



EL COLEGIO DE MÉXICO

CENTRO DE ESTUDIOS ECONÓMICOS

MAESTRÍA EN ECONOMÍA

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN ECONOMÍA

**TÉCNICAS DE DETECCIÓN DE COLUSIÓN
CON UNA APLICACIÓN**

BRIAN ARTURO GARCÍA CERRITEÑO

PROMOCIÓN 2016-2018

ASESOR:

DR. JAIME SEMPERE CAMPELLO

MAYO 2018

Agradecimientos

A mi familia, bastión sobre el cual siempre he podido —y siempre podré— apoyarme, y de la cual me siento profundamente agradecido de poder formar parte.

A mi madre, quién desde el día que nací me ha colmado de un amor genuino e irrestricto, y quién no me ha dejado solo ni por un instante en este azaroso camino de la vida. Me has brindado cariño, confianza y comprensión en todo momento y, aunque nunca seré capaz de agradecerte todo lo que has hecho por mí, quiero dejar constancia en este breve espacio del amor profundo que siento por ti.

A mi padre, el mejor y más claro ejemplo que tengo de que, si se quiere, siempre se puede salir adelante. Entre otras cosas, me has enseñado el verdadero significado del compromiso, el profesionalismo y la perseverancia. Pese a todo, nunca has dejado de extenderme la mano y me has dado los elementos necesarios para llegar hasta este punto. . . y aún lo sigues haciendo. Gracias por tanto.

A mi hermano Brandon, quién me ha enseñado la importancia de ser una persona auténtica y sincera. Gracias a ti, no tengo miedo de mostrarme ante los demás como soy, ni de decir lo que en verdad pienso.

A mi hermana Aline, quien me enseñó como es que una misma situación puede verse desde a través de diferentes matices y, como lo que en un principio parece un

problema, puede convertirse en una valiosa oportunidad de aprendizaje y termina ayudándonos a ser mejores.

A mis compañeros de la Maestría, de quienes me llevó muy buenas impresiones y experiencias en general y sin quienes este proceso no habría sido el mismo.

A Alejandra, porque estuviste conmigo casi desde el principio y espero que sigas conmigo mucho tiempo más. En poco tiempo te convertiste en una persona muy especial para mí, a tal grado que me es imposible concebir este periodo de tiempo sin tu presencia. Gracias por tu calidez, por tu cariño, por escucharme y, sobretodo, por darme tu apoyo sincero e incondicional.

A Jesús, a quién si bien conocí por una circunstancia trivial se ha convertido en un amigo incondicional. Siempre estuviste ahí para ayudarme bajo cualquier pretexto y aún en los peores momentos. Agradezco y reconozco tu buena voluntad, actitud e inteligencia, pues siempre tenías una respuesta para todo.

A Hiram, con quién si bien apenas pude compartir un breve tiempo en la Maestría, se hizo mi amigo desde el primer día del propedéutico y, desde entonces, se ha vuelto un gran amigo para mí.

A Cristina, mi amiga mas reciente en la Maestría y con quién, así como pude disfrutar de un tiempo de esparcimiento durante la sobremesa también pude tener una plática más seria y recibir un buen consejo.

A el Colegio de México, institución que no solo me dio la oportunidad de proseguir con mi formación académica en la Maestría, sino que además confió en mis habilidades como economista al ofrecerme mis primeras oportunidades como profesionista.

A la planta de profesores del Colegio, quienes a lo largo de estos dos años me dotaron tanto de los conocimientos teóricos como del herramental práctico para

AGRADECIMIENTOS

propulsar mi desarrollo integral como economista.

Al Dr. Jaime Sempere, a quien desde que le propuse fungir como mi asesor de tesina se caracterizó por ser una persona paciente, comprensiva y por tener una muy buena disposición para apoyarme en todo lo necesario.

Al Dr. David Cantala, mi profesor durante el curso de Microeconomía II en la Maestría. Le agradezco por haber confiado en mis capacidades académicas al permitirme ser su laboratorista durante dos semestres.

Resumen

El objetivo del presente trabajo consiste en verificar la efectividad de la técnica dada por el *screen* de varianza como herramienta de detección de prácticas colusorias. Para esto, se utiliza una extensión de los modelos tradicionales ARCH y GARCH para caracterizar el primer y el segundo momento de las series del precio a nivel nacional y estatal para el caso de colusión en el mercado mayorista del azúcar estándar en México. En general, los resultados no permiten confirmar la hipótesis de colusión, pues de forma contrastante se observa que en la mayoría de los casos la volatilidad del precio aumentó durante el periodo colusorio. Además, en ningún caso se encuentra que la colusión tuviera un impacto significativo sobre la variación en el precio. Sin embargo, lo anterior parece justificarse por las peculiaridades del acuerdo colusorio bajo análisis, en específico, por su corta duración y las dificultades encontradas para su implementación. Finalmente, se espera que con el presente trabajo se contribuya a la discusión sobre la promoción de las mejores prácticas por parte de las autoridades de competencia en su política de detección de acuerdos colusorios.

Índice general

Agradecimientos	I
Resumen	V
Introducción	1
1. Evidencia económica	5
1.1. Técnicas de detección	7
1.2. <i>Screening</i>	10
1.3. <i>Screen</i> de varianza en la literatura	14
2. Aplicación al mercado del azúcar	19
2.1. Descripción de la práctica	22
2.2. Estadísticas descriptivas	26
2.3. Estimación del modelo	28
2.4. Extensión de los resultados	37
Conclusiones	47
A. Metodología econométrica	51

ÍNDICE GENERAL

A.1. Modelos ARCH	52
A.2. Modelos GARCH	54
B. Cuadros	57
Bibliografía	77
Índice de figuras	79
Índice de cuadros	83

Introducción

Es un hecho estilizado dentro de la literatura económica que la colusión entre las empresas implica serias afectaciones para el bienestar del consumidor. Esto es así en la medida en que limitan la oferta del producto en el mercado, con lo que imponen un precio mayor a aquel que se pagaría bajo una situación competitiva. Todo esto redundando en una *ineficiencia de asignación*, en tanto existen consumidores que estarían dispuestos a pagar un precio mayor al costo marginal del bien en cuestión. Además, la restricción artificial de la competencia entre las empresas genera una *ineficiencia productiva*, pues en tales circunstancias las empresas no tendrán incentivos para adoptar la tecnología de producción más eficiente. Por último, y también como consecuencia de la falta de competencia, esta situación se caracteriza por una *ineficiencia dinámica* a raíz de que las empresas carecen de incentivos para invertir tanto en la innovación de sus productos como en el mejoramiento de sus procesos productivos.

En reconocimiento de lo anterior, uno de los principales objetivos de las autoridades de competencia a nivel internacional consiste en evitar, combatir y sancionar de forma oportuna toda práctica colusoria que se presente. A fin de coadyuvar con esta labor, el objetivo del presente trabajo consiste en realizar una propuesta en torno a una manera en que el análisis económico podría fortalecer los esfuer-

zos en esta materia. En particular, pretende argumentarse sobre la efectividad del *screen* de varianza como técnica de detección de prácticas colusorias mediante una aplicación al caso de colusión en el mercado mayorista del azúcar estándar en México.

Para este propósito, se estiman modelos ARCH y GARCH para caracterizar la dinámica de la media y la varianza de los cambios en el precio del azúcar estándar antes, durante y después del periodo colusorio. Esto se hace tanto a nivel nacional como para la gran mayoría de las entidades del país —con excepción de Nayarit y Tlaxcala, estados para los cuales no se dispuso de información—, utilizando las series de precios mayoristas recopiladas por el SNIIM. En la gran mayoría de los casos, los resultados contradicen la hipótesis de colusión, puesto que durante la vigencia del acuerdo la volatilidad de las series se vio acrecentada. Esto es aún más notorio para el caso de la media, pues en ningún caso se encontró que la colusión tuviera un impacto estadísticamente significativo sobre la misma. Sin embargo, esto parece justificarse por las particularidades de la práctica colusoria analizada, en específico, por el hecho de que la misma pareció limitarse a su fase de transición, así como por las dificultades que se tuvieron para su implementación.

Con base en los resultados de esta investigación, se espera contribuir a que el análisis económico tomé un papel más relevante como parte de una estrategia de detección mixta de prácticas colusorias por parte de las autoridades de competencia.

Teniendo esto en mente, el trabajo se estructura de la siguiente forma. En el primer capítulo, se hace una revisión de las técnicas de detección de prácticas colusorias a disposición de las autoridades de competencia, abogándose por el

INTRODUCCIÓN

seguimiento de una política de detección mixta. Tras esto, se profundiza en la metodología económica conocida como *screening* y, en particular, en la presencia de la técnica del *screen* de varianza dentro de la literatura especializada. Posteriormente, en el segundo capítulo se ofrece una breve descripción de la práctica colusoria analizada, así como un primer acercamiento al impacto de la colusión en el mercado mediante el análisis de algunas estadísticas descriptivas. Con base en esto, en los siguiente apartados se procede con la estimación de los modelos ARCH y GARCH a nivel nacional, resultados que después se extienden a nivel estatal. Finalmente, en el último capítulo se ofrecen una serie de reflexiones finales sobre los resultados encontrados a lo largo de la investigación.

Capítulo 1

Evidencia económica

Siguiendo a Harrington (2006), el combate óptimo de prácticas colusorias consta de tres etapas complementarias: detección, investigación y castigo. Históricamente, el papel del análisis económico ha sido más relevante durante la etapa de castigo, siendo fundamental para la estimación del sobreprecio relacionado con un acuerdo colusorio. Por otra parte, el análisis económico desempeña un rol complementario en la etapa de investigación, pues normalmente la evidencia económica no resulta suficiente para probar un acuerdo colusorio.¹ Finalmente, la etapa de detección se basa principalmente en la obtención de evidencia directa, ya sea mediante la denuncia de un tercero, la revisión de información pública, u otros medios. En cambio, y pese a que en otras áreas esta es una práctica común, la búsqueda sistemática de acuerdos colusorios mediante el análisis económico no es una práctica consolidada. Esto es desafortunado pues, como se verá más adelante, este enfoque no sólo resulta complementario con el método usual, sino

¹Existen notorias excepciones en este aspecto. Por ejemplo, para el caso de colusión en las licitaciones de compra de medicamentos por parte del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), Mena-Labarthe (2012) documenta que la evidencia económica no solo ayudó a focalizar los recursos de la autoridad investigadora en los medicamentos que presentaban mayores riesgos de colusión, sino que también resultó crucial en la sustentación del caso en la corte.

que con su descuido se corre el riesgo de no detectar los acuerdos colusorios con mayor potencial para dañar a la sociedad.

De esta forma, el objetivo de este capítulo consiste en argumentar la importancia del análisis económico dentro de la etapa de detección de acuerdos colusorios, así como la forma en que el mismo puede ser implementado para tal fin. En este punto, es importante aclarar que mi pretensión no es que el análisis económico se convierta en la única herramienta a disposición de las autoridades de competencia para detectar prácticas colusorias, sino más bien señalar porque este debería tener una mayor importancia en este rubro. Así, el enfoque propuesto debe entenderse no como el final del proceso de investigación de un presunto acuerdo colusorio, sino más bien como una etapa dentro del mismo consistente en identificar los mercados que, por diferentes circunstancias, tienen un mayor propensión a presentar una colusión y que, por ende, merecen una mayor atención por parte de las autoridades de competencia.

Con esto en mente, el presente capítulo se estructura de la siguiente forma. En el primer apartado se discuten las técnicas de detección de prácticas colusorias a disposición de las autoridades de competencia, abonando sobre la conveniencia de una política de detección mixta. En el segundo apartado se describe una metodología particular de técnicas proactivas conocida como *screening*, diferenciando entre los enfoques estructural y conductual y haciendo especial énfasis en este último. Finalmente, en el tercer apartado se ofrece una revisión de la literatura especializada a fin de destacar tanto los desarrollos teóricos como las aplicaciones empíricas del *screen* de varianza, siendo este el que se utilizará dentro de la presente investigación.

1.1. Técnicas de detección

La secrecía intrínseca a un acuerdo colusorio impone grandes retos a la labor de detección de las autoridades de competencia, por lo que existen diferentes técnicas para abordar esta tarea. Estas pueden dividirse en dos tipos. Las primeras son las *técnicas reactivas*, las cuales se basan en la presencia de algún evento externo que advierta a las autoridades de competencia sobre la existencia de una actividad ilícita y, con ello, puedan iniciar una investigación (ICN, 2010). Entre sus fuentes se incluyen las quejas de diferentes agentes (competidores, proveedores, compradores, etc.), los informantes externos y los participantes adscritos a programas de clemencia. De estos, los últimos son considerados como los recursos más efectivos, pues una de las condiciones para condonar a las empresas —de forma parcial o absoluta— de las multas relacionadas con su participación en la práctica colusoria denunciada consiste precisamente en la provisión de evidencia directa de la existencia de la práctica. Como muestra de su éxito, sírvanse los siguientes ejemplos (Capobianco y Cwikel, 2013):

- En Estados Unidos, más del 90 % de las multas impuestas por prácticas colusorias desde 1996 se originaron en solicitudes de clemencia, proporción equivalente para el volumen del comercio afectado por estas actividades en los casos investigados por el Departamento de Justicia (DOJ).
- En la Unión Europea, desde el lanzamiento del programa de clemencia en 1996 y hasta el 2002 se recibieron 188 aplicaciones, y 88 % de los casos en los que se descubrió un acuerdo colusorio entre 2002 y 2008 se originaron en este recurso.

Pese a su aparente éxito, diferentes autores cuestionan la efectividad de estas

técnicas en lo individual, además de considerar que un exceso de confianza en las mismas puede mermar la efectividad de la política de detección de prácticas colusorias en el largo plazo (Friederiszick y Maier-Rigaud, 2007; Schinkel, 2013). Esto es así por diferentes razones. En primer lugar, es difícil distinguir los casos en los que las solicitudes de clemencia atrajeron la atención hacia mercados en los que hasta entonces se desconocía la existencia de una práctica colusoria de aquellos en los que consistió en un elemento facilitador del caso. Para establecer el segundo punto, establezcamos la *restricción de incentivos* de un acuerdo colusorio. Según esta, un acuerdo es sostenible siempre que la diferencia entre los beneficios esperados del desvío (π^d) y los propios del acuerdo (π^c) —es decir, las ganancias esperadas del desvío— sean a lo más iguales a la diferencia entre los beneficios del acuerdo y los correspondientes al periodo de castigo (π^p) —es decir, las pérdidas esperadas por el castigo. Esta se muestra en la siguiente desigualdad

$$\pi^d - \pi^c \leq \left(\frac{\delta - \delta^{n+1}}{1 - \delta} \right) * (\pi^c - \pi^p) \quad (1.1)$$

donde δ es el factor de descuento y n es el número de periodos que dura el castigo. En este contexto, un programa de clemencia óptimo manipularía la estructura de incentivos expuesta de forma tal que la práctica colusoria dejara de ser rentable en cualquier mercado. No obstante, en la medida en que este programa se vea restringido por la incapacidad de condonar la totalidad de la multa a las empresas adscritas, sumado a la inviabilidad de la imposición de sanciones infinitas, existirá un subconjunto de industrias en las que la incursión en una colusión seguirá siendo rentable y, por ende, su capacidad de disuación será limitada. Asimismo, y como consecuencia de lo anterior, los esfuerzos de detección de esta técnica se concentrarán en los acuerdos colusorios menos rentables. Sin embargo, siendo

1.2. *Screening*

que presumiblemente los mismos se relacionan con menores distorsiones sobre el mercado —y por ende, con menores afectaciones para los consumidores—, sumado a la posibilidad de que la práctica se termine por si misma debido a su inestabilidad inherente, resulta difícil justificar una política enfocada a la detección de *acuerdos colusorios terminales*. Por último, cabe mencionar la posibilidad de que las empresas internalicen los efectos de los programas de clemencia y adapten sus acuerdos colusorios a fin de minimizar el impacto de estos.

Dado lo anterior, resulta clara la necesidad de complementar las técnicas reactivas con esfuerzos de detección proactivos. Por estos últimos se entienden los procesos de detección iniciados por cuenta de las autoridades de competencia (ICN, 2010). Como ejemplo se incluyen los programas de educación sobre prácticas colusorias, la cooperación con otras agencias de competencia, la revisión continua de información en medios de comunicación y el uso del análisis económico.

La motivación de su utilización se basa en el aumento de la probabilidad de detección de prácticas colusorias relacionada con su adecuada implementación, la cual tiene dos efectos. En primera, refuerza la capacidad de disuasión y desistimiento de la política de detección, pues al disminuir los beneficios esperados del acuerdo colusorio no solo descincentiva a las empresas a coludirse sino que también las fomenta a adscribirse al programa de clemencia a fin de evitar una sanción más probable. En segunda, siendo que los acuerdos colusorios más rentables tienden a generar una mayor distorsión en los mercados y, por ende, suelen dejar mayores rastros de su existencia, las técnicas proactivas tienen el potencial de detectar las prácticas más dañinas desde las perspectiva de los consumidores.

1.2. *Screening*

Un ejemplo controversial de las técnicas proactivas viene dado por la metodología económica conocida como *screening*. Esta se define como la habilidad para detectar un comportamiento ilícito con base en el análisis económico y estadístico. Así, un *screen* no es sino una prueba estadística basada en un modelo econométrico y un sustento de teoría económica que permita identificar la existencia de una colusión —u otra manipulación— en un mercado, los involucrados y su duración (Abrantes-Metz, 2013).

Dado que esta metodología se basa en el análisis de variables de mercado, resulta notoria su capacidad para detectar los acuerdos colusorios más rentables, pues son estos quienes tienen un mayor impacto sobre las mismas. Pese a esto, existe cierta desconfianza en torno a esta metodología debido a críticas que cuestionan desde su robustez hasta la viabilidad de su implementación. Algunas de estas han sido abordadas por Abrantes-Metz (2013), quien señala que en el mejor de los casos las mismas obedecen a una comprensión insuficiente de la presente metodología. A continuación se puntualizan las críticas principales:

1. **No es robusta.** Partiendo de que la metodología busca probar la hipótesis de la existencia de una práctica colusoria, al igual que cualquier prueba estadística la misma es sujeta de errores tipo I (falso positivo) y II (falso negativo). Para minimizar este margen de error, la prueba debe adaptarse a la situación bajo análisis, así como utilizar la información adecuada para su aplicación. Aún cuando dicha circunstancia persista, esto no debe llevar a desestimar el poder de detección de la metodología, sino más bien constituir un recordatorio de que esta es una etapa dentro del proceso de investigación

1.2. *Screening*

de prácticas colusorias y, en tanto tal, debe de allegarse de evidencia adicional que confirme o refute sus indicios.

2. **Imposibilidad para distinguir entre acuerdos colusorios tácitos y explícitos.** Esto no es necesariamente cierto, pues en ocasiones el análisis del contexto de la práctica permite diferenciar si un resultado pudo ser alcanzado de forma tácita o explícita. No obstante, aún cuando este no sea el caso, la obtención de evidencia concluyente puede posponerse hasta una etapa posterior del proceso de investigación.²
3. **No pasa un análisis costo-beneficio.** De inicio, es necesario aclarar que, tal y como lo han demostrado múltiples aplicaciones en el ámbito académico e informativo, el uso de la metodología no necesariamente requiere la inversión de cuantiosos recursos y, aún cuando este es el caso, los beneficios potenciales pueden ser considerables. Sin embargo, a fin de maximizar sus réditos, su implementación debe ser inteligente, focalizada y estratégica. Es decir, la prueba debe aplicarse para el caso de la industrias que dispongan de la información necesaria para hacerlo, así como dónde el riesgo una práctica colusoria sea mayor.
4. **Restringida por limitantes de información.** Este aspecto es importante, pues efectivamente reduce el rango de industrias que pueden ser sujetas de análisis. Esto impone un reto para la aplicación de la metodología, pues se hace necesario ya no solo disponer de información relacionada con el mercado bajo escrutinio, sino también verificar que la misma sea adecuada

²Un ejemplo de esto viene dado por el caso de colusión en la tasa LIBOR expuesto por Abrantes-Metz et al. (2012), donde precisamente los autores argumentan el porque en esa situación una colusión explícita es más probable que una tácita.

para los fines del análisis. Además, deriva en una sugerencia para que las autoridades de competencia fomenten —dentro de lo razonable— la disposición de bases de datos públicas que faciliten la implementación de esta metodología.

En general, dentro de la metodología de *screening* pueden distinguirse dos enfoques. El primero es el *screening estructural*, el cual consiste en identificar aquellas características de una industria que facilitan la presencia de un acuerdo colusorio (Capobianco y Cwikel, 2013). Entre estas pueden mencionarse elementos como la homogeneidad del producto, la estabilidad de la demanda, la concentración de la industria, etc.

Si bien este enfoque ha sido puesto en duda por autores como Harrington (2006) ó Friederiszick y Maier-Rigaud (2007), el trabajo de Grout y Sonderegger (2005) abona sobre su efectividad. En este artículo, los autores predijeron con relativo éxito la probabilidad de la incidencia de una práctica colusoria considerando características de las industrias tales como sus ingresos, costos, barreras a la entrada, grado de concentración, entre otras. Para esto, utilizaron información sobre el historial de casos investigados por el Departamento de Justicia desde 1994 y por la Comisión Europea desde 1990. Entre otras, los autores destacan como ventajas de este enfoque la facilidad de su implementación, así como la posibilidad de focalizar los recursos de las autoridades de competencia.

Al segundo enfoque se le denomina *screening conductual*, el cual consiste en el análisis econométrico de la dinámica del mercado y sus empresas, reflejada en variables como el precio o las participaciones de mercado, a fin de inferir si el comportamiento observado es o no el resultado de un acuerdo explícito (Abrantes-Metz, 2013). En general, la lógica de su implementación se basa en

1.3. *Screen* de varianza en la literatura

el seguimiento de una de dos estrategias. La primera consiste en la búsqueda de eventos improbables salvo que sean el resultado de acciones coordinadas de las empresas. En cambio, la segunda busca diferencias entre el comportamiento observado en el mercado analizado y un grupo que, por diferentes circunstancias, se presume competitivo.

Al igual que con cualquier estimación econométrica, al seguir este enfoque se corre el riesgo de derivar conclusiones engañosas si su implementación es inadecuada. Por esto, Abrantes-Metz (2013) aconseja la verificación de dos reglas de oro durante la etapa de diseño del *screen*. La primera de estas señala que

“Un mismo tamaño no ajusta para todo”

es decir, aún cuando un *screen* particular haya dado buenos resultados en el pasado, esto no significa que su uso rutinario represente la mejor estrategia en todo momento. Es necesario adecuar la técnica a las peculiaridades de la situación bajo análisis, mediante una profunda comprensión del carácter del comportamiento analizado así como a través de la elección del instrumental econométrico más idóneo para este fin. La segunda regla enuncia que

“Si metes basura, obtendrás basura”

esto nos recuerda la importancia de utilizar la información adecuada al aplicar la técnica pues, aún cuando la especificación de la prueba sea la correcta, los resultados no serán confiables si la calidad de la información es dudosa o si la misma es incapaz de reflejar las posibles implicaciones de un acuerdo colusorio.

1.3. *Screen* de varianza en la literatura

Ya sea en el ámbito de la teoría o la práctica, un campo fértil dentro de la literatura económica consiste en la identificación de patrones de comportamiento sugerentes de la presencia de una práctica colusoria. A estos se les conoce como *marcadores colusorios*. En general, debido a una mayor disponibilidad de información, los esfuerzos en esta materia se han concentrado en la caracterización de patrones de precios y participaciones de mercado relacionados con un acuerdo colusorio, aunque también se han hecho aportaciones interesantes en otras direcciones. Por ejemplo, apoyándose en el concepto de *Diagnóstico de Fallas de Coordinación* (CFD) —sustentado en los criterios que cumple un mercado eficiente, así como en los procesos dinámicos que aseguran la convergencia hacia estos a través del tiempo—, Blanckenburg y Geist (2009) desarrollan un sistema de marcadores colusorios que considera variables como la capacidad ociosa y los beneficios de las empresas.

Regresando a los marcadores colusorios usuales, estos son muy variados y han sido objeto de un tratamiento relativamente amplio en la literatura especializada. Dentro de los alcances de la presente sección no se contempla una revisión exhaustiva de los mismos, sino que más bien el objeto yace en enfocarnos en un indicio de colusión particular, siendo este la *estabilidad del precio*.³

Bajo diferentes perspectivas, dos trabajos seminales justifican el porque la varianza del precio es menor bajo una práctica colusoria. El primero es el artículo de Athey et al. (2004), quienes analizan una situación en que las empresas compiten en un juego repetido infinito a la Bertrand, donde los costos son estocásticos e in-

³Para un análisis más detallado de este punto, recomiendo la revisión de los artículos de Harrington (2006, 2005).

1.3. *Screen* de varianza en la literatura

formación privada para cada empresa. En este contexto, el problema estriba en los incentivos de las empresas para mentir sobre sus verdaderos costos si es que con esto se aseguran una mayor participación de mercado. Así, los autores identifican un *trade-off* para los esquemas colusorios en donde el precio que cobra cada empresa es una función creciente de su costos. Por una parte, dichos esquemas son eficientes al garantizar que las empresas con menores costos tengan una mayor participación de mercado. Sin embargo, también implican un costo informacional dado por la necesidad de fijar un precio lo suficientemente bajo para las empresas más eficientes a fin de que sus contrapartes ineficientes revelen su verdadera naturaleza, lo cual reduce los beneficios del acuerdo colusorio. Dadas estas circunstancias, los autores señalan que el acuerdo óptimo implica un nivel de rigidez de precios que depende de la paciencia de las empresas. Si estas se preocupan lo suficiente por sus beneficios futuros, el precio colusorio será completamente insensible ante fluctuaciones en los costos de las empresas. En cambio, si las empresas son menos pacientes, el acuerdo óptimo implicará ajustes periódicos en el precio según cambien los costos. En ambas circunstancias, los precios serán menos volátiles en comparación con una situación competitiva.

El segundo trabajo es el de Harrington y Chen (2006), quienes consideran las implicaciones de la posibilidad de una detección endógena de la práctica colusoria. En este caso, los consumidores mantienen expectativas sobre los posibles cambios en precios con base en sus observaciones pasadas. De tal suerte, si bien las empresas coludidas quisieran modificar el precio colusorio de acuerdo a los cambios en sus costos, deben evitar variaciones pronunciadas a fin de minimizar el riesgo de ser descubiertas. Por ende, tras una fase de transición en donde el precio aumenta drásticamente respecto a sus costos, se entra en una fase estacionaria

en donde el traspaso de shocks de costos al precio de mercado se ve aminorado y más prolongado a través del tiempo. Esto se traduce en una menor varianza del precio como consecuencia de la práctica colusoria.

Ahora, en cuanto a la evidencia empírica respecta, diferentes trabajos aplicados analizan la existencia de una relación entre la rigidez de precios y las prácticas colusorias. Por ejemplo, Abrantes-Metz et al. (2006) muestran que, tras la ruptura del acuerdo colusorio en el mercado de provisión de pescado fresco para la milicia de Filadelfia en 1989, el precio promedio disminuyó en 16 % a la par que su desviación estándar aumentó 263 %. Asimismo, Esposito y Ferrero (2006) aplican esta técnica en el estudio de los mercados de combustibles y productos de cuidado personal y comida para bebe vendidos en farmacias en Italia, casos en los que la autoridad de competencia previamente había encontrado evidencia de la existencia de una práctica colusoria. Nuevamente, los autores confirman la hipótesis de una menor varianza de precios en esta situación.

Partiendo de estas ideas, diferentes autores han implementado métodos econométricos un poco más complejos a fin de analizar con mayor formalidad las series de precios correspondientes a un acuerdo colusorio. La aportación original se debe a Bolotova et al. (2008), quienes implementan una extensión de los modelos ARCH y GARCH tradicionales a fin de caracterizar el primer y segundo momento de la distribución de precios. Esencialmente, dicha extensión consiste en la inclusión de una *dummy de colusión* en las ecuaciones de la media y la varianza del precio. Así, si las predicciones de la teoría son acertadas, los autores esperan que esta variable no solamente sea significativa, sino que además apunte a un mayor precio promedio y una menor volatilidad del mismo durante el periodo colusorio. La aplicación la hacen para el caso de las colusiones internacionales en las indus-

1.3. *Screen* de varianza en la literatura

trias de la lisina y el ácido cítrico, encontrando que mientras las predicciones de la teoría se cumplen para el primer mercado, en el caso del segundo tanto la media del precio como su varianza fueron mayores durante la práctica colusoria. Como justificación de este último resultado, los autores argumentan problemas derivados tanto de las limitantes de la información disponible —cuentan con menores datos para el periodo competitivo— como por la longevidad del acuerdo colusorio —bajo la idea de que, conforme aumenta su duración, el acuerdo se vuelve más inestable.

Basándose en esta propuesta, surgieron dos aplicaciones posteriores. La primera se debe a Vasconcelos y Vasconcelos (2007), quienes realizaron un ejercicio de estimación de modelos ARCH y GARCH para el estudio del mercado de gasolineras en Sao Paulo y Floriniópolis en Brasil. A partir de sus resultados, los autores rechazan la hipótesis de una práctica colusoria en ambos mercados, encontrando solamente evidencia de mayores precios para Sao Paulo. Por su parte, la segunda aplicación se debe a Estrada y Vázquez (2013), quienes buscaron evidencia de un acuerdo colusorio en el caso de las licitaciones de medicamentos para el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) en México. De acuerdo a su análisis, los autores encuentran indicios de una práctica colusoria en la mayoría de los mercados analizados, es decir, estiman que el precio promedio fue mayor y la varianza menor durante el periodo colusorio. Además, este caso resulta relevante en tanto sentó un antecedente jurídico que respalda la validez de la evidencia económica en la sustentación de un caso de prácticas colusorias ante la corte.⁴

Para finalizar, es importante mencionar que los tres trabajos que se mencio-

⁴Al respecto, el entonces Director de Investigaciones de Prácticas Monopólicas Absolutas y Restricciones al Comercio Internacional Carlos Mena-Labarthe (2012) comenta de forma anecdótica que “cuando mostraron las gráficas a los jueces estos quedaron sorprendidos y observaron la situación con mayor claridad”.

CAPÍTULO 1. EVIDENCIA ECONÓMICA

naron con anterioridad constituyen la base de la metodología econométrica que se implementa en la presente investigación, de la cual se comentan sus elementos básicos en el apéndice AA.

Capítulo 2

Aplicación al mercado del azúcar

Al final del capítulo anterior, se precisó que la volatilidad en el precio de mercado será el marcador colusorio con base en el cual se harán inferencias sobre la posible existencia de un acuerdo colusorio. Bajo este marco, diremos que se verifica la hipótesis de su existencia si se observa que la varianza del precio es menor que en una situación competitiva. A su vez, esta creencia se verá reforzada si se observa que la media del precio durante el acuerdo es mayor que en otros periodos. Sin embargo, el diseño del *screen* estaría incompleto sino comentamos brevemente la metodología econométrica que nos permitirá identificar si estas señales efectivamente se presentan en el mercado analizado.

En este contexto, la naturaleza de los modelos de *Heterocedasticidad Condicional Autorregresiva (ARCH)* y su versión generalizada (GARCH) los vuelve idóneos para esta tarea. Esto es así por tres razones fundamentales. En primer lugar, al prescindir del supuesto de *homogeneidad* del *Modelo de Regresión Lineal Clásico (MRLC)*, estos modelos son capaces de caracterizar la dinámica del segundo momento de la distribución del precio —es decir, la varianza— y, por ende, son capaces de identificar cambios (estadísticamente) significativos en la

volatilidad de la serie. En segundo lugar, el requerimiento de información para su estimación no es prohibitivo, pues se limita a una muestra de los precios vigentes durante un periodo competitivo y otro colusorio. En tercer lugar, en tanto estos modelos precisan de la caracterización no solo de la varianza condicional de la serie analizada sino también de su media, tienen el potencial de estimar el sobreprecio de mercado derivado de un acuerdo colusorio y, con esto, del impacto sobre el bienestar social relacionado con esta práctica anticompetitiva. Para aquellos interesados en conocer un poco más de estos modelos, en el apéndice AA se ofrece una revisión de sus elementos básicos.

A partir de este marco analítico, en este capítulo se procederá con el estudio de caso de la colusión en la industria mexicana del azúcar a nivel nacional. La elección de este mercado obedece a diferentes circunstancias. En primera, la situación analizada amerita el inicio de una investigación por parte de la *Comisión Federal de Competencia Económica (COFECE)* por concepto de una *práctica monopólica absoluta* —el equivalente a una colusión dentro de la legislación mexicana de competencia. Pero no solo esto, sino que además se acreditó la comisión de la práctica anticompetitiva por parte de las empresas bajo sospecha (COFECE, 2016b). Esto es conveniente para nuestros fines, pues obvia la necesidad de especular sobre si efectivamente se dio o no una actividad ilícita, y nos permite concentrarnos en verificar la efectividad de la técnica propuesta para identificar la existencia de un caso probado de colusión.

La segunda razón es de índole pragmático y se relaciona con la disponibilidad de información. Como se dijo en el capítulo previo, los resultados del *screen* de varianza serán confiables en la medida que la información que se utilice para su estimación sea la adecuada. En ese sentido, desde el año 2000 el *Sistema Nacional*

APLICACIÓN AL MERCADO DEL AZÚCAR

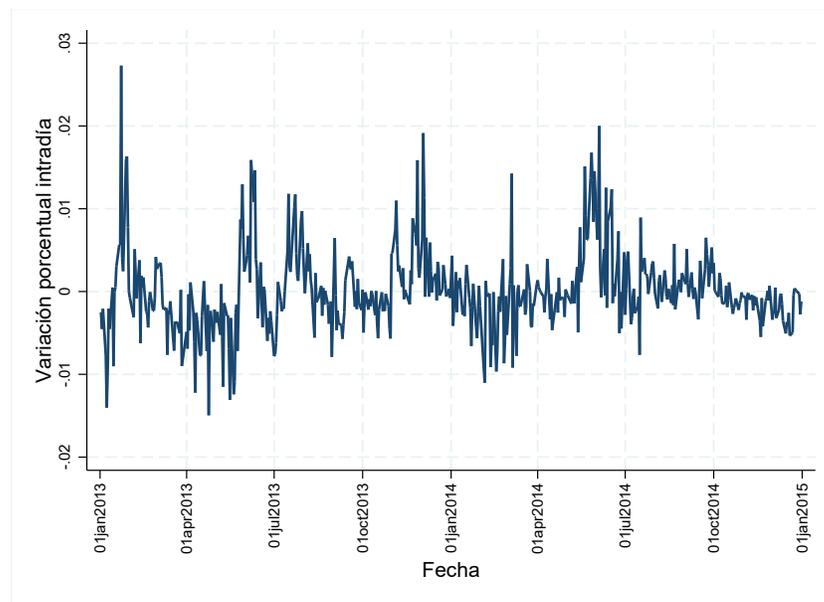
de Información de Integración de Mercados (SNIIM) de la Secretaría de Economía cuenta con registros diarios de los precios del bulto de 50 kg. de azúcar en puntos de venta mayorista localizados a lo largo de la República Mexicana. Dicha base cubre tanto el periodo colusorio como los periodos previo y posterior, y además tiene la gran ventaja de ser una fuente pública y de fácil acceso, lo cual facilita la labor de recopilación de datos y garantiza la replicabilidad de los resultados. Asimismo, y como consecuencia de esto, esta aplicación se limita al análisis del azúcar estándar al disponer de datos más completos para este producto.

Finalmente, la tercera razón es empírica y se deriva de la naturaleza de la serie de precios del azúcar. En la gráfica de la siguiente página se muestra la variación porcentual intradía en el precio del azúcar estándar para los años 2013 y 2014. Como puede verse, la serie es volátil al experimentar una serie de cambios rápidos e impredecibles. Además, dentro de su dinámica es posible delimitar periodos de baja volatilidad, en la que variaciones pequeñas se ven también sucedidas y precedidas por variaciones pequeñas. En este contexto, tal y como se dijo en el capítulo previo, los modelos ARCH y GARCH han resultado sumamente efectivos para caracterizar este tipo de procesos.

Teniendo esto en cuenta, la estructura del presente capítulo será la siguiente. En el primer apartado se hará una descripción de la práctica colusoria que se analizará. En el segundo apartado, se dará un primer acercamiento al impacto de la colusión en el mercado a través de la revisión de una serie de estadísticas descriptivas básicas. En el tercer apartado, se estimarán modelos ARCH y GARCH a nivel nacional para corroborar el cumplimiento de la hipótesis de colusión. En el cuarto apartado, se distinguirá el impacto regional de la práctica mediante la estimación de los modelos a nivel estatal. Finalmente, en el quinto apartado se

comentarán los resultados encontrados a lo largo del capítulo.

Figura 2.1: Variación porcentual intradía en el precio del azúcar estándar (2013-2014)



Elaboración propia con base en datos del SNIIM

2.1. Descripción de la práctica¹

Originándose en una tendencia al alza en los precios del azúcar entre los años 2009 y 2011, en el ciclo de producción 2012/13 se desencadenaron una sucesión de eventos que redundaron en una afectación negativa de los beneficios de las empresas azucareras.² De inicio, se cosecharon 780.3 mil hectáreas de caña de

¹La discusión en esta sección se basa en información contenida en documentos oficiales de SAGARPA (2014) y COFECE (2016a,b)

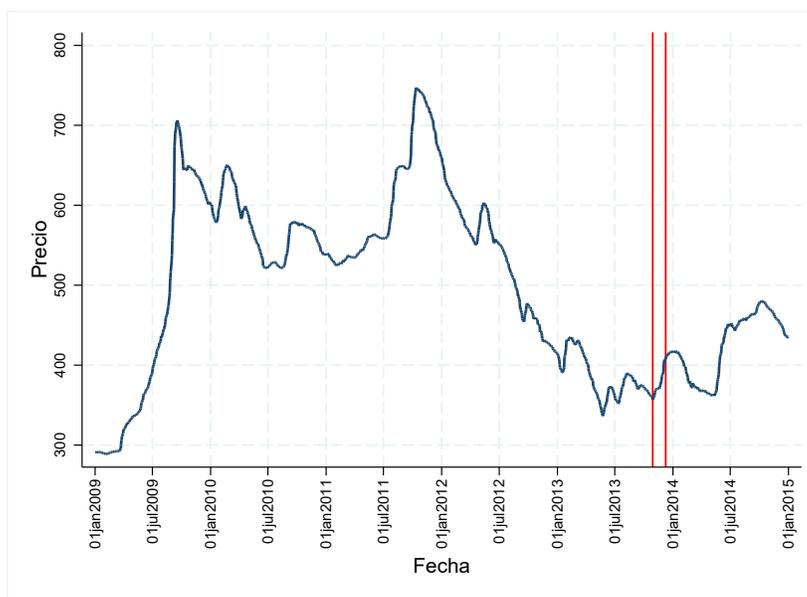
²En México, el ciclo de producción del azúcar comienza en noviembre de cada año y finaliza en julio del siguiente año.

2.1. Descripción de la práctica

azúcar, superficie que fue 10.9 % superior a la industrializada en el ciclo anterior. Además, el rendimiento en el campo se vio favorecido por condiciones climáticas favorables, lo cual permitió que se alcanzara una productividad histórica de 78.7 toneladas de caña de azúcar por hectárea. Ambos factores derivaron en la obtención de 61.4 millones de toneladas de caña de azúcar, monto 32.9 % mayor que el del ciclo anterior. Ante la escasez en México de canales alternativos que diversifiquen el uso de la caña de azúcar, lo anterior se tradujo en una producción de 6.9 millones de toneladas de azúcar, volumen 38.2 % superior al del ciclo pasado. Enmarcándose esta situación en un contexto de sobre abasto de azúcar en el mercado regional de América del Norte, se generó un exceso de oferta de azúcar que redujo el precio de la misma en el país y, en consecuencia, el correspondiente a la caña de azúcar.³

³De acuerdo a la *Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar*, el precio de esta es igual al 57 % del precio de referencia de un kilogramo de azúcar base estándar. A su vez, este último se determina como el promedio ponderado del precio nacional del azúcar estándar al mayoreo y el precio promedio de las exportaciones de azúcar realizadas en el ciclo azucarero de que se trate.

Figura 2.2: Evolución del precio del azúcar estándar (2009-2014)



Elaboración propia con base en datos del SNIIM

Dicho patrón puede observarse para el caso del precio del azúcar estándar en el gráfico que se muestra arriba. En este, si bien entre finales del 2009 y mediados del 2011 el precio del azúcar estándar experimentó una caída, la tendencia general a lo largo de este periodo fue a la alta. Posteriormente, para el año 2012 y hasta mediados del 2013, la sobre oferta del producto propició una caída pronunciada en su precio, pasando de un promedio de \$632.52 pesos en enero del 2012 a \$362.81 pesos en julio del 2013.

Ante tal situación, el 29 de octubre del 2013 un grupo de competidores dedicados a la producción y comercialización de azúcar acordaron establecer un acuerdo colusorio que contemplaba dos puntos básicos. El primero era manipular el precio del azúcar estándar y refinada, a fin de contrarrestar su tendencia a la baja y fijarlo para ambas en \$350 pesos por bulto de 50 kg. El segundo era la restricción

2.1. Descripción de la práctica

de la venta del producto a los principales distribuidores y mayoristas del sector. Esto se dio en reconocimiento de una práctica rutinaria entre estas empresas de comprar y almacenar el producto para después revenderlo en las épocas de mayor escasez. Con esto, dichas empresas fungían de forma efectiva como competidores en el mercado, teniendo la capacidad de revender el producto a un precio menor que el ofrecido por las empresas coludidas, hecho que al parecer dificultó la implementación del acuerdo.

Para implementar el acuerdo, las empresas involucradas contaron con la coadyuvancia de la *Camára Nacional de las Industrias Azucarera y Alcohólera (CNIAA)* en al menos dos sentidos. Facilitó el establecimiento del acuerdo y la posterior coordinación de las empresas coludidas al proveerles de un punto de reunión para tales fines en sus instalaciones. Además, favoreció el monitoreo del acuerdo bajo un mecanismo denominado como “*Mesa de venta*”, mismo que entró en operación el 19 de noviembre del 2013. Esta consistía en un lugar físico en el que representantes de las empresas coludidas se reunían para comercializar el producto individualmente a sus clientes. Al final de la sesión, a través de un facilitador se le informaba a todos los participantes sobre los precios y volúmenes de venta de sus contrapartes a fin de constatar el cumplimiento del acuerdo.

Derivado de su continua labor de revisión de información pública, el 11 de diciembre del 2013 la COFECE inició una investigación de oficio por la presunta comisión de una práctica monopólica absoluta en el mercado de la producción, distribución y comercialización de azúcar en el territorio nacional. Como resultado de esta, la COFECE determinó la presencia de elementos suficientes para acreditar la existencia de una práctica colusoria, teniendo esta una duración de 42 días entre el 29 de octubre del 2013 y el 9 de diciembre del mismo año. Asimismo,

se reconoce que si bien las empresas no lograron consolidar el precio objetivo de \$350 pesos por bulto de 50 kg. de azúcar, existió evidencia de un aumento artificial de 6.21 % durante la vigencia del acuerdo. Esta afirmación puede constatarse con el gráfico de arriba, donde para el periodo colusorio —enmarcado entre dos franjas verticales rojas— se observa que efectivamente se produjo una subida en el precio del azúcar estándar. En las siguientes secciones se buscará deducir si la evidencia econométrica respalda que este hecho sea atribuible a la existencia de un acuerdo colusorio.

2.2. Estadísticas descriptivas

Como un primer acercamiento al impacto que tuvo el acuerdo colusorio en el mercado, en el cuadro de la siguiente página se muestran las estadísticas descriptivas para el precio del azúcar estándar tanto en el periodo colusorio como en los periodos previo y posterior. Con la intención de que el análisis no se vea sesgado por el reducido número de observaciones para el acuerdo, se decidió que los otros periodos comparativos comprendieran el mismo número de días que la colusión, —es decir, 49 días. Así, el periodo pre-colusorio abarca del 10 de septiembre del 2013 al 8 de octubre del mismo año, mientras que el periodo post-colusorio va del 10 de diciembre del 2013 al 27 de enero del 2014. Adicionalmente, se incluyen estadísticas para el subperiodo colusorio en el que la mesa de venta estuvo vigente.

De su análisis se desprenden varios aspectos interesantes. En relación a la media, se observa como esta parece seguir una tendencia creciente entre los periodos. Asimismo, durante el periodo colusorio se dio un crecimiento exponencial en la

2.2. Estadísticas descriptivas

Cuadro 2.1: Estadísticas descriptivas para el precio del azúcar estándar en diferentes periodos

Periodo	Media	Varianza	CV
<i>Pre-colusion</i>	369.05	21.99	0.0127
<i>Colusion</i>	377.64	240.64	0.0411
<i>Mesa de venta</i>	388.62	184.55	0.0350
<i>Post-colusion</i>	414.64	5.14	0.0055

Elaboración propia con base en datos del SNIIM

volatilidad del precio, representando el valor de la varianza en esta etapa (240.64) más de diez veces el correspondiente al periodo previo (21.99). A raíz de esto, el coeficiente de variación —que es la razón entre la desviación estándar y la media— alcanzó su máximo valor durante la colusión (0.0411).

Si bien en un primer momento estos resultados parecerían contradecir la hipótesis de colusión en el mercado, es importante matizarlos con respecto a las características del acuerdo bajo análisis. En primera, es evidente que el impacto de una colusión no se refleja inmediatamente en el mercado desde el primer día. Tal y como lo señalan Harrington y Chen (2006), al inicio del acuerdo se presenta una fase de transición en la que las empresas suben el precio hasta situarlo en su nivel de colusión, tras lo cual el precio de mercado resulta mucho más estable. Además, sabemos que las empresas coludidas no lograron consolidar el precio objetivo, por lo que el acuerdo colusorio en realidad nunca llegó a su fase estacionaria. Esto explicaría la tendencia creciente mencionada anteriormente.

Por otra parte, aunado a la duración restringida del acuerdo, existe evidencia de que las empresas coludidas enfrentaron algunas dificultades para implementarlo. En particular, la presión competitiva de distribuidores y mayoristas pareció limitar su capacidad para manipular el precio de mercado, haciéndolo mucho más

inestable. Esto podría explicar el porque del aumento de la volatilidad durante la colusión. Además, el mecanismo de control dado por la mesa de venta no entró en operaciones sino hasta la mitad del periodo de colusión. Esto pudo derivar en un comportamiento oportunista por parte de algunas empresas, quienes incumplieron el acuerdo sin temor a ser descubiertas hasta que el mismo empezó a ser monitoreado. Prueba de ello es que la varianza en el precio fue menor durante el subperiodo colusorio en el que funcionó la mesa de venta (184.55).

Finalmente, un punto adicional que refuerza la hipótesis de colusión es la dinámica del precio en el periodo post-colusorio. En este, la media del precio (414.64) es muy cercana al nivel alcanzado al final del acuerdo (407.29). Por su parte, la varianza en el precio registrada en esta época (5.14) no solo es menor que la de colusión, sino que también es la mínima que se observó durante el periodo de análisis, siendo este el mismo caso para el coeficiente de variación (0.0055). Esto en su conjunto sugiere que los efectos de la colusión se mantuvieron en el mercado por lo menos hasta inicios del 2014, periodo después del cual el precio regresó a sus niveles anteriores al acuerdo.

Así, dado que el análisis de estos estadísticos no es concluyente del todo, se evidencia la necesidad de proceder con un análisis mucho más formal del asunto a fin de obtener conclusiones robustas.

2.3. Estimación del modelo

Antes de proceder con la estimación econométrica, resulta conveniente precisar algunos aspectos preliminares. La serie de tiempo analizada contiene observaciones del precio del azúcar estándar desde el 8 de octubre del 2012 y hasta el final

2.3. Estimación del modelo

del 2014. Esta decisión se tomó con la intención de que el periodo de estudio no solo comprendiera el periodo colusorio, sino que además tuviera un número total de observaciones suficiente y homogéneo entre los periodos pre y post-colusorio. Así, la base de datos final se conforma por un total de 561 observaciones, de las cuales se tienen 266 para cada uno de estos periodos y 29 para el acuerdo colusorio.⁴

Asimismo, es necesario justificar la validez de los modelos ARCH y GARCH para caracterizar la dinámica del precio del azúcar estándar en este periodo. Para tales fines, se realizaron pruebas de estacionariedad, autocorrelación y heterocedasticidad. En el caso de la primera, la prueba de raíz unitaria Dickey-Fuller aumentada —con 4 rezagos y constante— no permitió rechazar la hipótesis nula de la presencia de una raíz unitaria en la serie, pues su valor (-2.309) fue mayor al crítico aún para un nivel de significancia del 10 % (-2.570).⁵ En cambio, para la serie en primeras diferencias, la misma prueba —con 3 rezagos y sin constante— rechazó la hipótesis nula de raíz unitaria, pues en esta ocasión su valor (-5.487) fue menor que el crítico incluso para un nivel de significancia del 1 % (-2.580). A raíz de esto, nuestras estimaciones se harán con la serie en primeras diferencias.

A fin de realizar las otras pruebas, es necesario especificar la ecuación de la

⁴Los registros de la base de datos original no presentan una regularidad periódica. Por tal motivo, esta se adaptó mediante la inclusión de un contador de tiempo auxiliar cuyo valor equivale al número de la observación correspondiente.

⁵Siempre que se haga esta prueba, el número de rezagos se elegirá como el orden mínimo que permita controlar la presencia de autocorrelación en su regresión auxiliar. Asimismo, la conveniencia de incluir una constante o tendencia se determinará mediante una inspección visual de la serie de tiempo.

media en el modelo, siendo su forma reducida la siguiente⁶

$$\Delta p_t = \theta d_t + \sum_{i=1}^4 \beta_i \Delta p_{t-i} \quad (2.1)$$

donde

- Δp_t = Variación en el precio del azúcar estándar en el periodo t
- d_t = Dummy de colusión en el periodo t

Para verificar la presencia de heterocedasticidad se aplicó la prueba de efectos ARCH, mientras que para autocorrelación se utilizó la prueba de Breusch-Godfrey, ambas basadas en el estadístico del multiplicador de Lagrange.⁷ Para la primera, en todos los casos se rechazó la hipótesis nula de homocedasticidad, lo cual confirma la necesidad de modelar un proceso con heterocedasticidad condicional. Para la segunda, en ningún caso pudo rechazarse la hipótesis nula de no autocorrelación, lo cual comprueba que los resultados de la prueba anterior no se vieron alterados por este fenómeno. El resumen de estas pruebas puede encontrarse en el cuadro B.1 del apéndice B.

Ahora, siendo clara la pertinencia de los modelos ARCH y GARCH para el presente análisis, a continuación procedemos con su estimación. Para completar el modelo, es necesario especificar la ecuación de la varianza condicional, misma

⁶En la especificación de la ecuación de la media, el número de rezagos se eligió con base en la minimización de los criterios de información de Akaike y Schwarz, por su significancia estadística y sobre todo para controlar la presencia de autocorrelación en el modelo.

⁷Siempre que se hagan estas pruebas, se realizarán contemplando desde 1 y hasta 10 rezagos.

2.3. Estimación del modelo

que en el caso del modelo ARCH adopta la siguiente forma⁸

$$h_t = e^{\alpha + \phi d_t} + \sum_{i=1}^4 \delta_i u_{t-i}^2 \quad (2.2)$$

donde

- h_t = Varianza condicional en el periodo t
- u_{t-i}^2 = Término de error al cuadrado en la ecuación de la media en el periodo $(t - i)$

Como puede verse, en esta ecuación tanto la constante como la dummy de colusión se incluyen bajo la forma de heterocedasticidad multiplicativa —es decir, dentro de una función exponencial. Esto es conveniente, pues da mayor estabilidad al modelo al prescindir de la restricción de que los coeficientes de estos regresores sean no negativos. Así, nuestro modelo ARCH consiste en la estimación simultánea de las ecuaciones 2.1 y 2.2, cuyos resultados se muestran en el siguiente cuadro. En este contexto, diremos que se verifica la hipótesis de colusión siempre que

- $\theta > 0$ —es decir, si la variación promedio en el precio es mayor en el periodo colusorio—; y
- $\phi < 0$ —es decir, si la volatilidad de las variaciones en el precio es menor en el periodo colusorio.

⁸Para la determinación del orden del modelo ARCH, se compararon diferentes especificaciones mediante pruebas de razón de verosimilitud, para ver cual de estas capturaba adecuadamente la dependencia de la volatilidad en la serie.

APLICACIÓN AL MERCADO DEL AZÚCAR

Cuadro 2.2: Modelo ARCH(4) para la estimación a nivel nacional

ECUACION	VARIABLES	COEFICIENTES
<i>MEDIA</i>	<i>colusion</i>	0.107 (0.7913)
	<i>LD.azucar</i>	0.328*** (0.0000)
	<i>L2D.azucar</i>	0.166*** (0.0006)
	<i>L3D.azucar</i>	0.114*** (0.0088)
	<i>L4D.azucar</i>	0.209*** (0.0000)
	<i>VARIANZA</i>	<i>colusion</i>
	<i>constante</i>	-0.388*** (0.0032)
	<i>L.arch</i>	0.518*** (0.0000)
	<i>L2.arch</i>	0.065 (0.1083)
	<i>L3.arch</i>	0.150*** (0.0002)
	<i>L4.arch</i>	0.150*** (0.0007)

Errores estándar entre paréntesis: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

2.3. Estimación del modelo

Como puede verse, el modelo estimado cumple las restricciones de estacionariedad y no negatividad —ninguno de los coeficientes de los residuales cuadrados es negativo y su suma es menor a 1—, dando mayor confianza en sus resultados. En relación a la dummy de colusión, para el caso de la ecuación de la media se observa que su impacto es positivo, estimando que la variación promedio en el precio del azúcar estándar fue mayor durante la colusión por un valor de \$0.107 pesos por día. Siendo que el acuerdo duró 49 días, lo anterior implicaría que, como efecto de la colusión, el precio sufrió un aumento total de \$5.24 pesos. Sin embargo, dicho aumento no parece ser estadísticamente significativo —pues su *p-value* es de 0.5716. En cambio, para la ecuación de la varianza condicional observamos que, si bien en este caso la dummy de colusión resulta estadísticamente significativa —con un *p-value* de 0.0289—, su signo es contrario a lo esperado bajo la hipótesis de colusión. Esto implicaría que la volatilidad de las variaciones del precio se vio aumentada durante la colusión.

Para confirmar estos resultados, a continuación se estimará el modelo GARCH. En este caso, la ecuación de la varianza condicional viene dada por⁹

$$h_t = e^{\alpha + \phi d_t} + \sum_{i=1}^2 \gamma_i h_{t-i}^2 + \delta_1 u_{t-1}^2$$

De esta forma, el modelo GARCH consiste en la estimación simultánea de las ecuaciones 2.1 y 2.3, mostrándose sus resultados en el cuadro de la siguiente página. Al igual que en el caso anterior, el modelo estimado cumple con las restric-

⁹Al igual que en el modelo ARCH, el orden óptimo del modelo GARCH se determinó mediante pruebas de razón de verosimilitud. Dada la capacidad de estos modelos para capturar efectos de largo plazo con un número reducido de parámetros, así como por la difundida aplicación de versiones con un orden reducido, únicamente se contemplarán dentro del presente hasta 2 rezagos tanto de la varianza condicional como de los residuales al cuadrado.

APLICACIÓN AL MERCADO DEL AZÚCAR

Cuadro 2.3: Modelo GARCH(2,1) para la estimación a nivel nacional

ECUACION	VARIABLES	COEFICIENTES
<i>MEDIA</i>	<i>colusion</i>	0.266 (0.4701)
	<i>LD.azucar</i>	0.347*** (0.0000)
	<i>L2D.azucar</i>	0.149*** (0.0024)
	<i>L3D.azucar</i>	0.093** (0.0298)
	<i>L4D.azucar</i>	0.222*** (0.0000)
	<i>VARIANZA</i>	<i>colusion</i>
	<i>constante</i>	-1.728*** (0.0000)
	<i>L.arch</i>	0.386*** (0.0000)
	<i>L.garch</i>	0.276** (0.0203)
	<i>L2.garch</i>	0.318*** (0.0016)

Errores estándar entre paréntesis: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

2.3. Estimación del modelo

ciones de estacionariedad y no negatividad. No obstante, los presentes resultados se caracterizan por el hecho de que las dummies de colusión en las ecuaciones de la media y la varianza resultan más significativos y más elevados que antes. Obviando su significancia estadística, a partir de estos resultados se estimaría que la variación promedio en el precio del azúcar estándar aumentó en \$0.266 pesos por efecto de la colusión, más del doble que en el modelo ARCH. Esto implicaría un aumento acumulado de \$13.03 pesos durante la vigencia del acuerdo. Sin embargo, aún en este caso resulta imposible confirmar la hipótesis de colusión, principalmente por el hecho de que sigue estimándose que la volatilidad de la serie se vio aumentada durante la colusión y en mayor medida que antes.

¿Cómo conciliamos estos resultados con la hipótesis de colusión? En principio, cabe destacar que estos se corresponden con lo descrito para las estadísticas descriptivas. Pero no solo esto, sino que además refuerzan los indicios derivados de estas en la medida que, una vez controlando por la dinámica autorregresiva y heterocedástica de la serie, los resultados apuntan en la misma dirección. Es decir, que aunque durante la colusión no pueda identificarse una diferencia en la variación del precio promedio en comparación con otros momentos, resulta evidente que en este periodo hubo un impacto positivo en su volatilidad. Dicho de otra forma, toda la evidencia recabada nos indica que el acuerdo colusorio bajo análisis se caracterizó por ser inefectivo e inestable.

Ahora, sobre la efectividad del *screening* de varianza como herramienta de detección parecería que, de haberse aplicado en aquel entonces al mercado del azúcar sin contar con pruebas adicionales, se habría descartado la presencia de un problema anticompetitivo. Si bien esto sería cierto bajo nuestras expectativas iniciales para la colusión, la descripción de la práctica previa nos hace cuestionarnos

si estas resultan razonables para el caso en cuestión.

En realidad, la corta duración del acuerdo, sumada a las dificultades para su implementación, parecen respaldar la hipótesis de que la colusión se limitó a la fase de transición señalada por Harrington y Chen (2006). Para esta, los autores comentan que las empresas incurren en una serie de aumentos graduales en el precio del producto de referencia a fin de no levantar sospechas sobre la existencia del acuerdo colusorio. Tanto su duración como su desarrollo se ve afectada por las creencias particulares de los consumidores sobre los cambios esperados en el precio, mismas que a su vez dependen de la variabilidad de los costos de la industria bajo la siguiente lógica. A menor varianza en los costos más bajas serán las previsiones de los consumidores sobre los cambios en el precio. Lo anterior se traducirá en una mayor duración de la etapa de transición y en menores aumentos en los precios durante la misma. El argumento es similar pero en sentido opuesto cuando la varianza en costos es mayor.

Para el caso del mercado del azúcar, el precio de su principal insumo, la caña de azúcar, se determina a razón del 57 % del precio de referencia de un kilogramo de azúcar base estándar (DOF, 1997). Este cálculo se realiza al inicio de cada zafra y se ajusta al final de la misma para contemplar las diferencias observadas para cada ingenio azucarero.¹⁰ Esto indica que la variación en sus costos es baja, pues el precio de la caña de azúcar se mantiene constante durante la mayor parte del ciclo de producción del azúcar. Bajo tales condiciones, era de esperarse que el establecimiento del precio colusorio se prolongará dentro de un horizonte temporal más amplio. Siendo que en este caso el acuerdo colusorio se terminó de manera abrupta, resulta razonable que los datos analizados no reflejen un aumento signi-

¹⁰Por zafra se entiende la cosecha de la caña de azúcar.

2.4. Extensión de los resultados

ficativo en el precio del azúcar estándar derivado de la práctica anticompetitiva. Por su parte, el aumento en la volatilidad de la serie se justifica por dos razones: la presión competitiva de los principales distribuidores mayoristas y la ausencia de un mecanismo de monitoreo durante la primera mitad del acuerdo colusorio.

Bajo esta perspectiva, tal parece que los resultados encontrados no refutan sino que más bien podrían confirmar la existencia del acuerdo colusorio.

2.4. Extensión de los resultados

Aprovechando que la base de datos utilizada cuenta con información desagregada a nivel estatal, en esta sección se estimará el impacto del acuerdo colusorio a lo largo del país. Para esto, y en la medida de lo posible, se intentará replicar el análisis anterior para cada una de las entidades de la República.¹¹ En principio, y al igual que se hizo en la sección previa, se necesita verificar la validez de la aplicación de los modelos ARCH y GARCH en cada caso. En primer lugar, en el cuadro B.2 del apéndice B se resumen los resultados de las pruebas de raíz unitaria aplicadas para las series de cada estado. De estas, se deduce que las mismas son estacionarias en sus primeras diferencias.

Posteriormente, para la especificación del orden del proceso autorregresivo en la ecuación de la media de cada estado, se consideraron los mismos criterios que en el caso nacional. Es decir, la minimización de los criterios de información de Akaike y Schwarz, la significancia estadística de los rezagos y sobretodo el control de la presencia de autocorrelación en el modelo. Derivado de este proceso, las especificaciones resultantes fueron las siguientes

¹¹El presente análisis excluye a los estados de Nayarit y Tlaxcala, para los cuales no se dispuso de información.

- **Sin rezagos:** Baja California Sur, Campeche, Hidalgo, Michoacán, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Tamaulipas y Zacatecas

$$\Delta p_{t,estado} = \theta d_{t,estado} \quad (2.3)$$

- **AR(1):** Para Chihuahua, Coahuila, Colima, Durango, Guerrero, Morelos, Oaxaca y Sonora

$$\Delta p_{t,estado} = \theta d_{t,estado} + \beta_1 \Delta p_{t-1,estado}$$

- **AR(2):** Para Baja California, Ciudad de México, Estado de México, Jalisco y Tabasco

$$\Delta p_{t,estado} = \theta d_{t,estado} + \sum_{i=1}^2 \beta_i \Delta p_{t-i,estado} \quad (2.4)$$

- **Tercer rezago:** Para Nuevo León y Quintana Roo

$$\Delta p_{t,estado} = \theta d_{t,estado} + \beta_1 \Delta p_{t-3,estado} \quad (2.5)$$

- **Quinto rezago:** Aguascalientes, Sinaloa y Yucatán

$$\Delta p_{t,estado} = \theta d_{t,estado} + \beta_1 \Delta p_{t-5,estado} \quad (2.6)$$

- **Primero, segundo y quinto rezago:** Chiapas

$$\Delta p_{t,Chiapas} = \theta d_{t,Chiapas} + \sum_{i \in \{1,2,5\}} \beta_i \Delta p_{t-i,Chiapas} \quad (2.7)$$

2.4. Extensión de los resultados

■ Segundo, tercero y quinto rezago: Veracruz

$$\Delta p_{t,Veracruz} = \theta d_{t,Veracruz} + \sum_{i \in \{2,3,5\}} \beta_i \Delta p_{t-i,Veracruz} \quad (2.8)$$

■ Primero, tercero, quinto y sexto rezago: Guanajuato

$$\Delta p_{t,Guanajuato} = \theta d_{t,Guanajuato} + \sum_{i \in \{1,3,5,6\}} \beta_i \Delta p_{t-i,Guanajuato} \quad (2.9)$$

Como se muestra del cuadro B.3 al cuadro B.12 del apéndice B, todas estas especificaciones se caracterizan por controlar adecuadamente la presencia de autocorrelación en las series estatales, pues en la gran mayoría de los casos no pudo rechazarse la hipótesis nula de no autocorrelación. Asimismo, en el mismo cuadro se observan los resultados de la prueba de efectos ARCH. En este, se evidencia que los modelos de heterocedasticidad condicional no resultan adecuados para todos los estados. En particular, este es el caso de Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Campeche, Coahuila, Hidalgo, Michoacán, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Tabasco y Zacatecas.¹² Así, para estos casos únicamente se estimaron las ecuaciones de la media previamente especificadas, encontrándose el detalle de las mismas en los cuadros B.13 y B.14 del apéndice B.

Para los estados restantes, se procedió con la estimación del modelo ARCH respectivos. Al igual que antes, el orden del modelo se eligió comparando diferentes versiones mediante la prueba de razón de verosimilitud, a fin de determinar

¹²Si bien en principio parecía ser que estos modelos serían útiles para el estado de Michoacán —para el cual se rechazaba la hipótesis nula de homocedasticidad—, se presentaron problemas durante su estimación. Por tal motivo, se descarto su utilización en este caso.

cual de estos controlaba adecuadamente la volatilidad de la serie. Al hacer esto, se observó que para los estados de Guanajuato y Querétaro los resultados no confirmaban la existencia de un proceso heterocedástico. Esto se demuestra por el hecho de que ninguno de los rezagos de los residuales al cuadrado resultó estadísticamente significativo en los modelos estimados en cada caso, razón por la cual se obvió su consideración en este punto. Para los estados en que la estimación de los modelos ARCH resultó factible, la especificación de la ecuación de la varianza condicional fue la siguiente

- **ARCH(1):** Chiapas, Chihuahua, Colima, Durango, Guerrero, Sonora y Tamaulipas

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 u_{t-1}^2 \quad (2.10)$$

- **ARCH(2):** Ciudad de México, Estado de México, Jalisco, Michoacán y Yucatán

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^2 \alpha_i u_{t-i}^2 \quad (2.11)$$

- **ARCH(3):** Veracruz

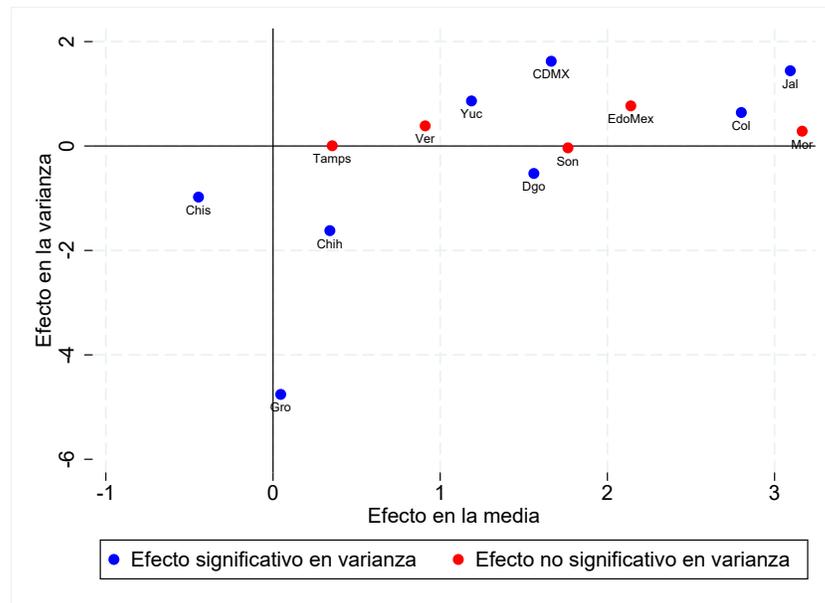
$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^3 \alpha_i u_{t-i}^2 \quad (2.12)$$

Partiendo de esto, en la siguiente gráfica se resumen los resultados de los modelos ARCH estimados que aparecen del cuadro B.15 al cuadro B.17 del apéndice B. En esta, el eje X representa el efecto estimado de la colusión en la variación promedio del precio del azúcar estándar, mientras que el eje Y se relaciona con el impacto de la colusión en su varianza.¹³

¹³Estos resultados deben ser tomados con cautela, puesto que como puede observarse en los cuadros respectivos del apéndice B, en ningún caso se encontró que la colusión tuviera un impacto significativo sobre la variación del precio promedio.

2.4. Extensión de los resultados

Figura 2.3: Resumen de las estimaciones de los modelos ARCH para diferentes estados



De la observación de la gráfica de arriba se deduce que, de acuerdo a los efectos estimados de la colusión, los estados pueden clasificarse en tres grupos¹⁴

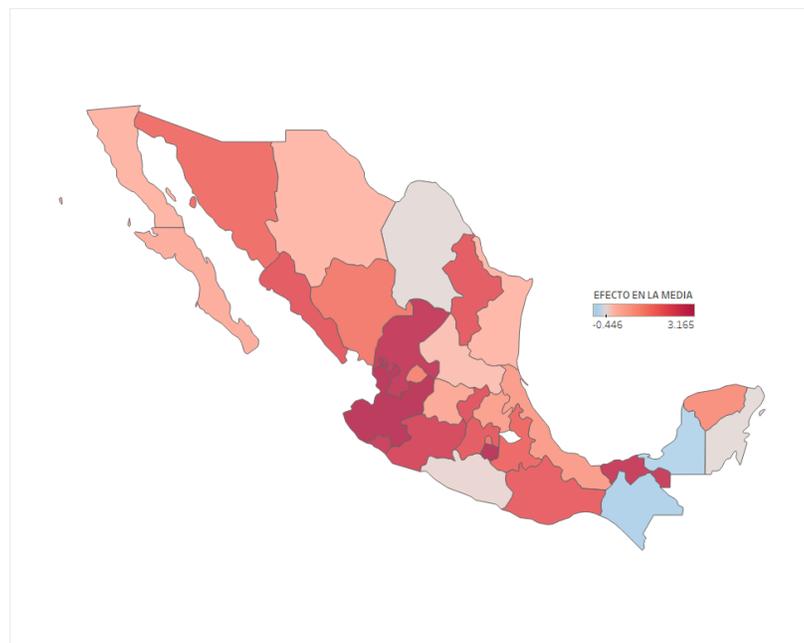
1. **Colusión estable pero inefectiva:** Chiapas.
2. **Colusión efectiva pero inestable:** Ciudad de México, Colima, Estado de México, Jalisco, Morelos, Sonora, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán.
3. **Colusión efectiva y estable:** Chihuahua, Durango y Guerrero.

Asimismo, y a fin de comparar estos resultados con los correspondientes a los estados para los que no pudo estimarse un modelo ARCH, en el siguiente mapa

¹⁴Dentro de esta clasificación, se entiende por efectividad de la colusión su capacidad para aumentar la variación del precio promedio. En cambio, la estabilidad del acuerdo se refleja en la medida en que se haya reducido la volatilidad en el precio.

se observa la distribución del impacto de la colusión sobre la variación promedio en el precio del azúcar estándar.¹⁵

Figura 2.4: Impacto regional de la colusión con base en los modelos ARCH



Como puede verse, los efectos de la colusión en este ámbito parecen extenderse en mayor o menor medida a lo largo de la República, aunque su impacto se concentra en la región centro. En este sentido, destacan Morelos, Jalisco y Zacatecas como aquellos en donde la presencia de la colusión resultó mucho más marcada. No obstante, filtrando los resultados por su significancia estadística, se deduce que en realidad los estados de Zacatecas, Tabasco y Michoacán fueron aquellos que resultaron más afectados por la colusión. Por otra parte, merecen mención especial los estados de Coahuila, Quintana Roo, Campeche y Chiapas,

¹⁵Al igual que antes, estos resultados deben interpretarse con cautela, en tanto el efecto estimado de la colusión solo fue significativo para los estados de Aguascalientes, Michoacán, Nuevo León, Querétaro, Sinaloa, Tabasco y Zacatecas.

2.4. Extensión de los resultados

para los cuales no tienen indicios de que la colusión distorsionara efectivamente los precios de mercado.

A fin de confirmar estos resultados, se realizará el mismo ejercicio pero ahora con los resultados de la estimación de los modelos GARCH. Además de los estados en donde se presentaron complicaciones en la estimación de los modelos ARCH, en este caso se sumaron Chiapas, Chihuahua, Colima, Guerrero y Sonora, a raíz de lo cual se excluye su consideración en este momento. Para los estados restantes, la ecuación de la varianza condicional adoptó la siguiente forma

- **GARCH(1,1):** Estado de México, Jalisco, Morelos, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 u_{t-1}^2 + \beta_1 h_{t-1} \quad (2.13)$$

- **GARCH(2,1):** Durango

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 u_{t-1}^2 + \sum_{i=1}^2 \beta_i h_{t-i} \quad (2.14)$$

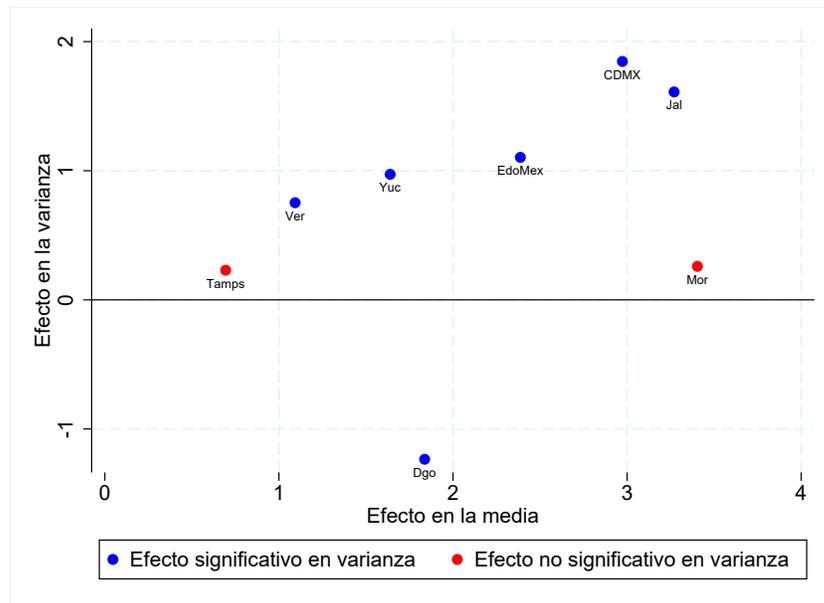
- **GARCH(2,2):** Ciudad de México

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^2 \alpha_i u_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^2 \beta_i h_{t-i} \quad (2.15)$$

Al igual que antes, en la siguiente gráfica se resumen los resultados de la estimación de los modelos GARCH para los estados en los que esto fue posible.¹⁶

¹⁶Nuevamente, la interpretación de los resultados debe ser cautelosa pues, como se observa en el cuadro respectivo del apéndice B, en ningún caso se encontró que la colusión tuviera un impacto significativo sobre la variación del precio promedio.

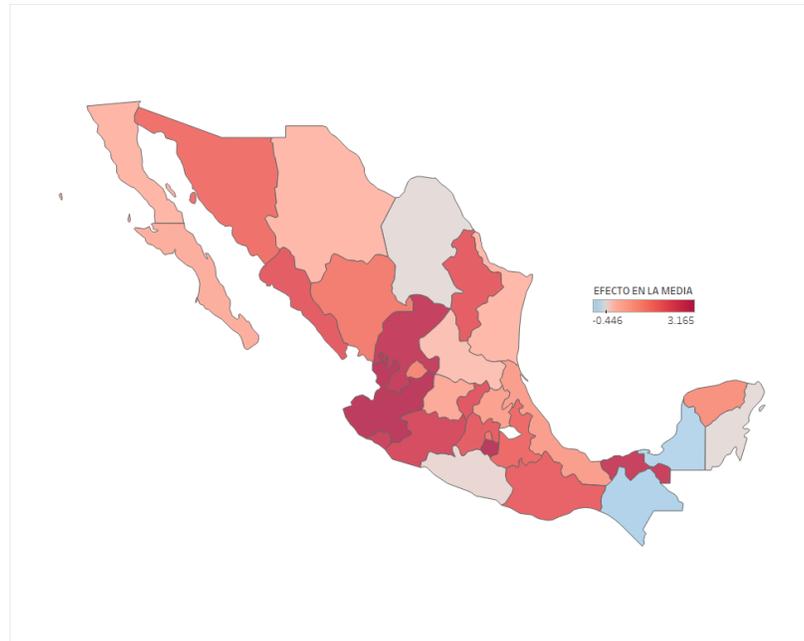
Figura 2.5: Resumen de las estimaciones de los modelos GARCH para diferentes estados



Como puede verse, las implicaciones de estos resultados son equivalentes a las extraídas de los modelos ARCH para los mismos estados, pues éstos siguen clasificándose en los mismos grupos que antes.

2.4. EXTENSIÓN DE LOS RESULTADOS

Figura 2.6: Impacto regional de la colusión con base en los modelos ARCH



Finalmente, en el mapa que aparece arriba se muestra nuevamente la distribución del impacto de la colusión sobre la variación promedio del precio del azúcar estándar pero ahora reemplazando los efectos estimados en los modelos GARCH.

Aunque el impacto estimado de la colusión es mayor en los modelos GARCH que en el ARCH, la distribución regional de sus efectos es prácticamente idéntica. Así, de todo esto se concluye que los resultados no se ven alterados en gran medida cuando se utiliza uno u otro enfoque e, incluso, la utilización de los modelos ARCH resulta conveniente en tanto permite estimar el impacto de la colusión para un mayor número de estados.

Conclusiones

El presente trabajo se desarrolló con el objetivo de verificar la efectividad del *screen* de varianza como herramienta de detección de prácticas colusorias. Siguiendo la aportación original de Bolotova et al. (2008), así como posteriores aplicaciones por parte de Vasconcelos y Vasconcelos (2007) y Estrada y Vázquez (2013), esto se hizo a través de la estimación de modelos ARCH y GARCH. La elección de estos modelos se basó principalmente en su capacidad para caracterizar procesos heterocedásticos, por lo cual permiten detectar cambios en la dinámica de la varianza de una serie atribuibles a diferentes circunstancias. En específico para los fines del presente, dichos modelos tienen el potencial de detectar interrupciones en la volatilidad de los precios de un producto, mismas que podrían ser un indicio de la existencia de una práctica colusoria.

Para verificar la utilidad de estos modelos, se hizo una aplicación para el caso de colusión en el mercado mayorista de la azúcar estándar investigado por la COFECE (2016b). La conveniencia de su estudio radicó en que, al haberse demostrado la existencia de una colusión, evito la especulación de si efectivamente existía una práctica anticompetitiva en el mercado. Así, fue posible concentrar los esfuerzos en el análisis de la efectividad de los modelos propuestos en la detección de señales de un acuerdo colusorio real.

De la implementación de los modelos en el mercado analizado se obtuvieron varios resultados interesantes. En primera, para las estimaciones a nivel nacional, así como para la gran mayoría de las estimaciones a nivel estatal, fue imposible verificar la hipótesis de colusión dada por una menor volatilidad en la serie de variaciones del precio del azúcar estándar. De hecho, en gran parte de estos casos se encontró de forma contradictoria que dicha volatilidad fue mayor durante el periodo colusorio. Aún más, en ningún caso se encontró evidencia de un impacto significativo de la colusión sobre el promedio de las variaciones del precio de este producto.

Aunque en principio estos resultados parecerían demeritar la efectividad de estos modelos y, en general, del *screen* de varianza para fines de la detección de acuerdos colusorios, la naturaleza de la práctica hace necesario un análisis mucho más cuidadoso del caso. La reducida duración del acuerdo sustenta la impresión de que, en la terminología de Harrington y Chen (2006), la colusión se limitó a su fase de transición. Esta se caracteriza por una serie de aumentos graduales en el precio con el objetivo de fijarlo en su nivel de colusión. Además, como parte de la resolución del caso, la COFECE señaló que las empresas coludidas nunca lograron alcanzar el precio objetivo del acuerdo. Todo esto justificaría el porque no logró encontrarse evidencia de que la variación en el precio del azúcar estándar fuera marcadamente distinta durante la colusión en comparación con otros periodos.

Asimismo, también dentro de la resolución se evidencia que las empresas enfrentaron dificultades para la implementación del acuerdo, en particular, la presión competitiva ejercida por los principales distribuidores y mayoristas. Si a esto se añade la ausencia de un mecanismo de monitoreo del acuerdo durante la primera

CONCLUSIONES

mitad de su duración, esto explicaría el porque durante la colusión se observó un aumento en la volatilidad en las variaciones del precio del azúcar estándar. Así, de lo dicho previamente podría inferirse que, en realidad, los resultados encontrados apuntan hacia la existencia de una práctica colusoria en el mercado analizado.

A partir de este análisis, se infiere la utilidad de que en futuros trabajos se profundice en la caracterización del impacto de una colusión durante su fase de transición. El potencial de este rubro de investigación yace en la posibilidad de generar indicadores que faciliten el descubrimiento de una colusión desde sus inicios, lo cual reduciría la afectación de dichas prácticas sobre el bienestar de los consumidores. Adicionalmente, conviene recordar aquello en lo que se hizo hincapié en el primer capítulo respecto a que la implementación del *screening* debe adaptarse a la situación bajo análisis. En este sentido, su aplicación debe complementarse con información adicional que permita contextualizar la situación bajo estudio. Con esto, se evitará que los resultados de este enfoque se vean desvirtuados por una comprensión insuficiente del caso considerado.

Por otra parte, como parte de la extensión de los resultados iniciales, se estudió como se distribuyó el impacto de la colusión sobre el promedio de las variaciones en el precio del azúcar estándar a nivel regional. Sobre esto, se mencionó que su incidencia pareció haberse difundido a lo largo del país, concentrándose sus efectos en la región centro. En particular, destacaron los estados de Zacatecas, Tabasco y Michoacán como aquellos que se vieron más afectados por la práctica, mientras que en Coahuila, Quintana Roo, Campeche y Chiapas el acuerdo resultó completamente ineficaz. Esto constituye una muestra de una ventaja adicional de los modelos ARCH y GARCH, en la medida que pueden utilizarse para estimar el daño de una práctica colusoria.

En relación a las fuentes de información, en el presente trabajo se destacó la utilidad de las bases de datos públicas para fines del análisis de competencia. Como se dijo antes, los resultados de la metodología de *screening* serán confiables en la medida que la información utilizada en su estimación sea adecuada y de calidad. En este caso, la disposición de información del SNIIM nos permitió generar resultados interesantes. De tal suerte, si bien la información de fuentes públicas como el INEGI o la Profeco presenta limitantes —pues en principio no fueron construidas para atender las necesidades de las autoridades de competencia—, la facilidad de su acceso, en conjunción con un uso prudente, podrían fomentar el uso del análisis económico dentro de la política de detección de prácticas colusorias.

En resumen, todo lo anterior abona a un uso inteligente y estratégico de la metodología de *screening* como una herramienta complementaria dentro del proceso de investigación de un acuerdo colusorio. Es a través del entendimiento de sus virtudes y limitantes que la autoridad de competencia logrará explotar todo su potencial, con los correspondientes beneficios derivados de la disuasión y desistimiento de prácticas colusorias en términos de la promoción del bienestar del consumidor.

Apéndice A

Metodología econométrica

A fin de fomentar una mejor comprensión del presente trabajo, el objetivo del presente apéndice consiste en introducir los elementos básicos de la metodología econométrica utilizada. En este sentido, no se pretende ofrecer una revisión exhaustiva de los modelos ARCH y GARCH, sino más bien establecer sus generalidades. Por ello, cuando sea conveniente se hará referencia a los trabajos originales donde se desarrollaron estos modelos, para que aquellos interesados tengan oportunidad de profundizar en su estudio. Dicho esto, la estructura del presente será la siguiente. En el primer apartado, se expondrán los modelos ARCH. Por su parte, en el segundo apartado se generalizarán los modelos previos en la versión GARCH.

A.1. Modelos ARCH¹

Para motivar la discusión, consideremos inicialmente un proceso autorregresivo de orden 1 para una variable observada a través del tiempo (y_t). Este puede representarse de la siguiente forma

$$\begin{aligned} y_t &= \phi + u_t \\ u_t &= \rho u_{t-1} + v_t, \quad |\rho| < 1 \\ v_t &\sim N(0, \sigma_v^2) \end{aligned} \tag{A.1}$$

Expresando al término de error u_t como una suma infinita de sus respectivos errores v_t , es fácil ver que su media incondicional es constante e igual a

$$E[u_t/I_{t-1}] = E\left[\sum_{i=0}^{t-1} \rho^i v_{t-i}\right] = 0$$

mientras que su media condicional varía a través del tiempo de acuerdo a

$$E[u_t/I_{t-1}] = E[\rho u_{t-1}/I_{t-1}] + E[v_t] = \rho u_{t-1}$$

como consecuencia de que el error sigue un proceso AR(1) y donde I_{t-1} se refiere a la información de la que se dispone en el periodo $t - 1$. Con base en lo anterior,

¹La discusión en esta sección se basa en Griffiths et al. (2008).

A.1. Modelos ARCH

para la varianza tenemos que²

$$Var(u_t) = \sum_{i=0}^t var(\rho^i v_{t-i}) + \sum_{k \neq j} cov(\rho^k v_{t-k}, \rho^j v_{t-j}) = \sigma_v^2 \sum_{i=0}^t \rho^{2i} = \frac{2(t+1)}{1-\rho^2} \sigma_v^2$$

$$Var(u_t/I_{t-1}) = E[(u_t - \rho u_{t-1})^2/I_{t-1}] = E[v_t^2/I_{t-1}] = \sigma_v^2$$

Nótese que, a diferencia de la media, la varianza del error es constante a través del tiempo independientemente de si se condiciona a la información disponible —aunque haciendo esto se mejora la precisión de la estimación.

Ahora, demos un paso hacia adelante y pensemos en la posibilidad de que la varianza condicional cambie a través del tiempo —es decir, prescindamos del supuesto de homocedasticidad. Esto puede representarse de la siguiente forma

$$\begin{aligned} y_t &= \phi + u_t \\ u_t/I_{t-1} &\sim N(0, h_t) \\ h_t &= \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i u_{t-i}^2, \quad \alpha_0 > 0, \alpha_i \geq 0, \sum_{i=1}^q \alpha_i \leq 1 \end{aligned} \tag{A.2}$$

A este modelo se le denomina ARCH(q), siendo originalmente introducido por Engle (1982). En este, tanto el carácter autorregresivo como la naturaleza heterocedástica del proceso se introducen al permitir que la varianza condicional dependa de una suma ponderada de los primeros q rezagos de los residuales al cuadrado.

En relación a las restricciones, el requisito de que los coeficientes de la ecuación de la varianza condicional sean positivos garantiza que su valor nunca será

²Para el caso de la varianza incondicional, la covarianza se anula en tanto los errores v_t son independientes entre sí.

negativo —lo cual carecería de sentido. Por su parte, mediante la última restricción garantizamos que el proceso sea *estacionario en varianza*, es decir, que la volatilidad de la serie no explote conforme pase el tiempo. Para ver esto con claridad notemos que, haciéndose las manipulaciones adecuadas, puede determinarse que la varianza incondicional del término de error viene dada por

$$Var(u_t) = \frac{\alpha_0}{1 - \sum_{i=1}^q \alpha_i}$$

De esta expresión, resulta claro que si la suma de los coeficientes de los regresores es mayor a la unidad, la varianza condicional no estará determinada. Esto es indeseado, pues en este caso el modelo pierde la propiedad de convergencia de la varianza condicional en el largo plazo.

A.2. Modelos GARCH³

A pesar de su potencial para analizar la dinámica de la volatilidad de una serie de tiempo, los modelos ARCH conllevan varias dificultades. En general, estas se relacionan con el hecho de que en muchos casos es necesario considerar un amplio horizonte de rezagos a fin de describir el carácter autorregresivo de la varianza condicional. Cuando el número de rezagos es alto, se corre el riesgo de perder precisión en la estimación, a la par que aumenta la probabilidad de incumplir alguna de las restricciones del modelo. Debido a esto, (Bollerslev, 1986) propuso

³La discusión en esta sección se basa en Brooks (2014).

A.2. Modelos GARCH

la siguiente especificación alternativa

$$\begin{aligned} y_t &= \phi + u_t \\ u_t / I_{t-1} &\sim N(0, h_t) \\ h_t &= \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i u_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j h_{t-j}, \quad \alpha_0 > 0, \alpha_i, \beta_j \geq 0, \sum_{i=1}^q \alpha_i + \sum_{j=1}^q \beta_j \leq 1 \end{aligned} \tag{A.3}$$

A estos modelos se les denomina GARCH(p,q), cuya única variante respecto de la modelización anterior consiste en una especificación alternativa para la varianza condicional. En este sentido, estos no son sino una generalización de los modelos ARCH, donde la varianza condicional ya no solo depende de cierto número de rezagos de los residuales al cuadrado, sino que también se relaciona con rezagos de la misma varianza condicional. Asimismo, al igual que en el caso anterior, las restricciones impuestas garantizan tanto que la varianza condicional sea positiva como que su proceso sea estacionario.

La razón principal por la que los modelos GARCH han desplazado a los modelos ARCH se origina en que los primeros resultan mucho más *parsimoniosos* que los segundos, pues permiten capturar efectos de largo plazo sobre la varianza condicional mediante la estimación de un número reducido de parámetros. Para ver esto, consideremos el caso particular del modelo GARCH(1,1), cuya ecuación de la varianza condicional es la siguiente

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 u_{t-1}^2 + \beta h_{t-1}$$

reemplazando de forma iterativa los rezagos de la varianza condicional con sus

respectivas caracterizaciones dentro del modelo obtenemos

$$h_t = \alpha_0 \sum_{i=0}^t \beta^i + \alpha_1 \sum_{j=1}^t \beta^{j-1} u_{t-j}^2 + \beta^t h_0$$

de esta última expresión observamos que, conforme aumente el número de observaciones, el último término tenderá a cero —pues β asume valores entre cero y uno. Así, prescindiendo del último término, lo anterior puede reescribirse como

$$h_t = \gamma_0 + \sum_{i=1}^t \gamma_i u_{t-i}^2$$

donde

- $\gamma_0 = \alpha_0 \sum_{i=0}^t \beta^i$
- $\gamma_i = \alpha_1 \beta^{i-1}, \quad i = 1, \dots, t$

De esto se concluye que el modelo GARCH(1,1) es en realidad un modelo ARCH con una ventana temporal prolongada, de forma tal que la varianza condicional en cada periodo se ve condicionada por la totalidad de los shocks que ocurrieron en el pasado. Es debido a esto que, en general, un modelo GARCH(1,1) suele ser suficiente para caracterizar la dinámica de la volatilidad de una serie, lo cual justifica la difusión de su popularidad.

Apéndice B

Cuadros

Cuadro B.1: Pruebas de heterocedasticidad y autocorrelación para la serie a nivel nacional

Rezagos	Efectos ARCH	Autocorrelacion
<i>1</i>	11.535*** (0.0007)	2.622 (0.1054)
<i>2</i>	12.239*** (0.0022)	2.665 (0.2638)
<i>3</i>	21.756*** (0.0001)	5.729 (0.1256)
<i>4</i>	26.053*** (0.0000)	7.988* (0.0920)
<i>5</i>	28.541*** (0.0000)	8.823 (0.1163)
<i>6</i>	29.285*** (0.0001)	10.32 (0.1118)
<i>7</i>	30.412*** (0.0001)	10.58 (0.1580)
<i>8</i>	30.614*** (0.0002)	10.838 (0.2110)
<i>9</i>	30.698*** (0.0003)	10.897 (0.2828)
<i>10</i>	31.048*** (0.0006)	11.461 (0.3228)

Errores estándar entre paréntesis: *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

APÉNDICE B. CUADROS

Cuadro B.2: Prueba Dickey-Fuller aumentada para las series de los estados de la República Mexicana

Estado	Rezagos	Estadístico
<i>Aguascalientes</i>	4	-7.378
<i>BajaCalifornia</i>	1	-19.633
<i>BajaCaliforniaSur</i>	1	-17.713
<i>Campeche</i>	1	-17.221
<i>Chiapas</i>	4	-9.939
<i>Chihuahua</i>	1	-18.390
<i>CDMX</i>	1	-14.045
<i>Coahuila</i>	1	-17.648
<i>Colima</i>	1	-18.079
<i>Durango</i>	1	-19.456
<i>EdoMex</i>	1	-11.740
<i>Guanajuato</i>	5	-9.058
<i>Guerrero</i>	1	-18.509
<i>Hidalgo</i>	1	-16.960
<i>Jalisco</i>	1	-13.977
<i>Michoacan</i>	1	-17.105
<i>Morelos</i>	1	-16.628
<i>NuevoLeón</i>	1	-17.876
<i>Oaxaca</i>	1	-19.160
<i>Puebla</i>	2	-11.789
<i>Querétaro</i>	3	-9.179
<i>QuintanaRoo</i>	1	-17.691
<i>SanLuisPotosí</i>	1	-16.475
<i>Sinaloa</i>	4	-8.599
<i>Sonora</i>	1	-19.107
<i>Tabasco</i>	1	-21.342
<i>Tamaulipas</i>	1	-17.036
<i>Veracruz</i>	4	-6.898
<i>Yucatán</i>	4	-12.538
<i>Zacatecas</i>	1	-16.812

Valores críticos: -2.580 (10 %), -1.950 (5 %), -1.620 (1 %)

Cuadro B.3: Pruebas de heterocedasticidad y autocorrelación para las series de los estados (Parte 1)

Rezagos	Aguascalientes		Baja California		Baja California Sur	
	Efectos ARCH	Autocorrelacion	Efectos ARCH	Autocorrelacion	Efectos ARCH	Autocorrelacion
1	0.350 (0.5539)	0.301 (0.5831)	0.009 (0.9243)	1.574 (0.2096)	0.001 (0.9721)	0.403 (0.5254)
2	0.899 (0.6378)	0.372 (0.8303)	2.983 (0.2250)	1.962 (0.3750)	0.066 (0.9675)	3.926 (0.1404)
3	1.262 (0.7381)	0.480 (0.9232)	3.059 (0.3827)	1.965 (0.5797)	0.411 (0.9379)	7.224* (0.0651)
4	3.022 (0.5542)	0.485 (0.9749)	3.145 (0.5339)	1.965 (0.7422)	0.524 (0.9711)	7.333 (0.1193)
5	3.042 (0.6935)	0.563 (0.9896)	3.174 (0.6732)	4.607 (0.4657)	0.630 (0.9866)	7.413 (0.1917)
6	3.168 (0.7875)	0.582 (0.9967)	3.218 (0.7810)	6.566 (0.3628)	0.628 (0.9959)	7.800 (0.2531)
7	3.222 (0.8637)	0.950 (0.9956)	3.285 (0.8574)	7.122 (0.4163)	0.718 (0.9982)	7.834 (0.3474)
8	3.274 (0.9160)	0.970 (0.9984)	3.442 (0.9036)	7.197 (0.5155)	0.762 (0.9994)	8.019 (0.4316)
9	3.311 (0.9507)	2.834 (0.9705)	3.438 (0.9444)	8.292 (0.5050)	5.079 (0.8274)	15.629* (0.0750)
10	4.453 (0.9246)	3.528 (0.9661)	9.706 (0.4667)	16.817* (0.0785)	8.721 (0.5587)	20.510** (0.0248)

Errores estándar entre paréntesis: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Cuadro B.4: Pruebas de heterocedasticidad y autocorrelación para las series de los estados (Parte 2)

Rezagos	Campeche		Chiapas		Chihuahua	
	Efectos ARCH	Autocorrelacion	Efectos ARCH	Autocorrelacion	Efectos ARCH	Autocorrelacion
1	0.045 (0.8315)	1.895 (0.1686)	3.788* (0.0516)	1.236 (0.2663)	22.924** (0.0000)	0.330 (0.5654)
2	0.103 (0.9496)	1.907 (0.3853)	3.766 (0.1521)	2.260 (0.3230)	25.259** (0.0000)	1.002 (0.6058)
3	0.159 (0.9839)	1.909 (0.5914)	3.848 (0.2783)	2.334 (0.5060)	25.242** (0.0000)	3.146 (0.3697)
4	1.183 (0.8808)	7.323 (0.1198)	3.836 (0.4286)	3.185 (0.5274)	25.357** (0.0000)	3.936 (0.4148)
5	2.155 (0.8273)	11.475** (0.0427)	4.107 (0.5341)	3.193 (0.6702)	25.604** (0.0001)	5.626 (0.3443)
6	2.207 (0.8997)	11.500* (0.0741)	4.092 (0.6642)	7.359 (0.2889)	25.642** (0.0003)	5.729 (0.4542)
7	2.239 (0.9454)	11.511 (0.1178)	4.134 (0.7642)	9.068 (0.2478)	25.794** (0.0005)	6.027 (0.5366)
8	2.305 (0.9702)	11.559 (0.1720)	4.130 (0.8452)	10.004 (0.2648)	25.933** (0.0011)	8.184 (0.4157)
9	2.410 (0.9832)	11.697 (0.2309)	4.134 (0.9024)	11.107 (0.2684)	26.276** (0.0018)	8.373 (0.4971)
10	2.476 (0.9912)	11.717 (0.3045)	4.411 (0.9269)	11.644 (0.3096)	26.287** (0.0034)	8.381 (0.5917)

Errores estándar entre paréntesis: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Cuadro B.5: Pruebas de heterocedasticidad y autocorrelación para las series de los estados (Parte 3)

Rezagos	Ciudad de México		Coahuila		Colima	
	Efectos ARCH	Autocorrelacion	Efectos ARCH	Autocorrelacion	Efectos ARCH	Autocorrelacion
1	18.603** (0.0000)	1.118 (0.2904)	1.726 (0.1889)	0.047 (0.8279)	15.598** (0.0001)	0.759 (0.3836)
2	24.597** (0.0000)	4.058 (0.1315)	2.076 (0.3542)	0.093 (0.9546)	16.864** (0.0002)	0.975 (0.6143)
3	24.784** (0.0000)	4.305 (0.2304)	2.492 (0.4767)	0.100 (0.9918)	16.857** (0.0008)	1.221 (0.7480)
4	24.859** (0.0001)	4.367 (0.3586)	2.892 (0.5761)	0.106 (0.9987)	16.938** (0.0020)	1.333 (0.8558)
5	29.487** (0.0000)	5.301 (0.3803)	3.417 (0.6360)	0.161 (0.9995)	17.381** (0.0038)	2.347 (0.7994)
6	30.370** (0.0000)	7.541 (0.2737)	3.921 (0.6874)	0.131 (1.0000)	18.126** (0.0059)	2.350 (0.8848)
7	30.641** (0.0001)	7.546 (0.3743)	4.136 (0.7640)	0.577 (0.9991)	18.104** (0.0115)	2.357 (0.9375)
8	39.885** (0.0000)	7.823 (0.4510)	4.788 (0.7800)	0.624 (0.9997)	18.223** (0.0196)	2.640 (0.9549)
9	39.903** (0.0000)	9.160 (0.4226)	4.917 (0.8415)	0.986 (0.9995)	18.312** (0.0317)	2.642 (0.9768)
10	40.038** (0.0000)	10.017 (0.4390)	5.044 (0.8882)	1.121 (0.9997)	20.761** (0.0228)	6.663 (0.7569)

Errores estándar entre paréntesis: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Cuadro B.6: Pruebas de heterocedasticidad y autocorrelación para las series de los estados (Parte 4)

Rezagos	Durango		Estado de México		Guanajuato	
	Efectos ARCH	Autocorrelacion	Efectos ARCH	Autocorrelacion	Efectos ARCH	Autocorrelacion
1	55.469** (0.0000)	1.897 (0.1684)	7.988** (0.0047)	0.819 (0.3655)	0.153 (0.6958)	0.135 (0.7133)
2	61.096** (0.0000)	3.516 (0.1724)	22.660** (0.0000)	1.147 (0.5635)	0.185 (0.9117)	3.885 (0.1434)
3	61.212** (0.0000)	4.948 (0.1756)	22.631** (0.0000)	1.172 (0.7598)	0.331 (0.9541)	3.888 (0.2738)
4	61.224** (0.0000)	5.950 (0.2029)	22.623** (0.0002)	1.510 (0.8249)	0.353 (0.9861)	3.902 (0.4194)
5	61.137** (0.0000)	6.246 (0.2830)	22.583** (0.0004)	1.837 (0.8712)	0.367 (0.9962)	3.945 (0.5574)
6	62.438** (0.0000)	7.254 (0.2980)	22.745** (0.0009)	2.877 (0.8241)	13.966** (0.0300)	4.100 (0.6632)
7	63.774** (0.0000)	7.255 (0.4029)	23.213** (0.0016)	3.094 (0.8762)	15.621** (0.0288)	4.105 (0.7676)
8	63.759** (0.0000)	7.332 (0.5013)	23.187** (0.0031)	3.127 (0.9261)	16.749** (0.0328)	5.312 (0.7238)
9	63.698** (0.0000)	8.160 (0.5181)	52.022** (0.0000)	6.432 (0.6960)	16.732* (0.0531)	6.157 (0.7241)
10	63.894** (0.0000)	12.218 (0.2707)	52.077** (0.0000)	6.433 (0.7777)	17.689* (0.0604)	8.279 (0.6016)

Errores estándar entre paréntesis: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Cuadro B.7: Pruebas de heterocedasticidad y autocorrelación para las series de los estados (Parte 5)

Rezagos	Guerrero		Hidalgo		Jalisco	
	Efectos ARCH	Autocorrelacion	Efectos ARCH	Autocorrelacion	Efectos ARCH	Autocorrelacion
1	8.191** (0.0042)	0.015 (0.9018)	0.020 (0.8879)	1.654 (0.1985)	3.152* (0.0758)	0.324 (0.5693)
2	8.238** (0.0163)	0.018 (0.9912)	0.065 (0.9681)	1.781 (0.4104)	4.089 (0.1294)	0.392 (0.8222)
3	8.269** (0.0408)	0.478 (0.9237)	0.142 (0.9864)	1.815 (0.6116)	4.090 (0.2519)	0.394 (0.9415)
4	8.362* (0.0792)	0.596 (0.9635)	0.166 (0.9967)	2.664 (0.6155)	4.073 (0.3962)	0.694 (0.9521)
5	8.397 (0.1357)	3.990 (0.5509)	0.216 (0.9989)	2.736 (0.7406)	4.078 (0.5382)	1.874 (0.8663)
6	8.950 (0.1764)	5.396 (0.4941)	0.304 (0.9995)	2.776 (0.8364)	4.438 (0.6176)	3.702 (0.7169)
7	18.153** (0.0113)	5.157 (0.6409)	0.396 (0.9997)	2.776 (0.9049)	5.173 (0.6389)	4.168 (0.7602)
8	18.708** (0.0165)	5.451 (0.7084)	0.397 (0.9999)	3.142 (0.9251)	5.288 (0.7264)	4.488 (0.8106)
9	19.367** (0.0222)	8.327 (0.5016)	0.408 (1.0000)	3.227 (0.9546)	6.960 (0.6413)	4.848 (0.8474)
10	19.448** (0.0349)	8.393 (0.5905)	0.433 (1.0000)	3.395 (0.9705)	7.476 (0.6799)	5.158 (0.8804)

Errores estándar entre paréntesis: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Cuadro B.8: Pruebas de heterocedasticidad y autocorrelación para las series de los estados (Parte 6)

Rezagos	Michoacan		Morelos		Nuevo León	
	Efectos ARCH	Autocorrelacion	Efectos ARCH	Autocorrelacion	Efectos ARCH	Autocorrelacion
1	0.902 (0.3424)	0.858 (0.3543)	54.692** (0.0000)	2.445 (0.1179)	0.057 (0.8113)	1.488 (0.2225)
2	2.306 (0.3158)	1.001 (0.6063)	56.945** (0.0000)	2.613 (0.2707)	0.060 (0.9706)	3.132 (0.2088)
3	3.693 (0.2966)	1.021 (0.7961)	57.261** (0.0000)	3.072 (0.3807)	1.132 (0.7694)	6.068 (0.1083)
4	3.699 (0.4483)	1.916 (0.7513)	57.373** (0.0000)	3.073 (0.5458)	1.188 (0.8801)	6.355 (0.1742)
5	56.610** (0.0000)	6.172 (0.2899)	57.298** (0.0000)	5.485 (0.3596)	1.187 (0.9461)	7.967 (0.1581)
6	56.790** (0.0000)	6.194 (0.4018)	57.198** (0.0000)	5.565 (0.4737)	1.639 (0.9497)	8.015 (0.2370)
7	57.589** (0.0000)	6.195 (0.5172)	58.057** (0.0000)	8.407 (0.2981)	1.799 (0.9701)	9.760 (0.2026)
8	57.930** (0.0000)	6.214 (0.6233)	58.399** (0.0000)	8.506 (0.3857)	1.862 (0.9849)	9.770 (0.2816)
9	58.261** (0.0000)	7.007 (0.6363)	58.401** (0.0000)	8.609 (0.4742)	6.694 (0.6690)	11.313 (0.2549)
10	60.742** (0.0000)	7.695 (0.6586)	58.410** (0.0000)	9.192 (0.5140)	7.045 (0.7212)	13.863 (0.1793)

Errores estándar entre paréntesis: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Cuadro B.9: Pruebas de heterocedasticidad y autocorrelación para las series de los estados (Parte 7)

Rezagos	Oaxaca		Puebla		Querétaro	
	Efectos ARCH	Autocorrelacion	Efectos ARCH	Autocorrelacion	Efectos ARCH	Autocorrelacion
1	0.711 (0.3991)	1.967 (0.1608)	0.005 (0.9460)	0.646 (0.4217)	0.347 (0.5559)	0.020 (0.8870)
2	0.780 (0.6772)	2.333 (0.3114)	0.109 (0.9468)	0.984 (0.6115)	0.663 (0.7177)	1.428 (0.4896)
3	0.772 (0.8562)	3.422 (0.3311)	0.156 (0.9844)	6.758* (0.0800)	1.900 (0.5934)	1.445 (0.6951)
4	0.797 (0.9389)	4.700 (0.3195)	0.497 (0.9738)	6.827 (0.1453)	1.923 (0.7500)	6.818 (0.1458)
5	0.797 (0.9772)	5.209 (0.3910)	0.771 (0.9789)	8.199 (0.1456)	1.920 (0.8600)	6.878 (0.2299)
6	0.874 (0.9899)	5.273 (0.5093)	0.996 (0.9858)	8.446 (0.2072)	7.334 (0.2911)	9.492 (0.1478)
7	0.902 (0.9963)	6.369 (0.4974)	1.006 (0.9947)	9.060 (0.2484)	7.606 (0.3686)	9.599 (0.2124)
8	0.940 (0.9986)	7.262 (0.5087)	2.096 (0.9779)	10.073 (0.2600)	19.491** (0.0124)	9.994 (0.2655)
9	0.964 (0.9995)	11.401 (0.2492)	2.123 (0.9894)	10.550 (0.3078)	19.780** (0.0193)	9.995 (0.3509)
10	0.991 (0.9998)	11.559 (0.3157)	2.663 (0.9883)	10.714 (0.3803)	19.909** (0.0301)	9.999 (0.4406)

Errores estándar entre paréntesis: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Cuadro B.10: Pruebas de heterocedasticidad y autocorrelación para las series de los estados (Parte 8)

Rezagos	Quintana Roo		San Luis Potosí		Sinaloa	
	Efectos ARCH	Autocorrelacion	Efectos ARCH	Autocorrelacion	Efectos ARCH	Autocorrelacion
1	1.477 (0.2242)	1.961 (0.1614)	0.257 (0.6125)	0.022 (0.8814)	0.279 (0.5971)	0.195 (0.6590)
2	1.614 (0.4461)	2.394 (0.3022)	0.486 (0.7844)	0.184 (0.9122)	0.582 (0.7475)	0.214 (0.8985)
3	1.613 (0.6565)	4.842 (0.1838)	0.484 (0.9223)	0.202 (0.9773)	0.870 (0.8326)	0.382 (0.9439)
4	1.926 (0.7494)	4.842 (0.3039)	0.517 (0.9718)	2.877 (0.5787)	1.094 (0.8952)	0.534 (0.9701)
5	1.976 (0.8525)	6.316 (0.2766)	0.731 (0.9812)	3.229 (0.6647)	3.670 (0.5978)	0.974 (0.9646)
6	2.303 (0.8898)	6.419 (0.3779)	0.810 (0.9918)	3.477 (0.7471)	3.729 (0.7132)	1.889 (0.9296)
7	2.577 (0.9212)	6.563 (0.4758)	0.829 (0.9971)	3.778 (0.8049)	3.969 (0.7834)	1.905 (0.9649)
8	2.642 (0.9548)	7.691 (0.4642)	0.857 (0.9990)	4.101 (0.8479)	4.121 (0.8460)	2.278 (0.9713)
9	2.763 (0.9729)	7.700 (0.5646)	1.098 (0.9992)	4.995 (0.8348)	4.248 (0.8943)	2.279 (0.9863)
10	12.301 (0.2654)	20.389** (0.0258)	1.340 (0.9994)	5.091 (0.8850)	4.305 (0.9326)	2.310 (0.9934)

Errores estándar entre paréntesis: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Cuadro B.11: Pruebas de heterocedasticidad y autocorrelación para las series de los estados (Parte 9)

Rezagos	Sonora		Tabasco		Tamaulipas	
	Efectos ARCH	Autocorrelacion	Efectos ARCH	Autocorrelacion	Efectos ARCH	Autocorrelacion
1	90.038** (0.0000)	1.168 (0.2798)	0.301 (0.5833)	0.115 (0.7350)	0.770 (0.3804)	0.964 (0.3263)
2	106.223** (0.0000)	1.169 (0.5573)	1.226 (0.5416)	0.163 (0.9219)	1.193 (0.5507)	0.965 (0.6172)
3	108.239** (0.0000)	1.208 (0.7510)	1.233 (0.7450)	0.177 (0.9812)	1.198 (0.7535)	0.966 (0.8094)
4	108.610** (0.0000)	1.210 (0.8764)	1.719 (0.7872)	3.612 (0.4610)	1.250 (0.8699)	1.139 (0.8880)
5	108.402** (0.0000)	4.649 (0.4602)	1.731 (0.8850)	4.704 (0.4530)	60.601** (0.0000)	4.700 (0.4536)
6	108.352** (0.0000)	5.075 (0.5342)	2.107 (0.9096)	10.799* (0.0948)	61.516** (0.0000)	9.099 (0.1681)
7	108.255** (0.0000)	6.341 (0.5005)	2.981 (0.8867)	11.245 (0.1283)	62.213** (0.0000)	9.884 (0.1952)
8	110.347** (0.0000)	7.060 (0.5301)	2.968 (0.9363)	11.389 (0.1806)	62.323** (0.0000)	9.885 (0.2732)
9	110.811** (0.0000)	7.105 (0.6262)	3.269 (0.9527)	12.287 (0.1976)	62.440** (0.0000)	9.904 (0.3583)
10	111.412** (0.0000)	7.470 (0.6804)	3.347 (0.9720)	12.294 (0.2659)	73.620** (0.0000)	9.906 (0.4487)

Errores estándar entre paréntesis: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Cuadro B.12: Pruebas de heterocedasticidad y autocorrelación para las series de los estados (Parte 10)

Rezagos	Veracruz		Yucatán		Zacatecas	
	Efectos ARCH	Autocorrelacion	Efectos ARCH	Autocorrelacion	Efectos ARCH	Autocorrelacion
1	0.147 (0.7010)	0.350 (0.5539)	0.316 (0.5740)	0.003 (0.9543)	0.472 (0.4922)	0.791 (0.3738)
2	1.162 (0.5594)	0.899 (0.6378)	1.443 (0.4861)	1.732 (0.4206)	0.874 (0.6459)	1.081 (0.5824)
3	2.026 (0.5670)	1.262 (0.7381)	12.121** (0.0070)	3.236 (0.3567)	0.878 (0.8307)	1.082 (0.7814)
4	2.054 (0.7258)	3.022 (0.5542)	12.209** (0.0159)	4.535 (0.3384)	0.871 (0.9288)	4.365 (0.3589)
5	56.263** (0.0000)	3.042 (0.6935)	14.370** (0.0134)	4.552 (0.4729)	0.869 (0.9725)	4.388 (0.4950)
6	56.287** (0.0000)	3.168 (0.7875)	14.371** (0.0258)	4.554 (0.6021)	0.925 (0.9883)	4.415 (0.6207)
7	56.254** (0.0000)	3.222 (0.8637)	15.324** (0.0321)	10.673 (0.1535)	1.120 (0.9926)	8.200 (0.3153)
8	56.383** (0.0000)	3.274 (0.9160)	15.475* (0.0505)	11.688 (0.1657)	1.354 (0.9949)	8.844 (0.3556)
9	56.913** (0.0000)	3.311 (0.9507)	15.751* (0.0723)	11.727 (0.2291)	1.403 (0.9978)	10.322 (0.3251)
10	58.517** (0.0000)	4.453 (0.9246)	16.381* (0.0892)	13.541 (0.1950)	1.403 (0.9992)	11.312 (0.3337)

Errores estándar entre paréntesis: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Cuadro B.13: Modelos estimados para los estados con varianza homocedástica (Parte 1)

VARIABLES	Baja California	Baja California Sur	Coahuila	Hidalgo	Michoacán	Nuevo León	Oaxaca
colusion	0.418 (0.7861)	0.552 (0.7383)	0.000 (1.0000)	0.862 (0.4728)	2.552* (0.0510)	2.149** (0.0469)	2.064 (0.1773)
LD.azucar	-0.091** (0.0306)		-0.132*** (0.0018)				-0.182*** (0.0000)
L2D.azucar	-0.120*** (0.0042)						
L3D.azucar						0.091** (0.0341)	

Errores estándar entre paréntesis: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Cuadro B.14: Modelos estimados para los estados con varianza homocedástica (Parte 2)

VARIABLES	Puebla	Quintana Roo	San Luis Potosí	Sinaloa	Tabasco	Zacatecas
colusion	1.897 (0.1085)	0.000 (1.0000)	0.241 (0.8543)	2.171* (0.0716)	2.883** (0.0353)	2.931*** (0.0034)
LD.azucar					-0.200*** (0.0000)	
L2D.azucar					-0.169*** (0.0001)	
L5D.azucar				0.192*** (0.0000)		

Errores estándar entre paréntesis: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Cuadro B.15: Modelos ARCH estimados a nivel estatal (Parte 1)

ECUACION	VARIABLES	Chiapas	Chihuahua	Ciudad de México	Colima	Durango
<i>MEDIA</i>	<i>colusion</i>	-0.446 (0.6142)	0.340 (0.7784)	1.664 (0.6605)	2.801 (0.4099)	1.560 (0.4407)
	<i>LD.azucar</i>	-0.386*** (0.0000)	-0.079 (0.6225)	0.074* (0.0967)	-0.100 (0.6500)	-0.091 (0.2395)
	<i>L2D.azucar</i>	-0.222*** (0.0000)		0.340*** (0.0000)		
	<i>L5D.azucar</i>	0.014 (0.5952)				
<i>VARIANZA</i>	<i>colusion</i>	-0.978** (0.0390)	-1.621*** (0.0000)	1.623*** (0.0000)	0.641** (0.0454)	-0.526* (0.0613)
	<i>constante</i>	3.515*** (0.0000)	4.511*** (0.0000)	2.728*** (0.0000)	3.424*** (0.0000)	4.437*** (0.0000)
	<i>L.arch</i>	0.807*** (0.0000)	0.055* (0.0708)	0.074*** (0.0018)	0.108*** (0.0046)	0.064*** (0.0002)
	<i>L2.arch</i>			0.625*** (0.0000)		

Errores estándar entre paréntesis: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Cuadro B.16: Modelos ARCH estimados a nivel estatal (Parte 2)

ECUACION	VARIABLES	Estado de México	Guerrero	Jalisco	Morelos	Sonora	Tamaulipas
<i>MEDIA</i>	<i>colusion</i>	2.140 (0.2904)	0.046 (0.8088)	3.094 (0.4023)	3.165 (0.3276)	1.764 (0.5909)	0.354 (0.8203)
	<i>LD.azucar</i>	0.131** (0.0108)	-0.097 (0.3951)	0.183*** (0.0071)	-0.060 (0.3713)	0.026 (0.7719)	
	<i>L2D.azucar</i>	0.312*** (0.0000)		0.112* (0.0787)			
<i>VARIANZA</i>	<i>colusion</i>	0.769 (0.1350)	-4.757*** (0.0000)	1.441*** (0.0002)	0.284 (0.3595)	-0.035 (0.9223)	0.005 (0.9755)
	<i>constante</i>	2.563*** (0.0000)	4.872*** (0.0000)	2.760*** (0.0000)	3.905*** (0.0000)	3.584*** (0.0000)	3.456*** (0.0000)
	<i>L.arch</i>	0.307*** (0.0000)	0.288*** (0.0000)	0.162*** (0.0000)	0.160*** (0.0000)	0.277*** (0.0000)	0.090*** (0.0001)
	<i>L2.arch</i>	0.292*** (0.0000)		0.093*** (0.0007)	0.040** (0.0416)		

Errores estándar entre paréntesis: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

APÉNDICE B. CUADROS

Cuadro B.17: Modelos ARCH estimados a nivel estatal (Parte 3)

ECUACION	VARIABLES	Yucatán	Veracruz
<i>MEDIA</i>	<i>colusion</i>	1.187 (0.8178)	0.910 (0.3394)
	<i>LD.azucar</i>	-0.135*** (0.0000)	-0.034 (0.2394)
	<i>L2D.azucar</i>		0.206*** (0.0001)
	<i>L5D.azucar</i>		0.119*** (0.0002)
	<i>VARIANZA</i>	<i>colusion</i>	0.863*** (0.0014)
	<i>constante</i>	3.441*** (0.0000)	2.072*** (0.0000)
	<i>L.arch</i>	-0.010*** (0.0019)	0.032* (0.0744)
	<i>L2.arch</i>	0.128*** (0.0000)	0.125*** (0.0004)
	<i>L3.arch</i>		0.564*** (0.0000)

Errores estándar entre paréntesis: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Cuadro B.18: Modelos GARCH estimados a nivel estatal (Parte 1)

ECUACION	VARIABLE	Ciudad de México	Durango	Estado de México	Jalisco	Morelos	Tamaulipas
<i>MEDIA</i>	<i>colusion</i>	2.973 (0.3435)	1.837 (0.2400)	2.387 (0.2603)	3.270 (0.2711)	3.404 (0.2611)	0.694 (0.6291)
	<i>LD.azucar</i>	0.098* (0.0812)	-0.179*** (0.0000)	0.098* (0.0876)	0.176** (0.0107)	-0.069 (0.2671)	
	<i>L2D.azucar</i>	0.126** (0.0179)		0.345*** (0.0000)	0.114** (0.0484)		
<i>VARIANZA</i>	<i>colusion</i>	1.846*** (0.0003)	-1.235*** (0.0048)	1.103 (0.1017)	1.610*** (0.0000)	0.259 (0.4663)	0.229 (0.2935)
	<i>constante</i>	1.463*** (0.0000)	2.910*** (0.0000)	0.798*** (0.0000)	1.822*** (0.0000)	3.268*** (0.0000)	1.991*** (0.0000)
	<i>L.arch</i>	0.033* (0.0733)	0.012*** (0.0000)	0.196*** (0.0000)	0.179*** (0.0000)	0.138*** (0.0000)	0.091*** (0.0000)
	<i>L.garch</i>	0.350*** (0.0026)	-0.096** (0.0243)	0.742*** (0.0000)	0.539*** (0.0000)	0.442*** (0.0000)	0.696*** (0.0000)
	<i>L2.garch</i>	0.236*** (0.0080)	0.892*** (0.0000)				
	<i>L2.arch</i>	0.296*** (0.0000)					

Errores estándar entre paréntesis: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

APÉNDICE B. CUADROS

Cuadro B.19: Modelos GARCH estimados a nivel estatal (Parte 2)

ECUACION	VARIABLE	Veracruz	Yucatán
<i>MEDIA</i>	<i>colusion</i>	1.093 (0.2862)	1.639 (0.7045)
	<i>L2D.azucar</i>	0.082* (0.0707)	
	<i>L3D.azucar</i>	0.171*** (0.0001)	
	<i>L5D.azucar</i>	0.160*** (0.0005)	-0.133*** (0.0015)
<i>VARIANZA</i>	<i>colusion</i>	0.752*** (0.0033)	0.972*** (0.0033)
	<i>constante</i>	-0.119 (0.6791)	2.027*** (0.0000)
	<i>L.arch</i>	0.119*** (0.0000)	0.079*** (0.0005)
	<i>L.garch</i>	0.840*** (0.0000)	0.700*** (0.0000)

Errores estándar entre paréntesis: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Bibliografía

- Abrantes-Metz, R. M. (2013). *Roundtable on ex officio cartel investigations and the use of screens to detect cartels*, chapter Ex officio cartel investigations and the use of screens to detect cartels. OCDE.
- Abrantes-Metz, R. M., Froeb, L. M., Geweke, J., and Taylor, C. T. (2006). A variance screen for collusion. *International Journal of Industrial Organization*, 24(3):467–486.
- Abrantes-Metz, R. M., Kraten, M., Metz, A. D., and Seow, G. S. (2012). Libor manipulation? *Journal of Banking & Finance*, 36(1):136–150.
- Athey, S., Bagwell, K., and Sanchirico, C. (2004). Collusion and price rigidity. *The Review of Economic Studies*, 71(2):317–349.
- Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of econometrics*, 31(3):307–327.
- Bolotova, Y., Connor, J. M., and Miller, D. J. (2008). The impact of collusion on price behavior: Empirical results from two recent cases. *International Journal of Industrial Organization*, 26(6):1290–1307.
- Brooks, C. (2014). *Introductory econometrics for finance*, chapter Modeling volatility and correlation. Cambridge university press.
- Capobianco, A. and Cwikel, Y. (2013). *Roundtable on ex officio cartel investigations and the use of screens to detect cartels*, chapter Background note. OCDE.
- COFECE (2016a). Análisis de caso. colusión para manipular el precio y restringir la venta de azúcar. Technical report, COFECE.
- COFECE (2016b). Expediente io-006-2013. Technical report, COFECE.
- DOF (1997). Acuerdo que establece las reglas para la determinación del precio de referencia del azúcar para el pago de la caña de azúcar. Diario Oficial de la Federación.

- Engle, R. F. (1982). Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of united kingdom inflation. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, pages 987–1007.
- Esposito, F. and Ferrero, M. (2006). Variance screens for detecting collusion: an application to two cartel cases in italy. *Italian Competition Authority, Working Paper*.
- Estrada, E. and Vazquez, S. (2013). Bid rigging in public procurement of generic drugs in mexico. *CPI Journal*, 9.
- Friederiszick, H. W. and Maier-Rigaud, F. P. (2007). Triggering inspections ex officio: Moving beyond a passive eu cartel policy. In *Behavioral Screening and the Detection of Cartels,* in *European Competition Law Annual 2006: Enforcement of Prohibition of Cartels*, Claus-Dieter Ehlermann and Isabela Atanasiu, pages 89–113. Hart Publishing.
- Griffiths, W. E., Hill, R. C., and Lim, G. C. (2008). *Principles of econometrics*, volume 4, chapter Time-varying volatility and ARCH models. John Wiley & Sons, Inc.
- Grout, P. and Sonderegger, S. (2005). Predicting cartels. a report prepared for the office of fair trading. Technical report, OFT Economic Discussion Paper.
- Harrington, J. (2006). Behavioral screening and the detection of cartels. pages 51–68.
- Harrington, J. and Chen, J. (2006). Cartel pricing dynamics with cost variability and endogenous buyer detection. *International Journal of Industrial Organization*, 24(6):1185–1212.
- Harrington, J. E. (2005). Detecting cartels. Technical report, Working Papers, The Johns Hopkins University, Department of Economics.
- Mena-Labarthe, C. (2012). Mexican Experience in Screens for Bid-Rigging. *Antitrust Chronicle*, 3.
- Network, I. C. (2010). Anti-cartel enforcement manual—cartel working group—subgroup 2: Enforcement techniques. *ICN*.
- SAGARPA (2014). Programa nacional de la agroindustria de la caña de azúcar. Diario Oficial de la Federación.
- Schinkel, M. P. (2013). *Roundtable on ex officio cartel investigations and the use of screens to detect cartels*, chapter Balancing proactive and reactive cartel detection tools: some observations. OCDE.

BIBLIOGRAFÍA

Vasconcelos, S. and Vasconcelos, C. R. F. (2007). Time series analysis of strategic pricing behavior in the brazilian gasoline markets: modeling volatility. Technical report, EcoMod.

Von Blanckenburg, K. and Geist, A. (2009). How can a cartel be detected? *International Advances in Economic Research*, 15(4):421.

Índice de figuras

2.1. Variación porcentual intradía en el precio del azúcar estándar (2013-2014)	22
2.2. Evolución del precio del azúcar estándar (2009-2014)	24
2.3. Resumen de las estimaciones de los modelos ARCH para diferentes estados	41
2.4. Impacto regional de la colusión con base en los modelos ARCH .	42
2.5. Resumen de las estimaciones de los modelos GARCH para diferentes estados	44
2.6. Impacto regional de la colusión con base en los modelos ARCH .	45

Índice de cuadros

2.1. Estadísticas descriptivas para el precio del azúcar estándar en diferentes periodos	27
2.2. Modelo ARCH(4) para la estimación a nivel nacional	32
2.3. Modelo GARCH(2,1) para la estimación a nivel nacional	34
B.1. Pruebas de heterocedasticidad y autocorrelación para la serie a nivel nacional	58
B.2. Prueba Dickey-Fuller aumentada para las series de los estados de la República Mexicana	59
B.3. Pruebas de heterocedasticidad y autocorrelación para las series de los estados (Parte 1)	60
B.4. Pruebas de heterocedasticidad y autocorrelación para las series de los estados (Parte 2)	61
B.5. Pruebas de heterocedasticidad y autocorrelación para las series de los estados (Parte 3)	62
B.6. Pruebas de heterocedasticidad y autocorrelación para las series de los estados (Parte 4)	63

B.7. Pruebas de heterocedasticidad y autocorrelación para las series de los estados (Parte 5)	64
B.8. Pruebas de heterocedasticidad y autocorrelación para las series de los estados (Parte 6)	65
B.9. Pruebas de heterocedasticidad y autocorrelación para las series de los estados (Parte 7)	66
B.10. Pruebas de heterocedasticidad y autocorrelación para las series de los estados (Parte 8)	67
B.11. Pruebas de heterocedasticidad y autocorrelación para las series de los estados (Parte 9)	68
B.12. Pruebas de heterocedasticidad y autocorrelación para las series de los estados (Parte 10)	69
B.13. Modelos estimados para los estados con varianza homocedástica (Parte 1)	70
B.14. Modelos estimados para los estados con varianza homocedástica (Parte 2)	70
B.15. Modelos ARCH estimados a nivel estatal (Parte 1)	71
B.16. Modelos ARCH estimados a nivel estatal (Parte 2)	72
B.17. Modelos ARCH estimados a nivel estatal (Parte 3)	73
B.18. Modelos GARCH estimados a nivel estatal (Parte 1)	74
B.19. Modelos GARCH estimados a nivel estatal (Parte 2)	75