



# Revista de CIENCIAS AMBIENTALES Tropical Journal of Environmental Sciences



## Alternativas para el mejor aprovechamiento de la electricidad en Costa Rica

### *Alternatives for the Better Use of Electricity in Costa Rica*

*René Castro <sup>a</sup>, José A. Porras <sup>b</sup> y Gustavo Jiménez <sup>c</sup>*

<sup>a</sup> El autor es ingeniero civil y economista ambiental, es profesor en Incae y exministro de Ambiente, Costa Rica. <sup>b</sup> El autor es arquitecto y especialista en políticas energéticas, es profesor en la Universidad de Costa Rica, Costa Rica. <sup>c</sup> G. Jiménez, ingeniero electromecánico y especialista en desarrollo sostenible y energía, es investigador en Incae, Costa Rica.

#### Director y Editor:

Dr. Eduardo Mora-Castellanos

#### Consejo Editorial:

Enrique Lahmann, UICN, Suiza

Enrique Leff, UNAM, México

Marielos Alfaro, Universidad Nacional, Costa Rica

Olman Segura, Universidad Nacional, Costa Rica

Rodrigo Zeledón, Universidad de Costa Rica

Gerardo Budowski, Universidad para la Paz, Costa Rica

#### Asistente:

Rebeca Bolaños-Cerdas



# Alternativas para el mejor aprovechamiento de la electricidad en Costa Rica

por RENÉ CASTRO, JOSÉ A. PORRAS Y GUSTAVO JIMÉNEZ

## RESUMEN

Se propone que ante la creciente demanda de energía eléctrica Costa Rica aproveche el gran potencial disponible de fuentes propias y renovables, en lugar de invertir en centrales térmicas que funcionan con recursos importados y contaminantes; y se expone las que podrían ser las limitaciones que impidan ese aprovechamiento. Finalmente, se presenta -a modo de ejemplo- una alternativa para un mejor aprovechamiento de la oferta eléctrica actual, mediante la implementación de un plan piloto para sustituir parte de la flota vehicular por carros eléctricos, lo cual abriría nuevos mercados eléctricos y ayudaría a disminuir el uso de combustibles fósiles en el sector de mayor consumo: transportes.

*The proposal examines that, in the face of a growing demand for electric energy, Costa Rica takes advantage of the great potential available and renewable sources themselves, instead of investing in thermal power plants that work with imported resources and pollutants. In addition to this, the constraints that prevents taking advantage of this opportunity are also examined. Finally, it presents an example of an alternative for more efficient use of electricity supply by implementing a pilot plan to replace part of the fleet of electric cars, which would not only open new electricity markets, but would also help to reduce fossil fuel use in the industry with the highest consumption: Transport.*

Palabras claves: Costa Rica, energía eléctrica, energía renovable, plan piloto, transporte.  
Key words: Costa Rica, electrical energy, renewable energy, pilot plan, transportation.

Fecha de recepción: junio, 2009. Fecha de aceptación: julio, 2009.

El desarrollo socioeconómico mundial tiene sus bases en el consumo de energía, ejemplo de ello es que uno de los principales impulsores del salto tecnológico y productivo que se dió en los siglos XVIII y XIX, durante la Revolución Industrial, fue la máquina de vapor y la capacidad de ésta de transformar calor en energía mecánica (Casilda 2002). Por lo tanto, es considerada un elemento crucial para el buen funcionamiento de las actividades productivas y, con ello, del crecimiento y el desarrollo económicos de los países, lo que hace posible hablar de una correlación casi lineal entre el grado de desarrollo y el consumo de energía por habitante (Uned 2009).

De esta forma, mejorar el nivel de vida de una sociedad implica, inevitablemente, un incremento en los consumos energéticos (González 2005), lo cual hace que la energía sea al mismo tiempo una solución y un problema para el desarrollo sostenible de las naciones, ya que, a pesar de ser uno de sus impulsores, es una de las principales fuentes de salida de divisas, de contaminación y la causa de múltiples daños ambientales (Cumbre Johannesburgo 2002). Es con el fin de contrarrestar estos efectos negativos que se hace necesario, por un lado, buscar fuentes de abastecimiento y tecnologías de producción que permitan un uso más eficiente de los recursos y, por otro,

R. Castro, ingeniero civil y economista ambiental, es profesor en Incae y exministro de Ambiente. J. Porras, arquitecto y especialista en políticas energéticas, es profesor en la Universidad de Costa Rica. G. Jiménez, ingeniero electromecánico y especialista en desarrollo sostenible y energía, es investigador en Incae. Este artículo está basado en las consultorías: Infraestructura y desarrollo económico en Costa Rica y Revisión de Plan Estratégico del Mercado Eléctrico Regional Centroamericano realizadas por los autores para la Academia de Centroamérica y el Banco Interamericano de Desarrollo.

un consumo más equitativo y responsable.

Con el fin de acercarse a una correcta simbiosis entre producción-consumo y su relación con respecto al desarrollo sostenible, es necesario tener en cuenta tres temas capitales. El primero es la seguridad del abastecimiento energético en el largo plazo, lo cual implica garantizar el acceso a las fuentes de energía a precios predecibles y accesibles. Desde un punto de vista mundial, crece la conciencia de las reservas finitas de petróleo, carbón y gas natural, por lo que es necesario buscar fuentes alternas, así como emplear la tecnología para mejorar la eficiencia no solo desde la oferta sino también desde la demanda. Desde una perspectiva nacional esto significa diversificar los aprovisionamientos, mejorar la eficiencia energética, fomentar el ahorro y limitar la dependencia de otras naciones.

Como segundo punto, está el impacto ambiental de la producción y el gasto de energía. En este sentido se debe considerar que aproximadamente un 90% del consumo mundial proviene del petróleo, el carbón, el gas natural y la biomasa, fuentes que en los procesos de combustión emiten a la atmósfera gases como el dióxido de carbono, el óxido nitroso y el azufre, los cuales pueden afectar seriamente la salud de las personas. Sabemos que el CO<sub>2</sub> es el gas de efecto invernadero (*gei*) más importante originado en actividades humanas y aunque las emisiones humanas, comparadas con la totalidad, son pequeñas, han logrado modificar el balance natural del dióxido de carbono, convirtiéndose en la principal causa del cambio climático. Adicionalmente, se debe de colocar en la balanza otros impactos, como la deforestación del bosque a causa del uso tradicional de la biomasa, el ruido y detrimento del paisaje ocasionado por la colocación de las torres eólicas, la inundación de vastos territorios y la consiguiente movilización de poblaciones enteras provocada por las grandes hidroeléctricas o los desechos radio-

Tabla 1. Datos generales de población y energía, Centroamérica.

	Población (millones hab.)	Superficie (10 <sup>3</sup> Km <sup>2</sup> )	Consumo energía (Mbep)	Consumo per cápita (bep / hab)	IE <sup>a</sup>	Electricidad		
						Capacidad insta- lada (MW)	Generación anual (10 <sup>6</sup> kWh)	Generación per cápita
Guatemala	13,0	108,9	53,9	4,14	2,57	2.126,8	7.221	569
Honduras	7,5	112,1	24,6	3,28	3,24	1.474,1	5.625	766
El Salvador	7,0	20,9	24,0	3,43	1,57	1.281,8	4.943	719
Nicaragua	5,6	139,0	18,6	3,32	3,89	767,2	2.808	512
Panamá	3,3	77,1	22,8	6,95	1,47	1.575,8	5.775	1.789
Costa Rica	4,4	50,9	24,0	5,47	1,14	2.095,7	8.146	1.885

Fuente: Elaboración propia basada en datos del Estado de la Región, CEPAL y CEAC.

a/ La Intensidad energética es el cociente del Consumo final de energía dividido Producto interno bruto. Unidades en BEP por cada mil dólares del PIB.

activos de las plantas nucleares.

No menos importante son las implicaciones sociales de la energía. El acceso a formas avanzadas como la electricidad y los combustibles líquidos y gaseosos, en sustitución del uso tradicional de biomasa, está estrechamente vinculado con el desarrollo de la población, teniendo efectos sobre aspectos tan diversos como la demografía, el trabajo calificado, la migración de las personas a la ciudad o el índice de oportunidad humana <sup>1</sup>, entre muchos otros. Ejemplo de ello es que los patrones de consumo de las sociedades que utilizan biomasa como única fuente energética tienden a reforzar su situación de pobreza extrema, ya que el tiempo empleado en conseguir la energía limita su acceso a la educación u otras actividades más productivas (Pérez 2002). En general, el acceso a la energía, especialmente cuando se combina con otros servicios básicos como el agua potable y la educación, contribuye a reducir la pobreza, ya que no solo brinda acceso a nuevas oportunidades de trabajo, sino que también ayuda a aumentar la productividad, la diversidad y la calidad de los productos elaborados.

Partiendo de lo anterior, en la primera parte de este artículo se expone las oportunidades que tiene Costa Rica en materia energética y especialmente eléctrica, tocando puntos neurálgicos como el potencial en fuentes limpias, lo cual le permitiría alcanzar no solo autonomía en el subsector electricidad sino también la provisión de servicios universales de calidad. A su vez se presenta la otra cara de la moneda, donde múltiples limitaciones a la inversión, entre ellas seguridad jurídica, impiden beneficiarse de los recursos disponibles, desencadenando con ello un

<sup>1</sup> El índice de oportunidad humana, desarrollado por el Banco Mundial, es una medida sintética para medir la desigualdad de oportunidades en los servicios básicos para niños. El índice está compuesto por dos elementos: cuántas oportunidades están disponibles y qué tan equitativamente están distribuidas (Paes de Barros *et al.* 2008).

aumento en la construcción de centrales termoeléctricas y aumentos en la importación de hidrocarburos.

Por otro lado, la segunda parte muestra, a modo de ejemplo, una alternativa para un mejor aprovechamiento de la oferta eléctrica actual, abriendo nuevos mercados y oportunidades, con lo cual también se ayudaría a disminuir el uso de combustibles fósiles en el sector de mayor consumo: transportes.

Tanto la generación mediante fuentes renovables propias como el mejor aprovechamiento de la producción existente acercan a Costa Rica a un desarrollo cada vez más sostenible, de largo plazo, que fomenta una Costa Rica próspera, verde y solidaria. Eso nos permitiría alcanzar la meta país de ser la primera nación carbono-neutral en 2021, convirtiéndonos en un líder mundial ambiental.

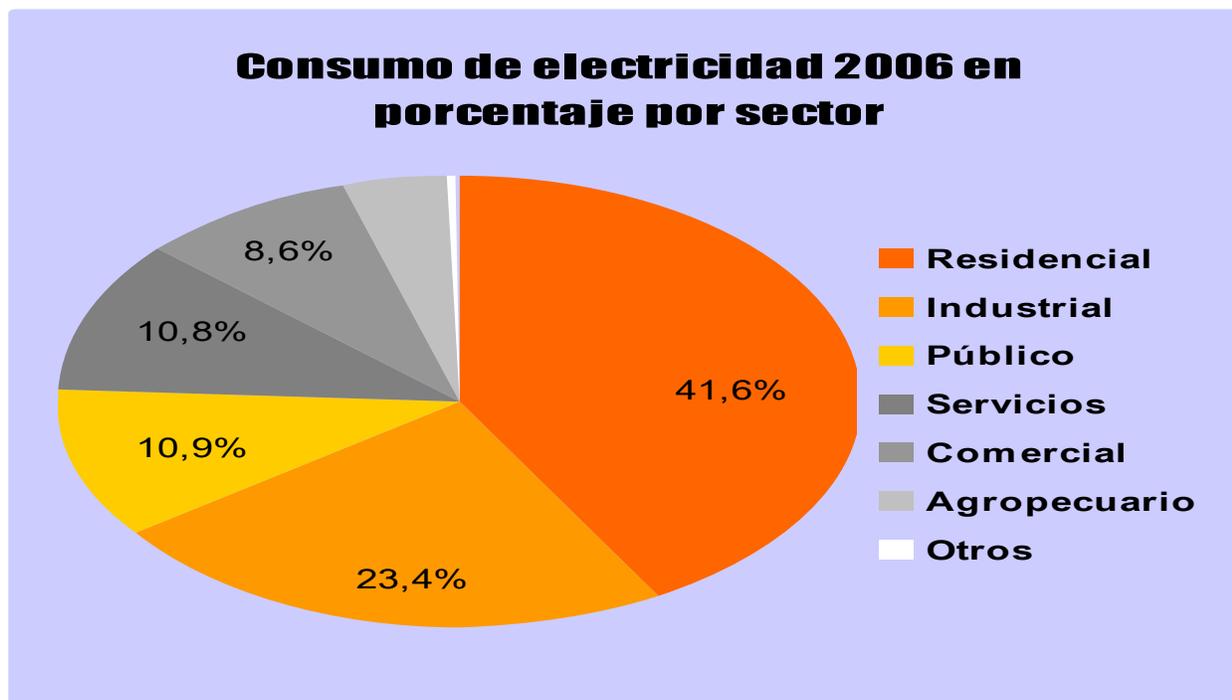
## Situación nacional del subsector electricidad

Costa Rica tiene una superficie de 51.100 km<sup>2</sup> y una población cercana a los 4,4 millones de habitantes, de los cuales más de un 50% vive en las zonas urbanas. El producto interno bruto (*pib*) per cápita anual es de aproximadamente 5.500 dólares, lo cual ubica al país en un nivel de desarrollo económico medio; no obstante, casi un 20% de la población se encuentra debajo de la línea de pobreza.

En lo que respecta a la oferta y la demanda de energía, el informe *Energía en cifras*, realizado por la Organización Latinoamericana de Energía (Olade), determinó que el consumo durante el año 2006 ascendió a 24 millones de barriles equivalentes de petróleo (*bep*), lo cual significa un promedio de 5,5 *bep* por persona, cifra que (véase tabla 1) es superior al resto de las naciones del istmo, con excepción de Panamá. Otro aspecto significativo del mismo estudio es que, a pesar de haber mejorado durante los últimos años la intensidad energética por unidad de producto, todavía es alta, ya que para producir mil dólares del *pib* se requiere de más de un barril de petróleo (Olade 2007).

Tomando en cuenta solo la energía comercial, durante el mismo período se utilizaron 121.799 terajulios, lo cual representa un incremento del 4,1% con respecto al 2005. La fuente más importante de la energía son los hidrocarburos con un 67%, mientras que un 9% corresponde a la biomasa y un 23% a la electricidad (Molina, 2008). Lo anterior refleja no solo una matriz energética poco diversificada sino también una clara dependencia de los combustibles fósiles, lo cual pone en riesgo el abastecimiento de energía, la competitividad y el desarrollo sostenible de la nación.

Gráfico 1.



Fuente: Elaboración propia con datos del Balance Nacional de Energía de la Dirección Sectorial de Energía (Molina 2008).

Si se considera que solamente el 6,7% de la electricidad se generó con combustibles fósiles, es obvio que el talón de Aquiles lo constituye el sector transporte. Esta relación se ha venido estrechando. En el año 2000 la rela-

ción fue 3,7 a 1 de consumo de hidrocarburos versus renovables, cuando se considera energía y no solo electricidad.

El subsector eléctrico, a diferencia del de los combustibles, genera el 93% de la generación con fuentes propias y renovables, principalmente la turbinación de agua (76%), lo cual le brinda al país cierta autonomía energética en este campo (Fernández y Araujo 2007). En lo que se refiere al consumo por sectores, el residencial es el que más electricidad requiere, con un 41,6%, utilizada principalmente en cocción de alimentos e iluminación. Le siguen el sector industrial, con 23,4%, el público, con 10,9%, y el de servicios con 10,8% (ver gráfico 1).

El sistema de generación actual está concentrado en cinco grandes empresas de servicio público y 31 generadores privados (Ice 2007); sin embargo, en el año 2007 más del 75% de los 8.990 GWh fueron producidos por la compañía estatal Instituto Costarricense de Electricidad (Ice), la cual, junto a su subsidiaria la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL), comercializó cerca del 80% de la electricidad (Ice 2008).

En lo que respecta a la potencia instalada, existe un parque de aproximadamente 2.180 MW, del cual casi un 70% corresponde a plantas hidroeléctricas. En orden de importancia le siguen las centrales termoeléctricas, con una participación del 20%, cuyos generadores funcionan principalmente con base en bunker y diesel, y el 11% restante se divide en geotérmica (7,6%), eólica (3,2%) y algunos pequeños proyectos de cogeneración que utilizan biomasa (0,2%) (Ice 2007).

A pesar de presentar mejores condiciones que el resto de los países centroamericanos, donde más del 50% de las plantas son termoeléctricas, resulta paradójico que una quinta parte de las centrales costarricenses funcionen con base en hidrocarburos, esto porque diferentes estudios demuestran que el país posee el potencial energético suficiente en fuentes alternativas no solo para abastecer el mercado interno sino también para convertirse en una nación exportadora de electricidad “verde”, paliando con esta entrada de divisas parte de la factura petrolera. Por ejemplo, según el Centro Nacional de Planificación Eléctrica, Costa Rica posee un potencial en fuentes renovables de más de 8.000 MW, de los cuales (véase tabla 2) solo se han explotado alrededor de 1.700 MW. Por lo tanto, aun si se descarta el potencial que se encuentra en parques nacionales, en los que la ley prohíbe el aprovechamiento del recurso, queda todavía un remanente 4.600 MW, lo que representa más del doble de la totalidad de la capacidad instalada actualmente (Fernández y Araujo 2007) y lo que serviría para cubrir la demanda proyectada por el Ice en un horizonte superior a los 15 años (cifras aproximadas que dependerán en gran medida del ritmo de crecimiento de la economía. Existen proyectos para permitir al Ice extraer energía geotérmica en parques nacionales de Guanacaste a cambio de una regalía para el sistema de parques nacionales.)

Sin embargo (véase gráfico 2), el porcentaje de electricidad producido con centrales térmicas ha venido en aumento desde el año 2000 y, según las proyecciones del Ice, en 2025 podría alcanzar el 27% de la producción, lo que unido al retraso en importantes proyectos renovables podría comprometer el abastecimiento de electricidad en el futuro. (En 2008, el porcentaje de electricidad producido con termoeléctricas disminuye, principalmente por la crisis económica mundial y un incremento de las precipitaciones, que permite la recuperación de los niveles de agua en los embalses.)

Se debe de tomar en cuenta que, aun cuando las plantas térmicas pueden llegar a ser instalaciones de baja inversión inicial, fácil ubicación y rápida construcción, lo cual las vuelve en un principio muy atractivas, tienen costos de generación cuyo valor puede llegar a ser hasta 10 veces superior al de la hidroelectricidad, afectando de esta forma la competitividad, al existir un mayor diferencial en las tarifas eléctricas respecto de otros países del continente, lo que finalmente terminaría dándoles ventaja (García, Rojas y Velásquez 2005).

**Tabla 2. Potenciales remanentes de energías renovables para la producción de electricidad (MW).**

Fuente	Potencial bruto estimado (MW)	Potencial disponible estimado (MW)	Potencial utilizado (MW)	Potencial en ejecución	Potencial remanente estimado (MW)	Comentario al potencial remanente estimado
Hidroeléctrica	6.633	5.851	1.469	128	4.254	Sin incluir potencial en P. Nacionales
Geotérmica	865	301	164	35	102	Sólo zonas fuera de P. Nacionales
Eólica	274	274	66	50	158	Sin incluir potencial en P. Nacionales
Biomasa	300	104	20	0	84	Bagazo y palma africana
<b>Total</b>	<b>8.072</b>	<b>6.530</b>	<b>1.719</b>	<b>213</b>	<b>4.598</b>	Sin incluir potencial en P. Nacionales

Fuente: Centro de Información Comercialización Mayorista UEN CENCE y estrategia de inversiones UEN- CENPE. Instituto Costarricense de Electricidad (tomado de Fernández y Araujo 2007).

¿Por qué, a pesar del gran potencial en energías propias renovables y de haber establecido la meta de ser una nación carbono-neutral en 2021, el país recurrió a la generación con productos importados y altamente contaminantes? Las razones pueden ser múltiples, abarcando desde factores políticos e institucionales hasta tecnológicos y económicos, los cuales muchas veces traspasan los ámbitos de decisión nacional. No obstante, se debe tomar en cuenta que la construcción de centrales eléctricas renovables en toda Latinoamérica no ha sido una tarea fácil en las últimas décadas para los empresarios, sean estos estatales o privados.

El documento *Estrategia para el fomento de las fuentes renovables de energía*, de Cepal, pone de manifiesto la existencia de gran cantidad de factores que obstaculizan este tipo de inversiones (Cepal 2004). Algunos de ellos, por ejemplo, se refieren a los mayores costos en la inversión inicial, plazos de ejecución y financiamiento con respecto a las plantas térmicas. Otros son propios de la localización de las fuentes, la cual en muchas ocasiones, por estar en lugares alejados, generan costos adicionales en personal, caminos y redes de transmisión. En lo que res-

**Tabla 3. Modelos de E V ofrecidos por el mercado.**

Modelo	Ultimate Aero EV	Tesla Roadster <sup>a</sup>	i-MiEV <sup>b</sup>	Reva <sup>c</sup>
Compañía	Shelby Supercars	Tesla Motors	Mitsubishi Motors	Reva Electric Car Company
Fabricación	EE.UU.	EE.UU.	Japón	Bangalore, India
Características	Vehículo deportivo de 2 puertas	Vehículo deportivo de 2 puertas	Vehículo de 4 puertas hatchback para hasta 4 personas, tracción trasera	Vehículo de 2 puertas hatchback para hasta 4 personas, tracción trasera
Precio de venta	N.D.	\$ 101.500	\$ 17.000- 19.000 <sup>b</sup>	\$ 12.500- 14.250 <sup>c</sup>
Velocidad máxima	330 km/ h	200 k/ h	130 km/ h	65 a 80 km/ h
Autonomía	240- 320 km	350 km	130- 160 km/h	65 a 80 km
Potencia máxima	373 kW	185 kW	47 kW	13 kW
Batería	Lithium- ion	Lithium- ion con una duración de 160.000 Km	Lithium- ion 330 V	8 baterías de 6V de plomo ácido con una duración de 3.000 ciclos
Tiempo de carga	10 minutos	3.5 horas	7 a 14 horas <sup>d</sup>	80%: 2.5 horas 100%: 8 horas
Electricidad X carga	N.D.	N.D.	16- 20 kWh	9 kWh
Eficiencia				0,11- 0,14 kWh/ km
Costo del kilómetro <sup>b</sup>				0,2- 0,24 dólares
Consumo diario				7,4- 9,1 kWh
Costo diario				1,3- 1,6 dólares

Fuente: Ultimate Aero EV en [www.shelbysupercars.com](http://www.shelbysupercars.com), Roadster en [www.teslamotors.com](http://www.teslamotors.com), i-MiEV en [www.mitsubishi-motors.com](http://www.mitsubishi-motors.com) y Reva en [www.revacr.com](http://www.revacr.com).

a/ Además del Roadster, Tesla Motor tiene el modelo Model S, cuyo precio es de 49.900 dólares.

b/ Todavía no se comercializa. Precio aproximado.

c/ Único comercializado en Costa Rica. Se deben de sumar los gastos de inscripción.

d/ Utilizando un cargador rápido puede durar 30 minutos.

pecta al clima, la falta de datos meteorológicos durante largos períodos de tiempo dificulta el cálculo del potencial, así como la estacionalidad puede afectar significativamente la producción. También existe oposición de grupos ambientalistas a hidroeléctricas grandes.

Todo lo anterior obstaculiza la consecución de capital, ya que estas variables son evaluadas como factores de riesgo por parte de las entidades bancarias. Unido a ello existen pocos incentivos a la generación mediante fuentes alternativas, y el sistema financiero no valora los beneficios ambientales, sociales y de salud de los proyectos (adicionalidad) (González 2005).

En el caso particular de Costa Rica, los factores relacionados con infraestructura y *know how* no han presentado grandes escollos; las limitaciones más bien han estado relacionadas con aspectos legales y políticos, los cuales no solo han limitado la participación privada sino también una inversión pública más expedita. A esto se suma, en forma creciente, comunidades y ambientalistas que se han opuesto a hospedar nuevos proyectos hidroeléctricos.

Por ejemplo, la generación de electricidad se mantuvo cerrada al sector privado hasta 1990, año en que la *Ley de generación autónoma o paralela* (n° 7.200) abrió parcialmente el monopolio estatal, permitiendo vender al Ice los excedentes de electricidad generados mediante plantas con base en energías no convencionales y con una capaci-



Alfredo Huerta

dad instalada de hasta 20 MW, siempre y cuando la totalidad de éstas no superara el 15% de la capacidad del sistema eléctrico nacional. Posteriores reformas a la ley, introducidas en 1995, crearon la “compra de energía bajo régimen de competencia” autorizando al Ice a comprar, bajo licitación pública, un 15% adicional en bloques de no más de 50 MW. Los períodos de compra-venta están limitados a un máximo de 20 años, tiempo después del cual las empresas privadas deberán pasar al Instituto la totalidad de los activos de la planta eléctrica en operación. De este tipo de proyectos, que se conocen como *bot*, del inglés *Build Operate & Transfer*, actualmente operan en el país tres centrales con una capacidad instalada de 122,6 MW.

Aun cuando estas dos leyes han permitido la instalación de más de 180 MW (9%) de centrales eléctricas que funcionan con base en fuentes limpias, todavía existen grandes limitaciones al capital privado; ejemplo de ello es la información publicada en abril de 2007 por el periódico *La Nación* (Agüero 2007), en la que se cuestiona el desaprovechamiento de 135 MW que pudieron haber sido aportados por los cogeneradores privados a un costo de entre 6 y 12 centavos de dólar, en contraposición a los 45 centavos de dólar que cuesta producir el kilovatio-hora en una planta térmica (cálculo realizado tomando en cuenta los precios del barril de petróleo en febrero de 2009).

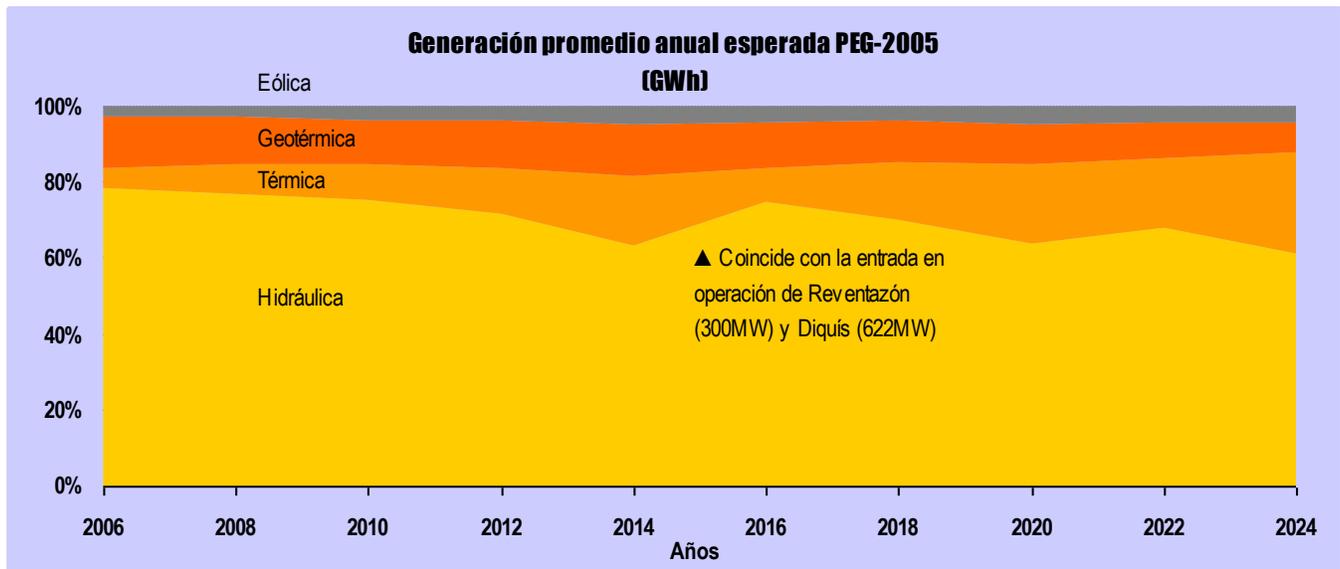
No obstante, las instituciones de energía del sector público, entre ellas el Ice, también alegan haber sufrido una disminución de sus facultades a raíz de la creación de legislaciones restrictivas que han impuesto “numerosas

instancias de regulación dispersa, confusa, contradictoria y detallista” (De la Torre 2007), provocando un descenso considerable en las inversiones en infraestructura y el consecuente incumplimiento de los planes de generación eléctrica. Ejemplo de ello es Garabito, planta térmica de 200 MW que debió haber entrado en operación en 2006 pero que, por distintas razones, su inicio fue pospuesto en dos ocasiones. Finalmente, la construcción comenzó en 2008 y se espera que empiece a generar a principios de 2011. Este retraso costó al país varios apagones entre abril y mayo de 2007 e implicó la renta de emergencia de las plantas térmicas Barranca y San Antonio para que suplieran el déficit, con altos costos.

A pesar de los inconvenientes mencionados, los altos precios del petróleo, que en junio de 2008 llegaron a cerca de 140 dólares por barril, así como el eventual agotamiento de las reservas mundiales del recurso, hace que el uso de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica sea una alternativa poco viable en el largo plazo. Esta situación debería alertar al país sobre la necesidad de crear un marco legal de referencia que autorice la aplicación de un modelo de participación mixta y que brinde seguridad jurídica a los inversionistas, con el fin de ofrecer servicios de calidad a precios razonables. Se debe de tomar en cuenta que las inversiones necesarias para asegurar el ritmo de crecimiento de la economía costarricense, así como la universalización del servicio, son de entre 500 y 900 millones de dólares anuales (cálculo realizado antes de la crisis energética mundial), suma que sobrepasa las posibilidades de inversión y endeudamiento del Estado (De la Torre 2007, Castro 2008).

Actualmente se encuentran en la Asamblea Legislativa dos proyectos de ley bajo las cuales se le estarían dando las herramientas al Estado y al sector empresarial para unir esfuerzos y desarrollar el mercado eléctrico a la velocidad que el país lo requiere. Por un lado, la *Ley de fortalecimiento y modernización de las entidades públicas y empresas del subsector electricidad* pretende que las empresas estatales del subsector electricidad tengan mayor capacidad de endeudamiento y más autonomía operacional y empresarial en financiamiento, contratación de bienes y servicios y contratación y remuneración de personal, así como facultades legales para establecer alianzas estratégicas y la constitución de empresas de capital mixto (tomado del documento *Ley de Fortalecimiento y Modernización de las Entidades Públicas y Empresas del Subsector Electricidad de la Asamblea Legislativa*). Por el otro, la *Ley general de electricidad* abriría el mercado eléctrico al facilitar el rompimiento de topes o límites de producción máxima (15%) de energía para los generadores privados, empresas de servicio público y cooperativas (*La Nación* 2009), además de que está orientada a asegurar a los consumidores un suministro de electricidad en condiciones similares a las de los países desarrollados, garantizándoles en el futuro mejores precios, calidad, confiabilidad y continuidad en la prestación de los servicios, tiempos de entrega reducidos y confiables e implementación expedita de las innovaciones.

Gráfico 2.



Fuente: Elaboración propia basado en el Plan de expansión de la generación eléctrica período 2006- 2025, ICE.

Sin lugar a dudas, en la medida en que el país diversifique la oferta para la generación eléctrica, haciendo uso del potencial renovable existente, podrá disminuir parte de la dependencia y aminorar los impactos económicos de las facturas petroleras. Unido a ello se reducirán las emisiones de gases efecto invernadero y otros compuestos

contaminantes a la atmósfera que provocan fuertes impactos en la salud de los habitantes y los ecosistemas. Además, podría exportarse un pequeño excedente o utilizarse en el transporte eléctrico.

## Transporte eléctrico: mejor aprovechamiento de electricidad y menor dependencia del petróleo

El acápite anterior trató sobre cómo gran parte de los hidrocarburos que actualmente se utilizan en la generación de electricidad podría reemplazarse si se aprovechara el potencial en energías alternativas que posee el país. Sin embargo, a pesar de los beneficios que esto conllevaría, la mayor parte de los combustibles no se emplea en la producción eléctrica sino en otras actividades como el transporte (según el estudio *Estrategia Energética Sustentable Centroamericana 2020*, en 2006 el 66% de los derivados de petróleo se utilizaron en el sector transporte [Cepal-Sica 2007]), por lo que es necesario emprender acciones paralelas en este campo que contribuyan a disminuir la factura petrolera.

A raíz de que Costa Rica no posee depósitos o reservas probadas de combustibles fósiles, son pocas las estrategias que se han llevado a cabo desde la oferta, limitándose a planes piloto que han mezclado bajos porcentajes de biocombustibles con diesel o gasolina. Por lo tanto, la mayor parte del trabajo se ha enfocado en la demanda, principalmente con acciones que promuevan el ahorro.

Aun así, mediante una correcta gestión, parte de la generación que se realiza con fuentes renovables podría ser utilizada en el sector transporte, haciendo uso de automóviles con motores eléctricos, ya que en la actualidad, y después de superar varias barreras tecnológicas, estos vehículos han alcanzado un desempeño aceptable, con autonomías superiores a los 200 km por carga, velocidades de hasta 300 km/h y bajos costos operativos (el modelo Ultimate Aero EV de la compañía estadounidense Shelby Supercars puede alcanzar una velocidad de 332 km/h, recargando además en solo 10 minutos una batería que brinda una capacidad de desplazamiento de entre 240 y 320 km [www.shelbysupercars.com]). No obstante, como todas las nuevas tecnologías, presentan el inconveniente de una alta inversión inicial.

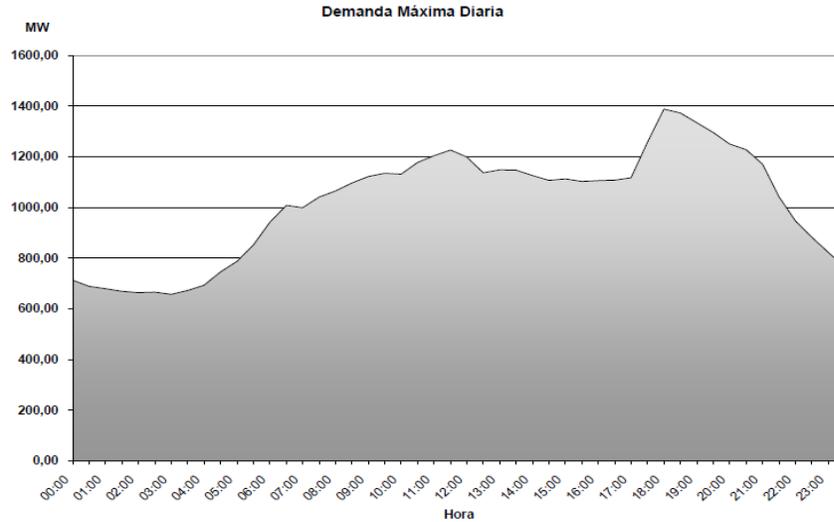
Hoy en día, estos vehículos conocidos como EV por las siglas del inglés *Electric Vehicle*, cuentan en el mercado con modelos como el i-MiEV de Mitsubishi, el Reva de la casa indú Reva Motors que ya se comercializa en Costa Rica, el francés Citroen C1-Evie, así como los autos deportivos Roadster y Model S de Tesla Motors o el Ultimate Aero EV de Shelby Supercars, que es hasta el momento el EV más potente en venta (ver tabla 3). Una de las mayores ventajas con la que cuentan estos vehículos es la eficiencia del motor eléctrico, ya que este aprovecha entre el 85 y 90% de la energía, el cual es un porcentaje muy superior que el de los motores de combustión interna que hoy en día no superan el 30%, a raíz de las pérdidas que se dan por calentamiento. Esto hace posible que aun cuando se utilicen combustibles fósiles para la generación de la electricidad, el consumo y por lo tanto las emisiones de CO<sub>2</sub> sean menores. Unido a ello también se considera un beneficio la disminución de la contaminación sónica ya que producen menos ruido.

### Plan piloto en Costa Rica

Costa Rica destina aproximadamente un 52% de la energía y un 98% de los hidrocarburos al sector transporte (Molina 2008). Sin embargo, a diferencia de las otras economías centroamericanas genera más del 90% de la electricidad utilizando fuentes renovables y 76% mediante el empleo de plantas hidroeléctricas (Molina 2008), lo cual le permite no solo reducir un gran porcentaje de las importaciones de combustibles fósiles sino también tener costos de producción mucho menores y predecibles.

Tenemos un parque vehicular de más de 1.200.000 vehículos, de los cuales aproximadamente 792.000, alrededor del 66% (Liao 2008), corresponden al uso privado o particular. Albergando la densidad de carros por habitante más alta de América Central (en 2005 la densidad fue de 4,3 vehículos por habitante [estado de la nacion.or.cr]), este país presenta las condiciones idóneas para realizar un plan piloto que permita sustituir un porcentaje de los automotores de gasolina por vehículos eléctricos, aprovechando la energía que generan las plantas que no pueden ser apagadas durante la noche y que en la actualidad se desperdicia por falta de demanda nocturna. Para calcular el número de carros que se podrían reemplazar, se realizó una estimación de los excedentes de oferta que se dan cuando la demanda es menor a 1.000 MW (se utilizó la cifra de 1.000 MW, ya que ésta es la electricidad que demanda Costa Rica a las 6 am, hora en que termina el horario nocturno, cuyas tarifas son más baratas). Estos valles ocurren entre las 10 pm y la 1 am y representan un remanente promedio de aproximadamente 264 MWh diarios (gráfico 3).

**Gráfico 3. Demanda energética en Costa Rica según las horas del día 2006.**



Fuente: López 2006.

Un EV con una eficiencia de 0,2 kWh/km, y que recorre diariamente 66 km (según [www.fueleconomy.gov](http://www.fueleconomy.gov) – página del Departamento de Energía de EU-, el promedio anual recorrido por un automóvil es 24.000 km), necesitará cada noche al menos 13,2 kWh (los carros que actualmente distribuye Reva en Costa Rica tienen una eficiencia de entre 0,11 y 0,14 kWh/km [[www.revacr.com](http://www.revacr.com)]), por lo que con la energía sobrante se podrían cargar poco más de 20.000 unidades, lo que representa cerca del 2,5% del total de carros particulares del país (ver tabla 4). Esto además significa dejar de importar 22,7 millones de litros de gasolina anualmente.

Para poder determinar la diferencia entre el costo del combustible en un carro de gasolina de muy alta eficiencia y un EV, se compararon diferentes tarifas residenciales de la CNFL con respecto al precio del litro de gasolina (el día 25-2-2009). El porcentaje de ahorro estuvo entre el 4 y el 70%, por lo que el plan piloto representaría una economía que estaría en un rango de entre 0,7 y 12,4 millones de dólares dependiendo de los precios del petróleo.

**Tabla 4. Costo del combustible según diferentes tarifas de electricidad y gasolina.**

Tipo de carro	Automóvil eléctrico (varía costo de combustible)				Automóvil gasolina
	A	B	C	D	
Desplazamiento <sup>a</sup>	24.000 km	24.000 km	24.000 km	24.000 km	24.000 km
Eficiencia	0,2 kWh/ km	0,2 kWh/ km	0,2 kWh/ km	0,2 kWh/ km	0,047 litros/ km <sup>b</sup>
Costo combustible	0,10 \$/ kWh	0,16 \$/ kWh	0,18 \$/ kWh	0,05 \$/ kWh	0,78 \$/ kWh <sup>c</sup>
Consumo <sup>a</sup>	4.800 kWh	4.800 kWh	4.800 kWh	4.800 kWh	1.128 litros
Costo por Km	\$ 0,02	\$ 0,031	\$ 0,035	\$ 0,011	\$ 0,037
Costo del combustible <sup>a</sup>	\$ 489,6	\$ 744,0	\$ 840,0	\$ 259,2	\$ 876,2
Ahorro respecto a carro gasolina <sup>a</sup>	\$ 386,6	\$ 132,2	\$ 36,2	\$ 617,0	
Ahorro respecto a carro gasolina <sup>a</sup>	44%	15%	4%	70%	
<b>Plan Piloto: 20.000</b>					
Ahorro	\$ 7,8 millones	\$ 2,6 millones	\$ 0,7 millones	\$ 12,4 millones	
Consumo 20.000 carros	86,8 GWh	86,8 GWh	86,8 GWh	86,8 GWh	22,7X10 <sup>6</sup> litros

Fuente: Elaboración de los autores basados en fuentes externas

A: Primeros 200 kWh a 10,2 centavos el kWh. B: Segundos 100 kWh a 15,5 centavos el kWh. C: kWh adicional a 17,5 centavos el kWh. D: Horario residencial nocturno a 5,4 kWh.

a/ Cifras anuales. b/ Equivalente a 21 km/ litro o 50 millas/ galón. c/ Precio litro de gasolina 25 de febrero 2009. d/ Tarifa eléctrica CNFL, según ARESEP, mayo 2009.

Tipo de cambio promedio: 560 colones por un dólar EE.UU.

Unido a lo anterior, un plan de esta naturaleza también evitaría la generación de cerca de 54.000 toneladas de CO<sub>2</sub> anuales, las cuales se podrían colocar en el mercado como certificados de reducción de emisiones a un precio que actualmente ronda los 18,1 dólares por tonelada (tomado de pointcarbon.com el 14-6-2009 a las 3 pm, siendo el tipo de cambio del Banco Nacional de Costa Rica para el mismo día y hora: US\$1 = € 1,39), lo que implica un ingreso adicional de un millón de dólares anuales. Dicho ahorro en combustibles tendría un impacto directo en la economía costarricense dando lugar a lo que se podría considerar un círculo virtuoso donde el dinero de los ahorros es utilizado para promover la generación de más energía limpia, que a su vez podría dar lugar a más ahorros en el consumo de combustibles, permitiendo una reducción paulatina que le posibilite al país disminuir la dependencia y la contaminación del ambiente, así como ganar competitividad.

## Referencias bibliográficas

- Agüero, M. "ICE desperdicia capacidad de cogeneradores" en *La Nación* 29-4-2007.
- Casilda, R. "Energía y desarrollo económico en América Latina", en *Boletín Económico de Información Comercial Española (ICE)*, N. 2750, 2002. España.
- Cepal. 2004. *Estrategia para el fomento de las fuentes renovables de energía en América Central*. Cepal. Santiago.
- De la Torre, T. "El futuro de la electricidad", en *Actualidad Económica*, octubre 2007. Costa Rica.
- García, Rojas y Velázquez. 2005. *Análisis de la integración de mercados eléctricos: El caso de Centroamérica y oportunidades para Colombia*.
- González, M. 2005. "Agua y energía: Perspectivas, barreras y retos". Charla del secretario ejecutivo de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo en San Pedro Sula.
- Ice (Instituto Costarricense de Electricidad). 2008. *Datos relevantes del sector electricidad 2007*. Instituto Costarricense de Electricidad. En: [http://www.grupoice.com/esp/ele/planinf/docum/datosgenerales\\_ele04.pdf](http://www.grupoice.com/esp/ele/planinf/docum/datosgenerales_ele04.pdf).
- Cumbre de Johannesburgo. 2002. *Información sobre energía*. Johannesburgo.
- La Nación*. 22-1-2009. "Desatar la inversión energética".
- Liao, A. 2008. *Monitoreo de la contaminación ambiental en Costa Rica. Ponencia en el Seminario Internacional sobre Monitoreo Atmosférico, México D.F.* En: [http://www.ine.gob.mx/dgcneca/2008\\_sem\\_int\\_mon\\_atm.html](http://www.ine.gob.mx/dgcneca/2008_sem_int_mon_atm.html).
- López. 2006. *Usos de la electricidad para la obtención de hidrógeno a través de la electrólisis de agua- IE- 0502*. Universidad de Costa Rica.
- Molina, A. 2008. *Balance energético nacional 2006*. Ministerio de Ambiente y Energía. San José.
- Olade. 2007. *Energía en cifras*. Sistema de Información Económica Energética, Organización Latinoamericana de Energía. Quito.
- Paez de Barros, R. et al. 2008. *Midiendo la desigualdad de oportunidades en América Latina y el Caribe*. Banco Mundial. Washington.
- Pérez, J. 2008. *Energía y desarrollo sostenible*. Universidad Pontificia de Comillas. En: [www.oei.es/decada/portadas/MedAmbPDF4.pdf](http://www.oei.es/decada/portadas/MedAmbPDF4.pdf).
- Uned (Universidad Estatal a Distancia, C.R.). 2008. *Energía y desarrollo sostenible*. En: <http://www.uned.es/biblioteca/energiarenovable3/sostenibilidad.htm>.



Gregory Basco