

EL SECTOR ENERGÉTICO COLOMBIANO Y LAS ENERGÍAS RENOVABLES

Patricia Morales Ledesma*

SISTESIS

El presente artículo describe el panorama del sector energético colombiano, donde se puede ver la dependencia de las energías convencionales que demandan el uso de recursos naturales no renovables como: petróleo, gas natural y carbón, las cuales generan emisiones que contaminan el medio ambiente y tienen repercusión sobre la salud de los colombianos, sobre esta base se pretende mostrar la viabilidad de las energías renovables considerando las potencialidades que se han identificado de uso de energía solar, eólica, de los océanos, geotérmica y biomasa en Colombia, como una alternativa para las zonas que no tienen cobertura por el Sistema Interconectado Nacional SIN

DESCRIPTORES: Sector energético, energías renovables, emisiones, medio ambiente.

ABSTRACT

This paper describes the panorama of the Colombian energy sector, where it can be seen the dependency of the conventional energies that demand the use of non renewable natural resources such as: petroleum, natural gas, and coal, which generate emissions that contaminate the environment and have a repercussion on the health of Colombians, based on it, it is tried to show the viability of the renewable energies considering the potentialities that have been identified of the solar, Aeolian, oceanic, geothermal and biomass energy in Colombia, as an alternative for the regions that are not covered by the national interconnected system.

DESCRIPTORS: Energy sector, renewable energy, emissions, environment.

Todas las formas de vida son dependientes de la energía. En todos los procesos vitales está involucrada. Es así como a través del proceso fotosintético los vegetales consumen energía solar en forma de energía radiante para poder elaborar sustancias energéticas como hidratos de carbo-

no a través de los cuales pueden disponer de la energía química para desarrollar sus funciones vitales.

La energía se define como la capacidad de realizar trabajo, de producir movimiento, de generar cambio. Es inherente a todos los sistemas fisi-

* Ingeniera Mecánica. Especialista En Diseño De Productos Hochschule Darmstadt. Especialista En Dirección De Centros De Formación Superior. Estudiante De Maestría En Ecotecnología. Integrante del grupo de Investigación, Tecnología y Diseño. Maestra Auxiliar del Programa De Diseño Industrial de la Universidad Católica Popular del Risaralda. pmorles@ucpr.edu.co.

Recepción del Artículo: 31 de Agosto de 2007. Aceptación del Artículo por el Comité Editorial: 14 de Septiembre de 2007

cos, y la vida en todas sus formas, se basa en la conversión, uso, almacenamiento y transferencia de energía.

El ser humano consume no solamente la energía necesaria para su subsistencia en forma de alimentos, sino que éste para mantener los sistemas culturales y sociales, debe satisfacer otras necesidades que se consideran básicas como lo son la vivienda, el transporte y los servicios, los cuales demandan de la generación de energía para ser satisfechas. Así la humanidad ha sabido proveerlas inicialmente recurriendo al fuego y luego a la energía proveniente del sol, asociada con la que se aprovechaba de los animales y las pequeñas caídas de agua para generar movimiento y suplir acciones que requerían aplicación de fuerza, en este mismo sentido la energía eólica fue empleada y reemplazada como todas las otras por los combustibles fósiles (petróleo, gas natural y carbón)

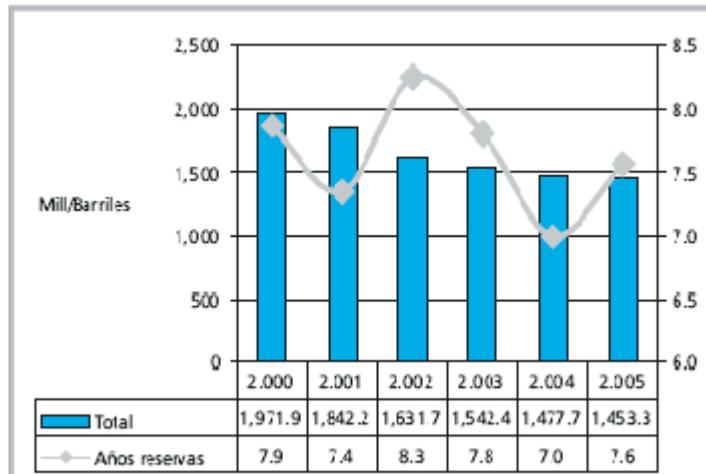
Todas las actividades del ser humano dependen de estos combustibles y el hecho de que estas fuentes tengan una disponibilidad limitada para continuar soportando nuestras demandas ha abierto la discusión en torno a que si bien es cierto no se puede retroceder en el grado de desarrollo tampoco podemos con-

tinuar con el mismo nivel de gasto de estos recursos energéticos.

Se presume que el abastecimiento de petróleo no superara los 41 años, el gas natural 65 y el carbón a lo sumo 204 años, si a esto le sumamos el crecimiento en la demanda de energía y de los servicios de transporte estas cifras se podrían modificar, razón por la cual podríamos afirmar que el modelo energético existente no es sostenible pues éste tiende a agotarse y fuera de eso no atiende a las demandas de toda la población. Según la información suministrada por Carmen Fernandez (2006) en la reunión Ministerial Iberoamericana sobre energías renovables y MDL, con el modelo vigente un tercio de la humanidad no tiene acceso a formas avanzadas de energía.

Solamente en Colombia la demanda de petróleo esta incrementando y se espera que continúe creciendo $\sim 3.5\%/año$ hasta el 2020 en nuestro país las reservas comprobadas en enero 2005, son de 1.4 billones, de 18 pozos, solo 7 son explotados comercialmente lo que significa ~ 26 billones de barriles de petróleo, los otros 11 tienen un potencial aproximado de 11 billones de barriles de petróleo. (Giesecke , 2005) Ver comportamiento en la figura 1

Figura 1 Reservas de petróleo y producción en Colombia, 2000–2005



Fuente: UPME . 2006.

En cuanto al gas natural se tienen unas reservas comprobadas de 7.2 trillones de pies cúbicos (Tcf), equivalentes a 186 MTOE. La demanda interna se distribuye de la siguiente manera: 42 % demanda energía, 20% industria, 13 % sector doméstico, y 2 % transporte el resto tiene un potencial de comercialización. Según el informe preliminar a los presidentes sobre el potencial energético y las bases de la alianza energética andina (BID, 2004) Colombia tiene suficientes reservas de gas natural para satisfacer las necesidades de su mercado interno hasta el

mediano plazo (26 años).

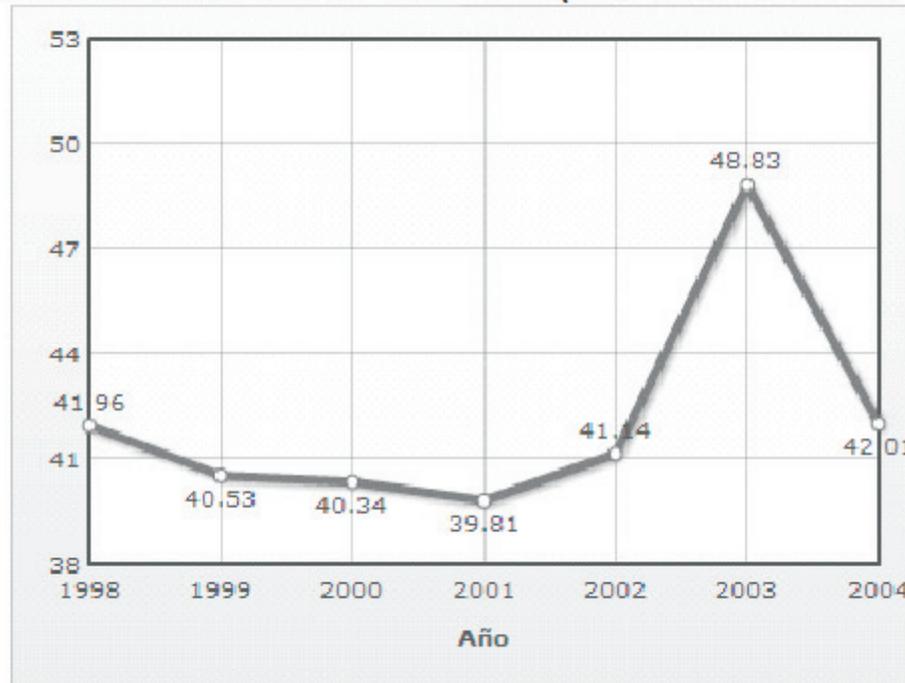
Por estar éste consumo asociado en un gran porcentaje a la generación de energía veremos el comportamiento del sector eléctrico, para la subregión andina, que nos ubica como el segundo país en términos de generación Figura 2 y específicamente el caso colombiano, para hablar en términos de la capacidad instalada y la generación, lo cual permite estimar el impacto real que se produce, el que como se puede observar más adelante se asocia a la fuente energética empleada.

Tabla 1. Generación Eléctrica (Año 2000 - GWh)

País	Hidro	Térmica	Total
Bolivia	1,624	2,328	3,952
Colombia	33,241	10,711	43,952
Ecuador	7,390	3,217	10,607
Perú	15,121	4,801	19,923
Venezuela	62,037	20,525	82,562
Total subregión Andina	119,414	41,582	160,997

Fuente: Sistema de Información Económica Energética OLADE/CE citado por Giesecke, 2005

Colombia - Electricidad - consumo (miles de millones kWh)



Fuente: CIA World Factbook, 2006

Los indicadores del sector eléctrico colombiano Tabla 2, muestran un sector sin afanes para identificar otras fuentes de generación que produzcan menos impactos sobre el medio ambiente, como se puede apreciar en la Tabla 3, debido a que la capacidad instalada supera

con creces la demanda, el país depende en un 65,17% de las grandes centrales hidroeléctricas y un 30 % de las térmicas, quedando un escaso 4.03% a las energías de bajo impacto, que darían una gran independencia en condiciones climáticas adversas.

Tabla 2. PRINCIPALES INDICADORES SECTOR ELÉCTRICO en Colombia

Indicadores	1999	2000	2001	2002	2003
Capacidad Instalada (MW)	11,592	12,581	13,168	13,469	13,269
Generación de energía Eléctrica (GWh)	41,795	41,972	43,173	45,242	47,083
Demanda de Energía Eléctrica (GWh)	33,357	33,615	35,697	33,811	35,255
Pérdidas (%)	27.39	24.16	19.35	21.87	ND
Consumo de Energía per cápita (KWh/hab)	771	787	817	817	ND

Fuente: Unidad de Planeación Minero Energética UPME, 2006

Las fuentes de generación de energía se dividen entre las renovables y las no renovables. Las energías renovables suponen una alternativa al sistema energético actual basado, como ya se ha dicho, en combustibles fósiles porque implican: recursos inagotables, gran potencial de futuro, mínimo impacto ambiental y bajos costos de operación.

Sin embargo tal como se ve en la siguiente tabla de producción de energía en Colombia, para el año 2005, contaban con una aplicación muy tímida, poco representativa para el sistema energético del país, aún conociendo las cifras sobre las reservas de los combustibles fósiles.

Tabla 3. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA COLOMBIA, 2005

PRODUCCIÓN DE ENERGÍA COLOMBIA, 2005, POR FUENTE CON PARTICIPACIÓN CORRESPONDIENTE EN GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD		
Fuente	Total (GWh)	Porcentaje generación energía
<i>Plantas centrales de distribución</i>	57,420.8	95.97
Hydroeléctricas	38,994.40	65.17
Térmica	9,213.20	15.39
Gas	7,127.60	11.92
Carbón	2,085.60	3.49
<i>Sin plantas de distribución</i>	2,410.4	4.03
Hidro	1,984.60	3.31
Termal	188.1	0.31
Otras	74.4	0.12
Cogeneración	113.7	0.19
Eólica	49.6	0.1
Total generación en el Sistema Interconectado Nacional SIN	59,831.2	100

Fuente: Valencia, 2006. EPM

IMPACTOS AMBIENTALES EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍAS CONVENCIONALES

En la generación de energía hidroeléctrica los impactos sobre el medio ambiente están asociados básicamente con el cambio de flujo de las aguas superficiales y subterráneas esto ocurre al construir los embalses, que al requerir grandes volúmenes de agua obligan al desvío de ríos y quebradas contribuyendo de esta forma a la desestabilización de suelos, efecto que se ve no solamente en el sitio o ubicación del embalse, sino también aguas abajo. Estos impactos no son mitigables y afectan grandes extensiones de tierra mostrando sus efectos en suelos erosionados, disminución de los caudales en tramos bajos de los ríos.

Sin embargo no son las únicas consecuencias, el cambio en el uso del suelo y la alteración de los bosques provoca destrucción de flora y fauna en el área de la inundación, trayendo como consecuencia una modificación de las relaciones biológicas establecidas y de la biodiversidad, al desaparecer comunidades bióticas terrestres los habitats acuáticos se ven afectados por el cambio en las migraciones de los peces existentes en la fuente de agua inicial.

En el caso de la generación termoeléctrica los impactos se atribuyen al almacenamiento y transporte de los combustibles, al ser éste carbón la contaminación atmosférica por material particulado es casi inevitable. De otro lado durante la combustión se producen emisiones de óxidos de hidrogeno, óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre asociados a la lluvia acida¹, dióxido y monóxido de carbono, fuera de las cenizas que liberan gran cantidad de partículas a la atmósfera.

Otro factor que produce impactos negativos esta relacionado con los cuerpos de agua, en efecto, si no se hace una buena disposición del agua de proceso se genera contaminación térmica en los lechos de agua y presencia de residuos grasos.

En lo concerniente al uso de los combustibles, sobre todo a nivel urbano, la combustión completa e incompleta de combustibles fósiles para transporte e industria, se convierten en una causa importante de la contaminación atmosférica. El sector tiene una importante participación en la contaminación atmosférica por quema de: gasolina y otros derivados, leña, bagazo de caña, carbón, GLP y GN.

1 Cuando las plantas de energía, fábricas, viviendas, y automóviles liberan contaminación hacia la atmósfera, ésta contiene químicos conocidos como bióxido de sulfuro y óxidos de nitrógeno. Algunas veces, estos químicos regresan al suelo. A esto se le conoce como deposición seca. El resto de las veces se mezclan con agua (humedad) en el aire y forman ácidos. Una vez que estos ácidos se han formado, el viento puede transportarlos largas distancias, y depositarlas en forma de lluvia, nieve o granizo. Esto es lo que se conoce como lluvia ácida.

Tabla 4. CONSUMO DE COMBUSTIBLES EN 2002 por CIUDADES en %

LO CALIDAD ⁽¹⁾	FUENTES FIJAS				
	Carbón ⁽²⁾	Gas Natural ⁽³⁾	Diesel y F.O. Ind ⁽⁴⁾	GLP ⁽⁵⁾	Otros ⁽⁶⁾
V. BOGOTANO	92%	0.0%	2.8%	5.2%	0.0%
MEDELLIN	54.7%	27.3%	9.1%	7.8%	1.1%
CALI	49.4%	38.6%	3.7%	6.1%	2.1%
BOGOTA	17.3%	30.2%	22.5%	16.3%	11.8%
PEREIRA	13.9%	28.2%	10.1%	43.6%	4.2%
BAFANQUILLA	0.0%	95.8%	3.1%	0.3%	0.8%
CARTAGENA	0.0%	92.4%	2.1%	3.8%	2.7%
BUCARAMANGA	0.0%	62.9%	23.5%	12.5%	1.1%

(1) No se incluye en el análisis los consumos de combustible por Biomasa, Leña y Coque para las ciudades
 (2) Uso industrial, residencial y generación eléctrica
 (3) Uso industrial, residencial, comercial, ind. petroquímica, refinerías y generación eléctrica
 (4) Uso residencial y comercial
 (5) Kerosene uso residencial, coque y comb. Jet
 Fuente: DNP. 2002, citado por Bonilla, 2007

La tabla anterior muestra el comportamiento de uso de los combustibles por ciudades, entre ellas la ciudad de Pereira, su relevancia radica en que el consumo esta relacionado estrechamente a la contaminación atmosférica en la cual la influencia del parque automotor es altísimo. Por su parte,

al sector transporte se le atribuyen elevadas emisiones de CO, SO₂, Hidrocarburos volátiles y NOx por la circulación de los automotores debido a: edad del parque automotor, deficiencias en mantenimiento de los vehículos, tecnologías inadecuadas en la combustión entre otras.

Tabla 5. EMISIONES ESTIMADAS POR USO DE COMBUSTIBLES (Kton)

COMBUSTIBLE	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO _x	NO _x	CO	TOTAL
Carbón ⁽¹⁾	24.7	13.2	54.3	20.0	32.2	144.4
Diesel y Fuel Oil ind	0.8	0.8	21.3	5.1	0.9	28.9
Gas ⁽²⁾	2.3	2.3	0.0	23.2	5.9	33.4
Otros Combustibles ⁽³⁾	0.4	0.4	5.4	8.0	1.7	14.5
Total fuentes fijas ⁽⁴⁾	30.4	16.9	81.1	56.4	40.7	225.5
Gasolina	2.1	2.1	8.5	79.4	1013.5	1105.5
Diesel	14.5	14.5	20.8	93.4	54.0	203.2
GNV	0.0	0.0	0.0	5.1	1.8	6.9
Total fuentes móviles	16.4	16.4	29.3	177.9	1071.2	1315.7
Total	49.1	35.5	110.3	234.4	1111.9	1541.2
%Móviles	33%	32%	27%	74%	94%	85%
%Fijas	62%	48%	73%	24%	4%	15%

(1) Electricidad, industrial y residencial
 (2) Electricidad, industrial, residencial y comercial
 (3) GLP, Jet Fuel y Kerosene
 (4) Sin Bagazo ni Leña ni Coque
 No se incluye en el análisis los consumos de combustible por Biomasa y Leña
 Emisiones calculadas por Factores de Emisión para Consumos de Combustibles Reales en 2002 – UPME
 Fuente DNP, 2002, citado por Bonilla, 2007

En cuanto a las emisiones de CO₂ estas pueden ser medidas en la cantidad de kilogramos de CO₂ que emiten los combustibles por unidad

de generación de energía basada en el poder calorífico de los diferentes combustibles, para tener una idea de ello se relaciona la siguiente tabla

Tabla 6. EMISIONES DE CO₂ POR TIPO DE COMBUSTIBLE

Tipo de combustible	Emisiones de CO ₂ en kg CO ₂ /GJ
Gas Natural	53
GLP	61.3
Kerosene	72.4
ACPM	69.7
Crudo	73.6
Carbón	93.1

Fuente: creación propia

Todas estas emisiones están ligadas con enfermedades respiratorias de alto porcentaje de aparición en Colombia (Bonilla, 2007, 16). “Existe evidencia consistente que indica que la exposición al humo de la biomasa incrementa el riesgo de sufrir varias enfermedades serias y comunes en los niños y en los adultos. Entre éstas se destacan las infecciones respiratorias agudas (ARIs) en la niñez, particularmente la neumonía.” (Ahmed et al, 2005, p. 28).

FUENTES ENERGÉTICAS RENOVABLES Y LA NORMATIVA QUE SOPORTA SU IMPLEMENTACIÓN

Se vienen adelantando esfuerzos para que se investigue y se utilicen las energías alternativas o renovables y están consideradas como prioritarias dentro del Plan Nacional de Desarrollo y cuentan con un marco legal bien sólido expresado en el decreto No. 3683 de diciembre 19 de 2003, por el cual se reglamenta la **Ley 697 de 2001** y se crea una Comisión Intersectorial, considerando que la Constitución Política de 1991 en su artículo 80, establece que el Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.

En el mismo sentido el artículo 334 prevé que la dirección general de la economía estará a cargo del Estado y éste intervendrá por mandato de la ley en la explotación de los recursos naturales, en esta Ley 697 de 2001 se declara asunto de interés social, público y de conveniencia nacional, el uso racional y eficiente de la energía así como el uso de fuentes energéticas no convencionales; declaración que impone la necesidad de expedir la reglamentación necesaria para garantizar que el país cuente con una normatividad que permita el uso racional y eficiente de los recursos energéticos existentes en el territorio nacional. Considerando que el objetivo de la Ley 697 de 2001 es promover y asesorar los proyectos de Uso Racional de la Energía **URE** y el uso de energías no convencionales, de acuerdo con los lineamientos del programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás formas de energía no convencionales, **PROURE**, estudiando su viabilidad económica, financiera, tecnológica y ambiental.

El Programa sobre Uso Racional de Energía **PROURE**, plantea como estrategias para el país, La orientación de la demanda de energía, la optimización de los procesos de

generación y sustitución de energéticos: las acciones incluyen la sustitución de electricidad por GN o GLP en el sector residencial y comercial, la sustitución de gasolina y diesel por combustibles alternos (GLP o GN comprimido y biocombustibles como etanol) para el transporte público y la sustitución de leña por GLP en áreas rurales.

El (URE) tiene además un campo de acción claro en el Mecanismo de Desarrollo Limpio² (MDL); para lo cual se están presentando algunos proyectos para la reducción de emisiones.

Cabe anotar que la eficiencia energética conlleva no sólo ahorros energéticos y mejoras en los procesos productivos; bien encaminada representa un beneficio ambiental expresado en la disminución de emisiones como resultado de la utilización de combustibles más limpios, disminución en el consumo de energía y uso de calor residual, entre otras. (Bonilla, 2007: 18)

Es tan marcado el interés en las tecnologías o energías renovables que la Organización de Estados Americanos OEA en el Consejo Permanente de abril de 2007 elaboró una

2 Mecanismos de Desarrollo Limpio MDL. contenido en el Artículo 12 (Apéndice A) del Protocolo de Kioto es un mecanismo por medio del cual una entidad o gobierno de un país industrializado, país "A", invierte en un proyecto de reducción de emisiones en un país en desarrollo, país "B". En compensación, el país "A" recibe certificados de reducción de emisiones (CRE) basado en el rendimiento del proyecto . Flint, Shannon, 2002. Alberta Research Inc.

declaración en la que se manifiesta el apoyo a la utilización de fuentes de Energía Renovables por medio de la cual se solicita a la Secretaría General que, “dentro de los recursos existentes, apoye a los Estados Miembros en el desarrollo de planes energéticos sostenibles y en la implementación de medidas que fomenten un mayor uso de energía convencional limpia y energía renovable comercialmente viable, como la energía eólica, geotérmica, de biocombustible, pequeñas centrales hidráulicas y solar, así como en la adopción de políticas tendientes a lograr una mayor eficiencia energética, como acciones para abordar en mejor forma los desafíos relacionados con el crecimiento económico y el medio ambiente”; CONSEJO PERMANENTE DE LA OEA 13 abril 2007

LAS ENERGÍAS RENOVABLES

Energía renovable es la que se aprovecha directamente de recursos considerados inagotables como el Sol, el viento, los cuerpos de agua, la vegetación o el calor del interior de la Tierra. Esta energía es limpia y no produce emisiones de efecto invernadero, por tanto no contribuye con el calen-

tamiento global³ y se considera inagotable por estar relacionadas con los ciclos naturales.

El Sol es una gran fuente de energía para llenar nuestras necesidades. Aparte de la que nos llega directamente de sus rayos, el Sol también es el origen de otras fuentes de energía. Por ejemplo, el viento es causado por las diferencias de temperatura en distintos lugares del mundo y la energía hidráulica depende del ciclo hidrológico, que tiene su origen en la evaporación de las aguas causada por el Sol.

No todas las energías renovables cumplen la misma función, al igual que los combustibles fósiles, dependiendo de la aplicación se recurre a dispositivos tecnológicos diferentes, lo que da como resultado que una misma fuente pueda servir para diferentes usos, para ganar claridad sobre las energías renovables se hace una clasificación, según la aplicación final y el origen o fuente energética como se ve en la tabla siguiente, la cual no contiene todas las energías renovables. Sólo se citan las que han demostrado tener un potencial de desarrollo en Colombia o cuentan en la actualidad con proyectos importantes en marcha.

³ El vapor del agua y de CO₂ actúan en la atmósfera como un vidrio, permitiendo que la radiación llegue a la Tierra y manteniendo el calor. Sin este efecto, la Tierra sería demasiado fría para sostener formas de vida. Sin embargo, por la combustión de fósiles, se están incrementando las concentraciones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero en la atmósfera, lo cual causa que la temperatura del medio ambiente global aumente. A este proceso se le llama calentamiento global.

Tabla 7. ENERGÍAS RENOVABLES Y SUS APLICACIONES

Fuente energética	Tecnología de aprovechamiento	Aplicación
Solar	Pasiva	Calor e iluminación de viviendas
	Térmica	Calor y electricidad
	Fotovoltaica	Electricidad
Eólica	Generación	Electricidad
	Motriz	Fuerza Motriz
Hidráulica	Pequeñas Centrales Hidráulicas	Generación de electricidad
	Pequeñas caídas	Fuerza Motriz
Geotérmica	Uso directo	Calor
	Generación eléctrica	Electricidad
Biomasa	Fermentación alcohólica	Biocombustibles
	Digestión anaerobia (Biodigestor)	Biogás
	Combustión	Calor y electricidad
Océanos	Olas	Electricidad
	Mareas	Electricidad

Fuente: creación propia

BIOCOMBUSTIBLES

Una de las aplicaciones más cercanas por la vigencia y proximidad, son los biocombustibles líquidos, éstos son combustibles para transporte (principalmente biodiesel y bioetanol) procesados de cosechas agrícolas y otras plantaciones renovables. En menor escala, pero igualmente importantes, se encuentran biometanol y biocrudo o crudo de pirólisis.

La utilización de biocombustibles reduce la dependencia del petróleo como combustible, entre ellos se cuenta la fermentación alcohólica para obtener bioetanol a partir de ciertos azúcares, especialmente glucosa, usando como materia prima melazas azucareras, maíz, almidón de trigo y residuos de papa y yuca. En la actualidad se han realizado avances significativos en los departamentos del Valle del Cauca y

Risaralda en los ingenios Incauca y Risaralda, contribuyendo de manera significativa con la disminución de emisiones.

El líder reconocido en éste campo es Brasil lo que le ha ganado el reconocimiento de EEUU como aliado para el desarrollo de proyectos de producción de bioetanol.

GEOTERMIA

La energía geotérmica ha estado presente desde que existe la tierra. «Geo» significa tierra y «termia» significa calor. Por lo tanto geotermia significa «Calor de la Tierra».

Bajo la corteza terrestre, existe una capa superior del manto la cual es una roca líquida caliente llamada magma. La corteza terrestre flota sobre ese manto de magma líquido. Cuando el magma llega a la superficie de la tierra a través de un volcán, se le conoce como lava.

En el país se han identificado 3 áreas con potencial de generación de energía geotérmica.

- Azufraal, en el departamento del Nariño, ubicado en el volcán Azufraal, teniendo en cuenta el potencial geotérmico en ésta región del país, es posible disminuir el déficit energético en dicha región y propiciar en un futuro la interconexión entre Ecuador y Colombia.

- Cerro Negro-Tufiño, entre Colombia y Ecuador, ubicado en el volcán Chiles y,
- Paipa, ubicado en la Cordillera Oriental en Boyacá.
- El Macizo Volcánico Ruiz-Tolima parece zona prometedora y hay planes de investigación por INGEOMINAS.

ENERGÍA SOLAR

Básicamente, recogiendo de forma adecuada la radiación solar, podemos obtener calor y electricidad. El calor se logra mediante los captadores o colectores térmicos, y la electricidad, a través de los llamados módulos fotovoltaicos. Ambos procesos nada tienen que ver entre sí, ni en cuanto a su tecnología ni en su aplicación.

La energía solar presenta dos características especiales muy importantes que la diferencian de las fuentes energéticas convencionales: dispersión e intermitencia.

La primera significa que en condiciones favorables, la densidad de la energía del sol apenas alcanza 1 kw/m², un valor muy por debajo del que se requiere para producir trabajo. Esto significa que, para obtener densidades energéticas elevadas, se necesitan grandes superficies de captación, o sistemas de concentración de los rayos solares(Fernández D, 2005,

85). Considerando ésta una de las grandes desventajas que manifiestan estos sistemas y por la cual ha sido señalada

La segunda la intermitencia tiene que ver con que la energía solar no es continua, lo cual hace necesarios sistemas de almacenamiento.

No obstante, el uso o aprovechamiento activo del sol como se denomina, ofrece soluciones interesantes, pues ofrece alternativas para el uso de los recursos naturales que, comparadas con otras fuentes de energía, logran beneficios económicos sin deteriorar tales recursos. Los sistemas activos se basan en la captación de la radiación solar por medio de un elemento denominado “colector” (Fernández D, 2005, 102)

Al respecto de esta tecnología el país tiene ya consolidado el Atlas de

Radiación Solar para Colombia que contribuye al conocimiento de la disponibilidad de sus recursos renovables y facilita la identificación de regiones estratégicas donde es más adecuada la utilización de la energía solar para la solución de necesidades energéticas de la población.

Con este recurso se puede cuantificar la energía solar que incide sobre la superficie del país y se convierte en un referente obligado para los investigadores interesados en el tema dada la confiabilidad de este trabajo que surgió como resultado de una sinergia entre el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, y la Unidad de Planeación Minero Energética, UPME.

A manera de ejemplo se cita la Tabla 8, en la cual se puede observar el potencial solar en las regiones del territorio nacional.

Tabla 8. Potencial solar por Regiones

Región	(KWh/m ² /año)
Guajira	2,190
Costa Atlántica	1,825
Orinoquía	1,643
Amazonia	1,551
Andina	1,643
Costa Pacífica	1,278

Fuente: IDEAM, y UPME. 2005 Atlas de energía solar

Es de mencionar que pese a la existencia de información confiable y personal capacitado en el país para el diseño y la instalación de sistemas de energía solar el uso de ésta no es muy generalizado.

ENERGÍA EÓLICA

Es una forma indirecta de energía solar, puesto que son las diferencias de temperatura y de presión inducidas en la atmósfera por la absorción de la radiación solar las que ponen en movimiento los vientos. Se calcula que un 2 % de la energía solar recibida por la Tierra se convierte en energía cinética de los vientos.(Goh, 2002, 67)

La fuente de energía eólica es el viento, o mejor dicho, la energía mecánica que, en forma de energía cinética transporta el aire en movimiento. El viento es originado por el desigual calentamiento de la superficie de nuestro planeta, causando movimientos de la masa atmosférica, en el país se ha avanzado en un proyecto muy importante en la península de la Guajira denominado Jepírachi con una generación de 19.5 MW, la tabla 9 sobre el potencial Eólico muestra un panorama interesante para el norte de Colombia, sitio de gran demanda de energía por la dinámica del turismo, que podría obtener mayores beneficios si recurre a una fuente energética de éste tipo.

Tabla 9. Potencial Eólico en el Norte de Colombia

Zona	Potencial eólico ⁽¹⁾ kWh/m2/año
Cabo de la Vela	3,043
San Andrés	2,182
Providencia	1,727
Riohacha	829
Soledad	633
Cartagena	587
Valledupar	502

(1)Potencial a 10 m de altura
Fuente: Valencia, 2006

ENERGÍA DE LOS OCÉANOS

Los mares y los océanos son inmensos colectores solares, de los cuales se puede extraer energía de orígenes diversos (Goh, 2002: 92) estas son

- La radiación solar incidente sobre los océanos, en determinadas condiciones atmosféricas, da lugar a los gradientes térmicos oceánicos (diferencia de temperaturas) a bajas latitudes y profundidades menores de 1000 metros.
- La iteración de los vientos y las aguas son responsables del oleaje y de las corrientes marinas.
- La influencia gravitacional de los cuerpos celestes sobre las masas oceánicas provoca mareas.

A la luz de esta aclaración se puede analizar la información ofrecida por Torres Parra (2003, 59) sobre los sitios potenciales de explotación en Colombia de la energía de los océanos, el cual concluye así.

Colombia cuenta con las condiciones oceanográficas y morfológicas necesarias al sur occidente de la Isla de San Andrés para la explotación de la energía del gradiente térmico del océano con capacidad para generar la electricidad suficiente para satisfacer completamente las necesidades de la Isla, donde

adicionalmente Existe también demanda para los subproductos de esta aplicación tecnológica como agua desalinizada, acuicultura y aire acondicionado.

La Península de la Guajira es el sitio con mayor potencial para la explotación de la energía contenida en las olas en Colombia (11.67 KWm^1), sin embargo el flujo de energía no alcanza los niveles mínimos (15 KWm^1) para generar electricidad eficientemente con la tecnología actual.

Para lograr que un dispositivo para la generación de electricidad por conversión de la energía contenida en las olas sea económicamente viable, se requiere un alto nivel en el flujo de energía, el cual es determinado especialmente por la altura de las olas del lugar.

Por tanto esta tecnología si bien nos puede traer algunos subproductos importantes como lo vemos para San Andrés, no tiene desarrollos suficientes en el país como para pensar en una aplicación en un futuro inmediato.

CONCLUSIONES

De la información analizada podemos concluir que si bien el país tiene resuelto el problema energético, sí se mira capacidad instalada y demanda, lo cierto es que hay regio-

nes del país donde el sistema interconectado no tiene cobertura, como en Vichada, Guainia, Guaviare, Vaupes, Amazonas y Putumayo(UPME, 2006), regiones que pueden plantearse posibilidades de abastecimiento de energía, desde las energías alternativas, dando soluciones unifamiliares, sin que requieran inmensas instalaciones y generando un mínimo impacto sobre el medio ambiente.

Además de esto otra razón importante para usar energías renovables es que es una fuente de energía ilimitada, que promete la liberación de la dependencia de combustibles fósiles para generar energía.

Para que esto tenga eco se deben incorporar a los combustibles fósiles todos sus costos ambientales y sociales de manera que se pueda demostrar la competitividad de los recursos renovables.

De otro lado para que haya nuevas inversiones en energías alternativas deberá existir un marco regulatorio que supere la propuesta y se enmarque en la práctica acompañada

del establecimiento de claros incentivos financieros, que impulsen la investigación y el desarrollo tecnológico de fuentes renovables y eficiencia energética, que incluya agresivos planes de capacitación a las comunidades quienes son los operadores de estos sistemas en las regiones más alejadas del país y que estimule a los investigadores a desplazarse hasta estas con el objetivo de generar capacidades locales, que garanticen la sostenibilidad de la citada alternativa tecnológica.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMED Kulsum, YEWANDE Aramide Awe, DOUGLAS F. Barnes. 2005. *Environmental Health and Traditional Fuel Use in Guatemala*. Banco Mundial

BID, CAF, Comunidad Andina. Secretaría General, CEPAL, OLADE y UNCTAD. (2004). *Informe preliminar a los Presidentes de los Países Andinos sobre "Potencial energético de la Subregión Andina como factor estratégico para la seguridad energética regional y hemisférica"*, <http://www.comunidadandina.org/energia/potencial.htm> (4 agosto 2007)

BONILLA Marcela (2007). *Uso Racional de la Energía: Responsabilidad de hoy para un futuro sostenible*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial República de Colombia http://www.upme.gov.co/Upme12/2007/Upme13/Presentacion_MINAMBIENTE.pdf (5 agosto 2007)

CIA World Factbook (2006). Index mundi, cuadro de datos históricos anuales <http://www.indexmundi.com/g/g.aspx?c=co&v=81&l=es> (4 agosto 2007)

FERNÁNDEZ DÍEZ, Pedro *Balance de radiación Solar: procesos termosolares en baja, media y alta temperatura* Universidad de Cantabria 2005. 303p.

FERNÁNDEZ ROZADO, Carmen. 2006. *Seguridad energética en América Latina : Energía renovable como alternativa viable*. Reunión Ministerial Iberoamericana. Cartagena de Indias. 2006. 29p

FLINT, Shannon. *MDL –Carbon and Energy Management*. Alberta Research Council. 2002. 137p

Giesecke, Ricardo. (2005) *Desarrollo Energético Comunidad Andina..* <http://www.comunidadandina.org/salaprensa/energia.pdf>. (16 agosto 2007)

GOH, Tracy. *Sustainable energy technologies* OFFICE OF ENERGY POLICY, Julio 2001, 217p

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, y Unidad de Planeación Minero Energética, UPME.. *Atlas de Radiación Solar de Colombia*. 2005.

Organización de Estados Americanos OEA.(2007). Proyecto de Declaración de Panamá “Energía para el Desarrollo Sostenible” CONSEJO PERMANENTE DE LA OEA 13 abril 2007 <http://www.oas.org/dsd/Documents/proyectodeclaracion.pdf>

Presidencia de la República. *DECRETO No. 3683 DE DICIEMBRE 19 DE 2003* Por el cual se reglamenta la Ley 697 de 2001

Unidad de Planeación Minero Energética.(2006) *Cobertura del Sistema Interconectado Nacional* <http://www.upme.gov.co/siel/Inicio/CoberturadelSIN/tabid/75/Default.aspx> (8 agosto 2007)

VALENCIA, Adriana. Potenciales energéticos renovables y no renovables en Colombia y América Latina. 2006. EPM. 50p

TORRES PARRA, Rafael Ricardo,. *Estudio del potencial en Colombia para el aprovechamiento de la energía no convencional de los océanos* Escuela Naval de Cadetes Almirante Padilla Facultad de Oceanografía Física Cartagena de Indias. 2003. 136p