

## Cogeneración

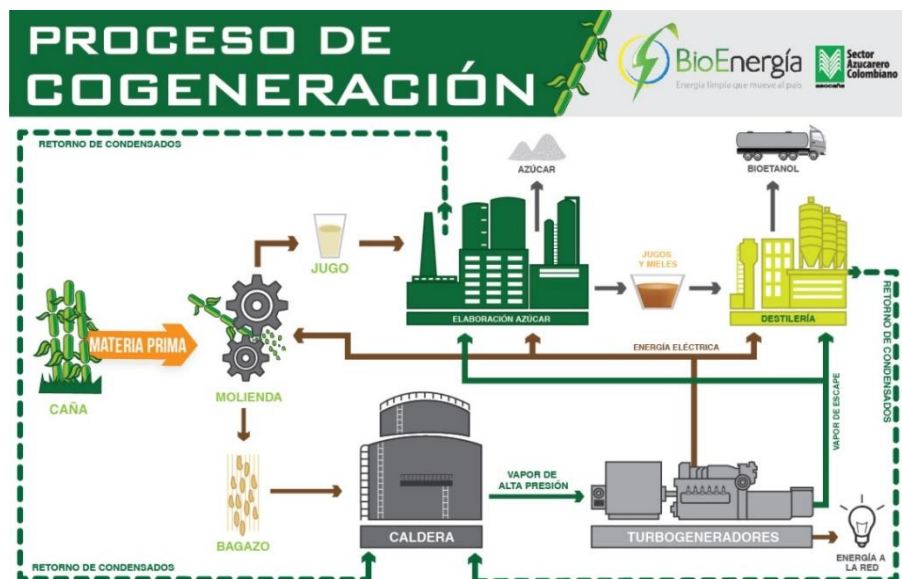
### ¿Qué es la cogeneración?

La cogeneración es un procedimiento mediante el cual se produce de forma simultánea energía eléctrica, mecánica y térmica. El sector azucarero ha sido señalado por estudios nacionales e internacionales como aquel de mayor potencial de cogeneración en Colombia por su disponibilidad de biomasa, en especial el bagazo. Este subproducto, derivado de procesos de cosecha y molienda de caña, constituye la fuente primaria de energía para la cogeneración.

### ¿Cómo es el proceso de cogeneración?

Este proceso corresponde a la generación de energía como parte del proceso productivo, bien sea de azúcar o de etanol. Los ingenios desde sus inicios han utilizado el bagazo de la caña (combustible renovable) como combustible para alimentar sus calderas y utilizar el vapor como energía para el funcionamiento de sus procesos. La cogeneración entonces utiliza la energía en forma de calor producida por el bagazo para generar vapor y luego mediante el uso de turbogeneradores, la energía eléctrica. El vapor de escape del turbogenerador entonces va al proceso productivo mientras que la electricidad es mayoritariamente utilizada para su consumo propio y una porción se vende a la red nacional. Parte del bagazo también se utiliza en la industria papelera como fuente de fibra, lo cual evita la tala de árboles.

**Ilustración 1. Proceso de producción de energía a partir de la Cogeneración**



## ¿Cómo ha sido el desarrollo de la regulación para la cogeneración?

En Colombia, la cogeneración ha venido estimulándose desde la expedición de la Ley 788 de 2002, donde se crea una exención a la renta generada por la venta de energía proveniente de biomasa. Varios de los incentivos a la cogeneración contemplados en la legislación actual, se disipan por cuenta de las exigencias de la misma ley para hacerse acreedores a ellos. Sin embargo, el marco legal se ha ido ajustando. El 16 de julio de 2008, entró en vigencia la Ley 1215, mediante la cual se exime a los cogeneradores de pagar la contribución del 20% sobre la energía que generen para su consumo. Posteriormente, a partir de diciembre de 2011 esta exención se extendería a todos los industriales que la soliciten.

La resolución CREG 005 de febrero de 2010 reglamenta a la cogeneración, diferenciándola de otros tipos de generación. Esta definición es importante en la medida que se puedan generar estímulos y condiciones particulares para el desarrollo de la cogeneración.

### ➤ **Combustible de Origen Agrícola – COA**

La CREG a través de la Resolución 153 del 31 de octubre de 2013, estableció el reglamento sobre los contratos de suministro de Combustible de Origen Agrícola (COA), lo que le permitirá de ahora en adelante a los ingenios azucareros que cumplan los requisitos de esta resolución y que sean despachados centralmente, acceder al cargo por confiabilidad.

Para cumplir esta Resolución, los contratos de suministro de combustible que trata la Resolución CREG 071 de 2006 deben ir acompañados de un Dictamen Técnico contratado por el agente generador interesado y en el que conste la cantidad disponible de COA y los años de vigencia de obligaciones para los cuales se tiene capacidad para garantizar con COA las obligaciones de energía firme.

El 15 de enero de 2015 el CNO (Consejo Nacional de Operación) a través del acuerdo 721 autorizó a la firma Tecsol Ltda. para emitir el dictamen técnico.

### ➤ **Ley de energías renovables**

El 13 de mayo de 2014, el Presidente de la República sancionó la Ley 1715 de 2014 por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional.

*El objetivo de esta Ley es “(...) promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético. Con los mismos propósitos se busca promover la gestión eficiente de la energía, que comprende tanto la eficiencia energética como la respuesta de la demanda”.*

A través de esta Ley, entre otros:

- Se amplía el plan de acción del Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes No Convencionales – PROURE, para reconocer a más proyectos, no solo los referentes a desarrollos en eficiencia energética del sector industrial, sino a los que aprovechen los recursos energéticos renovables, con incentivos tributarios en IVA y Renta. Actualmente estos beneficios están limitados a recuperación de calor residual y sustitución de motores eléctricos por motores de alta eficiencia.
- Se establece una exoneración del pago de aranceles a la maquinaria que deba importarse y no sea producida en el país.
- La actividad de generación a partir de fuentes renovables, gozará del régimen de depreciación acelerada, la cual será aplicable a las maquinarias, equipos y obras civiles necesarias para la preinversión, inversión y operación de la generación.

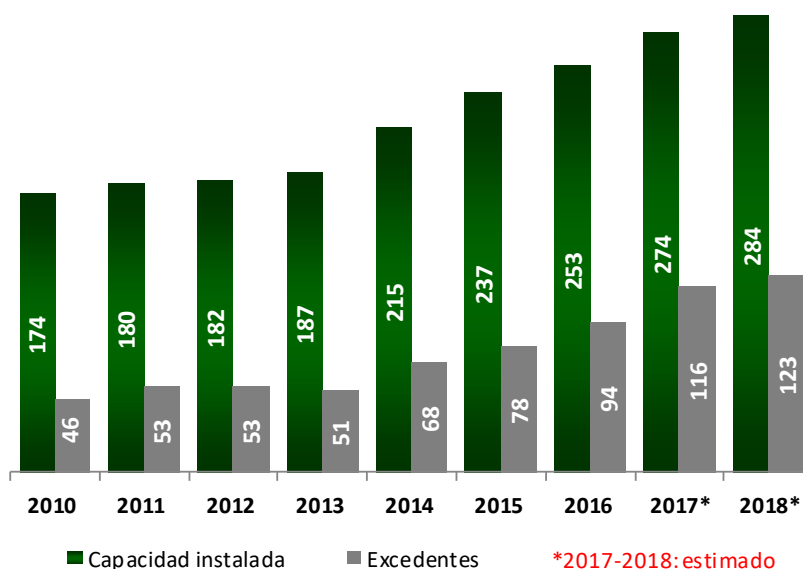
Aunque durante los últimos años se han dado avances importantes como la inclusión de energías renovables al SIN y, de esta manera, coadyuvar a la diversificación de la matriz eléctrica colombiana (Ley 1715 de 2014), no parece haber una sintonía de las propuestas regulatorias con el espíritu de dicha ley. En el caso de los cogeneradores, por ejemplo, la regulación debe tener en cuenta que la generación de la energía depende del sistema productivo, fundamentalmente agrícola, el cual está sujeto a imprevistos (disponibilidad de materia prima agrícola, fallas en los sistemas y equipos en las plantas) que escapan al control de los productores. De esta manera, se deben considerar las particularidades de esta tecnología de generación y procurar un marco regulatorio que realmente estimule su desarrollo.

### **¿Cuál es la capacidad actual y las perspectivas de la cogeneración en el sector sucro-energético?**

Los proyectos de cogeneración que se identificaron hace unos años atrás ya se han venido implementando, lo cual ha incrementado la capacidad de cogeneración del sector y gracias a ello en 2016 la capacidad instalada de cogeneración fue de 253 MW. La capacidad instalada de excedentes que hoy en día se venden es de 93,6 MW.

De acuerdo con la evolución de la reglamentación de la Ley 1715 de 2014, los cronogramas de implementación de los proyectos llevarán a que en el año 2018 el sector tenga una capacidad de cogeneración de unos 284 MW de los cuales podría vender a la red aproximadamente unos 123 MW (Gráfica 1).

**Gráfico 1. Capacidad Instalada de cogeneración y capacidad efectiva neta de excedentes (MW)**



Fuente: Ingenios

### ¿Cómo es la participación de la cogeneración dentro de la matriz de energía eléctrica del país?

La capacidad de cogeneración ha presentado un incremento importante, al pasar de 45,8 MW en 2010 a 93,6 MW en 2016. Esto representa el 0,6% de la capacidad de generación efectiva neta del país. Si bien esta capacidad de generación de excedentes aún es pequeña dentro de la matriz, es importante la mayor utilización de la capacidad de cogeneración, dado que esta ocurre siempre y cuando haya un proceso productivo en marcha.

La capacidad efectiva neta instalada en el Sistema Interconectado Nacional – SIN - al finalizar el año 2016 fue 16.594 MW, 1,1% más que la capacidad registrada en 2015 (16.420 MW). Este aumento de acuerdo con XM<sup>1</sup> se debió principalmente “al incremento de la capacidad de la central hidroeléctrica Guavio (50 MW) y del cogenerador Ingenio Risaralda (9,5 MW), así como a la entrada en operación de centrales menores y autogeneradores. Se destaca por su capacidad las menores Morro Azul 19,9 MW, Tunjita 19,7 MW, Guavio Menor 9,9 MW, Termobolivar 9,7 MW; los autogeneradores Argos Cartagena 9,9 MW, Argos Yumbo 9,9 MW y Reficar Cartagena 9,9 MW.”

También es de resaltar el incremento de 15% en la capacidad efectiva neta de los cogeneradores y el ingreso de los autogeneradores. La distribución de la capacidad efectiva neta por tipo de recurso se muestra en la Tabla 1.

<sup>1</sup> XM S.A. E.S.P es una entidad que, entre otros, opera el sistema interconectado nacional colombiano y administra el mercado de energía en Colombia.

**Tabla 1. Capacidad efectiva neta del SIN a diciembre 31**

Recursos	2015		2016	
	MW	% Partic.	MW	% Partic.
Hidráulicos	10.892	66,3%	10.963	66,1%
Térmicos	4.743	28,9%	4.728	28,5%
Plantas menores	698	4,3%	772	4,6%
Cogeneradores	87	0,5%	100	0,6%
Autogeneradores			32	0,2%
<b>Total SIN</b>	<b>16.420</b>	<b>100%</b>	<b>16.594</b>	<b>100%</b>

SIN: Sistema Interconectado Nacional

\* Incluye: gas, carbón, combustóleo, ACPM, Jet1 y Gas-Jet A1

\*\* Incluye: hidráulico, térmicos y eólica

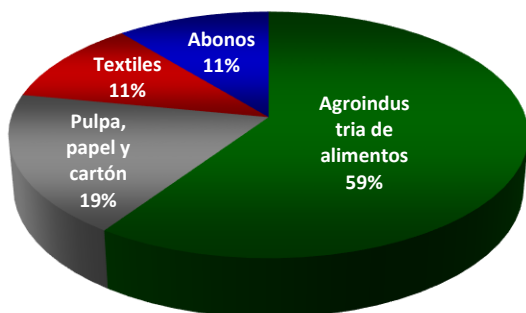
Fuente: XM S.A. E.S.P.

De acuerdo con un inventario realizado por la ANDI en 2014<sup>2</sup>, existen 21 plantas de cogeneración en el país, con una capacidad instalada de 351 MW, de los cuales el 59% correspondiente a los ingenios (Gráfico 2).

Es así como el principal combustible utilizado por estas plantas en el país, es el bagazo, con una participación del 65% (Gráfico 3).

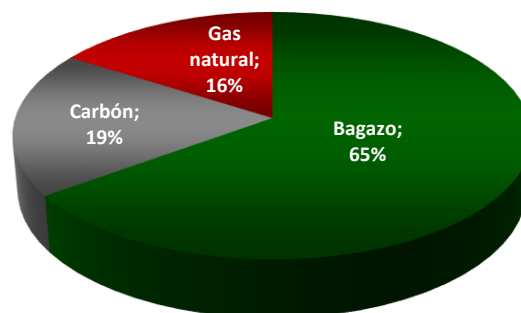
También es de destacar que las plantas de cogeneración actuales se encuentran en Valle del Cauca, Cauca, Antioquia, Atlántico, Bolívar, Risaralda y Cundinamarca.

**Gráfico 2. Capacidad instalada de los cogeneradores por sector (%)**



Fuente: ANDI

**Gráfico 3. Energéticos utilizados por las plantas de cogeneración en Colombia (%)**



Fuente: ANDI

<sup>2</sup> Cámara de Grandes Consumidores de Energía y Gas – ANDI (2014). Inventario de la Capacidad Instalada de Autogeneración y Cogeneración en la Industria Colombiana.

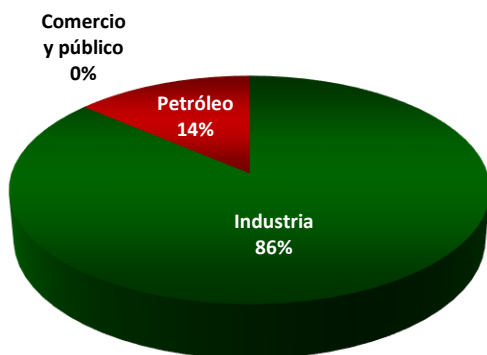
En 2015 la UPME<sup>3</sup> publicó el informe sobre “Capacidad instalada de autogeneración y cogeneración en sector industria, petróleo, comercio y público del país” que realizó en convenio con el Consorcio Hart.

En este informe se realiza un diagnóstico de la situación de la autogeneración y la cogeneración en Colombia y su potencial.

En cuanto a la autogeneración, de acuerdo con el informe, existen en el país 1.193 MW de capacidad instalada, principalmente en la industria de petróleo y la mayor fuente de energía primaria utilizada es el gas natural seguido del crudo.

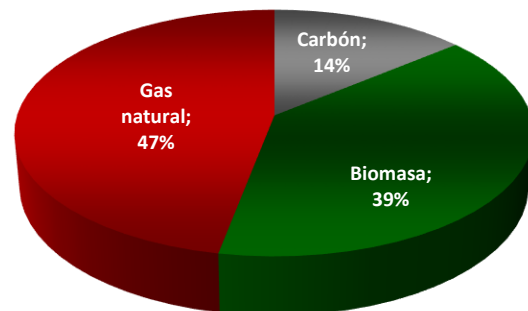
Respecto a la cogeneración, la capacidad instalada es de 692 MW y la principal fuente de energía primaria es el gas natural seguido de la biomasa (Gráficas 4 y 5).

**Gráfico 4. Capacidad instalada de cogeneración (%)**



Fuente: UPME-HART

**Gráfico 5. Fuente energética primaria cogeneración (%)**

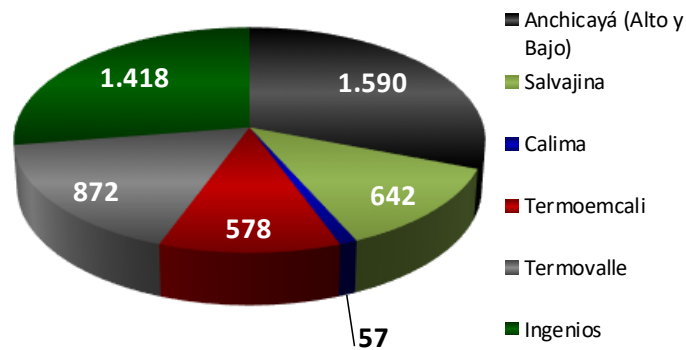


Fuente: UPME-HART

De acuerdo con datos de XM, durante 2016 la generación total de los ingenios (consumo propio + venta de excedentes) fue de 1.418 GWh, ubicándose como el segundo mayor generador de la región, después de Alto y Bajo Anchicaya (Gráfica 6).

<sup>3</sup> UPME: Unidad de Planeación Minero Energética de Colombia

**Gráfico 6. Capacidad de generación 2016 (GWh)**



Fuente: XM S.A. E.S.P.

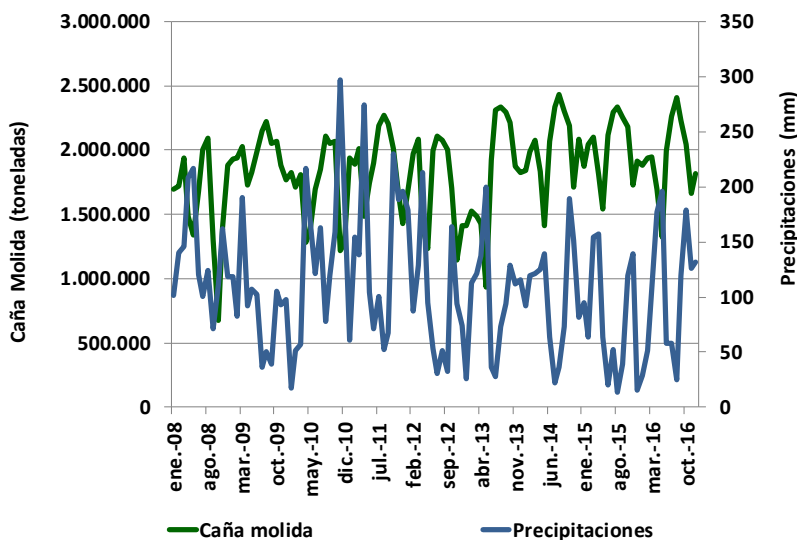
### ¿Qué ventajas tiene la cogeneración?

Los principales beneficios de la cogeneración son:

- **Combustible renovable:** la cogeneración en el sector sucro-energético colombiano utiliza el bagazo como combustible para la generación de energía térmica. Esto significa que no se están utilizando combustibles fósiles para la obtención de la misma sino biomasa, la cual se puede sembrar y cosechar las veces que sean necesarias, permitiendo así tener combustible disponible en el largo plazo. En el caso del Valle del Cauca, existen fincas que han sembrado caña de azúcar por más de 100 años y registran óptimos rendimientos.
- **Reducción de emisiones de gases efecto invernadero:** al ser el bagazo un combustible de biomasa, no se utilizan combustibles fósiles para la cogeneración, lo cual reduce la emisión de gases efecto invernadero, ayudando así a la mitigación del calentamiento global.
- **Generación distribuida:** la cogeneración es una alternativa para estimular el desarrollo de generación distribuida, es decir que no haya concentración en una región generadora. Esto implica que al distribuir la generación en la geografía colombiana, se reducen las pérdidas del sistema por concepto de transporte y hace menos vulnerable al sistema frente a eventuales cortes de transmisión por derrumbes o voladuras de torres.
- **Firmeza al sistema:** además de la menor concentración regional en la generación, la matriz colombiana depende en cerca de 78% de la generación hidráulica. Esta depende a su vez de las precipitaciones y caudales de los ríos que alimentan los embalses. Durante el verano, la disponibilidad de agua se reduce. En el caso del sector sucro-energético, en verano es cuando el campo tiene una mayor aptitud para la cosecha, por lo que se tiene un mayor abastecimiento de caña en los ingenios y por lo tanto hay abundancia de combustible para la cogeneración (ver Gráfico ).

- **Diversificación de la matriz energética:** Las diferentes alternativas de cogeneración, bien sea con biomasa o con otros energéticos, estimulan la utilización de diferentes alternativas energéticas, lo cual diversifica la utilización de combustibles.
- **Eficiencia energética:** El mayor aprovechamiento del combustible mediante la implementación de tecnologías más eficientes implica un uso racional de la energía y se genera un claro estímulo a la implementación de acciones de incremento de la eficiencia energética para generar excedentes comercializables en la red de interconexión nacional.

**Gráfico 7. Complementariedad con la generación hidráulica**



Fuente: para caña molida, FEPA y para precipitaciones, Cenicaña

### La cogeneración es eficiencia energética

Como se anotó anteriormente, para la existencia de un proceso de cogeneración se requiere el consumo simultáneo de energía térmica y eléctrica. Esto brinda la oportunidad de obtener eficiencias en el aprovechamiento energético, a la vez que se establecen de manera natural los estímulos para su desarrollo.

Especialmente los recursos energéticos fósiles deben ser aprovechados de la mejor manera ya que son finitos. Por lo tanto, la eficiencia, entendida como la cantidad de energía que se aprovecha de la totalidad de la energía contenida en el combustible, se vuelve una variable crítica. Para ilustrar esto, vale la pena tomar algunas referencias.

La central térmica La Sierra es la de mayor eficiencia en generación térmica en Colombia. Esta central cuenta con un ciclo combinado, mediante el cual logra eficiencias superiores a 54%.<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Fuente: EEPM.

<http://www.epm.com.co/site/Home/Institucional/Nuestrasplantas/Energ%C3%ADa/Termoel%C3%A9ctrica.aspx> Consultado el 2 de abril de 2017.



Otras centrales de generación térmica a gas en ciclo simple tienen eficiencia que oscilan entre 16% y 39%.<sup>5</sup>

De acuerdo con la UPME, las eficiencias en los procesos de cogeneración fácilmente pueden ser superiores al 60%<sup>6</sup>, en la medida que se realiza la generación eléctrica y hay un aprovechamiento térmico en el proceso productivo. De esa manera podemos afirmar que la cogeneración es un proceso energéticamente eficiente.

### **¿Cómo es el desarrollo de la cogeneración en el mundo?**

Esta situación que se vive en Colombia no es ajena a la tendencia mundial de utilizar cada vez más recursos renovables. La trascendencia de la cogeneración de energía en el mundo y los proyectos para llevarla a cabo, han experimentado un importante desarrollo, y dentro de las causas de este cambio, se pueden considerar, el alza en los precios de los combustibles, el avance de la tecnología en las energías renovables y las políticas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que están plasmadas en las metas de los diferentes países.

La participación actual de la generación en Centroamérica (Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Panamá y Nicaragua), está compuesta por un 42% de energía hidráulica, 37% de generación térmica con base en diésel, 7% de generación térmica con base en carbón, 5% de generación geotérmica, 3% de eólica y 6% de cogeneración.<sup>7</sup>

De otro lado, México tiene un gran potencial de biomasa de residuos agrícolas, y con el uso de nuevas tecnologías para la cogeneración de energía eléctrica, se estima que para el año 2025 los 57 ingenios del país alcancen un potencial técnico máximo de cogeneración de 1.025 MW y neto de 979 MW, de acuerdo con estimaciones realizadas por la Secretaría de Energía de México – SENER – con base en el crecimiento anual de cogeneración a partir de bagazo que ha experimentado la industria en los últimos 5 años.<sup>8</sup>

En el caso de Brasil, los planes de expansión de cogeneración de la mano con la expansión del sector sucro-alcoholero, indican que pasarán de tener una capacidad instalada de 10 GW en 2010 a más de 30 GW en 2020. Esto implica que la participación de la cogeneración será de un 18% de la matriz energética brasilera en ese año.<sup>9</sup>

En la Unión Europea, actualmente el 11% de la generación eléctrica es fruto de la cogeneración. Sin embargo, existen grandes diferencias entre los estados miembros, las cuales varían entre 0% y 42,8%. De acuerdo con los datos de Eurostat, no hay cogeneración en Malta, muy poca en Chipre (0,3%) y en Grecia (1,6%). Dinamarca tiene la mayor participación dentro de su generación,

---

<sup>5</sup> López, Christina y Sánchez, Mónica. “Diagnóstico de las centrales termoeléctricas en Colombia y evaluación de alternativas tecnológicas para el cumplimiento de la norma de emisión de fuentes fijas”. Universidad de La Salle, junio 2007.

<sup>6</sup> Fuente: UPME, SI3EA

<http://www.si3ea.gov.co/Home/Gesti%C3%B3nIntegraldeEnerg%C3%ADa/tabid/113/language/en-US/Default.aspx>

<sup>7</sup> “Centroamérica: Estadísticas de producción del subsector eléctrico”, CEPAL 2012.

<sup>8</sup> Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026, Secretaría de Energía, México, 2012.

<sup>9</sup> UNICA 2012.

alcanzando el 42,8%, seguido de Letonia (40,9%). Existe un gran potencial en los nuevos estados miembros, particularmente por la necesidad de renovación de los esquemas de calefacción, para actualizarlos a sistemas modernos que además de distribuir calor, puedan distribuir energía eléctrica.<sup>10</sup>

En China e India, la cogeneración participa con cerca del 13% y 5% de la generación, respectivamente. La Agencia Internacional de Energía - IEA - proyecta que para 2030, la participación de la cogeneración dentro de la generación se incrementará a 28% y 26% en China e India, respectivamente, siempre y cuando se cuente con políticas e incentivos adecuados. En China el potencial de crecimiento está determinado por su amplia base industrial.<sup>11</sup>

En EE.UU. la cogeneración tiene una larga historia en el sector industrial. Este sector es responsable de aproximadamente el 25% del total de consumo de energía del país. Actualmente la cogeneración aporta cerca del 12% de la generación y representa cerca del 9% (85 GW en 3.300 lugares) de la capacidad de generación total. La capacidad de cogeneración está concentrada principalmente en los estados que tienen gran consumo industrial, como por ejemplo industria petroquímica y refinerías de petróleo. Solo Texas contribuye con el 20% de la capacidad instalada de cogeneración y los 5 mayores estados cogeneradores aportan la mitad de la capacidad instalada.<sup>12</sup>

### **¿Cuál es el potencial de cogeneración en Colombia?**

Colombia tiene un gran potencial de desarrollar una industria cogeneradora con base en el bagazo de la caña de azúcar. Cuando se realice la expansión de la producción de alcohol carburante a las regiones aptas para ello, se podrá contar con una gran cantidad de bagazo para la cogeneración. Las zonas de expansión potencial tienen un área superior al millón de hectáreas, lo que significa que se podría incrementar la cogeneración al menos en 5 veces respecto de la actual. El aprovechamiento de esta biomasa como combustible puede poner al país a la vanguardia de la utilización de energías renovables.

---

<sup>10</sup> Cogen Europe, 2013, [http://www.cogeneurope.eu/what-is-cogeneration\\_19.html](http://www.cogeneurope.eu/what-is-cogeneration_19.html)

<sup>11</sup> Climate Tech Book”, Center for Climate and Energy Solutions, 2011 <http://www.c2es.org/climate-techbook>

<sup>12</sup> Climate Tech Book”, Center for Climate and Energy Solutions, 2011 <http://www.c2es.org/climate-techbook>