

ANÁLISIS DEL COMERCIO DE GAS ENTRE COLOMBIA Y VENEZUELA

ANALYSIS OF NATURAL GAS TRADE BETWEEN COLOMBIA AND VENEZUELA

SEBASTIÁN OSORIO RUIZ

Universidad Nacional de Colombia, sosorior@gmail.com

YRIS OLAYA MORALES

Universidad Nacional de Colombia, yolayam@unal.edu.co.

Recibido para revisar agosto 13 de 2010, Aceptado octubre 7 de 2010, versión final noviembre 16 de 2010

RESUMEN: En este trabajo se analizan las oportunidades de intercambio de gas natural de Colombia con otros mercados regionales. Para dicho análisis, se propone un modelo del mercado de gas natural en Colombia, el cual incluye la oferta, la demanda, y las restricciones de transporte, así como las importaciones y exportaciones. El modelo se basa en la representación del comportamiento de los productores y su efecto en el mercado. Ya en este mercado la oferta es un oligopolio y el modelo es un modelo de equilibrio espacial con competencia a la Cournot. Los flujos resultantes del modelo indican que el impacto inicial de las exportaciones a Venezuela sobre el mercado Colombiano es bajo, y que las importaciones desde Venezuela mejoran la seguridad del suministro de gas al mercado y aumentan la competencia entre los productores.

PALABRAS CLAVE: mercado de gas natural, Colombia, intercambio de gas, equilibrio espacial, oligopolio.

ABSTRACT: A spatial equilibrium model is proposed and built to analyze the possible gas trades between Colombia and other regional markets. The model includes domestic demand, supply and transportation network constraints, as well as imports and exports. The model captures the oligopolistic structure of gas supply in Colombia and balances demand and supply using a spatial oligopoly model based on a Cournot game. Modeled flows indicate that initial impacts of exports from Colombia to Venezuela are low and that future imports from Venezuela increase Colombia's gas supply security as well as competition among gas producers.

KEYWORDS: natural gas market, Colombia, gas trade, spatial market equilibrium, oligopoly.

1. INTRODUCCIÓN

Desde los 1990s Colombia realizó importantes inversiones en infraestructura de transporte e impulsó el consumo de gas natural en sectores distintos al de generación de energía. Este esfuerzo por aumentar la demanda se acompañó de incentivos a la exploración, los cuales, hasta el momento, han producido aumentos marginales en las reservas de gas natural. Como resultado, las reservas probadas de gas natural en Colombia están declinando y surgen dudas acerca de la seguridad del abastecimiento de gas natural en el corto, mediano y largo plazo.

En el corto plazo, los problemas de abastecimiento de gas natural se deben a restricciones, físicas y contractuales en la capacidad de producción y transporte. Estas restricciones se reflejan, por ejemplo, en la dificultad para realizar contratos de suministro a largo plazo en el sector térmico (CREG, 2009).

En el largo plazo, y a pesar de que un gran porcentaje de las cuencas sedimentarias de Colombia no se ha explorado, existe incertidumbre respecto a la inversión y los hallazgos de gas natural. Dada la alta incertidumbre de los resultados de la exploración, los intercambios regionales de gas natural son una alternativa para garantizar la seguridad de largo plazo del suministro de gas a Colombia. El gasoducto Ballenas-Maracaibo, cuya operación comenzó en 2009, es el primer paso hacia la integración de los mercados de gas de Colombia con los de otros países de la región Caribe y Andina. Como se verá más adelante, entre los proyectos de integración propuestos para la región andina se destacan la conexión entre Colombia y Ecuador y las conexiones entre Perú y Ecuador, las cuales permitirían el acceso de Colombia y Venezuela a los mercados andinos, mejorando la rentabilidad de los proyectos de infraestructura de la región y la seguridad del suministro.

Este estudio se concentra en el suministro de gas de mediano y largo plazo bajo distintos escenarios de conexión regional, de oferta y de demanda. El objetivo es identificar cuáles son los retos y las oportunidades de participación de Colombia en los mercados regionales. En particular, este estudio se enfoca en la interconexión con Venezuela pues la infraestructura ya existe y se está operando. Otros proyectos de infraestructura, como las terminales de importación de Gas Natural Licuado propuestas (Buenaventura y Cartagena) son objeto de estudios posteriores.

El primer paso para analizar el impacto de la conexión de Colombia a otros mercados de gas es la construcción de un modelo del mercado interno colombiano, desagregado por regiones de consumo, y el cual incluye la red de transporte y las exportaciones a Venezuela. Este modelo de equilibrio espacial encuentra los flujos de equilibrio entre los nodos de demanda y de producción y muestra el impacto de las exportaciones de Colombia a Venezuela en el corto y mediano plazo. Para el largo plazo, se construye un escenario en el que Colombia es un importador neto y se evalúan el efecto de las importaciones de gas por red desde Venezuela.

En la Sección 3 se revisan brevemente los modelos de equilibrio espacial en los cuales se basa esta investigación. Luego, en las Secciones 4 y 5 se presentan las suposiciones y componentes del modelo elaborado para el mercado colombiano. Las fuentes de datos utilizadas y los resultados para la situación actual con exportaciones de Colombia a Venezuela se discuten en esta misma Sección. El modelo y sus resultados se presentan y discuten en la Sección 6. Antes de presentar el modelo y de discutir los resultados, en la siguiente Sección (2) se discute el estado actual del suministro de gas en América Latina y en particular, en Colombia.

2. POSIBLES FUENTES DE SUMINISTRO DE GAS PARA COLOMBIA

La UPME estima que la tasa media anual de crecimiento de la demanda de gas natural en Colombia sería del 3.5% hasta 2018 (UPME, 2009). Para el sector residencial, el crecimiento proyectado de la demanda es del 3.9% anual mientras que para el sector industrial, el crecimiento proyectado de la demanda es del 1.3% durante el mismo periodo de análisis. De acuerdo con el estudio de abastecimiento de gas de la UPME, los sectores de refinación y transporte serían

los de mayor crecimiento, con tasas del 8,3% y 7.8%, respectivamente (UPME, 2009).

Aunque las reservas probables de gas en Colombia se estiman en unos 2000 GPC (Giga pies cúbicos) según la ANH (2009), la capacidad para incrementar la producción en el corto y mediano plazo es baja. En 2009 la capacidad de producción de los campos conectados al sistema de gasoductos estaba alrededor de 960 MPCD (Millones de pies cúbicos al día); se estima que, para 2018, la capacidad de producción disminuiría hasta 641 MPCD, aún contando con ampliaciones de hasta 340 MPCD en los campos de Chuchupa-Ballenas y Cusiana-Cupiagua (UPME, 2009).

En estas condiciones, existe incertidumbre en cuanto a la seguridad del abastecimiento de gas en el futuro. De acuerdo con la UPME, Colombia presentaría déficits en su balance oferta y demanda alrededor de 2011 (UPME, 2002; 2009).

La puesta en marcha del gasoducto Ballenas-Maracaibo y los planes para conectar a Colombia con América central a través de Panamá son una respuesta al problema de incertidumbre en el abastecimiento. Estos proyectos abren mercados para los superávits de producción en Venezuela y los posibles superávits en Colombia, y de esta manera, aumentan la seguridad energética de la región.

Las abundantes reservas de gas en Sur America y Trinidad y Tobago podrían satisfacer el crecimiento de la demanda de gas natural, no sólo en Colombia, sino también en toda América Latina. Las reservas probadas de América Latina son 7.655 109 m³ y a partir de la tasa de producción actual, éstas durarían 50.5 años (BP, 2008). Las transacciones de gas más frecuentes ocurren entre Argentina y Chile y Bolivia y Brasil (Tabla 1) y no utilizan toda la capacidad de los gasoductos transnacionales, aunque sí están limitadas por la capacidad de producción y de transporte de los países de origen / destino.

En cuanto a las transacciones marítimas, Trinidad y Tobago, que participa activamente en el mercado Atlántico de gas licuado, abastece algunos países de América Central y ha aumentado su participación en la región al exportar a Argentina, Brasil y Chile. Por otra parte, la producción de gas licuado de Camisea en el Perú se destina al mercado Mexicano

Tabla 1. Comercio de gas, marítimo y por tubería, en América Del sur y el Caribe en 2007 y 2008

2007 Intercambios por gasoducto, 10 ⁹ cu.m			
Hacia:	Desde:		
	Bolivia	Otros (A.L)	Trinidad y Tobago
Argentina	1,85		-
Brasil	9,88	0,12	-
Chile	-	2,38	-
Otros	-	0,19	-
2007 Intercambios marítimos, 10 ⁹ cu.m			
R e p . Dominicana	-	-	0,36
Puerto Rico	-	-	0,74
2008 Intercambios por gasoducto 10 ⁹ cu.m			
Hacia	Desde:		
	Bolivia	Otros (A.L)	Trinidad y Tobago
Argentina	0,89	-	-
Brasil	10,9	0,13	-
Chile	-	0,69	-
Otros	-	0,97	-
2008 Intercambios marítimos, 10 ⁹ cu.m			
Argentina	-	-	0,33
México	-	-	1,28
R e p . Dominicana	-	-	0,47
Puerto Rico	-	-	0,81

Fuente: Statistical review of World Energy (BP: 2008, 2009)

Como indica la Tabla 1, existen distintas fuentes potenciales de suministro de gas natural a Colombia y en el caso de que las reservas de gas en Colombia aumentaran, existen destinos potenciales, distintos del mercado doméstico. Las posibilidades de intercambio dependen entonces de la evolución de las reservas y de la demanda nacional. Aún más, en el corto y mediano plazo, dichos intercambios estarían limitados por la infraestructura de transporte existente y por la estructura actual del mercado de gas colombiano.

Respecto a la estructura del mercado, ésta presenta una alta concentración en producción. En la actualidad existen 11 productores de gas en Colombia y tres de estos suman más del 90% de la producción total. Aunque el precio del gas en boca de pozo es regulado para los campos de la Guajira y otros, desde 2000 se ha contemplado su liberación y en la actualidad se están

estudiando e implementando otros mecanismos de formación de precios, como los esquemas de subastas (Cramton, 2008; CREG 2009).

Este trabajo analiza los posibles intercambios de gas de Colombia con otros países, en particular con Venezuela, con el fin de identificar cuál es el impacto de dichos intercambios en el mercado nacional. Estos impactos se observan en distintas partes del mercado. Primero, las exportaciones e importaciones afectan la oferta y, en consecuencia, los precios internos del gas. Por otra parte, cuando ocurren estas transacciones, cambia la utilización de los gasoductos y esto se puede observar en cambios en la magnitud de los flujos. Finalmente, ya que la producción se concentra en dos campos y tres empresas, las importaciones y exportaciones pueden afectar la competencia entre los productores.

Los tres aspectos mencionados antes: el efecto de las importaciones y exportaciones en los precios, la utilización del gasoducto y la competencia se pueden analizar utilizando un modelo de mercado que incluya la red de transporte, tal como se describe en las secciones 3 y 4.

3. MODELOS DE EQUILIBRIO ESPACIAL

Las redes de transporte de gas conectan nodos de demanda con los nodos de producción distantes. Los costos de transporte del gas son considerables y determinan en gran parte los precios de equilibrio y la producción. Samuelson (1952) fue uno de los primeros autores en estudiar el problema de encontrar un vector de precios y un conjunto de flujos que equilibren las ofertas de S productores con las demandas de M mercados regionales. Éste formula el problema como la maximización del excedente social total, el cual es el área bajo las curvas de demanda en exceso de todos los mercados, menos los costos de producción y transporte.

Este problema tiene una solución óptima única cuando la pendiente de todas las curvas de oferta en exceso es positiva. En el equilibrio, un productor s vende a un mercado m si el precio en la región m es al menos igual al costo marginal del productor s más los costos de transporte de s a m .

El modelo de equilibrio espacial de Samuelson (1952) se ha modificado para estudiar las conductas de mercado en mercados de red en general (Harker, 1986) y entre las aplicaciones se destacan los estudios

de competencia en mercados de carbón (Kolstad, 1984) y gas natural (Beltramo et al., 1986; Dahl y Gjelsvik, 1989). En trabajos posteriores, se estudia el problema del equilibrio en mercados de red no competitivos. Este es el caso de las conductas de los productores en mercados de electricidad y gas natural (Hobbs, 1986, Gabriel, 2003). Otra aplicación de los modelos de mercados de red es el estudio del impacto de las restricciones de capacidad de transporte en la competencia, los precios de equilibrio y la expansión (Day et al., 2002; Cunningham et al., 2002; Gabriel et al., 2005, W. Lise, & B. Hobbs, 2009).

Para el caso colombiano, Olaya y Dyer (2005) consideran restricciones de capacidad de transporte de gas natural y encuentran los flujos de mínimo costo en un contexto de dinámica de crecimiento del mercado. En nuestro conocimiento, no existen otras instancias de modelamiento de mercado de gas colombiano.

Olaya y Dyer (2005) asumen que el mercado colombiano de gas es perfectamente competitivo, pero esa suposición se aleja de la estructura real del mercado. La producción de gas en Colombia es realizada por un oligopolio y el poder de mercado de los productores puede aumentar en presencia de restricciones de transporte. Ya que el ejercicio del poder de mercado en el mercado de gas natural repercute en el sector energético en general, es conveniente considerar la estructura del mercado en los análisis. Por esta razón, en las secciones siguientes, desarrollamos un modelo de oligopolio espacial para representar el comportamiento del mercado colombiano de gas.

4. MODELO MERCADO COLOMBIANO

Este modelo se basa en los modelos de competencia espacial propuestos por Harker (1986). La descripción detallada del modelo se encuentra en Osorio (2010).

Considere una red $G[N, W]$, compuesta por un conjunto de nodos N y arcos W . Cada nodo en N representa el centroide de una región y cada arco en W representa una pareja origen-destino (O-D) que une dos regiones.

En esta red, los nodos de demanda l importan cantidades x_{zl} de los productores z . Estas cantidades se distribuyen en los arcos de la red y es así como los flujos del productor z entre el par origen-destino nn' se representa como $tt_{znn'}$. El objetivo del modelo es encontrar las cantidades x y tt tales que se conserva el equilibrio en la red de transporte, al tiempo que se

balancee la oferta con la demanda. En este modelo, tanto la oferta como la demanda son sensibles al precio.

Conjuntos (índices):

N regiones (n, n')

L en N regiones de consumo (l, l')

Z en N : regiones productoras (z, z')

Variables no negativas:

d_l Demanda de la región l

p_l Precio por unidad de gas en la región l

y_z Producción de la región z

x_{zl} Cantidad que se consume en el nodo l perteneciente a la producción de z

c_{zn} Costo marginal de una unidad en el nodo n producida por z

$t_{nn'}$ Flujo entre la pareja O-D (nn')

$tt_{znn'}$ Flujo entre la pareja O-D (nn') perteneciente a la producción de z

prd_{zn} Variable binaria. 1 si $n = z$, 0 en otro caso

$prdd_{zn}$ Variable binaria. 1 si $n \in l$, 0 en otro caso

Puesto que los productores forman un oligopolio, estos buscan producir una cantidad tal que maximicen su utilidad definida como la suma de los ingresos obtenidos en todas las regiones de consumo menos los costos de producción y transporte para llevar el gas a cada región. En términos matemáticos, el problema del duopolio espacial se representa como sigue:

Maximizar para todo $z \in Z$

$$\pi_z = \sum_{j \in L} \left(\rho_j - \eta_j \sum_{i \in Z} x_{ij} \right) x_{zj} - (\alpha_z + 2\beta_z y_z) - \sum_{m' \in W} \kappa_{m'} tt_{zmm'}$$

Sujeto a

$$-y_z prd_{zn} - \sum_{i \in N} \sum_{in \in W} tt_{zin} + x_{zn} prdd_{zn} + \sum_{j \in N} \sum_{nj \in W} tt_{zjn} \leq 0$$

para todo $z \in Z$ y $n \in N$

La condición de equilibrio de mercado requiere que la producción de una firma total iguale a la cantidad total consumida de esta en otros nodos, es decir

$$y_z = \sum_{i \in L} x_{zi} \text{ para todo } z \in Z$$

Adicionalmente, se tienen que cumplir las siguientes condiciones:

$$\sum_{i \in Z} x_{il} = d_l \text{ para todo } l \in L \text{ y}$$

$$t_{nn'} = \sum_{i \in Z} tt_{inn'} \text{ para todo } nn' \in W$$

La solución a este problema se basa en las condiciones de optimalidad Karush-Kuhn-Tucker (KKT), descritas en el modelo GASTALE (Lise y Hobbs, 2009) y los modelos espaciales de Harker (1986). Las condiciones de KKT se escriben como un problema complementario el cual se escribe en GAMS y se resuelve usando el solver PATH. La formulación detallada se encuentra en Osorio (2010). En la siguiente sección se discuten los datos y suposiciones utilizados para correr el modelo. En la Sección 6 se comparan los resultados del modelo del mercado colombiano con ambos comportamientos: competitivo y oligopolístico.

5. DATOS Y SUPOSICIONES

En la formulación anterior, los subsistemas de distribución corresponden a regiones consumidoras. Otros nodos de consumo corresponden a las principales plantas térmicas a gas (Osorio, 2010).

Para cada nodo de consumo, se calibró una función de demanda para los sectores residencial/comercial, térmico e industrial (incluye petroquímicas), a partir de los datos reportados por la CREG y usando precios de diciembre de 2008. Debido a las deficiencias de información, para las plantas térmicas se tomaron los precios de referencia para el primer trimestre de 2009 del plan de abastecimiento de gas (UPME; 2009). Las curvas de demanda se construyeron a partir de los precios de diciembre de 2008, por lo que todos los resultados están dados en pesos constantes de 2008. Ya que no se cuenta con información de los términos del contrato de exportación de gas a Venezuela, se asume que el precio máximo que pagaría Venezuela por el gas de Colombia sería cercano al del gas en el mercado internacional de gas licuado: \$28.250/MMBTU. Se tomó el precio de GNL de Japón de 2008 (US\$12,55/MMBTU) y la tasa de cambio \$2.251. Nótese que el precio de bolsa en 2009 fue aún mayor (US\$16/MMBTU para Argentina).

Ballena y Cusiana representan más del 80% de la producción de gas en Colombia y podrían ajustar su producción estratégicamente. La producción de los campos marginales, por su parte, se considera constante. Para cada nodo productor se calibró una función de costo marginal del tipo $c_{zz} = \alpha_z + 2\beta_z y_z$ usando datos de producción de 2009. En cuanto a los costos de producción de Venezuela, se asume que son similares a los de Cusiana.

La estimación de las reservas UPME (2009) es conservadora y no incluye descubrimientos ni recursos

no convencionales como el metano en lechos de carbón. Además, se hacen las siguientes suposiciones y simplificaciones respecto al sistema de transporte:

Los costos de transporte del tramo del gasoducto que conecta a Colombia con Venezuela no se incluyen pues hacen parte del contrato bilateral negociado por las dos naciones.

Para aumentar la tratabilidad del modelo no se consideran las capacidades contratadas de cada tramo del gasoducto.

Solo se consideran nodos y arcos pertenecientes al sistema troncal de gasoductos.

Con base en el modelo anterior, se puede estudiar cómo es la utilización del gasoducto y cómo se comportan los precios en el mercado Colombiano bajo distintos escenarios de disponibilidad de importaciones y de exportaciones y bajo distintos escenarios de competencia entre productores. La importancia de este último escenario está en la posibilidad de que se liberen los precios en boca de pozo; esta política de liberación ha sido considerada desde los 1990s, pero sólo se ha aplicado en algunos campos. Ya que los precios liberados dependen del comportamiento de los productores, a continuación se discute si dicho comportamiento se puede modelar como competitivo o si por el contrario, debe modelarse como un oligopolio.

6. VALIDACIÓN Y ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Como se discutió antes, existe gran incertidumbre respecto a los datos de entrada del modelo pues la información del sector de gas es, en muchos casos, privada. Para conocer cuál es el efecto de la falta de información en los resultados del modelo, a continuación, se analiza la respuesta del modelo ante cambios en los parámetros de entrada. Así mismo, se valida la suposición de que los productores se comportan como un oligopolio.

En la Tabla 2 se comparan los resultados del modelo para una estructura competitiva y un oligopolio, y asumiendo que los precios son liberados. Los resultados del modelo sugieren que el comportamiento actual de los productores está entre el competitivo y el oligopolio, acercándose a este último. Este resultado es consistente con la situación actual de oligopolio regulado, así que se asume que de liberarse los precios, el comportamiento de los productores se acercaría

más al oligopolio y por esta razón, en las siguientes secciones se utilizará esta última estructura.

Se realizó análisis de sensibilidad para detectar los cambios en la solución cuando hay errores en la estimación de los parámetros entrada, en particular: precio de referencia, elasticidad y costos. Dicho análisis indica que el suministro es poco sensible al precio de referencia pues en el escenario más drástico (disminución del precio de referencia en un 30%), éste apenas disminuyó en un 2%. Algo similar sucede con la variación de la elasticidad, pues ante un aumento del 83% en la elasticidad (de 0,6 a 1,1), el suministro aumentó en 20% y el precio disminuyó un 19%. Por último, cuando se aumentan los costos de producción de los dos campos un 50%, suministro y precio solo varían un 1,58% y cuando se igualó el costo marginal de producción de Ballena al de Cusiana (la pendiente de la línea de costo se incrementó 5 veces), la demanda

cayó un 8,35% y el precio aumentó un 8%. El análisis de sensibilidad detallado se encuentra en Osorio (2010).

En conclusión, el modelo es poco sensible a las variaciones en los parámetros que están sujetos a errores de estimación. No obstante, los resultados del modelo no deben interpretarse como predicciones, sino como señales de posibles comportamientos del mercado bajo distintas condiciones.

A continuación, se realiza el análisis del efecto de la interconexión con Venezuela, asumiendo que los precios se fijan en el mercado liberado y que este mercado se comporta como un oligopolio.

Tabla 2. Comparación de los resultados del modelo asumiendo una estructura de mercado competitiva y una estructura oligopólica. Año de referencia: 2009.

	Real	Mercado competitivo		Oligopolio	
		Sin exportaciones a Venezuela	Con exportaciones a Venezuela por 150MPCD	Sin exportaciones a Venezuela	Con exportaciones a Venezuela por 150MPCD
Cantidad suministrada total (MPCD)	796	978	1128	658	804
Precio ponderado (COP 2008/MMBTU)	18.591,00	11.273,00	13.531,00	23.335,00	24.302,00

7. EFECTOS DE LA INTERCONEXIÓN CON VENEZUELA

El escenario que se analiza tiene como objeto identificar el efecto de las importaciones de gas natural por tubería en el mercado colombiano. En particular, interesa conocer

qué efecto tienen en la competencia entre productores. Como indica la Tabla 3, en 2012 las importaciones desde Venezuela desplazan parte de la producción interna, en particular de la Guajira, la cual cae en un 28% y 27% para los escenarios de demanda baja y alta, respectivamente, como se ve en la Figura 1.

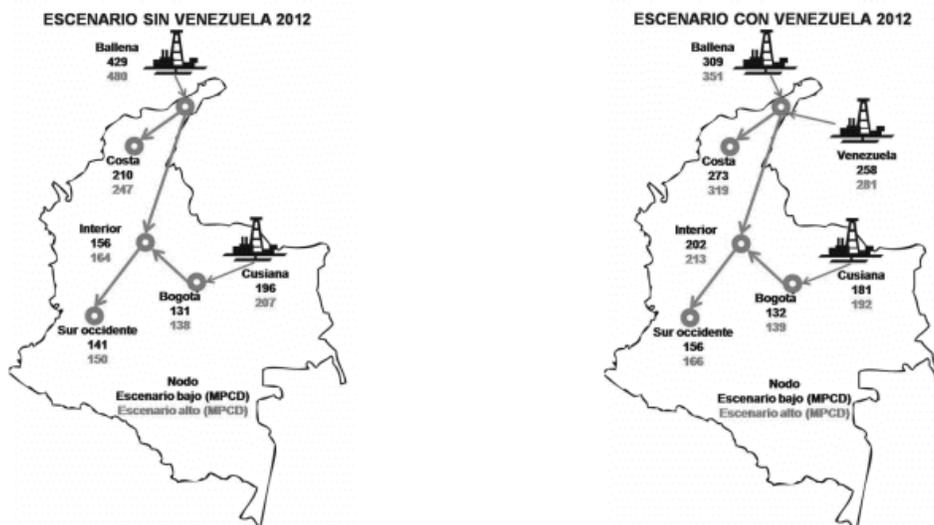


Figura 1. Suministro desagregado de Colombia en el 2012 en los escenarios de demanda alta y baja con y sin importaciones de Venezuela.

Al aumentar la disponibilidad de gas, los precios disminuyen en un 21% tanto para el escenario de demanda alta como para el de demanda baja.

Para que se cumpla el equilibrio del mercado en el oligopolio, se crea una oferta “virtual” extra para satisfacer la demanda de Gualanday y se redefine la restricción de transporte para el arco Mariquita-Gualanday. Esto se hace principalmente para evitar el arbitraje entre los nodos y sugiere que la capacidad en este tramo debe aumentar en 0,59 MPCD.

Tabla 3. Comparación de los resultados del modelo asumiendo importaciones de Venezuela en escenario de demanda alta y baja. Año de referencia: 2012.

2012 demanda baja		
	Sin importaciones de Venezuela	Con importaciones de Venezuela por 200MPCD
Suministro total (MPCD)	638	763
Precio ponderado (2008COP/MMBTU)	\$ 26.159,00	\$ 20.643,00
2012 demanda alta		
	Sin importaciones de Venezuela	Con importaciones de Venezuela por 200MPCD
Suministro total (MPCD)	699	836
Precio ponderado (2008COP/MMBTU)	25.370,00	20.053,00

Si las importaciones de gas de Venezuela no estuvieran disponibles, los precios en 2015 aumentarían en un 20% respecto al escenario en que hay importaciones (ver Tabla 4).

Tabla 4. Comparación de los resultados del modelo asumiendo importaciones de Venezuela en escenario de demanda alta y baja. Año de referencia: 2015.

2015 demanda baja		
	Sin importaciones de Venezuela	Con importaciones de Venezuela
Suministro total (MPCD)	737	902
Precio ponderado (COP 2008/MMBTU)	\$ 26.832,00	\$ 20.748,00
2015 demanda alta		
	Sin importaciones de Venezuela	Con importaciones de Venezuela
Suministro total (MPCD)	842	1045
Precio ponderado (COP 2008/MMBTU)	\$ 29.663,00	\$ 23.085,00

De no ocurrir nuevos descubrimientos importantes, la declinación de los campos existentes llevaría a que Venezuela se convirtiera en la segunda fuente de gas a Colombia en 2015, desplazando la producción de Cusiana (ver Figura 2).

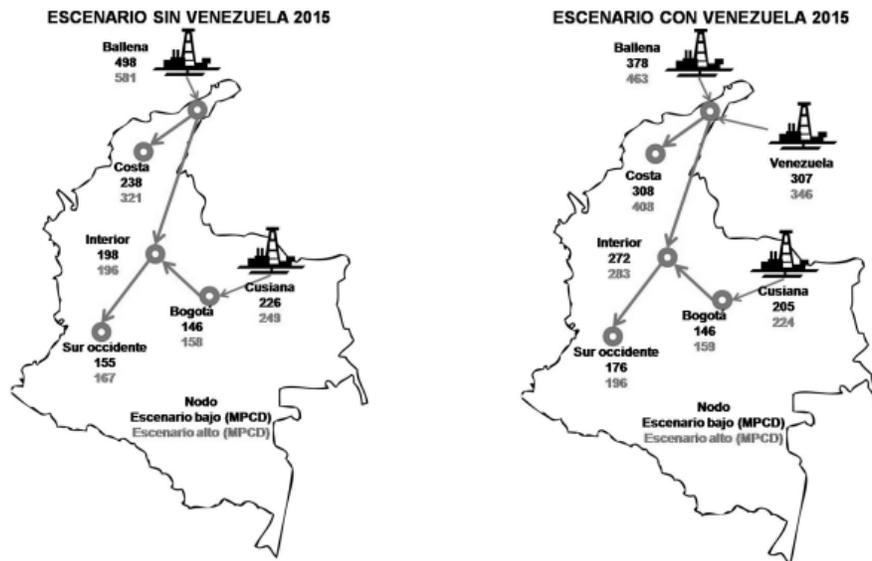


Figura 2. Suministro desagregado de Colombia en el 2015 en los escenarios de demanda alta y baja con y sin importaciones de Venezuela.

Aunque la oferta de Venezuela es fija en 200 MPCD, los resultados del modelo indican que, para 2012, el mercado podría absorber hasta 258 MPCD provenientes de Venezuela en el escenario de demanda baja y hasta 281 MPCD en el escenario de demanda alta. Con estas importaciones, el modelo indica que la capacidad de los tramos del gasoducto que conectan a Ballena con el Interior podría aumentar a 294 MPCD en el escenario de demanda baja mientras que dicha

capacidad en el escenario de demanda alta podría aumentar a 313 MPCD (ver Tabla 5). De otro lado, para 2015, las importaciones desde Venezuela podrían aumentar a 307 MPCD en el escenario de demanda baja y a 346 MPCD en el escenario de demanda alta. De nuevo, este aumento de las importaciones requeriría aumentar en un 30% la capacidad de los tramos que conectan Ballenas con Barranca, la cual, para 2012, se proyecta como de 260 MPCD (ver Tabla 5).

Tabla 5. Requerimientos de capacidad en el gasoducto Ballena-Barranca

	Capacidad MPCD	Importaciones según modelo, MPCD		Requerimientos de capacidad según modelo, MPCD	
		Dem. Baja	Dem. Alta	Dem. Baja	Dem. Alta
2012	260	258	281	294	313
2015	260	307	346	377	401

8. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Los resultados anteriores muestran que, de no ocurrir nuevos descubrimientos, gran parte del abastecimiento futuro de gas en Colombia dependería de las importaciones desde Venezuela. A medida que declinen las reservas de Ballenas y Cusiana, el suministro de gas al interior puede disminuir de forma notable, aumentando la necesidad de buscar alternativas, como el gas natural licuado.

Por otra parte, los resultados del modelo sugieren que el mercado colombiano sería capaz de absorber volúmenes mayores que los contratados para la importación desde Venezuela, tanto en el escenario de demanda alta como en el escenario de demanda baja. De aumentar las importaciones, estas demandarían la expansión del gasoducto Ballena Barranca, principalmente. No obstante, considerando que tanto el crecimiento de la demanda (en particular de la demanda térmica e industrial) como la seguridad de las importaciones desde Venezuela tienen gran incertidumbre, se necesita un análisis más profundo de la expansión. En este modelo, los productores pueden ejercer su poder de mercado y disminuir su producción con el fin de incrementar los precios.

La comparación de las cantidades suministradas y de los precios del oligopolio con los del mercado competitivo muestra que el primero está más cercano de la situación actual. Aunque en la actualidad sólo se regula el precio de la Guajira se espera que, en el futuro, el precio al productor se encuentre con un mecanismo de mercado, como las subastas

realizadas en 2009 para el gas de Cusiana. En estas condiciones, es de esperarse que la competencia entre los productores locales aumente con la entrada de importaciones de Venezuela y que el suministro interno aumente, reduciendo los precios.

Aunque los precios y las cantidades modelados se comportan de acuerdo con las predicciones teóricas y están cercanos de la realidad del mercado, deben interpretarse con precaución y no entenderse como predicciones del nivel de producción y precios. Esto es porque existe una gran incertidumbre en los datos de entrada. En particular, la información respecto a los precios del gas en el mercado primario (excepto por los precios regulados de Guajira.) y secundario de gas es privada, lo cual dificulta el ajuste de las funciones de costos y de demanda. Se espera que, en la medida en que mejore la calidad de la información, se pueda mejorar el ajuste de este modelo y su capacidad para realizar predicciones.

Entre los estudios futuros que se pueden realizar a partir de este modelo están el análisis de la expansión de capacidad considerando la incertidumbre en la oferta y la demanda, así como la inclusión de otras fuentes de oferta, como el gas natural licuado. Igualmente, se podrían incluir variables estocásticas que simulen periodos de baja hidrología e incrementen la demanda térmica con el fin de ver el comportamiento de los precios en estos.

Además, dada la gran incertidumbre en los descubrimientos, los trabajos futuros podrían incluir el aspecto estocástico de la exploración y su impacto en el desarrollo del mercado.

REFERENCIAS

- [1] BP. Statistical review of world energy 2008. 2009. Disponible: <http://www.bp.com>
- [2] BELTRAMO, M., MANNE, A.S., AND WEYANT, J. A north-American gas trade model (GTM). The Energy Journal, 7(3),15-32, 1986.
- [3] COLOMBIA. ANH. www.anh.gov.co [Citado 15 febrero 2010].
- [4] COLOMBIA. CREG. Regulation and Incentives for Investment in the Colombian Gas Transport Network: Conclusions. Estudio realizado por David Harbord and Nils-Henrik von der Fehr. Market Analysis Ltd., Oxford. Bogotá: Comision Reguladora de energía y Gas, 2009.
- [5] COLOMBIA. UPME. Estudio de posibilidades de interconexión gasífera Colombia-Venezuela. Bogotá: Unidad de Planeacion Minero Energetica, 2002.
- [6] COLOMBIA. UPME. Plan de abastecimiento para el suministro y transporte de gas en Colombia. Versión preliminar. Bogotá: Unidad de Planeacion Minero Energetica, 2009. Disponible: <http://www.upme.gov.co> [Citado 18 octubre 2009].
- [7] CUNNINGHAM, L.B., BALDICK, R., AND BAUGHMAN M.L. An Empirical study of applied game theory: transmission constrained Cournot behavior. IEEE Transactions on Power Systems 17(1): Feb: 116-172, 2002.
- [8] CRAMTON, PETER. Auctioning Long-term Gas Contracts in Colombia. 2008. Disponible: <http://www.cramton.umd.edu> [Citado 10 febrero 2010].
- [9] DAHL, C. AND GJELSVIK, E. Simulating Norwegian Troll gas prospects in a competitive spatial model. Resources and Energy, 11, 35-63, 1989.
- [10] GABRIEL, STEVEN A; KIET, SUPAT AND ZHUANG, JIFANG. A mixed complementarity based equilibrium model of natural gas markets. Operations Research, 53(5):799-818, 2005.
- [11] HARKER, PATRICK. Alternative Models of Spatial Competition. Operations Research, Vol. 34, No. 3, pp. 410-425, 1986.
- [12] HOBBS, B. Network models of spatial oligopoly with an application to deregulation of electricity generation. Operations Research, 34(3), 395-409, 1986.
- [13] KOLSTAD C.D. AND ABBEY, D.S. The effect of market conduct on international steam coal trade. European Economic Review 24:39-59, 1984.
- [14] LISE, W. AND B. HOBBS. A Dynamic Simulation of Market Power in the Liberalized European Natural Gas Market. The Energy Journal, Special Issue. World Natural Gas Markets and trade: A multi-modeling perspective. pp 119-135, 2009.
- [15] OLAYA, YRIS AND DYNER, ISAAC. Modelling for policy assessment in the natural gas industry. Journal of the Operational Research Society. Vol. 56(10). pp 1122-1131, 2005.
- [16] OSORIO, SEBASTIÁN. Modelos Matemáticos de Competencia Oligopolística Aplicada a Mercados Espaciales [Trabajo dirigido de grado]. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 2010.
- [17] SAMUELSON, P. Spatial price equilibrium and linear programming. The American Economic Review 42(5):283-303, 1952