

# ¿HACIA DÓNDE IRÁN LOS SECTORES ELÉCTRICOS DE LOS PAÍSES DE LA REGIÓN ANDINA? TENDENCIAS POSIBLES\*

*Lina María Bastidas Orrego\*\*  
Santiago Fernando Montoya\*\*\*  
Juan David Velásquez Henao\*\*\*\**

---

\* Artículo de investigación científica y tecnológica. Es producto de la investigación realizada por el grupo de Mercados de Energía y del proyecto *Desarrollo de una metodología para el seguimiento de mercados eléctricos*, auspiciado por Colciencias, XM Expertos en Mercados y la Universidad Nacional de Colombia. El artículo se recibió el 30-03-2006 y se aprobó el 20-05-2008.

\*\* Magíster en Ingeniería de Sistemas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 2007; Ingeniera administradora, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 2004. Miembro del grupo de Mercados de Energía. Correo electrónico: lmbastid@unalmed.edu.co.

\*\*\* MSc y PhD en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 2002; Ingeniero Civil, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 1996. Miembro del Grupo de Mercados de Energía. Correo electrónico: smontoya@unalmed.edu.co.

\*\*\*\* Candidato a doctor en Ingeniería-Área Sistemas Energéticos; Magíster en Ingeniería de Sistemas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 1997. Profesor Asociado de la Escuela de Sistemas, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia. Director del Grupo de Inteligencia Computacional Aplicada, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. Correo electrónico: jdvelasq@unal.edu.co.

*¿Hacia dónde irán los sectores eléctricos de los países de la región Andina?  
Tendencias posibles*

RESUMEN

En el mundo, los procesos de liberalización y desregulación han creado una nueva clase de mercados de electricidad, donde cada uno tiene su propia identidad por las particularidades en la oferta, la demanda y la regulación. El siguiente paso en este proceso es la integración de los mercados regionales para obtener ganancias en la eficiencia energética, la complementariedad y la diversidad de las fuentes de energía. La región Andina no está aislada de este fenómeno, y ya existe un interés para comenzar ese proceso de integración; pero no se han analizado los aspectos relacionados con dicho proceso. Este artículo reflexiona en torno a las principales tendencias en la evolución de los mercados de los países de la región Andina; propone una aproximación basada en el uso de diagramas de influencias para los resultados obtenidos en una búsqueda en medios, y valida con expertos las tendencias identificadas. Las principales tendencias encontradas se relacionan con una fuerte posibilidad de intercambios internacionales de electricidad, la apropiación de tecnologías, el crecimiento de la demanda, los cambios en las reglas de mercado y una mayor protección del medio ambiente.

**Palabras clave:** tendencias futuras, sector eléctrico, Comunidad Andina de Naciones (CAN).

*Where are the Andean Region Countries' Electrical Power Sectors Headed?  
Possible Trends*

ABSTRACT

Around the world, liberalization and deregulation processes have created new kinds of electrical power markets where each one has its own identity due to supply, demand, and regulation idiosyncrasies. The next step in this process is the integration of regional markets to obtain increased energy efficiency, complementariness, and energy source diversity. The Andean region is not foreign to this phenomenon and there is already interest in commencing an integration process. However, the aspects related to such a process have not been analyzed. This article is a reflection on the main trends in the evolving Andean region countries' markets; it proposes an approach based on using influence diagrams for the results obtained from a search by means and validates the identified trends with experts. The main trends found suggest a strong possibility of international electrical power exchange, technology ownership, demand growth, changes in market regulations, and greater environmental protection.

**Key words:** Future trends, electrical power sector, Andean Community of Nations (CAN).

## Introducción

En el mundo, el desarrollo de los sectores eléctricos ha estado caracterizado por su dinamismo. Su estructura ha evolucionado desde los mercados monopólicos tradicionales hacia los mercados desregulados y liberalizados, caracterizados por la libre competencia entre los agentes (Stoft, 2002); así mismo, los distintos factores que determinan la oferta, la demanda y la regulación han venido evolucionando conforme se van presentando tanto avances tecnológicos como cambios políticos y sociales. Esta tendencia al cambio es uno de los principales riesgos que afrontan los agentes participantes en el mercado, de forma que su estudio es un insumo fundamental en la formulación de estrategias de largo plazo, y en el entendimiento de las perspectivas futuras de los mercados eléctricos.

Si bien todos los sectores eléctricos en el mundo poseen algunas características comunes, sus particularidades propias –relacionadas con las fuerzas que gobiernan la oferta y la demanda, así como el papel del regulador– introducen una fuerte diferenciación entre ellos, de tal manera que es imposible realizar estudios que arrojen conclusiones universalmente válidas, salvo bajo consideraciones muy globales.

En este sentido, cobra importancia la realización de investigaciones que permitan esclarecer las tendencias propias de cada mercado eléctrico, de forma que se valoren adecuadamente, y de una forma realista, los hitos que causarían cambios importantes en su estructura en el largo plazo, y que se cons-

tituyen en una de las principales fuentes de riesgo para los agentes del sector.

Bajo esta premisa, el proyecto de investigación *Desarrollo de sistemas de seguimiento a mercados eléctricos internacionales*, auspiciado por Colciencias e ISA, y desarrollado por el Observatorio Colombiano de Energía y el Grupo de Energía de la Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, tiene como uno de sus objetivos la búsqueda e identificación de las principales tendencias de evolución de los sectores eléctricos de los países que conforman la Comunidad Andina de Naciones (CAN).

El objetivo de este artículo es presentar la metodología empleada para la búsqueda e identificación de dichas tendencias, así como los hallazgos encontrados al llevar a cabo tanto talleres de expertos como la búsqueda de los resultados reportados en diferentes estudios prospectivos hechos para los países de la CAN.

Para alcanzar el objetivo propuesto, este artículo está organizado de la siguiente forma: la sección 1 está destinada a la presentación de una discusión general sobre la complejidad de los mercados eléctricos; en la sección 2 se analizan aspectos generales y las principales limitantes cuando se aplican metodologías prospectivas a los mercados eléctricos; entre tanto, en la sección 3 se presenta con detalle la metodología prospectiva utilizada; seguidamente, en la sección 4 se reseñan los principales resultados obtenidos, y, finalmente, se resumen las principales conclusiones.

## 1. Complejidad de los mercados eléctricos

Los mercados energéticos presentan características particulares que introducen rasgos diferenciadores muy fuertes con otros tipos de mercados de *commodities* (Pilipovic, 1998). Tal vez, la particularidad más importante está relacionada con su incapacidad de almacenamiento a costos competitivos. Esto hace que se genere electricidad para cubrir la demanda instantánea; en consecuencia, el parque generador debe tener suficiente capacidad instalada para cubrir la demanda máxima instantánea de potencia en las horas pico, mientras que dicha capacidad permanece ociosa durante el resto del día.

Tanto la oferta como la demanda de electricidad son afectadas por patrones cíclicos y efectos calendario, relacionados con el ciclo anual de las estaciones, los patrones horarios, diarios, semanales, mensuales y anuales. En el corto plazo, los precios de la electricidad se ven afectados por las condiciones particulares del sistema de generación, mientras en el largo plazo, por el crecimiento de la demanda y la capacidad del parque generador para cubrirla. Así, el análisis fundamental de cada mercado particular permite identificar, medir y entender dichos factores (Pilipovic, 1998) desde un punto de vista económico, de forma que al analizar su comportamiento individual y la interacción entre ellos, pueden establecerse tendencias globales relacionadas con su cambio futuro.

Pilipovic (1998) justifica la diferenciación entre los mercados energéticos y los mercados financieros, al considerar que los prime-

ros son relativamente nuevos y que muchos de ellos no han alcanzado un grado adecuado de madurez. Los factores que gobiernan la evolución de los precios son muchos y muy complejos, e impactan poco en los ciclos económicos:

- Los mercados energéticos están sujetos a un número frecuente de eventos atípicos que cambian su comportamiento de forma transitoria.
- La energía, en sí misma, no es almacenable, de manera que el almacenamiento y el despacho ejercen una fuerte presión en el comportamiento del mercado, tanto en el corto como en el largo plazo.
- Las estaciones climáticas presentan un impacto claro en la evolución del mercado mismo y en las relaciones entre la oferta y la demanda, lo cual es un hecho que nunca ocurre en los mercados financieros.
- Ello implica la existencia de una relación dinámica y compleja que gobierna la evolución del mercado mismo, por lo cual se requieren herramientas metodológicas capaces de dar cuenta de esta complejidad (Sterman, 2000).

Los aspectos enunciados son de carácter general, pero el estudio de cada mercado en particular requiere una aproximación específica, ya que la interacción de las fuerzas de mercado produce condiciones tan particulares que hace imposible la generalización de las conclusiones obtenidas. Ello implica que el analista, antes de hacer cualquier conjetura

sobre un mercado particular, deba tener un conocimiento muy profundo de sus condiciones y particularidades propias.

El mercado colombiano no es ajeno a esta individualización; por ejemplo, desde 1994 ha cambiado rápido y de forma importante su estructura (ISA, 2005). Recientemente se ha iniciado un proceso de internacionalización, con la exportación de electricidad a algunos países vecinos. Debido a estos cambios, es importante tener como objeto de análisis los países de la CAN: Colombia, Bolivia, Ecuador, Perú y Venezuela (actualmente ya no pertenece al bloque regional), que representan un mercado natural para Colombia por su cercanía y por los tratados y acuerdos ya existentes dentro de este grupo económico.

Los mercados eléctricos de los países de la CAN, a su vez, son mercados complejos e inmaduros; por lo tanto, están en constante evolución, tanto en propiedad como en estructura. Adicionalmente, la globalización es un fenómeno que apenas está empezando a afectarlos. Esto hace pensar que el futuro de dichos mercado es cada vez más incierto y depende de variables que no se pueden cuantificar fácilmente.

En este sentido, y después de analizar las complejidades propias de este tipo de mercados, surge la necesidad de desarrollar una aproximación que permita analizar las tendencias futuras del mercado eléctrico, con el fin de servir de apoyo en la toma de decisiones de los diferentes agentes del mercado en su planeación a mediano y largo plazo.

Una metodología de este tipo puede ser útil para los inversionistas interesados en poner sus fondos en un mercado eléctrico particular, para los negociadores de los procesos de integración eléctrica regional que quieren hacerse una idea sobre el rumbo de los mercados eléctricos vecinos y, finalmente, para los hacedores de política económica interesados en diagnosticar el desempeño del mercado eléctrico de su propio país.

## **2. Limitantes de las metodologías prospectivas cuando son aplicadas a mercados eléctricos**

Tenemos dos limitantes de las metodologías prospectivas: por una parte, la prospectiva es una metodología sistémica de aproximación al futuro, basada en una visión holística (Miklos y Tello, 1995); por la otra, la prospectiva es una disciplina y un conjunto de metodologías orientada a la previsión del futuro. Básicamente, se trata de imaginar escenarios futuros posibles (denominados *futuribles*) y, en ocasiones, de determinar su probabilidad, con el fin último de planificar las acciones necesarias para evitar o acelerar su ocurrencia.

Sin embargo, además de la prospectiva, existen otras metodologías utilizadas para aproximarse al futuro. Miklos y Tello (1995) definen las siguientes: pronóstico, previsión, preferencia, predicción y proyección. Lo que destaca a la prospectiva de las demás metodologías mencionadas es la utilización del conocimiento de expertos y actores del mercado —en este caso actores pueden ser agentes del mercado eléctrico— como una de sus

herramientas, por lo que es una metodología cualitativa y cuantitativa.

Los modelos basados en datos históricos y relaciones del pasado son incapaces de prever rupturas o hechos importantes que generan cambios estructurales, debido a que dependen de comportamientos de actores cada vez más aleatorios, y cada vez menos conformes con los esquemas racionales clásicos. Los modelos de predicción, al considerar sólo las variables cuantitativas, demuestran su incapacidad para prever los cambios provocados por la evolución de las variables cualitativas (Godet, 1993).

El mercado eléctrico tiene variables complejas y cualitativas, como los comportamientos sociales y las decisiones políticas, que lo afectan de manera importante. De esta manera, los modelos de predicción se quedarían cortos a la hora de modelar estos cambios en el mercado, debido a que no tienen en cuenta variables cualitativas y, por lo tanto, la prospectiva.

En consecuencia, la prospectiva cuenta con múltiples métodos para realizar aproximaciones o planeación del futuro, divididos en cualitativos y cuantitativos; sin embargo, debido a las características propias del mercado, los métodos cuantitativos son los más precisos, y entre estos se encuentran: análisis de fuerzas, análisis morfológico, Ariole y Delphi.

Los escenarios prospectivos se escogieron como una herramienta fundamental para el seguimiento a los mercados eléctricos, debido a las características propias del sector y a la alta incertidumbre inherente a este. Los

escenarios constituyen una herramienta que permite considerar las incertidumbres de largo plazo cuando se diseña una estrategia o se diseña un plan. Representan una serie de futuros posibles contra los cuales se pueden probar las estrategias de una organización (Godet y Roubelat, 1996).

La construcción de escenarios es una herramienta primordial en el planeamiento y la formulación de estrategias, ya que permite una visión más clara sobre los determinantes que influyen sobre la evolución del mercado (Larsen, 2000), aunque no hay un acuerdo en si los escenarios son o no son la descripción de una condición futura (Coates, 2000).

La utilidad de los escenarios está basada en las acciones que se tomen para enfrentar el futuro incierto que ellos describen; para ello, los escenarios deben ser relevantes, consistentes, probables y transparentes (Godet y Roubelat, 2000). Ello se logra a través de una aproximación sistemática y sistémica a su formulación, que fomente e incentive una recopilación clara de toda la información pertinente, combinada con un rigor intelectual que permita al analista formular las preguntas correctas (Godet, 2000). De esta forma, las metodologías propuestas para la construcción de escenarios buscan, de una u otra forma, alcanzar estos objetivos —una revisión reciente de diferentes metodologías para su construcción es la de Barbieri y Medina (2000), así como la de Branfield, Wright, Burt, Cairns y Heijden (2005).

Un paso fundamental en la construcción de escenarios es la identificación correcta y la priorización de las tendencias, de acuerdo

con las variables que describen su evolución, en términos de su impacto y posibilidad de ocurrencia (Lindaren y Bandhold, 2003). De esta forma, es necesario tener una visión muy clara de las interacciones entre los distintos factores que afectan la evolución de los mercados energéticos, tal como ya se indicó en la sección anterior.

Metodológicamente, las mismas técnicas empleadas para construir escenarios prospectivos pueden usarse como herramientas para identificar y verificar tendencias. Lindgren y Bandhold (2003) dividen estos métodos en siete grandes grupos: basados en los medios, basados en entrevistas, basados en líneas de tiempo, métodos generadores e intuitivos, métodos orientados y métodos enfocados en la consecuencia.

En los mercados eléctricos, la determinación de tendencias se basa fundamentalmente en modelos matemáticos de optimización, que representan de manera explícita las variables físicas del mercado, y en los que se usa como función objetivo, por lo general, la minimización del valor presente neto de los costos variables de operación del sistema. Véanse, por ejemplo, los casos de Uruguay (Secretaría de Energía, 2003), México (Secretaría de Energía [Sener], 2002) y Argentina (Secretaría de Energía, 2003). El uso de modelos matemáticos implica omitir la información cualitativa y el conocimiento subjetivo que sólo el experto posee, y que es muy difícil de cuantificar para que sea introducida dentro de un modelo numérico.

Para salvar este problema, la Universidad Nacional de Colombia desarrolló una me-

todología basada en talleres de expertos. En ella se asume la consecución de información a través de entrevistas con los principales actores del sector eléctrico. Sus principales falencias están asociadas a que no tiene en cuenta hechos pasados ni el trabajo realizado; adicionalmente, dicha metodología es costosa y difícil de aplicar, debido a que es bastante difícil reunir el grupo de expertos para trabajar en los talleres.

Así mismo, en la revisión bibliográfica se encontraron diferentes trabajos que reportan tendencias; pero en todos ellos se omitió la metodología utilizada. Por ende, es necesario desarrollar una metodología que permita determinar las tendencias buscadas, que se describe en la siguiente sección.

### **3. Metodología prospectiva utilizada**

Particularmente, este trabajo tiene como fin determinar las tendencias futuras de los sectores eléctricos de la CAN, utilizando un método híbrido. La metodología desarrollada consiste en una serie de tres etapas, cuyo objetivo último es obtener una visión global de las tendencias que afectarían los mercados eléctricos analizados. Dichas etapas se describen a continuación:

*Etapas* 1. Se realizó una búsqueda en medios, cuyas fuentes estuvieron constituidas por internet, revistas y libros especializados, así como trabajos de investigación. Los resultados obtenidos fueron un conjunto de posibles tendencias que podría determinar a largo plazo el comportamiento de los sectores eléctricos de la CAN.

*Etapa 2.* Con los resultados de la Etapa 1 se analizaron los factores fundamentales que afectan la evolución del mercado desde un punto de vista económico. Debido al gran número de factores y a la complejidad de sus interrelaciones, se optó por utilizar la metodología de los diagramas causales como un medio de sistematización, organización y validación del conocimiento existente sobre el funcionamiento del mercado. Como resultado de esta fase se pudieron valorar todas aquellas variables que determinan el estado del mercado en un momento determinado del tiempo; así se lograron establecer aquellos aspectos más relevantes en los sectores eléctricos.

*Etapa 3.* En esta etapa final se estableció la validez de la información recopilada y sobre las tendencias identificadas a través de la discusión crítica con un panel de expertos. Dicho panel se realizó en noviembre de 2005, y fue conformado por los expositores del II Seminario Internacional de Políticas Energéticas, en la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. También se realizaron otros paneles secundarios con diferentes expertos. En dichas reuniones se definieron las variables que mejor describen el comportamiento de los escenarios que se desarrollarán en el proyecto.

#### **4. Resultados obtenidos**

En la sección 2 se presentaron brevemente los aspectos generales que justifican el desarrollo de la metodología desarrollada en la sección 3, para determinar las variables sobre las cuales se investigan las tendencias de evolución de los mercados. En esta sección se reportan los resultados obtenidos al

aplicar la metodología desarrollada para los países de la CAN.

##### **4.1 Etapa 1: búsqueda en medios**

En el proceso de identificación y validación de las tendencias pueden utilizarse diferentes métodos. El primero fue la búsqueda en medios, que es la etapa más complicada, porque los países de la CAN analizan las perspectivas de sus sectores de manera técnica y dejan de lado las implicaciones políticas y sociales.

La investigación muestra que en América Latina, Colombia es el país que más ha usado herramientas prospectivas como una técnica para analizar su futuro; los demás países de la región Andina apenas están en proceso de usarlas. Igualmente se encontró que las tendencias son similares en algunos países, incluso en el resto del mundo. Esto se debe a que la globalización hace que sectores como el energético se vuelvan homogéneos y, probablemente, tomen caminos similares; sin embargo, las condiciones políticas, sociales y económicas de cada país determinan el grado de influjo de cada tendencia.

Los documentos más importantes de donde se rescataron las tendencias descritas son trabajos de escenarios del sector energético, principalmente de Colombia y de otros países de América Latina, y trabajos importantes en el mundo, como los escenarios de la Shell 1998-2020 (Shell, s. f.); los escenarios de la Unión Europea, que tienen un tiempo de análisis hasta el año 2050; los escenarios energéticos desarrollados por el International Institute for Applied Systems Analysis (IIA-



SA), en cooperación con el Consejo Mundial de Energía, que se caracterizan por analizar el desarrollo hasta el año 2050, y el escenario desarrollado por el Consejo Mundial de Negocios para el Desarrollo Sostenible (WBCSD, por su sigla en inglés), llamado *Energía 2050: un negocio riesgoso*.

En Colombia se encontraron tres trabajos de escenarios prospectivos, desarrollados como investigaciones de apoyo a la planeación en el sector energético del país. Por su metodología, resultados e impacto, el trabajo más importante fue *Futuros para una energía sostenible en Colombia*, realizado por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME, 2000), en el cual se desarrollan cuatro escenarios cuyo horizonte máximo es el año 2020.

García et al. (2005) presenta cuatro escenarios para analizar las oportunidades planteadas para el sector energético por el Tratado de Libre Comercio (TLC) con Estados Unidos. El último trabajo encontrado en Colombia es un ejercicio de prospectiva tecnológica, cuyo fin era identificar los desarrollos tecnológicos que en los próximos años demandarán las empresas de dicho sector, en su necesidad de insertarse adecuadamente en las nuevas dinámicas de los mercados globalizados (Aristizábal, Gómez, Henao y Zapata, 2004).

En América Latina se encontraron trabajos de tendencias futuras de los sectores energéticos como apoyo a su planeación estratégica en países como Uruguay (Secretaría de Energía, 2003), México (Sener, 2002) y Argentina (Secretaría de Energía, 2003). En las regiones, la Organización Latinoameri-

cana de Energía (Olade, 1993), en su trabajo *Prospectiva energética y desarrollo económico en el siglo XXI: la perspectiva latinoamericana en el contexto mundial*, desarrolla un capítulo sobre las perspectivas energéticas del Grupo Andino entre el 2000 y 2010. A continuación se describen las principales tendencias encontradas.

#### 4.1.1 Globalización

La apertura económica y la globalización seguirán siendo elementos que definirán de manera importante el comercio internacional, la inversión y la competitividad de la economía en su conjunto (UPME, 2000).

Así, aunque algunos países tengan poca favorabilidad a la globalización, esta tendencia implica un incremento de los intercambios internacionales de energía eléctrica y gas, mayor competencia entre energéticos, entrada de nuevos actores y nuevos capitales al sector energético, aumento en la competitividad internacional y desarrollos de esquemas de mercados internacionales.

En los trabajos encontrados sobre el resto del mundo, como el de la Shell (s. f.), la tendencia a la globalización es sostenible e incluso aumenta. En oposición, la Unión Europea contempla la posibilidad de que la globalización fracase.

#### 4.1.2 Integración energética

Desde una perspectiva global, la integración de regiones en el ámbito internacional surge como una alternativa que implica decisiones de infraestructura, de regulación y comer-

ciales (Pineau, Hira y Froschauer, 2004). En este mismo sentido, ISA (2003) indica que la integración internacional de sectores eléctricos ha estado restringida a las oportunidades de interconexión en casos puntuales, donde la amenaza inminente de racionamiento en un sector coincide con la presencia de excedentes energéticos en el país vecino, y donde se abastecen particularmente zonas fronterizas.

En los sectores eléctricos de los países analizados, los recursos de generación y transmisión, en cuanto a despacho en tiempo real, se asignan con base en un despacho económico centralizado. Ello implica que el desarrollo de cada sector está pensado de una forma regional, sin considerar la posibilidad de interconexión con los países vecinos.

Particularmente, Colombia, Ecuador y Perú han creado mercados competitivos en la generación con participación del sector privado, y poseen organismos regulatorios; aparte de ello difieren en la evolución propia de cada sector hacia la libre competencia.

Venezuela tiene aprobada ya su Ley de Electricidad, pero está en proceso de desarrollar los reglamentos que permitan materializarla. En este sentido, se puede considerar que Venezuela tiene la ventaja de poder acoplarse en un futuro al desarrollo de los restantes países, sin necesariamente tener que hacer cambios en la normativa ya existente, como está ocurriendo en los otros tres países.

En cuanto a la normatividad, Colombia y Ecuador tienen avanzadas su reglamentación. En este momento, ambos países

cuentan con normas para la exportación/importación de energía, en tanto Venezuela y Perú están desarrollando los modelos y los reglamentos. No obstante, la reglamentación asociada con las interconexiones y los intercambios de energía se ha desarrollado hasta ahora de manera independiente en cada país, atendiendo las necesidades de los mercados internos. Sin embargo, se está trabajando en la armonización (Banco Interamericano de Desarrollo, 2002).

Esta tendencia no sólo es propia en los países andinos, sino que ha sido una tendencia muy fuerte en los mercados eléctricos de la Unión Europea. Mork (2000) explica que la integración total es una situación difícil de lograr, debido a que los cambios en la legislación no se deben dar en cada país por individual, sino como un monopolio local. Sin embargo, ve la integración como una oportunidad de hacer más eficiente el mercado.

#### ***4.1.3 Conciencia y presión nacional e internacional sobre la calidad energética y ambiental***

Se espera un mayor control de las organizaciones internacionales y de las instituciones regulatorias sobre la calidad ambiental. Los consumidores y las organizaciones internas y externas serán cada vez más exigentes con los controles ambientales. Esta concientización implicará cambios en el modo de consumo, y esto afectará la demanda energética (UPME, 2000).

Habrán más conciencia ambiental, control social y autocontrol en el sector productivo en torno al ambiente (UPME, 2000). Esto favo-

recerá el desarrollo de las fuentes de energía alternativa y las no renovables, el desarrollo de proyectos energéticos limpios e, igualmente, tendrá efectos en las exportaciones de carbón y petróleo.

#### **4.1.4 Prevalencia de los mecanismos de mercado**

Se presentará un mayor desarrollo de esquemas de desregulación y privatización de los sectores, tanto por parte de la venta de activos como de la no inversión del Estado. Al pasar el sector energético a manos del sector privado, el Estado realizará el papel de regulador. Se pueden presentar mercados oligopólicos o monopólicos por la alta concentración del capital (UPME, 2000).

Se espera introducir mecanismos de mercado que aumenten la competencia y, por lo tanto, que haya un sector más eficiente y más productivo. Así mismo, tener una bolsa energética integrada, aumento de la participación privada internacional y consolidación del mercado de energía eléctrica (UPME, 2000; Olade, 2005).

La Shell (s. f.) tiene la expectativa de que se presente un aumento en la competencia de los mercados y de la desregulación, ya que este es el primer paso para construir un mercado eléctrico integrado.

#### **4.1.5 Cambio en los patrones de consumo**

Se refiere a nuevos paradigmas que se están generando por parte de la comunidad ambiental, que conducen a cambios en la forma

de consumir la energía, por ejemplo, exigencias del consumidor por energías verdes o ecoamigables (UPME, 2000).

#### **4.1.6 Reactivación petrolera, consolidación del gas y del carbón de exportación, y mayor desarrollo eléctrico**

Se espera un mayor uso del gas, lo que generará su creciente participación en la canasta energética. El gas natural se considera el combustible del futuro. Se estima que en Colombia hay reservas de gas para, al menos, 18 años. Es necesario desarrollar estructuras para el transporte y consumo de este energético (Mejía, 2005). Se espera un mayor desarrollo eléctrico debido a la posibilidad de aumento de exportación a países vecinos. También cabe la posibilidad de que el sector eléctrico no desarrolle proyectos importantes de expansión, debido a que los generadores no tendrán retornos rápidos y cabe la posibilidad de quiebras (Mejía, 2005).

Según la Olade (2005), la demanda de electricidad continuará en aumento –aproximadamente una demanda per cápita del 68% en un escenario base puede alcanzar el 107% en un escenario alternativo–, de acuerdo con las políticas de mayor electrificación en los sectores residencial, industrial, comercio y servicios. La demanda creciente y en permanente evolución estará abastecida principalmente por las plantas hidroeléctricas y por energía generada a gas, ya que en este estudio –al igual que Mejía (2005)– se considera que el gas natural será la fuente de energía dominante.

La producción petrolera de la región crece a una tasa promedio anual de 2,8% entre 1990 y 2010, para atender la demanda interna y los objetivos de exportación. El gas natural, que en su mayoría es gas asociado al petróleo, progresa casi al mismo ritmo que este (2,7% anual). Se espera atender para el 2010 la mayor parte a la demanda intermedia de las centrales térmicas, seguido por el consumo industrial y los requerimientos de los centros de gas. El carbón mineral mantendrá en el 2010 los niveles de participación (6%) en la producción total de energía primaria que registró en el pasado.

En el mundo, la demanda de carbón tiende a disminuir por presiones ambientales, debido a los problemas de contaminación que genera (Olade, 1993 y 2005). Se pronostica una mayor actividad petrolera en el corto y mediano plazo en Colombia, pero todo depende de la evolución de los mercados petroleros internacionales y de las características geológicas del país (Mejía, 2005). Para la Shell (s. f.), el uso de la electricidad se expandirá más, debido a que cada vez será más distribuida.

#### **4.1.7 Evolución de la economía**

Esta tendencia es muy incierta, ya que el desempeño económico de los países de la CAN se encuentra en un nivel de bajo y no se sabe si mejorará o seguirá como está actualmente. El desempeño de la economía se puede representar con un crecimiento en el producto interno bruto (PIB) de la región (Olade, 1993 y 2005).

En una situación de desempeño pobre, el modelo económico podría hacer crisis y generar

una nueva intervención estatal. Igualmente, ello generaría una disminución de la inversión extranjera y nacional, y habría una tendencia más clara hacia las concentraciones de capital. Se espera una dualidad social o equidad social creciente entre ricos y pobres, así como un aumento de la población urbana que impacta el consumo energético.

#### **4.1.8 Cambios tecnológicos**

Se pueden presentar desarrollos tecnológicos importantes en los próximos años, los cuales podrían generar un impacto significativo en el sector energético. Hay dos formas en que estos cambios tecnológicos pueden hacerlo: directamente, sobre los esquemas de producción y conversión, o indirectamente, cambiando los estilos de vida y, por ende, el perfil del consumidor (UPME, 2000).

Los desarrollos tecnológicos pueden verse estimulados no sólo por consideraciones económicas, sino también por restricciones ambientales. La entrada de nuevos modos de producción y consumo podrían venir mediante la imposición de intereses internacionales (UPME, 2000). Entre los cambios tecnológicos que pueden afectar la demanda de energía son el desarrollo del comercio electrónico e innovación en modos de producción (celdas, gasificaciones, fusión, energía solar y otros) (UPME, 2000).

En una mirada internacional, se espera que la tecnología y la innovación tengan una fuerte influencia en el sector energético. Debido a que la tecnología implica información directa, se eliminarían las intermediaciones (Shell, s. f.).

#### **4.1.9 Capacidad de generación de divisas a través de los recursos energéticos**

Existe incertidumbre sobre la posibilidad de que el sector energético siga siendo en un futuro una fuente importante de divisas, bien sea por dificultades o falta de éxito en la exploración y explotación petrolera o por la poca previsibilidad en la adición de valor a estos recursos naturales, o por las posibles incidencias de cuotas de reducción de emisiones (UPME, 2000; Olade, 1993).

Hay una probabilidad importante de que la prevalencia de los energéticos actuales decrete y, en consecuencia, se reduzca la generación de divisas. En el mundo, el llamado es a disminuir la dependencia en las fuentes energéticas primarias, como el carbón y el petróleo. Esto genera como alternativas de generación de divisas la venta de energía eléctrica y gas a países vecinos. Sin embargo, existen posibilidades desde los *mecanismos de desarrollo limpio* (MDL).

#### **4.1.10 Demanda**

Según el estudio *Prospectiva energética de América Latina y el Caribe 2005*, realizado por la Olade (2005), se espera que la demanda total de energía en Latinoamérica y el Caribe se incremente en los siguientes 15 años de 22 a 37 cuatrillones de *british thermal unit* (BTU), en un escenario base con baja integración entre los países, mientras que en el escenario alternativo o de alta integración energética se incrementaría a 41 cuatrillones de BTU, lo que supone un incremento de 68% y 85%, respectivamente, en los próximos 15 años.

En el ámbito internacional, según la World Energy Outlook, la demanda eléctrica crecerá al 2,6% anual; sin embargo, este porcentaje varía de acuerdo con si son economías de transición, maduras o emergentes (Energy International Agency, 2005). Según la UPME (2007), los mayores crecimientos de consumo se prevén en economías emergentes, sobre todo en África y en Latinoamérica, los cuales tendrán tasas de crecimiento entre el 2,9% y el 3,3%.

#### **4.1.11 Aumento de la capacidad eléctrica**

Para el 2010, se necesitarán aproximadamente 66.000 MW en la región Andina, de los cuales el 60% será de origen hidráulico, y el complemento térmico operará en un 66% a base de gas natural; el 16%, con carbón mineral, y el resto, usando derivados de petróleo. Venezuela es el país que mayormente participará del total instalado (52%) en el año 2010 y aportará el 61% del total hidroeléctrico que se va a adicionar en la subregión (Olade, 1993).

#### **4.1.12 Tarifas**

Las tarifas se ven afectadas por la competencia y dependen del grado de desarrollo de la estructura del sistema. También dependen de la tecnología y de la expansión e integración de los sectores regionales. Las tarifas reflejarán progresivamente el verdadero costo del servicio; en este mismo sentido, se desmontarán los subsidios y se favorecerán únicamente las clases verdaderamente pobres de los países.

**4.1.13 Apropiación del significado del Protocolo de Kyoto**

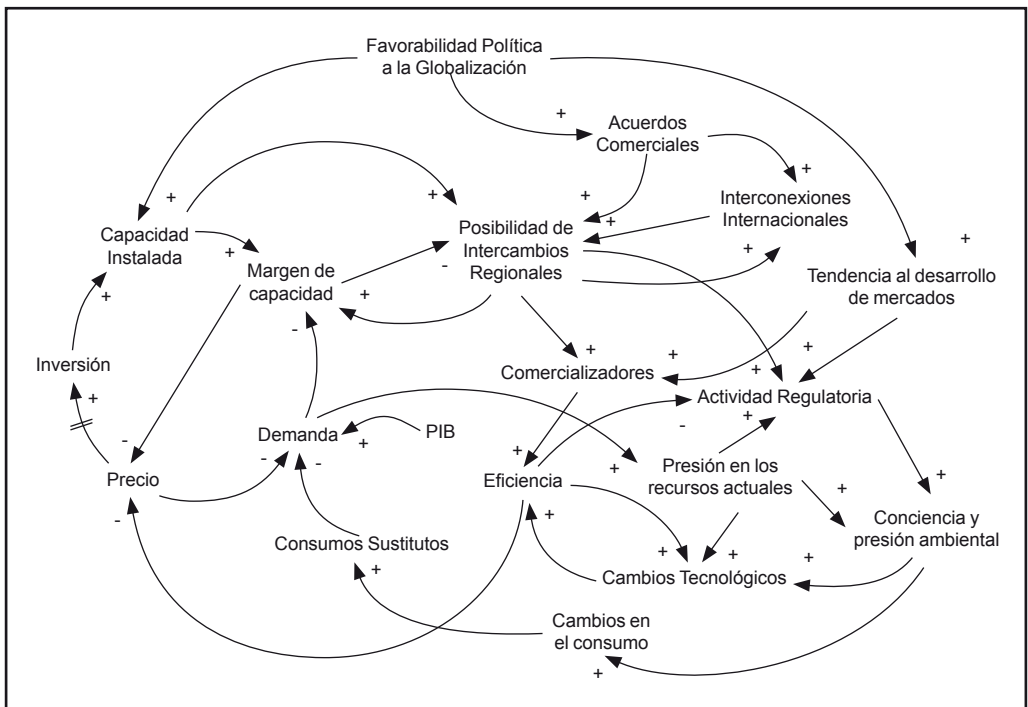
De darse una adecuada interpretación e implantación de las restricciones del Protocolo, podrían generarse desarrollos de energías renovables a través del crédito de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) o mecanismos de producción más limpios, mediante energías alternativas, carbón verde y otros (UMPE, 2000). Si no se da una adecuada apropiación del Protocolo, existe la posibilidad de limitar algunos mecanismos internos de producción de energía por parte de organismos internacionales.

**4.2 Etapa 2: análisis de los factores fundamentales**

Las principales variables que influenciarán los mercados eléctricos en la CAN son las relacionadas con las tendencias encontradas en el análisis bibliográfico. Para analizar su interrelación y la dinámica del mercado, se preparó un diagrama causal, que también permite analizar las variables que intervienen en cada tendencia. Los resultados obtenidos del análisis de los factores que influyen en el mercado eléctrico son presentados en el Gráfico 1. La influencia de una variable so-

Gráfico 1

**Diagrama causal que representa las relaciones entre los factores que gobiernan la evolución de los mercados eléctricos estudiados**



Fuente: elaboración propia.

bre otra es representada a través de una flecha que las une, y el signo que aparece sobre la cabeza de la flecha indica que la influencia es positiva o negativa (aumento o disminución) de acuerdo con el signo (+ ó -) de una variable sobre otra; también se expresa como relaciones positivas y negativas entre las variables.

Las variables se pueden clasificar en tres grupos que están relacionados dinámicamente entre sí, los cuales son el mercado, la globalización y un grupo que integra las variables de tecnología, medio ambiente y regulación. Las variables del mercado son internas, influenciadas por variables externas, que a su vez dependen de las tendencias encontradas. Las variables del mercado definen la situación en cada instante del tiempo.

Del diagrama causal se puede determinar qué factores son más influyentes, con una mirada sistémica, dentro del sector eléctrico de la CAN. Por ejemplo, la posibilidad de intercambios regionales es una variable asociada con la globalización, ya que se relaciona con la integración de mercados e implica cambios radicales en infraestructura en todos los ámbitos (generación y transmisión), en la firma de acuerdos comerciales e inclusive en eficiencia.

### 4.3 Etapa 3: validación de las tendencias

Esta etapa se desarrolla en el momento en que se ha identificado una serie de tendencias futuras. Mediante varios grupos de expertos se identifican cuáles tendencias son las más impactantes a largo plazo en los sectores

eléctricos de la CAN. Para lograr el objetivo se realizaron varios paneles; el principal fue en noviembre de 2005, en el marco del II Seminario Internacional de Políticas Energéticas<sup>1</sup>. En la Facultad de Minas hubo otras discusiones con los investigadores del Grupo de Estudios Energéticos.

Las discusiones se centraron en la importancia y la fuerza de cada una de las variables dentro del mercado eléctrico. Como resultado de las discusiones, se identificaron las tendencias futuras más probables y de mayor impacto que los sectores eléctricos de la CAN podrían experimentar en un lapso de unos 20 años. Las tendencias seleccionadas por los expertos se resumen en el Cuadro 1.

Cuadro 1

#### Tendencias escogidas por los expertos

- Intercambios regionales de electricidad
- Aumento de la demanda
- Legislación integrada
- Cambios de consumo por conciencia ambiental
- Desarrollo de energías renovables
- Tecnología
- Aumento de la demanda en consumidores no regulados
- Expansión del sector eléctrico
- Aumento en el precio del petróleo
- Estabilidad socioeconómica

Fuente: elaboración propia.

Al final de las discusiones entre los expertos, se concluyó que existe una tendencia creciente de la demanda con un nivel bajo de incertidumbre. De asumirse esta premisa, los

<sup>1</sup> Los expertos participantes en el panel principal fueron los siguientes: Isaac Dyner (Colombia), Santiago Montoya (Colombia), Sergio Botero (Colombia), Mario García (Observatorio Colombiano de Energía, Colombia), Ever Maya (ISA, Colombia), Marcelo Neira (OLADE, Ecuador) y Milton Balseca (Ecuador).

intercambios de electricidad cubrirían dicho aumento; por lo tanto, hay una propensión a generar leyes y acuerdos que faciliten dichos intercambios.

En los países con recursos restringidos para la generación, tal como Ecuador, se considera importante el asunto ambiental; sin embargo, para los demás países los impactos ambientales son marginales. Esto es aún más relevante, porque si se llegara a tener un alto crecimiento de la demanda que comprometa la atención segura y confiable del servicio de energía eléctrica, lo más importante en países en desarrollo es suplir la necesidad de energía con el fin de respaldar el desarrollo y ofrecer sostenibilidad económica y social. No obstante, se considera a más de 20 años que la tecnología puede influir en los cambios de consumo, debido a desarrollos de energías renovables que creen conciencia ambiental. Así es como la tecnología, las energías renovables y los cambios en el consumo son consecuencia del aumento de la demanda.

La expansión del sector eléctrico se da como consecuencia de la dinámica de intercambio de electricidad, sumada al aumento en la demanda de la región; por lo tanto, tampoco se considera una tendencia fuerte. El aumento en la demanda de consumidores no regulados, la estabilidad socioeconómica y el precio del petróleo no fueron consideradas tendencias importantes por el grupo de expertos.

Las 10 tendencias presentadas en el Cuadro 1 son inciertas en el futuro y, tal vez, sean difíciles de predecir; no obstante, pueden ser generadoras de escenarios probables y posibles. La tendencia más marcada dentro

de los paneles de expertos es el intercambio regional de electricidad (valida el análisis de las variables), ya que es señal de lo que ocurre con las demás tendencias. Se concluyó, por consenso, que las cinco principales tendencias jalonadoras son: intercambios regionales de electricidad, demanda alta, ambiente político y legislación, medio ambiente y tecnología.

### **Conclusiones y trabajo futuro**

El proceso metodológico para establecer las tendencias futuras en los mercados energéticos permite una mejor comprensión de los aspectos fundamentales que han gobernado y gobiernan hoy en día su comportamiento. Ello le permite al analista aumentar su solidez conceptual, en relación con la validez de las tendencias encontradas, y tener una visión más clara de su coherencia como un todo. La metodología desarrollada en este trabajo combina el conocimiento de los expertos sobre el mercado mismo con la información almacenada en diferentes medios, lo cual provee tanto un mecanismo inicial de análisis del conocimiento existente como un proceso de validación de las hipótesis establecidas durante las distintas fases del estudio.

Las tendencias encontradas reflejan el conocimiento que se ha ganado en este estudio sobre la evolución futura que podría presentarse en los países analizados, de tal forma que el proceso mismo de investigación ha sido extremadamente útil y ha clarificado nuestra comprensión sobre el mercado mismo.

Varios hallazgos encontrados indican que el estudio de tendencias futuras en los sectores



eléctricos de América Latina está apenas comenzando, por lo que se requiere incentivar el uso de estas aproximaciones para que se gane una mejor comprensión sobre el futuro que nos espera; particularmente, Colombia ha incorporado con mucha fuerza los métodos prospectivos como una práctica común en el análisis del futuro de su sector eléctrico. Sin embargo, otros países de la región Andina están comenzando a iniciar este tipo de estudios en diferentes áreas del sector energético.

Dadas las características propias de los mercados eléctricos de la región Andina, la interconexión internacional se presenta como una tendencia con muchas posibilidades de ocurrencia, dada la fuerte tendencia a la globalización económica. La globalización, por sí misma, incentiva la creación de acuerdos comerciales e integraciones regionales que dinamicen y generen eficiencia tanto productiva como de mercado. También permite la apropiación de tecnologías de producción, estructuras sectoriales, políticas de regulación, etc.

El panel de expertos realizado en la Etapa 3 concluyó que las cinco principales tendencias de los sectores eléctricos de los países de la CAN son las siguientes: intercambios regionales de electricidad (como principal tendencia), crecimiento de la demanda, apropiación tecnológica, cambios en la legislación y políticas (que podría tanto incentivar como desincentivar la globalización, en general, y los intercambios internacionales, en particular) y la protección del medio ambiente.

La definición de las tendencias de los sectores eléctricos de la región Andina servirá como insumo para construir un conjunto de

escenarios prospectivos que permitan visualizar el futuro desde un ángulo que cubra variables cualitativas, que son difíciles de pronosticar.

## Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a dos evaluadores anónimos, cuyos comentarios permitieron mejorar ampliamente la calidad de este artículo.

## Lista de referencias

- Aristizábal, C., Gómez, G., Heno, L. M. y Zapata, W. (2004). *Sistematización experiencia prospectiva tecnológica del sector eléctrico nacional*. Medellín: Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CIDET). Recuperado de: [http://www.cidet.com.co/pdf/Prospectiva\\_Sector\\_Electrico\\_Colombiano.pdf](http://www.cidet.com.co/pdf/Prospectiva_Sector_Electrico_Colombiano.pdf)
- Ayala, U. y Millán, J. (2003). *La sostenibilidad de las reformas del sector eléctrico en Colombia*. Bogotá: Fedesarrollo.
- Banco Interamericano de Desarrollo (2002). *La integración energética en el Pacto Andino*. Buenos Aires: autor. Recuperado en junio de 2008, de [http://www.iirsa.org/BancoMedios/Documentos%20PDF/end\\_la\\_integracion\\_energetica\\_en\\_el\\_pacto\\_andino.pdf](http://www.iirsa.org/BancoMedios/Documentos%20PDF/end_la_integracion_energetica_en_el_pacto_andino.pdf).
- Barbieri, E. and Medina, J. (2000). Scenarios as seen from a human and social perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 65 (1), 49-66
- Bradfield, R., Wright, G., Burt, G., Cairns, G. and Heijden, K. (2005). The origins and evolution

- of scenario techniques in long range business planning. *Futures*, 37,(8), 795-812.
- Breceda, M. (2000). *Propuesta de cambio estructural de la industria eléctrica en México*. México: Comisión para la Cooperación Ambiental de América de Norte. Recuperado en junio de 2008, de [http://www.cec.org/files/pdf/Breceda-s\\_FR.PDF](http://www.cec.org/files/pdf/Breceda-s_FR.PDF).
- Coates, J. (2000). Scenario planning. *Technological Forecasting and Social Change*, 65 (1), 115-123.
- Criqui, P., Avdulaj, S. and Finon, D. (1999). *The shared analysis project: Economic foundations for energy policy* (vol. 2). Grenoble: European Commission.
- De Sa, P. (1997). European Energy to 2020: A scenario approach. *Energy Policy*, 25 (12), 1029-1040.
- Department Energy U. S. (1996). *The importation of electricity into the EU*. Recuperado en marzo de 2004, de <http://www.fe.doe.gov/international/publications/96hemib.pdf>. [En la actualidad no está disponible]
- Energy International Agency (2005). Electricity. En: *Internacional energy outlook 2005*. Recuperado en junio de 2008, de <http://www.eia.doe.gov/oi-af/ieo/electricity.html>.
- Finon, D. and Lapillonne, B. (1983). Long term forecasting of energy demand in the developing countries. *European Journal of Operational Research*, 13 (1), 12-28.
- García, M., Dyner, I., Ávila, R., Vega, A., Murcia, M. F., Rincón, E. y Cárdenas, J. (2005). Escenarios del sector energético colombiano. *Boletín del Observatorio Colombiano de Energía*. 18, 3-14.
- Godet, M. (1993). *De la anticipación a la acción: manual de prospectiva y estrategia*. México: Alfaomega.
- (2000). The art of scenarios and strategic planning, tools and pitfalls. *Technological Forecasting and Social Change*, 65 (1), 3-22.
- and Roubelat, F. (1996). Creating the future: The use and misuse of scenarios. *Long Range Planning*, 29 (2), 164-171.
- (Eds.), (2000). Scenario planning: An open future. *Technological Forecasting and Social Change*, 65 (1), 1-2.
- ISA (2003). *Informe anual de operación*. Bogotá: autor.
- (2005). Sistema eléctrico colombiano. Medellín. Recuperado en marzo de 2004, d: [http://www.isa.com.co/pragma/documenta/ISA/secciones/ISA/HOME/IG/IDI/SEC/doc\\_868\\_HTML.html?idDocumento=868](http://www.isa.com.co/pragma/documenta/ISA/secciones/ISA/HOME/IG/IDI/SEC/doc_868_HTML.html?idDocumento=868). [En la actualidad no está disponible]
- Larsen, E. (2000). Understanding and using scenarios: The Why, when and how of scenarios. *Revista de Estudios Energéticos*, 24, 21-33.
- Lindgren, M. and Bandhold, H. (2003). *Scenario planning*. Gran Bretaña: Palgrave.

- Mejía, L. (2005). Conferencia presentada en el VII Seminario Internacional sobre Análisis y Mercados Energéticos, Bogotá, Colombia.
- Miklos, T. y Tello, M E. (1995). *Planeación prospectiva*. México: Limusa-Noriega.
- Mork, E. (2000). Emergence of financial markets for electricity: a European perspective. *Energy Policy*, 29 (1), 7-15.
- Nakicenovic, N., Grübler, A. and McDonald, A. (eds.), (1998). *Global energy perspective*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Organización Latinoamericana de Energía (Olade), (1993). *Prospectiva energética y desarrollo económico en el siglo XXI: la perspectiva latinoamericana en el contexto mundial*. Quito: autor.
- (2005). *Prospectiva energética de América Latina y el Caribe 2005*. Quito.
- Pilipovic, D. (1998). *Energy risk: valuing and managing energy derivatives*. New York: McGraw Hill.
- Pineau, P. O., Hira, A. and Froschauer, K. (2004). Measuring international electricity integration: A comparative study of the power systems under the Nordic Council, MERCOSUR, and NAFTA. *Energy Policy*, 32 (13), 1457-1475.
- Secretaría de Energía de Argentina (2003). *Prospectiva 2002*. Buenos Aires.
- Secretaría de Energía de México (Sener), (2002). *Prospectiva del sector eléctrico 2002-2011*. México.
- Shell (s. f.). *Global Scenarios 1998-2020*. Recuperado en junio de 2008, de [http://www-static.shell.com/static/aboutshell/downloads/our\\_strategy/shell\\_global\\_scenarios/shell\\_global\\_scenarios\\_1998\\_2020.pdf](http://www-static.shell.com/static/aboutshell/downloads/our_strategy/shell_global_scenarios/shell_global_scenarios_1998_2020.pdf)
- Sterman, J. (2000) *Business dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world*. New York: MacGraw Hill.
- Stoft, S. (2002). *Power system economics*. New York: Wiley-Interscience.
- Turmes, C. (2001). The importation of electricity into the EU. En: *Liberalizing the electricity market*. Recuperado en junio de 2008, de <http://www.eu-energy.com/fs-import-final.pdf>
- Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), (2000). *Futuros para una energía sostenible en Colombia*. Medellín.
- (2004). *Una visión del mercado eléctrico colombiano*. Bogotá: autor. Recuperado em junio de 2008, de [http://www.upme.gov.co/Docs/Vision\\_Mercado\\_Electrico\\_Colombiano.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Vision_Mercado_Electrico_Colombiano.pdf).
- (2007). *Plan energético nacional 2006-2025: contexto y estrategias*. Bogotá: Autor institucional. Recuperado de: [www.upme.gov.co/Docs/PLAN\\_ENERGETICO\\_NACIONAL\\_2007.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/PLAN_ENERGETICO_NACIONAL_2007.pdf)
- Universidad Nacional de Colombia (2002). *Metodología para el seguimiento al mercado eléctrico mayorista en Colombia*. Bogotá: autor.

