatán	XI Frontera Sur	751	605	75	3	Pacífico y Golfo de California
24	Tomatán	VIII Lerma-Santiago-Pacífico	668	2,118	ND	4	Pacífico y Golfo de California
25	Marabasco	VIII Lerma-Santiago-Pacífico	648	2,526	ND	5	Pacífico y Golfo de California
26	San Nicolás	VIII Lerma-Santiago-Pacífico	543	2,330	ND	5	Pacífico y Golfo de California
27	Elota	III Pacífico Norte	506	2,324	ND	4	Pacífico y Golfo de California
28	Sonora	II Noroeste	408	27,740	421	5	Pacífico y Golfo de California
29	Concepción	II Noroeste	123	25,808	335	2	Pacífico y Golfo de California
30	Matape	II Noroeste	90	6,606	205	4	Pacífico y Golfo de California
31	Tijuana	I Península de Baja California	78	3,231	186	4	Pacífico y Golfo de California
32	Sonoyta	II Noroeste	16	7,653	311	5	Pacífico y Golfo de California
33	Grijalva-Usumacintad	XI Frontera Sur	115,536	83,553	1,521	7	Golfo de México y Mar Caribe
34	Papaloapan	X Golfo Centro	44,662	46,517	354	6	Golfo de México y Mar Caribe
35	Coatzacoalcos	X Golfo Centro	28,093	17,369	325	5	Golfo de México y Mar Caribe
36	Pánuco	IX Golfo Norte	20,330	84,956	510	7	Golfo de México y Mar Caribe
37	Tonalá	X Golfo Centro	11,389	5,679	82	5	Golfo de México y Mar Caribe
38	Tecolutla	X Golfo Centro	6,095	7,903	375	5	Golfo de México y Mar Caribe
39	Bravod	VI Río Bravo	5,588	225,242	ND	7	Golfo de México y Mar Caribe
40	Jamapa	X Golfo Centro	2,563	4,061	368	4	Golfo de México y Mar Caribe
41	Nautla	X Golfo Centro	2,217	2,785	124	4	Golfo de México y Mar Caribe
42	La Antigua	X Golfo Centro	2,139	2,827	139	5	Golfo de México y Mar Caribe
43	Soto La Marina	IX Golfo Norte	2,088	21,183	416	6	Golfo de México y Mar Caribe
44	Tuxpan	X Golfo Centro	2,076	5,899	150	4	Golfo de México y Mar Caribe
45	Candelariad	XII Península de Yucatán	2,011	13,790	150	4	Golfo de México y Mar Caribe
46	Cazones	X Golfo Centro	1,712	2,688	145	4	Golfo de México y Mar Caribe
47	San Fernando	X Golfo Norte	1,545	17,744	400	5	Golfo de México y Mar Caribe
48	Hondoe	XII Península de Yucatán	533	7,614	115	4	Golfo de México y Mar Caribe
49	Lermaf	VIII Lerma-Santiago-Pacífico	4,742	47,116	708	6	Interior
50	Nazas-Aguanaval	VII Cuencas Centrales del Norte	1,912	89,239	1,081	7	Interior
Número de ríos: 50			336,948	1,250,099			

Fuente: CONAGUA (2014).

**Tabla 2.** Programas del Gobierno Federal para el apoyo de proyectos de Energías Renovables en municipios, Programas privados o mixtos de apoyo para proyectos de Energías Renovables en municipios y Programas internacionales de apoyo para proyectos de Energías Renovables en municipios.

Programas del Gobierno Federal para el apoyo de proyectos de Energías Renovables en municipios.

ORGANISMO / INSTITUCIÓN	TIPO DE FINANCIAMIENTO	NOMBRE DEL PROGRAMA	TIPO DE APOYO	MONTO	CONTACTO
SEDESOL	FEDERAL	PROGRAMA PARA EL DESARROLLO DE ZONAS PRIORITARIAS, PARA EL EJERCICIO FISCAL 2013	Infraestructura para Redes o sistemas de energía eléctrica	hasta \$3,000,000.00	Unidad de Microrregiones Av. Paseo de la Reforma 51, Col. Juárez, Del. Cuauhtémoc, C.P. 06600, México, D.F., Tel. (0155) 5141 7900 ext. 54900 <a href="mailto:contacto@sedesol.gob.mx">contacto@sedesol.gob.mx</a> <a href="http://www.sedesol.gob.mx">www.sedesol.gob.mx</a> <a href="http://www.microrregiones.gob.mx">www.microrregiones.gob.mx</a>
SEDESOL	FEDERAL	PROGRAMA 3X1 PARA MIGRANTES EL EJERCICIO FISCAL 2013	Infraestructura para Redes o sistemas de energía eléctrica	hasta \$1,000,000.00	Delegaciones de SEDESOL en los estados. Los clubes u organizaciones de migrantes también podrán presentar sus solicitudes ante las Oficinas de Representación del Gobierno Mexicano en el Exterior.
COMISION NACIONAL PARA EL DESARROLLO DE LOS PUEBLOS INDIGENAS	FEDERAL	PROGRAMA DE INFRAESTRUCTURA BÁSICA PARA LA ATENCIÓN DE LOS PUEBLOS INDÍGENAS (PIBAI)	Construcción de líneas y redes de distribución de energía eléctrica y electrificación no convencional	Monto no definido pero con participación 70% por el programa 30% por el Municipio	En las ventanillas de recepción que establezcan los gobiernos de los estados • En Delegaciones de la CDI en los estados • En los centros coordinadores para el Desarrollo Indígena de la CDI • Ante la SCT, la CFE o la CONAGUA, para que las canalicen a los gobiernos estatales • De lunes a viernes, de 9:00 a 18:00 horas <a href="http://www.cdi.gob.mx">www.cdi.gob.mx</a>
SECRETARÍA DE ENERGÍA	FEDERAL / INTERNACIONAL	PROYECTO DE ELECTRIFICACIÓN RURAL CON ENERGÍAS RENOVABLES. SERVICIOS INTEGRALES DE ENERGÍA	Dotar de energía eléctrica a través de energías renovables a 36 comunidades remotas, que por su alto grado de dispersión no puedan ser integradas a la red.	Monto en función de proyecto	Secretaría de Energía Subsecretaría de Planeación y Transición Energética, Dirección General de Sustentabilidad Tel: + 52 (55) 5000 6000 Ext. 1096 Fax: + 52 (55) 5000 6223 E-mail: <a href="mailto:acordero@energia.gob.mx">acordero@energia.gob.mx</a>

ORGANISMO / INSTITUCIÓN	TIPO DE FINANCIAMIENTO	NOMBRE DEL PROGRAMA	TIPO DE APOYO	MONTO	CONTACTO
FIRCO / SAGARPA	FEDERAL	PROYECTO DE APOYO AL VALOR AGREGADO DE AGRONEGOCIOS	FIRCO, mediante el Proyecto de Apoyo al Valor Agregado de Agronegocios con Esquemas de Riesgo Compartido "PROVAR", respalda a empresas rurales y organizaciones de productores, con apoyos a actividades productivas en beneficio del medio ambiente, entre otros, con un fuerte impacto social	Construcción de Biodigestores. El 50% del costo del Biodigestor hasta \$1'000,000.00. Equipamiento del Biodigestor (Adquisición e Instalación de un Motogenerador). El 50% hasta \$250,000.00.	Dirección Ejecutiva de Apoyo a los Agronegocios Oficinas Centrales de FIRCO, Av. Cuauhtémoc 1230 PH, Col. Santa Cruz Atoyac Del. Benito Juárez México, D.F., C.P. 03300, Tel 5062 1200 Ext. 1101, 1014, 1021 <a href="mailto:secretario.monfufar@firco.sagarpa.gob.mx">secretario.monfufar@firco.sagarpa.gob.mx</a> <a href="mailto:mgonzalez.firco@sagarpa.gob.mx">mgonzalez.firco@sagarpa.gob.mx</a> página: <a href="http://www.firco.gob.mx">www.firco.gob.mx</a>
BANOBRAS	FEDERAL	FONDO PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y EL APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE LA ENERGÍA	Garantías de crédito y apoyos financieros para proyectos que cumplan con la Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía.	Monto en función de proyecto	Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, S.N.C. Av. Javier Barros Sierra 515, P. 5, 6 y 8, Col. Lomas de Santa Fe CP 01219 Tels. 5270-1200 <a href="http://www.banobras.gob.mx">www.banobras.gob.mx</a>
BANOBRAS	FEDERAL	FONDO DE APORTACIONES PARA LA INFRAESTRUCTURA SOCIAL (FAIS)	Financiamiento consistente en un crédito hasta por el 25% de los recursos que reciba el municipio del Fondo de Aportaciones para la Infraestructura Social.	25% de los recursos que reciba el municipio del Fondo de Aportaciones para la Infraestructura Social	Dirección de Negocios con Gobiernos y Organismos Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, S.N.C. Av. Javier Barros Sierra 515, P. 5, 6 y 8, Col. Lomas de Santa Fe CP 01219 Tels. 5270-1200 <a href="http://www.banobras.gob.mx">www.banobras.gob.mx</a>
NACIONAL FINANCIERA	FEDERAL	CRÉDITOS PARA INVERSIÓN PÚBLICA PRODUCTIVA A MUNICIPIOS	Apoyo para proyectos de ahorro de energía. Proyectos de energía renovable. Fomento de proyectos de innovación tecnológica	Monto en función de proyecto	NACIONAL FINANCIERA S.N.C Av. Insurgentes Sur 1971, Col. Guadalupe Inn, CP 01020 México D.F Tel.01 800 Nafinsa (623 4672) <a href="mailto:info@nafin.gob.mx">info@nafin.gob.mx</a> Página: <a href="http://www.nafin.gob.mx">www.nafin.gob.mx</a>
NACIONAL FINANCIERA	FEDERAL	PROGRAMA DE APOYO A PROYECTOS SUSTENTABLES	Apoyo financiero a largo plazo a empresas que promuevan proyectos orientados al uso y conservación sustentable de los recursos naturales, a fin de disminuir la contaminación de la atmósfera, aire, agua y fomento del ahorro y uso eficiente de energía.	Diseño, estructuración e implementación de esquemas de financiamiento conforme a las características particulares de cada proyecto, en moneda nacional o en dólares.	NACIONAL FINANCIERA S.N.C Dirección de Proyectos Sustentables Av. Insurgentes Sur 1971, Col. Guadalupe Inn, CP 01020 México D.F Tel. 50896107, 01 800 Nafinsa (623 4672) <a href="mailto:info@nafin.gob.mx">info@nafin.gob.mx</a> Página: <a href="http://www.nafin.gob.mx">www.nafin.gob.mx</a>
BANOBRAS	FEDERAL	CRÉDITOS PARA INVERSIÓN PÚBLICA PRODUCTIVA A MUNICIPIOS	Financiamiento y asistencia técnica para proyectos de infraestructura o servicios públicos que las administraciones estatales y municipales lleven a cabo.	Monto en función de proyecto	Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, S.N.C. Av. Javier Barros Sierra 515, P. 5, 6 y 8, Col. Lomas de Santa Fe CP 01219 Tels. 5270-1200 <a href="http://www.banobras.gob.mx">www.banobras.gob.mx</a>

Programas privados o mixtos de apoyo para proyectos de Energías Renovables en municipios.

ORGANISMO / INSTITUCIÓN	TIPO DE FINANCIAMIENTO	NOMBRE DEL PROGRAMA	TIPO DE APOYO	MONTO	CONTACTO
BANOBRAS / FONADIN	FEDERAL 49% / PRIVADO 51%	FONDO PARA EL FINANCIAMIENTO DE ESTUDIOS PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA	Fondo creado por el Fondo Nacional de Infraestructura y el Sector Privado, para apoyar al Gobierno Federal y Gobiernos Estatales y Municipales, en el desarrollo de estudios de proyectos de infraestructura	Inicial de 200 millones de pesos	El Fondo Nacional de Infraestructura no tiene estructura. Su operación está a cargo de BANOBRAS. La Dirección de Banca de Inversión de BANOBRAS, promueve y gestiona los apoyos del Fondo Lic. Jesús Iván Pinto Medina, Subdirección de Agua, Energía y Medio Ambiente (55) 5270-1770 y 1375 Página: <a href="http://www.fonadin.gob.mx">www.fonadin.gob.mx</a> <a href="http://www.banobras.gob.mx">www.banobras.gob.mx</a>
FINTEGRA	PRIVADO	CRÉDITOS A PROYECTOS SUSTENTABLES	Productos y servicios financieros, consultoría y asistencia técnica; para Entidades de Gobierno, para proyectos de alta rentabilidad social, de infraestructura, de educación, mejorar los servicios municipales, incrementar la seguridad, proyectos productivos.	Monto en función de proyecto	Paseo de las Palmas Núm. 555, Piso 8, Int. 802 Lomas de Chapultepec Del. Miguel Hidalgo CP 11000, D.F. Tel. 5540-73-75 Jordie Franco / Claudia Alcántara/ José Carlos Ríos Querétaro: Tel. (442) 2 45 2400 01 800 522 FINTEGRA Página: <a href="http://www.fintegra.com.mx">www.fintegra.com.mx</a>
INTERACCIONES	PRIVADO	CRÉDITOS A PROYECTOS SUSTENTABLES	Financiamiento para Gobiernos Estatales y/o Municipales Inversión Pública Productiva. Restructuraciones de pasivos. Capital de trabajo (Gasto Corriente). Emisiones de deuda. Arrendamiento de Proyectos de Infraestructura. Diversos esquemas de Asociación Público Privada	Monto en función de proyecto	Grupo Financiero Interacciones, Paseo de la Reforma #383, Col. Cuauhtémoc, CP 06500, México D.F Jorge Gómez Lechuga, Director Banca de Gobierno Tel. 53 26 86 00 ext. 6147 y 01 800 911 27 3486 <a href="mailto:jgomezl@interacciones.com">jgomezl@interacciones.com</a> <a href="mailto:atencionclientes@interacciones.com">atencionclientes@interacciones.com</a> Página: <a href="http://www.interacciones.com">www.interacciones.com</a>

Programas internacionales de apoyo para proyectos de Energías Renovables en municipios.

ORGANISMO / INSTITUCIÓN	TIPO DE FINANCIAMIENTO	NOMBRE DEL PROGRAMA	TIPO DE APOYO	MONTO	CONTACTO
BANCO DE AMÉRICA DEL NORTE (BDAN)	INTERNACIONAL	CRÉDITOS PARA INVERSIÓN PÚBLICA PRODUCTIVA A MUNICIPIOS	Para el desarrollo y financiamiento de proyectos de infraestructura ambiental en la región fronteriza entre México y Estados Unidos	Monto en función de proyecto	Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza Blvd. Tomás Fernández #8069, Fracc. Los Parques, Cd. Juárez, Chihuahua, México C. P. 32470 Tel. (656) 688-4600 Fax (656) 625-6999 Correo <a href="mailto:hcecc@cocef.org">hcecc@cocef.org</a> Página <a href="http://www.cocef.org">www.cocef.org</a>
BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (BID)	INTERNACIONAL	CRÉDITOS PARA INVERSIÓN PÚBLICA PRODUCTIVA A MUNICIPIOS	Donaciones a los países en desarrollo y países con economías en transición para proyectos relacionados con la biodiversidad, el cambio climático, aguas internacionales, degradación de la tierra, la capa de ozono y los contaminantes orgánicos persistentes	Hasta 1,000,000 dólares. por proyecto y 350,000 dólares para asistencia o preparación de proyecto	Avenida Paseo de la Reforma N° 222 P 11, Colonia Juárez, Delegación Cuauhtémoc México, D.F. 6600, Teléfono: (52-55) 9138-6200 Fax: (52-55) 9138-6229 <a href="mailto:BIDMexico@iadb.org">BIDMexico@iadb.org</a> Página: <a href="http://www.iadb.org">www.iadb.org</a>
GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY (GEF)	INTERNACIONAL	CRÉDITOS PARA INVERSIÓN PÚBLICA PRODUCTIVA A MUNICIPIOS	Donaciones a los países en desarrollo y países con economías en transición para proyectos relacionados con la biodiversidad, el cambio climático, aguas internacionales, degradación de la tierra, la capa de ozono y los contaminantes orgánicos persistentes	Hasta 1,000,000 dólares. por proyecto y 350,000 dólares para asistencia o preparación de proyecto	GEF Secretariat 1818 H Street, NW, MSN G6-602 Washington, DC 20433 USA Tel: (202) 473-0508 Fax: (202) 522-3240/3245 <a href="http://www.thegef.org">www.thegef.org</a> Agencias instrumentadoras del GEF: Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, (Pnud) Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) Oficina de Representación de PNUMA en México Montes Urales, 440, Lomas de Chapultepec, 11000 México, D.F. Tel. (52-55) 4000 9875 y el Banco Mundial. <a href="mailto:enlace@pnuma.org">enlace@pnuma.org</a> Website: <a href="http://www.pnuma.org">www.pnuma.org</a> <b>Pnud</b> Pdte. Masarik No. 29 Piso 8 Polanco, Miguel Hidalgo, 11570 México, D.F. 55 5263 9600 <a href="http://www.undp.org.mx">www.undp.org.mx</a>

ORGANISMO / INSTITUCIÓN	TIPO DE FINANCIAMIENTO	NOMBRE DEL PROGRAMA	TIPO DE APOYO	MONTO	CONTACTO
BANCO EUROPEO DE INVERSIONES (BEI)	INTERNACIONAL	CRÉDITOS PARA INVERSIÓN PÚBLICA PRODUCTIVA A MUNICIPIOS	Apoyo a la inversión extranjera directa de la UE en América Latina. Apoyo a proyectos que tienen una dimensión de mejoras del medioambiente, incluido en las energías renovables, y Seguridad energética de la UE.	Hasta 5,000,000 euros por proyecto con la condición de financiar solo hasta el 50% del monto total	<a href="http://www.eib.org">www.eib.org</a> Folleto explicativo ciclo de un proyecto disponible en: <a href="http://www.eib.org/Attachments/country/ala_es.pdf">http://www.eib.org/Attachments/country/ala_es.pdf</a> 98-100, boulevard Konrad Adenauer 2950 Luxembourg Tel: +352 4379-1 Fax: +352 437704 Correo electrónico: <a href="mailto:info@eib.org">info@eib.org</a> Director América Latina y Asia Tel.: +352 4379 86550 - E-mail: <a href="mailto:depania@eib.org">depania@eib.org</a> Jefe división América Latina Tel.: +352 4379 86552 : <a href="mailto:a.barragan@eib.org">a.barragan@eib.org</a> Lourdes Rodríguez Castellanos <a href="mailto:l.rodriguez@eib.org">l.rodriguez@eib.org</a>
GRUPO BANCO MUNDIAL / CORPORACIÓN FINANCIERA INTERNACIONAL	INTERNACIONAL	FINANCIAMIENTO PARA MUNICIPIOS	Financiamiento a empresas con algún grado de propiedad estatal, siempre y cuando exista participación privada y las actividades se desarrollen conforme a principios comerciales.	En proyectos nuevos, el máximo es el 25% o, hasta el 35% si es pequeño.	Centro de Información al Público Insurgentes Sur 1605, Piso 21 Col. San José Insurgentes México 03900, D. F. Tel. 5480-4244 Fax. 5480-4222 Horario 9:30 a 14:00 y 15:00 a 19:00 lunes a viernes
MINISTERIO ALEMÁN DE COOPERACIÓN Y DESARROLLO ECONÓMICO / BANCO DE CRÉDITO PARA LA RECONSTRUCCIÓN Y EL DESARROLLO (KfW)	INTERNACIONAL	FINANCIAMIENTO PARA PROYECTOS DE ENERGÍAS RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA.	Línea de crédito para proyectos de Energías Renovables y Eficiencia Energética. (A través de NACIONAL FINANCIERA)	Fondo de 31.2 millones de Euros	NACIONAL FINANCIERA S.N.C Av. Insurgentes Sur 1971, Col. Guadalupe Inn, CP 01020 México D.F. Tel.01 800 Nafinsa (623 4672) <a href="mailto:info@nafin.gob.mx">info@nafin.gob.mx</a> Página: <a href="http://www.nafin.gob.mx">www.nafin.gob.mx</a>  Cooperación Financiera KfW en México Av. Insurgentes Sur 826 Col. Del Valle, Del. Benito Juárez 03100, México D. F. Tel. (55) 5536 2344 Página: <a href="http://www.kfw.de/">http://www.kfw.de/</a>

Fuente: SEMARNAT (2014).

**Tabla 3.** Producción de alimentos, Procesamiento de alimentos y Usos diversos.

Producción de alimentos.

TIPO DE ACTIVIDAD	PROCESO CON USO DE ENERGÍA	FORMA DE ENERGÍA ÚTIL
Agricultura	Bombeo de agua	Fuerza motriz
	Producción en invernaderos	Luz Fuerza motriz
Apicultura	Centrifugado apícola	Fuerza motriz
	Incubadora de huevos	Luz Calor
Pecuarios	Bombeo de agua	Fuerza motriz
	Cercas eléctricas	Electricidad
	Limpieza de equipos	Luz Fuerza motriz
	Ordeña de vacas	Luz Frío Fuerza motriz

Procesamiento de alimentos.

TIPO DE ACTIVIDAD	PROCESO CON USO DE ENERGÍA	Forma de energía útil
Procesamiento de alimentos	Cocción de alimentos	Calor
	Deshidratación y secado de alimentos	Calor
	Conservación de carne, pescados y mariscos	Frío
	Elaboración de crema, mantequilla y queso	Calor Frío Fuerza motriz
	Escaldado de animales	Calor Fuerza motriz
	Escaldado de frutas y verduras	Calor Fuerza motriz
	Pasteurización de leche	Calor Frío
	Producción de conservas de vegetales y de frutas	Calor Frío
	Refrigeración de vacunas y medicamentos	Frío
	Elaboración de bebidas destiladas	Calor Fuerza motriz
	Molienda	Fuerza motriz

## Usos diversos.

TIPO DE ACTIVIDAD	PROCESO CON USO DE ENERGÍA	Forma de energía útil
Servicios	Agua caliente	Calor
	Bombeo de agua	Fuerza motriz
	Conservación de alimentos	Frío
	Iluminación	Luz
	Refrigeración	Frío
Manufactura	Carpintería con pequeñas máquinas eléctricas	Luz Fuerza motriz
	Máquinas de coser	Luz Fuerza motriz
Generales	Bombeo de agua	Fuerza motriz
	Comunicaciones	Electricidad
	Iluminación en talleres de trabajo	Luz
	Producción de hielo y productos congelados	Frío
	Purificación de agua	Calor Electricidad
	Comunicación	Electricidad

De Buen (2010).