

Available online at www.sciencedirect.com

SCIENCE @ DIRECT®

Economía de los recursos y la energía (272005) 248-269

www.elsevier.com/locate/econbaseRESOURCE
and ENERGY
ECONOMICS

El impacto de las instalaciones de petróleo y gas natural en el valor de las propiedades residenciales rurales: un análisis hedónico espacial

Peter C. Boxall ^{a,*}, Wing H. Chan ^b, Melville L. McMillan ^c^a *Departamento de Economía Rural, Universidad de Alberta, Edmonton, Alta., Canadá T6G 2H1*^b *Departamento de Economía, Universidad Wilfrid Laurier, Waterloo, Ont. Canadá*^c *Departamento de Economía, Universidad de Alberta, Edmonton, Alta., Canadá*

Recibido en enero 27 de 2004; recibido en forma revisada en agosto de 2004; aceptado en noviembre 2004

Disponible en línea en febrero 26 2005

Resumen

Este trabajo examina el impacto de las instalaciones de petróleo y gas en los valores de las propiedades residenciales rurales utilizando datos de Alberta Central, Canadá. Las influencias se evalúan utilizando dos grupos de variables que caracterizan los efectos de peligro y los efectos de amenidad. Se empleó un modelo de error espacial para captar la dependencia espacial entre propiedades vecinas. Los resultados muestran que los valores de las propiedades están correlacionados negativamente con el número de pozos de gas ácido y baterías de petróleo en llamas en un radio de 4 km de la propiedad. Los índices que reflejan los peligros para la salud asociados a los índices potenciales de liberación de 2SA (basados en la información de los Planes y Zonas de Respuesta a Emergencias) también tienen una asociación negativa significativa con los precios de las propiedades. Los resultados sugieren que las instalaciones de petróleo y gas agro situadas a menos de un kilómetro de las propiedades residenciales rurales afectan significativamente a su precio de venta.

2005 Elsevier B.V. Todos los derechos reservados.

Clasificación JEL: Q32; Q49*Palabras clave:* Gas amargo; Precios hedónicos; Impacto en el valor de la propiedad

Dirección de correo electrónico: peter.boxall@ualberta.ca (P.C. Boxall).

0928-7655/\$ - see front matter # Elsevier2005 B.V. Todos los derechos reservados. doi:10.1016/j.reseneeco.2004.11.003

1. Introducción

El sector del petróleo y el gas es grande, importante y omnipresente en la economía de Alberta. En particular, el sector del gas natural ha crecido en importancia, con una producción que se ha duplicado desde mediados de los años ochenta. Casi un tercio de la producción de gas natural es gas "agrio", es decir, contiene niveles de sulfuro de hidrógeno (H_2S) que suponen un riesgo potencial para la salud. Dado que, a excepción de las arenas bituminosas, la actividad del petróleo y el gas se concentra en las regiones pobladas de la provincia, la industria debe coexistir con otras industrias, en gran parte agrícolas, y con las comunidades vecinas. La amenidad y, en el caso del gas amargo, las consideraciones de salud y seguridad suelen preocupar a quienes se encuentran cerca de las instalaciones de la industria. La expansión de la producción de gas natural ha aumentado estas preocupaciones. Sorprendentemente, se sabe relativamente poco sobre los impactos de la proximidad de la industria. Por ejemplo, se están examinando las implicaciones para la salud de la exposición a largo plazo a niveles bajos de H_2S . Además, a diferencia de lo que ocurre con muchas otras actividades (por ejemplo, aeropuertos, centrales y líneas eléctricas, explotaciones porcinas, contaminación atmosférica, escuelas y parques), las investigaciones sobre el impacto de la actividad de la industria del petróleo y el gas en los valores de las propiedades vecinas parecen escasas. El objetivo de este estudio es contribuir a corregir esta deficiencia estudiando los efectos de la presencia de gas ácido y otras instalaciones de petróleo y gas en los valores de las propiedades residenciales rurales en las proximidades de la ciudad de Calgary (Alberta).

El documento comienza con una sección en la que se explica la interfaz entre la industria y la comunidad y los riesgos asociados al gas amargo. A continuación se revisan los datos empleados en este estudio. La cuarta sección describe el modelo hedónico y el análisis econométrico espacial. A esta parte le sigue la presentación y discusión de los resultados empíricos. Una breve conclusión completa el documento.

2. La interfaz industria-comunidad

2.1. Alcance del sector

El sector del petróleo y el gas en Alberta representa un componente importante de la economía provincial. Aunque la contribución en cualquier año varía considerablemente en función de los precios, la industria del petróleo y el gas natural (exploración, producción, transporte y procesamiento) representa entre el 20% y el 25% de la producción provincial y aporta una parte similar a los ingresos del gobierno provincial directamente en forma de cánones e ingresos por arrendamiento de los recursos propiedad de la Corona. Alberta suministra actualmente alrededor del 12% del consumo de gas natural de EE.UU., más del 50% del consumo canadiense, y el gas es un insumo de la industria petroquímica provincial que sirve a los mercados nacionales y de exportación. La industria ha cobrado importancia y ha crecido rápidamente en los últimos años⁵⁰. Esta expansión ha sido paralela a un crecimiento sustancial de la población de Alberta, sobre todo en los centros urbanos de la provincia y sus alrededores. La rápida expansión del sector del petróleo y el gas (tanto el procesamiento primario como el secundario y la fabricación), la expansión de las regiones urbanas y la importancia de la agricultura para la economía provincial han sentado las bases para el

conflicto entre la industria del petróleo y el gas y los residentes rurales.

2.2. Gas amargo y problemas asociados

Aunque los desacuerdos se refieren a varias cuestiones, una de las principales preocupaciones en la provincia es la producción de gas ácido. El gas ácido es un gas natural que contiene sulfuro de hidrógeno, un compuesto incoloro e inflamable que tiene un olor desagradable similar al que emiten los huevos podridos y que es peligroso para los seres humanos y los animales en concentraciones relativamente bajas.¹ El gas que contiene al menos un 1% de HS se considera "agrio" y el que tiene menos de un 1% se considera "dulce". Aunque puede liberarse algo de SA debido a accidentes y fallos de los equipos en las instalaciones de gas ácido, la industria convierte aproximadamente el 97% del SA del gas en azufre elemental que se utiliza en la fabricación de fertilizantes, productos farmacéuticos, plásticos y otros productos (Petroleum Communication Foundation, 2000). El resto del SA se suele quemar en antorchas o incineradoras, lo que provoca la conversión del SA en dióxido de azufre (SO₂), pequeñas cantidades de otros compuestos tóxicos como el sulfuro de carbonilo (COS) y el disulfuro de carbono (CS₂), óxidos de nitrógeno (NOx) y compuestos orgánicos volátiles (COV).

La producción de gas amargo ha suscitado naturalmente la preocupación por los efectos sobre la salud de los diversos compuestos que se encuentran en el gas, así como por la calidad general del aire y del agua (Marr-Laing y Severson-Baker, 1999). Estas preocupaciones se han expresado en diversos foros públicos y en grupos consultivos públicos creados por la industria y el gobierno para abordarlas y estudiarlas (Provincial Advisory Committee on Public Safety and Sour Gas, 2000; Nikiforuk, 2002a). Los estudios científicos realizados en la provincia hasta la fecha no han encontrado efectos adversos de las emisiones en lagos o ríos, ni los investigadores han encontrado pruebas convincentes de los impactos de los bajos niveles de exposición al SA en la salud de los seres humanos o del ganado. Sin embargo, este es un tema de investigación en curso. A pesar de las escasas pruebas, algunas personas tienen opiniones firmes sobre los posibles efectos negativos y, en algunos casos, se han producido conflictos muy publicitados entre la industria y las personas vecinas a las instalaciones de gas ácido (Nikiforuk, 2002a, 2002b). Aunque los casos de gas ácido han disminuido en los últimos años debido al aumento de la atención y la regulación, se han producido varios sucesos a gran escala relacionados con explosiones de pozos o escapes incontrolados en la provincia y accidentes mortales en los que se vieron implicados trabajadores de la industria superados por el SA. Sin embargo, no ha habido víctimas entre el público en general.

Alrededor del 30% de la producción de gas natural de Alberta es gas ácido y gran parte de él se encuentra cerca de zonas pobladas (Nikiforuk, 2002a). Además, la creciente demanda de gas natural ha ampliado su exploración y producción y ha aumentado el número de residentes de Alberta que se enfrentan a desarrollos de gas ácido reales o propuestos en sus comunidades. Naturalmente, los residentes vecinos a los desarrollos de gas ácido propuestos y existentes están preocupados por los posibles riesgos para la salud y otros impactos negativos potenciales. Es de esperar que estas preocupaciones tengan un efecto negativo en el valor de las propiedades. Este documento examina los impactos del gas ácido

¹ El HS puede ser detectado por el sistema olfativo humano en concentraciones de 0,01-0,03 ppm. Los niveles de 1-5 ppm pueden provocar náuseas y dolores de cabeza; las concentraciones de 50-250 ppm provocan parálisis olfativa; y puede producirse una amenaza inminente para la vida cuando las concentraciones alcanzan las 300-500 ppm (Gephart, 1997). El sistema olfativo humano se paraliza con concentraciones superiores a 100

ppm, dando una falsa sensación de seguridad de que no hay peligro (Marr-Laing y Severson-Baker, 1999).

de las instalaciones de gas natural, y de otros desarrollos de petróleo y gas, en los valores de la propiedad de los acres residenciales en áreas seleccionadas alrededor de la ciudad de Calgary, Alberta.

Los riesgos para la salud y la seguridad son una clara preocupación asociada a las instalaciones de gas ácido porque representan un peligro especial. Esta situación se reconoce en cierta medida en las normativas que exigen distancias mínimas de retroceso entre las instalaciones de gas ácido y petróleo y la residencia, el negocio o la zona ocupada más cercana (como los campings y las zonas de recreo). La distancia de retroceso varía en función del nivel de peligro que represente la instalación. Además de los repliegues, se establecen zonas de respuesta al plan de emergencia (EPZ) alrededor de todas las instalaciones que puedan afectar a la seguridad pública. En el caso de las instalaciones de gas natural ácido, el tamaño de estas zonas puede llegar a ser de varios kilómetros y su tamaño está relacionado con los volúmenes o índices máximos potenciales de liberación de gas. Junto con estas zonas, se establecen planes de respuesta de emergencia (PRE) para determinar los procedimientos de notificación a los miembros pertinentes del público afectado en caso de emergencia. La industria está obligada a realizar pruebas periódicas de su respuesta de emergencia, lo que incluye el contacto rutinario con los residentes que viven dentro de una ZPE. Además, al vender una propiedad dentro de una o más ZPE, el vendedor está obligado a informar al comprador de las ZPE que afectan a la propiedad. Por tanto, cabe esperar que el valor de las propiedades refleje las consideraciones de salud y seguridad.

La presencia de infraestructuras industriales y actividades asociadas también puede afectar negativamente al valor de las propiedades cercanas por razones de comodidad. Las estructuras y actividades industriales en lo que los propietarios de tierras pueden percibir como paisajes naturales pueden restarle valor al disfrute de la propiedad. Muchos propietarios de terrenos eligen vivir en zonas rurales para escapar del desarrollo urbano e industrial. Aunque la normativa exige que los terrenos afectados por los pozos de petróleo y gas se restauren al menos al equivalente de su estado anterior, un pozo típico en Alberta existe y produce durante unos 20 años. Además, otros tipos de instalaciones, como oleoductos, estaciones de bombeo, plantas de procesamiento de gas y baterías de petróleo, suelen estar asociadas a los pozos. La presencia de tales instalaciones cerca de las hectáreas puede reducir aún más el disfrute de estas propiedades y, por tanto, podría afectar negativamente a sus valores.

2.3. Evaluación de las consecuencias para el valor de la propiedad

A pesar de la importancia de esta cuestión en Alberta, y probablemente también en jurisdicciones de desarrollo similar en EE.UU., se han realizado pocos estudios que examinen los efectos de las instalaciones de producción de petróleo y gas en los precios de la propiedad, a pesar de las evidentes implicaciones potenciales de peligro y amenidad. Sólo conocemos tres (todos ellos informes de consultores encargados por empresas petroleras que operan en Alberta). En ellos se informa de que el impacto de las infraestructuras sobre los precios es escaso o nulo (Deloitte et al., 1988; Lore and Associates Ltd., 1988; Serecon, 1997). Sin embargo, los métodos empleados en estos estudios no han sido las técnicas típicas empleadas por los economistas que examinan los impactos de los servicios ambientales y los riesgos para la salud en los valores de la propiedad. Estos estudios agrupaban muestras relativamente pequeñas de propiedades según su proximidad a las infraestructuras y comparaban los precios entre estas agrupaciones (o en pares de propiedades similares), o utilizaban una regresión de precios

que incluía pocas variables de la propiedad o del sector.

La principal técnica utilizada por los economistas para examinar tales impactos ha sido el análisis hedónico de precios ([Taylor, 2003](#)). Entre los ejemplos de estudios que han revelado efectos razonablemente importantes en los precios del suelo residencial se encuentra el transporte de residuos peligrosos ([Gawande y](#)

Jenkins-Smith, 2001), las líneas de transmisión eléctrica, (Hamilton y Schwann, 1995) los cambios en la calidad del agua (Leggett y Bockstael, 2000) y las explotaciones porcinas (Palmquist et al., 1997). El único estudio hedónico que hemos encontrado sobre los efectos de las infraestructuras petrolíferas y de gas en los precios es el de Flower y Ragas (1994), que examinaron la influencia de las infraestructuras petrolíferas y de gas a gran escala en forma de refinerías en los precios de las propiedades residenciales. En este trabajo se informa de los esfuerzos realizados para determinar el impacto de la proximidad a las instalaciones de producción de petróleo y gas pequeñas y medianas en los valores de las propiedades residenciales rurales. En la medida en que nuestros datos lo permiten, se ha intentado evaluar los efectos tanto de las consideraciones de peligro como de las de amenidad.

En este análisis se exploraron y utilizaron finalmente métodos hedónicos espaciales.

3. Los datos

Los datos proceden de zonas con una importante actividad de gas ácido cerca de la ciudad de Calgary, una ciudad de aproximadamente un millón de habitantes en el sur de Alberta (Canadá). Las zonas sombreadas de la Fig. 1 muestran los municipios que componen la zona de estudio. Un township es un bloque de 6 millas. Se incluyen treinta municipios completos y partes de otros seis. Las instalaciones de petróleo y gas en los municipios seleccionados van de escasas a densas. La zona abarca tres jurisdicciones rurales: los distritos municipales de Rocky View y Foothills, y el condado de Mountain View.² Se analizaron las ventas a distancia de propiedades "residenciales rurales" en esta zona durante el periodo comprendido entre enero (1994 cuando se dispuso de datos en formato electrónico) y marzo.

La muestra inicial contenía información sobre la venta de 612 propiedades residenciales cuyo tamaño oscilaba entre 1 y 40 acres. La limitación de la superficie en acres garantizaba esencialmente que la propiedad fuera rural, pero también residencial, en el sentido de que no tuviera valor agrícola comercial. Además, para minimizar la posible influencia de unas pocas propiedades inusuales (caracterizadas por precios anormalmente bajos o altos), sólo se incluyeron propiedades con precios entre 150.000 y 450.000 dólares. Esta restricción eliminó observaciones 59. Dentro de esta muestra reducida, las propiedades 21 tenían instalaciones de petróleo y gas situadas en ellas. Dado que los propietarios en el momento del establecimiento de las instalaciones tienen derecho a una compensación económica por parte de las empresas propietarias de las mismas, y que no siempre fue posible determinar el momento del desarrollo de las instalaciones en relación con la venta de la propiedad, estas propiedades se excluyeron del análisis. Tras estas diversas exclusiones 532 quedó una muestra final de ventas.³

El modelo en el que se basa el análisis hedónico de los precios es que el precio de una vivienda viene determinado por la valoración que hace el comprador de esas características (Taylor, 2003). Esta valoración puede incluir tanto evaluaciones objetivas como subjetivas. El número de características puede ser bastante amplio, y suele incluir factores como las características estructurales (por ejemplo, la superficie, el número de dormitorios y la presencia de un sótano o un garaje), los atributos de ubicación (por ejemplo, la distancia al distrito comercial central, la proximidad a las escuelas y a las tiendas, etc.) y las influencias medioambientales (por ejemplo, las vistas, los niveles de emisiones industriales y el ruido). Los atributos básicos de las propiedades de la muestra se obtuvieron del Servicio de Listas Múltiples (MLS)

² A nuestros efectos, la distinción entre distritos municipales y condados no es relevante.

³ Estas restricciones eliminaron alrededor de la mitad de las aproximadamente observaciones 30 consideradas influyentes en los distintos modelos. Las restantes observaciones influyentes no se omitieron. El hecho de no hacerlo no afecta a nuestros resultados. De hecho, el patrón de los resultados es robusto a través de las muestras alternativas (532, y 553 observaciones 612).

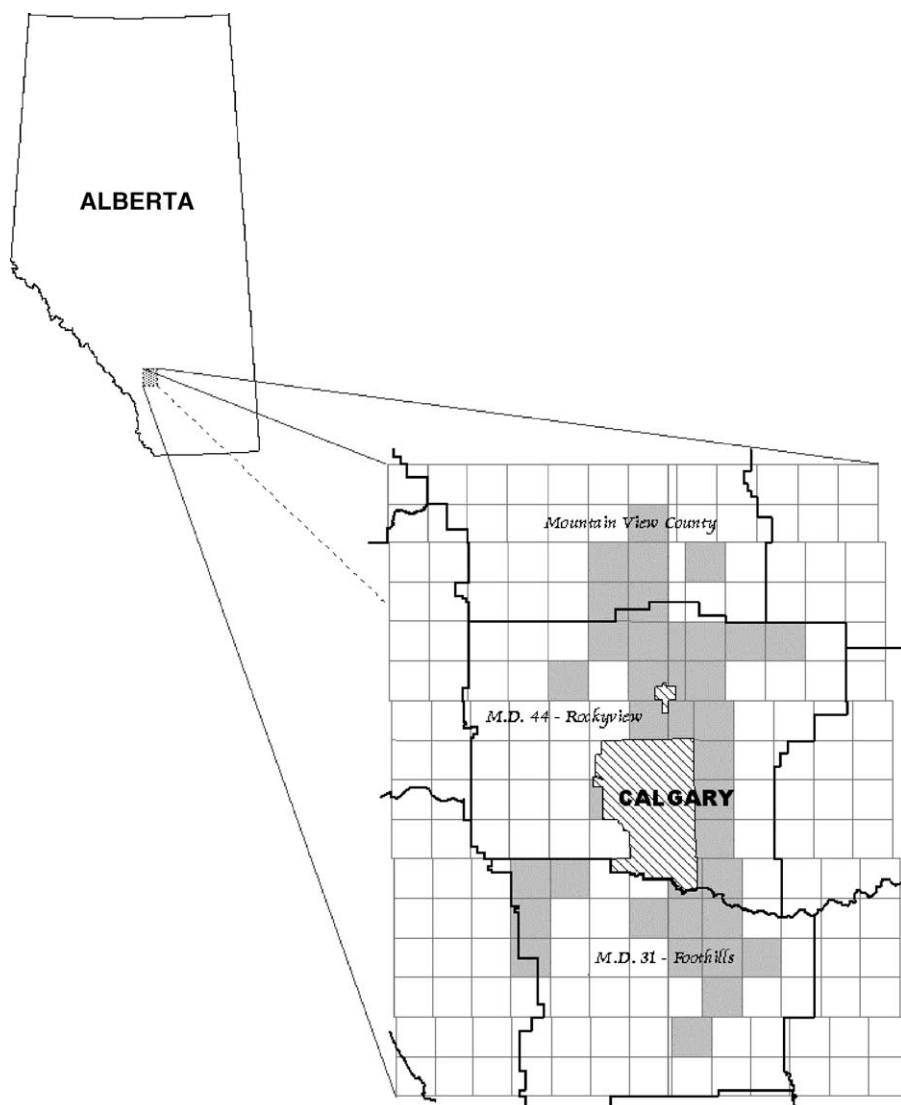


Fig. Un1. mapa de la zona de estudio en Alberta, Canadá. Las zonas grises representan los municipios en los que se recogieron datos sobre el valor de las propiedades y las infraestructuras de petróleo y gas.

registros del Calgary Real Estate Board. La lista y las estadísticas resumidas de los atributos convencionales de las propiedades se incluyen en el [cuadro 1](#).

Se añadieron cuatro variables que merecen ser comentadas. Dado que muchos residentes de zonas rurales se desplazan al trabajo en Calgary, se incluyó la distancia al centro de la ciudad. Además, durante el periodo de 5(+) años en el que se recopilaban los datos de ventas, los precios de la vivienda en el mercado de Calgary aumentaron considerablemente. Por lo tanto, se incluyó el precio medio real de la vivienda en la ciudad de Calgary (en \$CDN2000 constantes) para controlar el

Tabla 1

Atributos de la propiedad a partir de fuentes de la MLS^a

Variable	Descripción	Media	S.D.
RPRICE	Precio de venta de la propiedad (2001 \$CDN)	290593.8	69815.48
ACRES	Tamaño del terreno asociado a la vivienda estructura (acres)	7.15	6.44
EDAD	Edad de la estructura residencial en el momento de la venta (años)	10.48	7.94
ÁREA	Superficie de la estructura residencial (m ²)	176.31	63.06
BAÑO	Número de baños	2.25	0.75
BEDRM	Número de habitaciones	2.91	0.84
CALGARY	Distancia de la ciudad de Calgary (km)	31.07	12.23
DECK	Cubierta o balcón presente (DV) ^b	0.67	0.47
NGARAGE	Número de plazas de garaje para vehículos	2.18	1.09
MUNWATR	Agua suministrada por el municipio (DV)	0.02	0.13
NOBASEMENT	El sótano de la estructura residencial no está presente (DV)	0.02	0.15
RAVP	Precios medios mensuales de los inmuebles residenciales en Calgary (2000 \$CDN)	136519.7	9478.30
VTN	Vista de las Montañas Rocosas	0.40	0.49
ROCKY	Situado en el distrito municipal de Rocky View	0.37	0.48
MONTAÑA	Situado en el condado de Mountain View	0.05	0.21

^a Servicio de Listas Múltiples.^b DV significa que la variable es una variable ficticia (0, 1).

un mercado inmobiliario fuerte en la región. El valor de la propiedad depende en parte de los impuestos y servicios de la administración local. Los servicios públicos son difíciles de medir y la información sobre los impuestos sobre la propiedad no se incluyó en los datos. Los impuestos sobre la propiedad son la principal fuente de ingresos de los gobiernos municipales y de los condados. Por lo tanto, se introdujeron variables ficticias para la jurisdicción local en la que se encontraba una propiedad para captar las diferencias en los impuestos y servicios municipales que se reflejan en los precios.^{4,5} Estas variables también se describen en el cuadro 1.

Se recogieron otras muchas características de las propiedades, muchas de las cuales se evaluaron inicialmente pero se excluyeron finalmente de la especificación final. Una deficiencia de los datos fue la falta de información sobre las estructuras más allá de la casa, es decir, edificios exteriores como establos, graneros, corrales y grandes tiendas o garajes para vehículos de recreo y de uso general.⁶ Como la equitación es muy popular en la zona y muchas propiedades incluyen importantes instalaciones relacionadas con la equitación, se cree que esta omisión resta poder explicativo a nuestras regresiones.

Las principales conexiones entre la presencia de instalaciones de petróleo y gas y los precios residenciales se basaron en la hipótesis de los impactos visuales, el ruido, el tráfico, los olores y los peligros percibidos para la salud. En consecuencia, se reunieron o construyeron atributos adicionales de la propiedad para

⁴ No fue necesario considerar los distritos escolares y la financiación de las escuelas. Si bien son administrados por las juntas escolares locales (de distrito), en Alberta las escuelas son financiadas íntegramente por la provincia desde 1995 y el impuesto provincial sobre la propiedad que contribuye (alrededor de un tercio en 2001) a la financiación de las escuelas se recauda uniformemente a un tipo provincial. Además, los distritos escolares coinciden con las autoridades municipales de la zona de estudio.

⁵ Como se refleja en un estudio reciente (Alberta EUB, 2003), la industria del petróleo y el gas repercute en las localidades de muchas maneras: por ejemplo, en los puestos de trabajo directos e indirectos, los ingresos municipales y los servicios. En este análisis no se intenta identificar los impactos locales más obtusos.

⁶ Esto último puede ser captado en parte por la variable número de plazas de garaje (Tabla 1).

Cuadro 2

Variables de las instalaciones de petróleo y gas

Variable	Descripción	Medi a	S.D.	Número de propiedades afectadas en la muestra
EPZINDEX	Índice de zona de planificación de emergencia (EPZ) (suma de radios de todas las ZPE en las que se encuentra una propiedad)	6.83	12.29	246
BATINDEX	Índice de batería de combustión (suma de $\frac{1}{2}$ HS liberados de todas las baterías a menos de un kilómetro ⁴ de la propiedad)	49.91	246.83	91
LO MÁS CERCANO A	Distancia al gas amargo operativo más cercano planta (km)	16.73	7.01	532
NEPZWELL	Número de zonas francas de pozos en las que se encontraba la propiedad situado dentro de	0.61	2.06	98
NEPZPIPE	Número de EPZs de tuberías la propiedad se encontraba dentro de	1.25	2.03	187
FLARING	Número de baterías de combustión a menos de un kilómetro ⁴ de la propiedad	0.31	0.85	91
SWEETWELL	Número de pozos de petróleo y gas dulce en 4 km de propiedad	1.94	3.43	250
SOURWELL	Número de pozos de petróleo y gas agrio en 4 km de propiedad	3.25	3.43	373
ALLWELL	Número total de pozos de petróleo y gas (ambos dulces y agrios) a menos de un kilómetro ⁴ de la propiedad	5.19	4.98	434
ALLPIPE	Número total de oleoductos y gasoductos con $\frac{1}{2}$ HS registrada > 0% a menos de un kilómetro ⁴ de la propiedad	11.31	9.22	495

Fuente: Junta de Energía y Servicios Públicos de Alberta.

caracterizar la naturaleza, la ubicación y la extensión de las instalaciones de petróleo y gas cercanas. En primer lugar, se localizó cada propiedad de la base de datos en un Sistema de Información Geográfica (SIG), y se estableció una franja de 4 km alrededor de cada propiedad. El rango de km 4 fue predeterminado por expertos en energía basándose en las pruebas relativas al rango máximo probable para los impactos que se extienden desde las instalaciones típicas como pozos, tuberías o baterías.

Las variables de la industria se construyeron a partir de la información de la Junta de Servicios Energéticos. La información utilizada para generar las variables de las instalaciones procedía de las bases de datos del SIG de la Junta (precisas hasta mayo/junio de 2001) y de la información sobre las ZPE procedente de los planes de respuesta a emergencias presentados por las empresas petroleras y de gas a la Junta. Todas las mediciones de distancia y recuento se realizaron con el SIG. Estas variables se describen en el cuadro 2.

Se desarrolló un grupo de variables de instalaciones para explorar el impacto en los precios de la *intensidad* de las explotaciones de petróleo y gas cercanas a cada propiedad. Para cada propiedad, se determinó el número de instalaciones productoras de gas natural dentro de la zona de amortiguación de 4 km de cada propiedad. Éstas incluían (por separado o en combinación con el petróleo) pozos de gas dulce (SWEETWELL), pozos de gas amargo (SOURWELL) y baterías de petróleo en llamas (FLARING).

Se esperaba que el valor de las propiedades se viera afectado por la *proximidad* de las distintas instalaciones de petróleo y gas. Para ello, se contó el número de pozos de gas amargo, dulce y de petróleo en cada uno de los cuatro anillos concéntricos de 1 km alrededor de cada propiedad. También se examinó la proximidad de las plantas de gas amargo. El número de plantas es escaso y se trata de instalaciones de procesamiento (frente a las de extracción) relativamente grandes. La importancia de la proximidad a la planta de gas amargo en funcionamiento más cercana (NEAREST) no se limitó a la distancia de 4 km.

Para centrarse en el riesgo sanitario, se seleccionó un segundo grupo de variables. Estas variables utilizaron información sobre las zonas de planificación de emergencia de las instalaciones de gas ácido asociadas a cada propiedad. Una medida es el simple recuento del número de zonas de planificación de emergencias asociadas a los pozos (NEPZWELL) o a las tuberías (NEPZPIPE) en las que se encuentra una residencia.⁷ Una medida alternativa arroja una tercera variable, EPZINDEX, un índice de EPZs que refleja el volumen potencial de HS escapado₂. El EPZINDEX se ha calculado como la suma de los radios (en kilómetros) de cada una de las ZPE que se superponen a una propiedad. El radio de cada EPZ es una función de la tasa potencial de escape de₂ SA del pozo o de la tubería. Así, un EPZINDEX más alto representa una mayor intensidad de exposición al₂SA o un mayor riesgo para la salud en caso de emergencia.⁸ Del mismo modo, se sumaron los volúmenes anuales de₂ gas HS quemado en baterías de petróleo en un radio de 4 km de una propiedad para construir un índice de batería de combustión (BATINDEX).

Obsérvese que los gasoductos se incluyen en las medidas de riesgo para la salud pero no en las de intensidad/proximidad. Esta distinción se hizo principalmente porque sólo se disponía de datos sobre los gasoductos que transportan gas natural con un contenido de₂HS superior al 0%. Estos gasoductos se consideran agrios en este estudio porque suponen algún peligro para la salud. Otros gasoductos, como los que transportan gas dulce y petróleo, están presentes pero no se incluyeron en los datos. Los gasoductos de esta zona son subterráneos y, por lo tanto, son instalaciones relativamente discretas que plantean mínimos problemas de comodidad.

4. El modelo hedónico y el análisis econométrico

El método hedónico es una de las técnicas de una clase de enfoques de valoración comúnmente etiquetados como "valoración indirecta". Estas técnicas se basan en transacciones de mercado observables para obtener valores de diversas características de productos heterogéneos. Los mercados de la vivienda se adaptan bien a los métodos hedónicos, ya que la elección de la ubicación de la vivienda y los servicios del barrio son observables para los investigadores. Así pues, la elección de las viviendas y sus precios asociados implican la elección implícita de los servicios ambientales y otras características relacionadas con las viviendas comercializadas.

En este trabajo se presenta un análisis hedónico de primera etapa en el que se estimó la función de precios hedónicos utilizando los precios y las características de una muestra de propiedades transaccionadas. Este procedimiento estima los precios implícitos de las características y revela información sobre las preferencias subyacentes por estas características. Rosen (1974) sugirió la posibilidad de realizar una estimación de segunda etapa utilizando los precios implícitos derivados de la función de precios hedónicos y otra información para estimar las preferencias reales de los hogares.

⁷ No se incorporaron variables de ZPE para las plantas de gas ácido directamente porque las ZPE de las plantas de gas están definidas por la zona de los gasoductos de mayor volumen que les dan servicio. Por lo tanto, el riesgo de fallo de estas instalaciones se describe en términos de las ZPE de los gasoductos.

⁸ Esta interpretación del índice de ZPE supone que los posibles compradores de viviendas están bien informados sobre el número y el tamaño de las ZPE en las que se encuentra una propiedad. Los operadores están obligados a realizar pruebas periódicas de los procedimientos de su plan de respuesta a emergencias, que incluyen el contacto rutinario con los residentes de una zona y, cuando se vende una propiedad, es obligación

del vendedor informar al comprador de la(s) ZPE que afectan a una propiedad. Así pues, los propietarios deben conocer las ZPE y están obligados a informar a los posibles compradores.

demanda de atributos. Ese paso no puede llevarse a cabo aquí porque falta información como los ingresos y los datos demográficos de los hogares que deberían incluirse.⁹

En la construcción de un modelo de precios hedónicos intervienen tres cuestiones básicas. Dos de ellas, la forma funcional y la especificación del modelo, son comunes a todos los análisis de precios hedónicos. Aunque es posible una serie de especificaciones de la función de precios hedónicos, en este estudio se ha utilizado la especificación de doble logaritmo, que se eligió basándose en los procedimientos preliminares de regresión de Box-Cox y se confirmó mediante las pruebas LM desarrolladas por Baltagi y Li (2001) para las especificaciones que aquí se presentan. Cropper et al., 1988 han demostrado que la función log-log es la mejor en términos de medición de los precios marginales en presencia de una mala especificación del modelo en relación con las funciones lineales, lineales-log y otras cuadráticas. La formulación log-log proporcionó el mejor ajuste y permitió la construcción de elasticidades de precios que ayudan a la interpretación de los coeficientes de precios implícitos. Se añadió una pequeña constante a todas las variables no ficticias con valores cero antes de la transformación logarítmica. La adición de una pequeña constante antes de la transformación logarítmica no es infrecuente (Antweiler y Frank, 2002; Jacoby, 1992; MaCurdy y Pencavel, 1986).

Para determinar la especificación del modelo hedónico, los precios de los inmuebles se contrastaron con las variables inmobiliarias (no industriales) y con determinadas combinaciones de las variables de las instalaciones (industriales). No fue posible incluir todas las variables de instalaciones en el modelo debido a la preocupación por la multicolinealidad. La elección final de las variables de las instalaciones en la especificación implicó la consideración de si la variable representaba probablemente una preocupación de amenidad o una preocupación de salud. Después de muchas pruebas, se eligieron dos especificaciones de riesgo para la salud y dos especificaciones de amenidad. El primer modelo de riesgo para la salud (H1) incluía las dos variables de índice, EPZINDEX y BATINDEX, y una variable de proximidad, NEAREST. El segundo modelo de riesgo para la salud (H2) incluía tres variables de frecuencia, FLARING, NEPZWELL y NEPZPIPE. Ambas especificaciones de amenidad incluían variables de frecuencia; la primera (A1) se centraba en los dos tipos de pozos (SOURWELL y SWEETWELL) y la segunda (A2) utilizaba el número total de pozos y tuberías (ALLWELL y ALLPIPE).

La tercera cuestión se refiere al tratamiento de las dependencias espaciales y a si las consideraciones espaciales deben tenerse en cuenta formalmente en la estructura de errores del modelo. Las dependencias espaciales afectan a los estudios hedónicos, ya sea por las relaciones estructurales entre las observaciones (dependencia retardada) o por la omisión de variables explicativas correlacionadas espacialmente que afectan a la dependencia espacial entre los términos de error. Los investigadores han demostrado la importancia de tener en cuenta las dependencias espaciales en las aplicaciones hedónicas (por ejemplo, dependencias espaciales retardadas (Can y Megbolugbe, 1997; Gawande y Jenkins-Smith, 2001) y errores espacialmente autocorrelacionados (Bell y Bockstael, 2000; Leggett y Bockstael, 2000)).

Anselin (1988) describe modelos de regresión espacial que intentan incorporar estos efectos. La dependencia espacial puede incorporarse mediante un modelo de retardo espacial que se define en la siguiente ecuación utilizando la forma funcional log doble:

$$\ln Y = a + \beta_1 W + \beta_2 \ln X + \beta_3 dX + u \quad (1)$$

⁹ El proceso de la segunda etapa está plagado de problemas de endogeneidad e identificación que, a pesar de

los considerables esfuerzos e ingenio (véase [Taylor, 2003](#)), han llevado al menos a un grupo de analistas a concluir que el método aún no se ha utilizado con éxito para estimar las funciones de disposición a pagar ([Deacon et al., 1998](#)).

En esta ecuación, Y representa los precios de los inmuebles, X_c son los atributos de los inmuebles medidos de forma continua y las variables de la industria, d es el vector de desplazamientos de intercepción que corresponden a los atributos medidos mediante variables ficticias X_d , y $u \sim N(0, V)$. El efecto del desfase espacial se evalúa mediante el parámetro ρ y una matriz de ponderación espacial W , que define las relaciones espaciales entre los precios de los inmuebles. Alternativamente, el modelo de error espacial sugerido por Anselin (1988) con la forma funcional logarítmica doble se define por:

$$\ln Y = \alpha + \beta \ln X_c + \rho \ln X_d + e \quad (2)$$

$$e = \lambda W e + u \quad (3)$$

Este modelo incluye una perturbación normal $u \sim N(0, V)$, una matriz de ponderación espacial (W) y un coeficiente (λ) para la estructura autorregresiva espacial de la perturbación (e). Un valor λ distinto de cero representa la presencia de errores espaciales y, si están presentes, las estimaciones OLS serán insesgadas pero ineficientes.

Dado que los datos analizados en este estudio eran de naturaleza espacial, se examinaron estas cuestiones espaciales. Un elemento clave de este enfoque es la determinación de la "matriz de ponderación espacial", que implica la selección de las propiedades que se encuentran dentro de un determinado rango o distancia de la propiedad dada y la determinación del peso relativo de cada una sobre la propiedad de interés. Guiados por diversas especificaciones en la literatura hedónica espacial (por ejemplo, Bell y Bockstael, 2000) se examinaron varias especificaciones de la matriz de ponderación. Se eligió como matriz de ponderación espacial una matriz de las distancias inversas entre propiedades ($1/d_{ij}$) en un radio de 4 km, en la que los elementos diagonales contienen valores cero:

$$W = \frac{1}{d} = \begin{bmatrix} 0 & & & \\ \frac{1}{d_{1;2}} & 0 & & \\ & \frac{1}{d_{1;3}} & \frac{1}{d_{2;3}} & \\ & \vdots & & \ddots \\ \frac{1}{d_{1;N}} & \dots & \dots & \frac{1}{d_{N-1;N}} & 0 \end{bmatrix}$$

Se examinaron las especificaciones que utilizaban distancias de 1, 2, 10 km; se probó la forma $(1/d)$ y se examinaron las matrices de pesos que producían una estructura reticular al incluir sólo los 2, 3 de 5 los vecinos más cercanos. Aunque estas diversas especificaciones no produjeron resultados apreciablemente diferentes de los que se presentan aquí, intuitivamente se consideró que las propiedades más alejadas deberían tener un peso menor debido al mínimo impacto que podrían tener unas sobre otras. Por lo tanto, se prefirieron las especificaciones de distancia en lugar de la estructura reticular. Se eligió la distancia de 4 km porque el límite de 1 km (especialmente) parece bastante ajustado para estos datos y también porque coincide con el límite de 4 km utilizado para estudiar los impactos de las instalaciones.

Un investigador debe seleccionar un modelo autorregresivo espacial comprobando la presencia de un desfase espacial (ρ) o el error espacial (λ) mediante diversas pruebas estadísticas. Además de las pruebas estándar del multiplicador de Lagrange (LM), las pruebas robustas de LM y las pruebas de Kelejian y Robinson (1999) se realizan a menudo para proporcionar

pruebas adicionales de la estructura de error espacial. La prueba de Moran puede utilizarse como prueba general de mala especificación del modelo cuando se considera la presencia de efectos espaciales. La prueba de Kelejian y Robinson está diseñada para

el mismo propósito con las características adicionales de ser robusto a la no normalidad de los términos de error y a la estructura no lineal en la ecuación de precios. Aunque es posible que las pruebas independientes sugieran que tanto un modelo de retardo como uno de error son apropiados, Anselin y Florax (1995) sugieren que la comparación de la significación estadística de las pruebas LM y de las pruebas LM robustas identificará la especificación superior para capturar la dependencia espacial.

Los resultados que se presentan a continuación corresponden a modelos elegidos en función del ajuste global y la significación estadística de los parámetros individuales. Debido al número de variables evaluadas en este estudio, y a que los parámetros de las características del inmueble son de interés secundario y no son sensibles a la inclusión de las variables de las instalaciones, presentamos los parámetros de las características del inmueble y de las variables de las instalaciones por separado para facilitar la presentación.

5. Resultados y discusión

5.1. Características de la propiedad (no industrial)

La [tabla](#) presenta las estimaciones de los parámetros 3OLS para las características de la propiedad no industrial asociadas a la residencia recogidas en los formularios estándar del Servicio de Listado Múltiple de Inmuebles. Las características que tienen coeficientes significativos son la EDAD, la SUPERFICIE, el número de dormitorios (BEDRM), el número de baños (BATH), la presencia de una cubierta (DECK), el número de plazas de garaje (NGARAGE), el tamaño de la propiedad (ACRES), una vista de las montañas (VMTN), la distancia a la ciudad de Calgary (CALGARY), el precio medio mensual ajustado a la inflación de la propiedad residencial en Calgary (RAVP) y el distrito municipal de Rocky View (ROCKY) y el condado de Mountain View (MOUNTAIN). Dado que las variables ficticias del gobierno local no son significativamente diferentes entre sí en cualquiera de los tres modelos de [la tabla](#) (pruebas 3F; $P > 0,30$), existe una diferencia significativa de precios entre propiedades similares en estas dos jurisdicciones y los del distrito municipal de Foothills.

Todos los signos de los parámetros son los esperados. Por ejemplo, cuanto mayor es la superficie de la residencia, mayor es su precio. Asimismo, los impactos marginales de estas variables sobre el precio parecen razonables (véase el Apéndice A). Obsérvese que el impacto de un dormitorio añadido es negativo, pero eso refleja que la superficie (y el número de baños) de la casa siguen siendo los mismos. Es decir, un dormitorio más se "mete" en una casa de tamaño medio. También se calcularon *ratios t* robustos debido a la presencia de heteroscedasticidad indicada por [la](#) prueba de Breusch-Pagan³. La significación estadística de ninguna variable cambió como resultado de la utilización de los *cocientes t* robustos.

A continuación, el modelo de características de la propiedad se sometió a un ajuste espacial y a nuevas pruebas estadísticas. Los resultados apoyaron el uso del modelo de error espacial sobre el retardo espacial. La inclusión de las variables ficticias de jurisdicción (ROCKY y MOUNTAIN) eliminó la evidencia del retraso espacial. Sin embargo, el parámetro de error espacial resultó ser positivo y significativo al nivel del 1% ([Tabla 3](#); última columna). Al ajustar el término de error, los parámetros de las variables de propiedad no cambiaron de forma apreciable, excepto MUNWTR, que

resultó ser estadísticamente significativo en los resultados espaciales, pero no en los no espaciales.

Tabla 3

Resultados de la regresión del modelo hedónico de las características de los inmuebles sobre los precios

Características no industriales	OLS (<i>ratio t</i>)	OLS (<i>ratio t</i> robusto)	Error espacial (<i>ratio t</i>)
INTERCEPT	1.1650 (1.1345)	1.1650 (1.1399)	0.1246 (0.1391)
ln(EDAD)	0.0178 (1.2401)	-0.0178 (2.3972)	0.0185 (2.4734)
ln(ÁREA)	0.3884 (17,0194)	0.3884 (14,0514)	0.3518 (16,2612)
ln(BEDRM)	0.1010 (4.- 9116)	0.1010 (4.- 6536)	0.0765 (4.- 1461)
ln(BATHRM)	0.0752 (4,0596)	0.0752 (3,5506)	0.0744 (4,4419)
NOBASEMENT	0.0314 (0.7735-)	0.0314 (0.- 7437)	0.0529 (- 1.4364)
CUBIERTA	0.0324 (2,5111)	0.0324 (2,4305)	0.0296 (2,4944)
ln(NGARAGE)	0.0789 (5,3260)	0.0789 (4,7299)	0.0804 (5,7397)
ln(ACRES)	0.0922 (10,4423)	0.0922 (10,1550)	0.0917 (10,1486)
VMTN	0.0279 (2.2501)	0.0279 (2.1973)	0.0276 (2.2475)
MUNWTR	0.0812	0.0812 (1.9115)	0.0946 (2.1911)
ln(CALGARY)	-0.1744 (8,0164)	0.1744 (7,4646)	0.1734 (5,8598)
ln(RAVP)	1.0296 (11,8386)	1.0296 (11,9227)	0.9553 (11,7621)
ROCKY	0.1015 (7.4950-)	0.1015 (7.- 5967)	0.0983 (5.- 0629)
MONTAÑA	0.1183 (3.3462-)	0.1183 (3.- 1067)	0.1119 (2.- 4953)
I			0.4239 (7.6757)
<i>R</i> ajustada ^{2b}	0.6739		0.6811
Número de condición de multicolinealidad	2.7361		
Prueba de normalidad de Jarque-Bera	0.1738		
Valor <i>P</i>	0.9167		
Prueba de Breusch-Pagan para la heteroscedasticidad	26.0762		
Valor <i>P</i>	0.0253		

^a Las estimaciones de los parámetros en negrita indican la significación al nivel del 5% para una prueba de dos colas.

^b La R^2 indicada para el modelo de error espacial es la correlación al cuadrado entre los valores predichos y los valores reales de la variable dependiente.

5.2. Características de las instalaciones (industriales)

Una vez elegido un conjunto "básico" de características de los inmuebles, se añadieron al modelo hedónico combinaciones de variables de las instalaciones para llegar a los resultados presentados en el cuadro 4. Las variables inmobiliarias del cuadro 3 se incluyeron en estos modelos, pero como los coeficientes asociados no son sustancialmente diferentes cuando se incluyen las características del establecimiento, no se presentan los coeficientes de estas variables.

Las combinaciones de características de las instalaciones en cada modelo de la tabla se eligieron teniendo en cuenta las correlaciones entre las variables de las instalaciones y si las combinaciones representaban efectos de peligro percibido o de amenidad. Los estadísticos *I* de Moran significativos apoyan la consideración de las dependencias espaciales. Por lo tanto, todos estos modelos se ajustaron espacialmente. Aunque se emplearon ambas pruebas espaciales, los diagnósticos de regresión siguieron sugiriendo que, cuando se añadieron las características de la industria, los efectos de error espacial estaban presentes en los datos, tal y como muestran las pruebas LM y sus contrapartidas robustas indicadas en la parte inferior de la Tabla 4. En cada caso, las pruebas sugieren que se elija la especificación de error espacial en lugar del retardo espacial, ya que los estadísticos LM asociados para los modelos de error espacial eran mayores y más significativos estadísticamente que los de los modelos de retardo espacial. Los estadísticos significativos de Kelejian-Robinson también apoyan el uso de la especificación

de error espacial. La superioridad del modelo de error espacial se mantiene en todas las especificaciones de riesgo y de gravedad que se presentan a continuación.

Tabla 4

Modelos hedónicos de error espacial para los efectos de las instalaciones de petróleo y gas en los precios de la propiedad^a

Variables de	la industria	Peligro	H1 (ratio <i>t</i>)	Peligro H2 (ratio <i>t</i>)	Amenidad A1 (ratio <i>t</i>)
Amenidad A2 (ratio <i>t</i>)	ln(EPZINDEX)		0.0182 ^b (- 2.5483)		
ln(BATINDEX)	0.0113(- 2.6011)				
ln(CERCA)	0.0036(- 0.1560)				
ln(FLARING)		0.0541(- 2.6715)			
ln(NEPZWELL)		0.0253(- 1.5327)			
ln(NEPZPIPE)		0.0319(- 2.9037)			
ln(SOURWELL)				0.0311(- 3.2963)	
ln(SWEETWELL)				0.0181(- 1.5930)	
ln(ALLWELL)					0.0410(- 3.6722)
ln(ALLPIPE)					0.0104 (1.0933)
I	0.3889 (6.7782)	0.3920 (6.8531)	0.3577 (6.0409)	0.3655 (6.2195)	
R² (Buse)^c	0.9672	0.9678	0.9613	0.9629	
Prueba I de Moran	7.3166	7.7614	6.8661	7.0791	
Valor <i>P</i>	[0.0000]	[0.0000]	[0.0000]	[0.0000]	
Prueba LM (error)	43.5302	49.3745	38.7233	41.3565	
Valor <i>P</i>	[0.0000]	[0.0000]	[0.0000]	[0.0000]	
Prueba LM robusta (error)	42.2604	47.9214	37.5261	39.9373	
Valor <i>P</i>	[0.0000]	[0.0000]	[0.0000]	[0.0000]	
Kelejian-Robinson (error)	121.2155	162.6337	190.1173	208.3861	
Valor <i>P</i>	[0.0000]	[0.0000]	[0.0000]	[0.0000]	
Prueba LM (retraso)	4.6055	5.0801	4.6081	5.9726	
Valor <i>P</i>	[0.0318]	[0.0242]	[0.0318]	[0.0145]	
Prueba LM robusta (retraso)	3.3357	3.6274	3.4109	4.5534	
Valor <i>P</i>	[0.0678]	[0.0568]	[0.0648]	[0.0329]	

^a En esta tabla no figuran los coeficientes de las características de los inmuebles que se encuentran en la tabla y que3 también se incluyeron en cada modelo estimado.

^b Las estimaciones de los parámetros en negrita indican la significación al nivel del 5% para una prueba de dos colas.

^c La *R*² reportada para el modelo de error espacial es la medida *R*² ajustada por errores no esféricos (Buse,1973).

Se realizaron pruebas de especificación adicionales en los modelos de instalaciones de petróleo y gas y los resultados se presentan en el cuadro 5. En primer lugar, se realizaron las pruebas LM ideadas por Baltagi y Li (2001) para comprobar simultáneamente la forma funcional y el error espacial. La especificación log-log en presencia de errores espaciales se vio respaldada por la insignificancia de los resultados de las pruebas (Tabla 5). En segundo lugar, se examinó el problema de la heteroscedasticidad mediante las pruebas de Breusch-Pagan. Los estadísticos resultantes sugieren que este problema puede estar presente, pero ninguno de los estadísticos fue significativo al nivel del 5%. El estadístico para el modelo H1 mostró el nivel de significación más cercano al nivel del 5%.

El modelo de riesgo H1 de la Tabla 4 incluye el EPZINDEX para pozos y tuberías, el volumen anual de gas quemado de las baterías vecinas (BATINDEX) y la distancia a la planta de gas amargo en funcionamiento más cercana (NEAREST). Tanto el EPZINDEX

Tabla 5

Pruebas de especificación de los modelos hedónicos de error espacial para los efectos de las instalaciones de petróleo y gas en los precios de la propiedad

	Modelos			
	H1	H2	A1	A2
Prueba del modelo logarítmico y del error espacial Prueba LM ^a	0.2544	0.6851	0.5825	0.4497
Valor P	[0.6139]	[0.4078]	[0.4453]	[0.5024]
Prueba de heteroscedasticidad				
Prueba espacial de Breusch-Pagan	26.4089	24.9566	22.6888	23.5729
Valor P	[0.0673]	[0.0956]	[0.1223]	[0.0992]

^a Se utilizaron las pruebas LM de Baltagi y Li (2001) para probar la nulidad del modelo de doble logaritmo condicionado a la presencia de una estructura de error espacial.

fueron negativos y estadísticamente significativos, mientras que NEAREST tiene una influencia negativa en el valor de la propiedad, como se esperaba, pero fue estadísticamente insignificante. La insignificancia del coeficiente NEAREST puede — deberse en parte a la correlación 0.51, relativamente alta con EPZINDEX y al hecho de que las observaciones de las plantas cercanas, y por tanto más probablemente afectadas, también estarán en zonas EPZ. El modelo de riesgo H2 incluía el número de ZPE de pozos y tuberías que afectaban a la propiedad (NEPZWELL y NEPZPIPE) y el número de baterías de combustión en un radio de km4 (FLARING). Los tres parámetros fueron negativos y los de NEPZPIPE y FLARING son significativos, lo que sugiere que estas instalaciones redujeron los precios de las propiedades de acuerdo con las expectativas. Sin embargo, el número de ZPE de pozos no fue estadísticamente significativo, lo que puede explicarse por el reducido número de propiedades (98) en la muestra afectada por las ZPE de los pozos (Tabla 2).

Los modelos de amenidad se concentraron en el número y la proximidad de las instalaciones más que en su contenido de gas amargo. El número de pozos amargos y dulces en un radio de 4 km de cada propiedad (SOURWELL y SWEETWELL) se incorporó al modelo de amenidad A1. Los gasoductos, que son menos llamativos, no se tuvieron en cuenta. Los coeficientes de las dos variables de pozos son negativos, pero el del número de pozos amargos fue significativo al 5%, mientras que el del número de pozos dulces sólo lo fue al 15%. El efecto marginal de los pozos amargos sobre los precios es casi dos veces mayor que el de los pozos dulces. Dado que no se puede separar el efecto de peligro de los pozos amargos de su impacto en la amenidad, cabe esperar un mayor impacto de los pozos amargos. El modelo de amenidad A2 dividió las instalaciones en el número total de pozos (tanto agrios como dulces juntos, ALLWELL) y el número total de tuberías agrias (ALLPIPE). (Los resultados sugieren que es el número total de pozos, pero no el número de gasoductos agrios, el que tiene un impacto negativo significativo en los precios de la propiedad.

También se estimaron diversos modelos no comunicados. El patrón general de los resultados en estos es similar a los descritos anteriormente, pero algunos resultados merecen ser señalados. En numerosos casos (diversas especificaciones y con algunas variaciones en los datos), los coeficientes de los pozos dulces y agrios fueron significativamente negativos. Además, el coeficiente de los pozos dulces era normalmente inferior o, como mucho, igual al de los pozos amargos, lo que sugiere una penalización añadida para los pozos amargos. Se intentó evaluar la proximidad a los

Cuadro 6

Efectos marginales y medios de la presencia de las variables de las instalaciones de petróleo y gas en el precio medio de la propiedad

Variable de la instalación medio de la	Nivel variable en la muestra (S.D.)	Efecto del precio de 0 a la primera unidad de la variable	Efecto del precio a0 partir del nivel medio de la variable	Efecto marginal en el nivel medio de la variable
EPZINDEX** 263.13)	6.83 (12.29)	-3647.61	10698.29- (-15470.56) ^a	676.10- (-
BATINDEX** 11.05)	49.91 (246.83)	-2271.38	12645.85- (-18147.92)	64.62- (-
LO MÁS CERCANO A 3263.85)	61.94- (-43.86)	16.73 (7.01)	-717.42	2904.84- (-
FLARING** 7282.91)	0.31 (0.85)	-10702.70	4174.46- (-11867.57)	12042.53- (-
NEPZWELL 2000.53)	0.61 (2.06)	-5044.35	3487.41- (-9389.53)	4552.22- (-
NEPZPIPE** 2166.31)	1.25 (2.03)	-6350.31	7399.44- (-13152.57)	4124.28- (-
SOURWELL** 1177.98)	1.94 (3.43)	-6206.40	12805.28- (-17881.68)	2129.64- (-
SWEETWELL 825.92)	3.25 (3.43)	-3621.51	5614.59- (-9570.23)	1788.38- (-
ALLWELL** 1067.51)	5.19 (4.98)	-8148.20	20942.20- (-27394.35)	1926.27- (-
ALLPIPE11.31			(9,22)2110.787718.81	
	(9465,22)246.40(140,88)			

(**) Se refiere a si la variable de facilidad es significativa al nivel del 5%.

^a Todos los efectos se indican en dólares canadienses 2001. Los números entre paréntesis para los efectos se refieren al efecto con una desviación estándar añadida.

los que se encuentran en anillos concéntricos sucesivos de un kilómetro en la propiedad (es decir, menos de km1, 1- 2 km, etc., hasta 4 km) y empleando procedimientos econométricos similares a los utilizados por Palmquist et al. (1997) en su análisis del efecto de las operaciones porcinas en el valor de la propiedad.¹⁰ Aparte de revelar que los pozos situados a menos de un kilómetro tenían el mayor impacto en el precio, los demás coeficientes no demostraron un efecto consistentemente decreciente. La información sobre si las instalaciones eran anteriores a nuestro periodo de estudio o si se construyeron después de 1993 proporcionó algunos datos interesantes. La edad de los pozos no importaba. Sin embargo, los oleoductos "nuevos" posteriores a 1993 solían tener un efecto negativo significativo en el precio; quizá porque la perturbación de su construcción era aún más claramente visible.

5.3. Los impactos marginales de las instalaciones de la industria

La tabla presenta6 los efectos marginales del precio de venta de las características de las instalaciones de petróleo y gas sobre el precio de la propiedad media en la base de datos de varias maneras. En primer lugar, el efecto marginal de a0 representa1 el impacto de la introducción de la primera unidad de una instalación típica en el precio de la propiedad media. En segundo lugar, el efecto a nivel medio se refiere a los efectos de la presencia de instalaciones a nivel medio para ese tipo de instalación en la muestra. Por último, el efecto marginal en la media de la variable se refiere al impacto de una unidad adicional de una instalación dado que la propiedad media ya está afectada por las

instalaciones existentes del tipo considerado. Para mostrar la pauta en un rango más amplio, los efectos de precio y marginales se presentan también en la media más una desviación estándar. Los efectos del precio en la Tabla 6 indican que la proximidad y los volúmenes de las ZPE y las baterías de combustión de gas, medidos por las dos variables de índice EPZINDEX y BATINDEX, tienen efectos negativos significativos en el valor de las propiedades. EPZINDEX, que se refiere a una suma ponderada de todos los tamaños de las ZPE que se superponen a las propiedades, tiene un efecto de primera unidad de **-3647.61 dólares** y un efecto total de

¹⁰ Como nuestros datos no incluían las instalaciones situadas a más de 4 km de una propiedad, no fue posible explorar los posibles impactos de las instalaciones más lejanas.

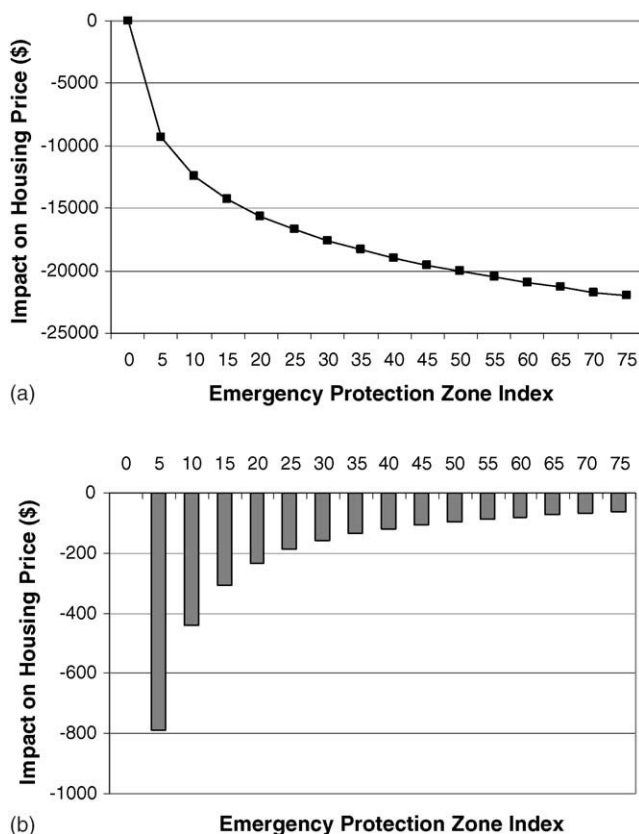


Fig. Los 2.efectos del aumento de la exposición de las propiedades residenciales rurales a los peligros del gas ácido, medidos por el índice de zonas de planificación de emergencias (EPZINDEX); (a) presenta los efectos acumulativos de las adiciones al índice y (b) presenta los efectos marginales de los aumentos del índice.

El efecto marginal sobre el precio disminuye de 364,61 a 676,10 dólares en el nivel medio y a 263,13 dólares en el nivel medio más una desviación estándar (19,12). El efecto marginal sobre el precio disminuye de 3647,61 a 676,10 dólares en la media y a 263,13 dólares en el nivel medio más una desviación estándar (19,12). La Fig. 2 ilustra aún más el efecto decreciente de los incrementos adicionales del EPZINDEX. La Fig. 2a muestra el efecto total sobre el precio de la propiedad media a medida que aumentan los niveles del EPZINDEX y la Fig. 2b muestra los valores marginales en los diferentes niveles. Se puede llegar a una conclusión similar para el índice de batería de combustión (BATINDEX, que representa la suma ponderada del volumen anual de gas de solución quemado en unidades de m^3) y para el que se encuentra un patrón similar. El impacto de la primera unidad es de 2271,38 dólares, el efecto del nivel medio es de 12.645,85 dólares (lo que supone un descenso de aproximadamente el 4,3% del precio medio) y el valor marginal en la media es de 64,62 dólares.

El modelo de riesgo H2 arroja resultados similares a los de los dos índices anteriores. La presencia de la primera batería de antorchas en un radio de km4 (FLARING) provoca un descenso de -10.702,70 dólares de precio. Este es el valor marginal más alto de la primera unidad entre las 10 variables de las instalaciones examinadas en el cuadro 6. En el valor medio

más una desviación estándar de

FLARING (1,16 pilas), el impacto total a nivel — es de 11.867 dólares y el efecto marginal es de —\$7283. El número de zonas francas industriales (NEPZPIPE) tiene un efecto de primera unidad en el valor de —6.350,31 dólares y el efecto del precio en el nivel medio (1,25 zonas francas) es de 7.399 dólares. En el nivel medio, el impacto marginal disminuye a 4.124 dólares. Ambos modelos de riesgo indican que la presencia de instalaciones de petróleo y gas causa efectos negativos significativos en los valores de las propiedades en la proximidad de las instalaciones examinadas.

En cuanto a las variables de equipamiento, los efectos marginales de la presencia de pozos en el precio son igualmente negativos. Los pozos amargos (SOURWELL) tienen un impacto mucho mayor que los pozos dulces (y recuérdese que el parámetro de los pozos dulces sólo era significativo al nivel del 15%). Sin embargo, los efectos combinados de los pozos amargos y dulces (ALLWELL) también son negativos y de mayor magnitud (Tabla 4). La introducción de un pozo de gas amargo reduce el precio en 6.206 dólares, mientras que la reducción en la media de 1,94 pozos asciende a 12.805 dólares y la reducción cuando se aumenta el número hasta la media más una desviación estándar (5,37 pozos) es de 17.882 dólares. Los efectos marginales de la adición de pozos agrios descienden rápidamente, de 6.206 dólares para el primer pozo, a —\$129,64 con el número medio de pozos, y a \$1178 con la media más un S.D. de pozos 5.37. Estos efectos se ilustran con más detalle en las Fig.3 a y b. Los efectos combinados de ambos

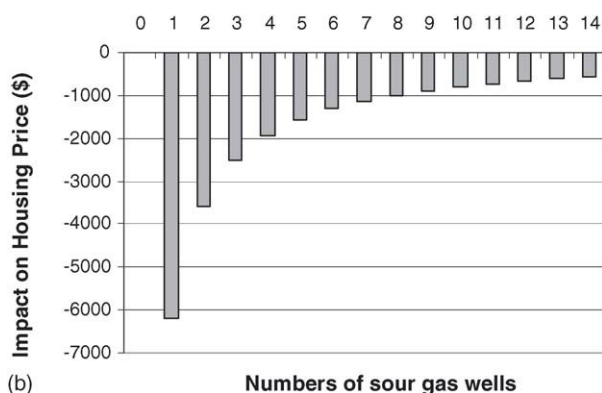
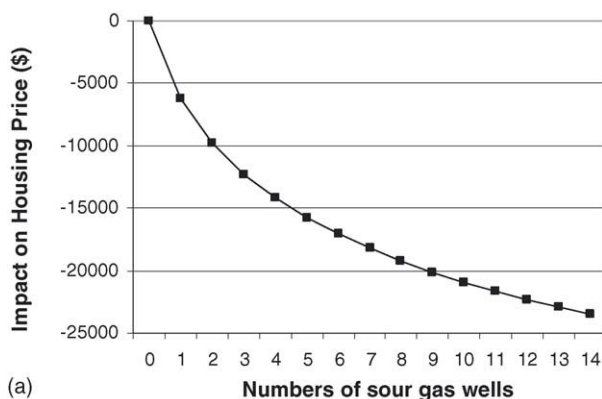


Fig. 3. Efectos del aumento del número de pozos de gas ácido en un radio de 4 km sobre los precios medios de las propiedades residenciales rurales en Alberta; (a) presenta los efectos acumulativos de los pozos adicionales y (b) presenta los efectos marginales.

Los pozos amargos y dulces también son negativos. El número total de pozos (ALLWELL) es más influyente, con un efecto de primera unidad de 8148,20 dólares y un efecto medio (en pozos 5.19) de -20.942,20 dólares, lo que representa aproximadamente el 7% del valor medio de la propiedad.

Se pueden emplear los parámetros del modelo de amenidad para hacer algunas estimaciones del efecto de peligro de los pozos con H_2S presentes, independientemente de los efectos de amenidad. Los pozos amargos tienen tanto un impacto de amenidad como un impacto de peligro, mientras que los pozos dulces probablemente sólo tienen un efecto de amenidad en los valores de la propiedad. Aunque la magnitud del peligro no se mide con la variable SOURWELL, se sabe que estos pozos tienen presencia de H_2S y, por tanto, presentan algún riesgo para la salud. Del mismo modo, ALLWELL tiene un componente de pozo ácido y, por tanto, un cierto riesgo asociado. Aceptar la estimación del parámetro SWEETWELL como una aproximación válida de la magnitud del impacto de la presencia de pozos sin riesgo de H_2S en los precios de las propiedades, aunque sea significativa sólo al nivel del 15 por ciento, permite atribuir la diferencia entre eso y el efecto de los pozos agrios causado por la presencia de H_2S . Por ejemplo, el primer pozo dulce reduce el valor medio de la propiedad en 3621 dólares, mientras que el primer pozo amargo reduce el valor en

\$6206. Estas cantidades implican un coste adicional para el pozo de gas amargo de 2585 dólares. El parámetro ALLWELL implica un coste algo mayor por pozo; 8.148 dólares para el primer pozo, que sería una combinación (0,373:0,626) de dulce a ácido. Extrapolando esta estimación, el coste adicional de que el pozo inicial sea agrio en lugar de dulce es de 4006 dólares. Con el número medio de 5,19 pozos, si todos fueran amargos, el valor de mercado de la propiedad media se reduciría en

14.507 dólares, mientras que si todos esos pozos fueran dulces, la reducción sería de 8533 dólares. El efecto adicional del gas ácido es de 5974 dólares. Del mismo modo, si se utiliza el parámetro ALLWELL, la estimación del impacto adicional en el precio debido a la presencia de gas ácido es de 9359 dólares. Por lo tanto, parece que los compradores de inmuebles descartan las propiedades cercanas a pozos de petróleo y gas, e incluso cuando se basan en variables que no tienen en cuenta específicamente los riesgos para la salud, parece que descartan en mayor medida aquellas que presentan un riesgo para la salud debido al gas ácido.

6. Conclusiones

Los resultados de este análisis sugieren claramente que la presencia de instalaciones de petróleo y gas puede tener importantes repercusiones negativas en los valores de las propiedades residenciales rurales vecinas. Estos resultados contrastan con los de anteriores informes de consultoría que abordaban esta cuestión en el contexto de Alberta. Sin embargo, teniendo en cuenta los datos relativamente amplios (aunque hay que admitir que no son ideales) y el uso de metodologías actuales -en concreto, un modelo hedónico de doble logaritmo con ajuste de error espacial-, además de lo razonable de las magnitudes y el comportamiento de las estimaciones, tenemos confianza en los resultados presentados.

Las medidas de los atributos de peligro y de (des)amenidad resultaron tener efectos negativos en el valor de las propiedades. Las características de peligro incluían índices de volumen de gas peligroso o medidas del número de zonas peligrosas. Las medidas de

ambos tipos tenían coeficientes significativos. Las medidas de número de pozos o el número de pozos y tuberías fueron variables en los modelos de amenidad. Se comprobó que la presencia de pozos, especialmente de gas ácido, deprimía los valores de las propiedades, pero la variable del número de tuberías que transportan gas ácido no tenía un coeficiente significativo. En el nivel medio de instalaciones de la industria en un radio de 4 km, se estima que los valores inmobiliarios se reducen entre y4 por ciento⁸. El impacto puede ser fácilmente el doble, dependiendo del nivel y la composición de las actividades industriales cercanas, por ejemplo

Hasta donde sabemos, éste es el primer estudio académico sobre las implicaciones de las instalaciones de producción de petróleo y gas en el valor de la propiedad. Aunque, naturalmente, los resultados deben considerarse con cierta cautela (y esperar a que se realicen más investigaciones para confirmarlos, perfeccionarlos o refutarlos), son ampliamente coherentes con los estudios sobre las repercusiones de otras industrias que tienen influencias potencialmente perjudiciales en el uso y disfrute de la propiedad. Por ello, creemos que los impactos que implica este análisis y las estimaciones derivadas serán de interés y potencialmente valiosas para los residentes, las empresas, la industria del petróleo y el gas y los reguladores. Por ejemplo, las estimaciones indican que existen consecuencias económicas negativas relacionadas con la proximidad a ciertos tipos de instalaciones industriales (pero no a todas) y esta evidencia puede ayudar a todos a comprender mejor las razones económicas que subyacen a las preocupaciones y desacuerdos. Además, este trabajo puede ayudar a todos los actores a tomar mejores decisiones sobre el emplazamiento y a los reguladores, en particular, a mediar en las disputas y a evaluar los méritos para la compensación en caso de que se introduzca una instalación cerca de una propiedad residencial rural existente.

Los autores agradecen la contribución del Alberta Energy Utilities Board en la elaboración de los conjuntos de datos utilizados en este estudio, así como los comentarios de un árbitro anónimo. Se agradece a Terry Molik, Kevin Johnson, Elaine Smith y Michael Fajda, de la EUB, y a Rastislav Elgr su inestimable ayuda.

Efectos del precio marginal de los atributos de la propiedad

Efectos del precio marginal de los atributos de la propiedad							
	Marginal	Nombre	Media	Def. Mínima	Máxima	95%C.I.	95%C.I.
					valores a la media	límite superior ^a	de la frontera inferior ^a
EDAD**	10.48	7.94	1.00	99.00	-514.27	-106.75	-921.80
							ÁREA**
	176.31	63.06	73.10	546.20	579.87	649.77	509.98
BED**	2.91	0.84	1.00	8.00	7633.09	-4024.65	-11241.52
							BAÑOS**
	2.25	0.75	1.00	0095	91.16	13823.27	5359.05
NOBASEMENT	0.02	0.15	0.00	1.00	-15376.16		
					DECK**		
		0.67	0.47	0.00	1.00	8602.33	
							GARAJE**
	2.18	1.09	0.00	0.07	342.97	9850.44	4835.49
							ACRES**
	7.15	6.44	1.00	0.04	0.03	727.00	446.80
					3007.21		
					VMTN**		

Referencias

- Consejo de Energía y Servicios Públicos de Alberta (Alberta EUB), 2003. Nature of local benefits to communities impacted by sour gas development, public safety and sour gas recommendation 79. Informe final del Comité Directivo de las partes interesadas de la I-79, septiembre.
- Anselin, L., 1988. *Spatial Econometrics: Methods and Models*. Kluwer, Dordrecht.
- Anselin, L., Florax, R.J.G.M., Small, 1995. sample properties of tests for spatial dependence in regression models. En: Anselin, L., Florax, R.J.G.M. (Eds.), *New Directions in Spatial Econometrics*. Springer, Berlin.
- Antweiler W., Frank M.Z., ¿Es 2002.toda esa charla sólo ruido? The information content of Internet stock message boards. Universidad de Columbia Británica. Documento de trabajo.
- Baltagi, B.H., Li, D., 2001. Pruebas LM para la forma funcional y la correlación de errores espaciales. *International Regional Science Review* 194-22524,.
- Bell, K.P., Bockstael, N.E., Applying 2000. the generalized-moments estimation approach to spatial problems involving microlevel data. *Review of Economics and Statistics* 72-82.82,
- Buse, A., Goodness-of-fit 1973. in generalized least squares estimation. *The American Statistician* 106- 27,108.
- Can, A., Megbolugbe, I., Spatial 1997. dependence and house price index construction. *Journal of Real Estate Finance and Economics* 203-22214,.
- Cropper, M.L., Deck, L.B., McConnell, K.E., On 1988. the choice of functional form for hedonic price functions. *Revista de Economía y Estadística* 668-67570,.
- Deacon, R.T., Brookshire, D.S., Fisher, A.C., Kneese, A.V., Kolstad, C.T., Scrogin, D., Smith, V.K., Ward, M., Wilen, J., Research 1998. trends and opportunities in environmental and natural resource economics. *Environmental and Resource Economics* 383-39711,.
- Deloitte, Haskins, Sells, The 1988. effect of sour gas facilities on property values in the Crossfield, Okotoks and Pincher Creek Regions of Alberta. Informe preparado para Shell Canada, pp59.
- Flower, P.C., Ragas, W.R., 1994. The effects of refineries on neighborhood property values. *Journal of Real Estate Research* 319-3389,.
- Gawande, K., Jenkins-Smith, H., 2001. Nuclear waste transport and residential property values: estimating the effects of perceived risks. *Journal of Environmental Economics and Management* 207-233.42,
- Gephart, R., Medidas peligrosas 1997.: un análisis textual interpretativo de la toma de conciencia cuantitativa durante las crisis. *Journal of Organizational Behaviour* 583-62218,.
- Hamilton, S.W., Schwann, G.M., ¿Afectan las líneas de transmisión eléctrica de 1995. alta tensión al valor de la propiedad? *Land Economics* 436-44471,.
- Jacoby, H.G., Productividad 1992. de hombres y mujeres y la división sexual del trabajo en la agricultura campesina de la sierra peruana. *Journal of Development Economics* 265-28737,.
- Leggett, C.G., Bockstael, N.E., Evidence 2000. of the effects of water quality on residential land prices. *Journal of Environmental Economics and Management* 121-144.39,
- Lore, J. y Associates Ltd., The 1988. effect of sour gas facilities on land values in West Central Alberta. Informe preparado para Shell Canada, pp19.
- MacCurdy, T.E., Pencavel, J.H., Pruebas 1986. entre modelos competitivos de determinación de salarios y empleo en mercados sindicalizados. *Journal of Political Economy* S3-S3994,.
- Marr-Laing, T., Severson-Baker, C, Más allá del 1999. ecoterrorismo: The deeper issues affecting Alberta's oilpatch. Informe elaborado para el Pembina Institute for Appropriate Development, Drayton Valley, Alberta, pp23.
- Nikiforuk, A., 2002a. Flare up. *National Post Business Magazine* (octubre de 2002), 94-101.
- Nikiforuk, A., 2002b. Saboteadores: La guerra de Wiebo Ludwig contra las grandes petroleras. *Walter & Ross, Macfarlane*, pp296.
- Palmquist, R.B., Roka, F.M., Vukina, T., 1997. Operaciones porcinas, efectos ambientales y valores de la propiedad residencial. *Land Economics* 114-12473,.
- Petroleum Communication Foundation, Sour 2000. gas: questions and answers. *Petroleum Communication Foundation*, Calgary, Alberta, pp36.
- Provincial Advisory Committee on Public Safety and Sour Gas, Public 2000. safety and sour gas: findings and recommendations final report. *Alberta Energy and Utilities Board*, Calgary, Alberta, pp63.
- Rosen, S., Hedonic 1974. prices and implicit markets: product differentiation in pure competition. *Journal of Political Economy* 34-5582,.

Serecon Valuation and Agricultural Consulting Inc. 1997. Impacto de las instalaciones de petróleo/gas amargo en el valor de las propiedades.

Informe preparado para Shell Canada, pp14.

Taylor, L.O., El método 2003.hedónico. En: Champ, P.A., Boyle, K.J., Brown, T.C. (Eds.), A Primer on Nonmarket Valuation. Kluwer, Dordrecht, pp. 331-393.