



Derecho PUCP

ISSN: 0251-3420

revistaderechopucp@pucp.edu.pe

Pontificia Universidad Católica del Perú
Perú

Rodríguez Morales, Jorge Ernesto; Rodríguez López, Fernando
Regulación, política agro-energética y la evolución del mercado de carburantes
renovables en Brasil

Derecho PUCP, núm. 75, julio-diciembre, 2015, pp. 355-384

Pontificia Universidad Católica del Perú
Lima, Perú

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=533656134016>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Regulación, política agro-energética y la evolución del mercado de carburantes renovables en Brasil

Regulation, agro-energy policy and market evolution for renewable fuels in Brazil

JORGE ERNESTO RODRÍGUEZ MORALES* &
FERNANDO RODRÍGUEZ LÓPEZ**

Resumen: Los costes de la dependencia del petróleo, los costes externos medioambientales de los combustibles fósiles, o la promoción del desarrollo agrícola, han justificado una serie de medidas de intervención estatal para expandir el mercado interno de los biocarburos, en el supuesto de que la intervención del Estado es condición necesaria y suficiente para lograr este objetivo. Después de analizar en perspectiva histórica los elementos políticos y económicos en el sector del etanol de Brasil, en este artículo se argumenta que la expansión o contracción del mercado no debe entenderse como el efecto de unas políticas determinadas por el Estado regulador. En este sentido, sostenemos que las tendencias en el desarrollo del mercado reflejan los efectos de una relación subyacente anterior, que está determinada por la convergencia o divergencia en el tiempo de los costos de oportunidad del gobierno y de la agroindustria. Nuestro análisis muestra que la eficacia de una política de diversificación energética como la promoción de los biocombustibles depende de los beneficios económicos y de las rentas políticas generadas por la expansión del uso de etanol. Estas restricciones se pueden extrapolar como parte del análisis de costo-efectividad de las políticas públicas relacionadas con el sector en otros países.

Palabras clave: Regulación – política energética – energías renovables – biocarburos – Brasil – etanol carburante – transporte rodado

Abstract: The costs of oil dependence, the environmental external costs of fossil fuels, or the promotion of agricultural development, has justified a number of measures of state intervention to expand the domestic market of biofuels, assuming that state intervention is necessary and sufficient condition for achieving this aim. After analyzing the political and economic elements in the Brazilian ethanol sector in historical perspective, in this article we argue that the expansion or contraction of the market should not be understood as an effect of a particular policies determined by the regulatory state. Regarding

* Jorge Ernesto Rodríguez Morales es profesor de grado y posgrado en la Pontificia Universidad Católica del Perú. Doctor en Economía, magíster en Análisis Económico del Derecho y las Políticas Públicas y. en Regulación Económica por la Universidad de Salamanca (España). Correo electrónico: rodriguez.je@pucp.edu.pe

** Fernando Rodríguez López es profesor titular de la Universidad de Salamanca (España). Doctor y magíster por Boston University. Director del Máster en Análisis Económico del Derecho y las Políticas Públicas. Correo electrónico: frdriguez@usal.es

this, we argue the trends on the market development reflect the effects of a previous underlying relationship, which is determined by the convergence or divergence over time of the opportunity costs of government and agribusiness. Our analysis shows that the effectiveness of a policy of energy diversification as the promotion of biofuels depends on the economic benefits and political rents generated by expanding the use of ethanol. These restrictions can be extrapolated as part of the cost-effectiveness analysis of public policies related to the sector in other countries.

Key words: Regulation – energy policy – renewable energy – biofuels – Brazil – ethanol fuel – road transport

CONTENIDO: I. INTRODUCCIÓN.- II. MARCO TEÓRICO.- III. DESARROLLO DE HIPÓTESIS: ESCENARIOS DE CONVERGENCIA/CONFLICTO Y LAS CONDICIONES REGULATORIAS Y NO REGULATORIAS VINCULADAS A LA PRODUCCIÓN DE ETANOL CARBURANTE EN BRASIL.- IV. CONTRASTACIÓN Y ANÁLISIS EMPÍRICO.- V. CONCLUSIONES.- VI. BIBLIOGRAFÍA.

I. INTRODUCCIÓN

La evolución de los costes económicos derivados de la dependencia energética de las importaciones de recursos fósiles no renovables y las expectativas sobre el agotamiento progresivo de los combustibles fósiles en un contexto geoestratégico de los mercados de energía, han justificado, en mayor o menor medida, la intervención del Estado en importantes sectores económicos de distintos países, con el fin de modificar los patrones de producción y consumo de energía. Asimismo, los costes externos medioambientales derivados del consumo de combustibles fósiles, principalmente relacionados con las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero y el cambio climático, vienen impulsando la transición hacia otras fuentes alternativas de energía primaria. Estos elementos son muy importantes para comprender la efectividad de las políticas de desacoplamiento de algunos sectores (como la generación eléctrica o el consumo industrial, especialmente en los países desarrollados), así como para el desarrollo de algunas tecnologías como la captura de carbono, la fractura hidráulica, el crecimiento de los parques eólicos, o la expansión del uso de la energía termo solar. Sin embargo, el proceso de desacoplamiento de fuentes energéticas de origen fósil ha sido mucho más complejo y difícil en el transporte rodado que en otros sectores económicos.

Los pocos productos sustitutos y la baja elasticidad precio de la demanda de derivados del petróleo, así como la lenta rotación de la infraestructura en la que se sostiene el sector, han sido formidables obstáculos para la aplicación de políticas que conduzcan el tránsito a un

uso de la energía que sea no solo económicamente viable, sino también medioambientalmente más sostenible. Estas condiciones han facilitado gran parte del apoyo político y económico a la producción doméstica de biocarburantes en economías como la Unión Europea, EE.UU. o Brasil, así como muchas otras que comparten ciertas características energéticas y agrícolas relativamente semejantes. Sin embargo, los costes de la dependencia energética y aquellos no compensados vinculados a las externalidades ambientales generadas por el consumo de petróleo parecen no ser los únicos elementos en juego cuando se trata de explicar la evolución histórica del mercado de biocarburantes, así como para comprender los límites de la acción estatal para alcanzar ciertos objetivos de diversificación energética en el transporte mediante el uso de la bioenergía.

Los biocarburantes son carburantes obtenidos mediante distintos procesos tecnológicos de conversión de la biomasa en energía. Estos constituyen, además, una de las pocas fuentes renovables de energía con similares características físicas a los derivados del petróleo, lo que permite que sean usados en mezclas o directamente en los motores de combustión. Los biocarburantes de primera generación como el etanol¹ y el biodiesel², el grueso de la producción mundial (equivalente a unos 1422 Kboed en 2014³), se obtienen de biomasa agroalimentaria mediante procesos tecnológicos de transformación relativamente simples, y por tanto menos costosos. Ello, aunado a la reducción de costes de la cadena productiva (generalmente asociada a la materia prima agrícola), ha favorecido su explotación económica a nivel global. Otros biocarburantes son los de segunda, tercera y cuarta generación: aquellos que se obtienen de distintas formas de biomasa como la celulosa, la lignocelulosa, la hierba de elefante o las algas. Estos requieren procesos de conversión más complejos que implican un alto grado de riesgo tecnológico y altos costes de producción y logísticos a lo largo de la cadena de valor, por lo que su viabilidad comercial es todavía baja y, por tanto, su presencia en el mercado es bastante menos significativa que en el caso de los biocarburantes de primera generación (IEA Bionergy, 2009).

REGULACIÓN,
POLÍTICA AGRO-
ENERGÉTICA Y LA
EVOLUCIÓN DEL
MERCADO DE
CARBURANTES
RENOVABLES EN
BRASIL

REGULATION,
AGRO-ENERGY
POLICY AND
MARKET
EVOLUTION FOR
RENEWABLE
FUELS IN BRAZIL

1 El etanol es un combustible de alta oxigenación (35% de oxígeno) y su uso favorece la reducción de emisiones de partículas, así como de óxidos de nitrógeno durante la combustión. Las mezclas con etanol mejoran la combustión de la gasolina y reducen notablemente el uso del petróleo. Además, a causa del proceso bioquímico de fijación de carbono durante la fotosíntesis, el etanol presenta un balance neutral en emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en comparación con los combustibles fósiles (Malça & Freire, 2006).

2 El biodiesel es un combustible renovable producido mediante una reacción química de un aceite vegetal o grasa animal con un alcohol. Hace referencia, por tanto, a los ésteres alquílicos producidos a partir de una reacción de transesterificación entre el aceite (o grasa) y un alcohol. La transesterificación es el proceso mediante el cual se hace reaccionar a una molécula de triglicéridos con alguna clase de alcohol en presencia de un catalizador (KOH; NaOH, NaOCH₃, etcétera), con el fin de obtener glicerol y ésteres grasos (Demirbas, 2009).

3 La cifra significa una producción aproximada de biocarburantes equivalente a 1 422 000 barriles de petróleo producidas diariamente a nivel global (véase el sitio web de BP).

Como en el caso de otras entidades políticas, el desarrollo del mercado de biocarburantes en Brasil resulta ser un fenómeno económico y político bastante complejo. Las diversas dimensiones que se desarrollan en torno a su evolución delatan la poliédrica complejidad de su dinámica. Es un proceso sujeto a constantes cambios que no siempre transcurren en la misma dirección, característica que lo hace relativamente inestable en el tiempo. Por su carácter multidimensional, comprender a qué responde el desarrollo del mercado de biocarburantes en Brasil importa necesariamente desentrañar la lógica de los fenómenos económicos directamente vinculados, pero también el análisis de los elementos económicos y políticos conexos, cuya incidencia en la evolución histórica de aquel ha sido determinante.

En este sentido, el objeto del presente artículo será tratar de explicar de una forma sistemática cómo los condicionantes políticos, económicos y jurídicos vinculados al uso energético de la biomasa agrícola se han asociado y disociado en el tiempo, y cómo esta relación se vincula al desarrollo histórico del etanol carburante en Brasil. En esta búsqueda, hemos tratado de identificar y analizar principalmente cuáles han sido los roles del sector público y del sector privado en el desarrollo del sector de los biocarburantes, qué factores han incidido en el proceso de toma de decisiones políticas y económicas, cómo estos factores han influido en la interacción de los actores del mercado y qué importancia ha tenido tal interacción en la evolución del mercado a lo largo del tiempo.

II. MARCO TEÓRICO

Dado que el estudio de las energías renovables como la bioenergía puede ser enfocado desde diversas disciplinas científicas como la química, la física, las ciencias políticas, la economía, la biología, las ciencias ambientales o el derecho, existe una considerable literatura que aborda distintas dimensiones de la problemática relacionada con el desarrollo de la bioenergía líquida. Estos trabajos, aunque no plantean el estudio de la gobernanza de sector de los biocarburantes en general (y del mercado del etanol brasileño en particular) desde la perspectiva propuesta por el autor, han contribuido significativamente a comprender la regulación histórica del sector y, en consecuencia, a desarrollar el marco teórico, así como a la lógica económica de las hipótesis planteadas en este artículo con el fin de explicar la relación entre las políticas públicas y el mercado.

Cómo una breve muestra podemos mencionar la literatura que se ha revisado en relación con la economía política del sector: de Castro Santos (1979), Baccarin (2005), Barzelay (1986), da Costa (2003), Duffield & otros (2008), Goldemberg & otros (2014), Halfff (2008), Johnson & Libecap (2001), Klok (2002), Macêdo (2011), Meira (2007), Moraes (2000), Numberg (1978), Puerto Rico (2007), Santos (1997),

Semineiro (2008), Stattman & otros (2013), Szmerecsányi (1979) y Vietor (1987). Asimismo, entre la literatura vinculada al análisis económico de los programas, podemos mencionar los siguientes textos: ANP (2013), Ajanovic & Haas (2010), Baker Institute (2010), de Freitas & Kaneko (2011), European Commission (2007), Goldemberg & otros (2004), Goldemberg & otros (2013), Giesecke & otros (2009), Lazzari (2005), Koplow (2009), Shikida (2002), Wustehagen & Teppo (2006) y Yacobucci (2010). En el caso de las tecnologías y sostenibilidad ambiental y cambio climático, se ha consultado, por ejemplo, los siguientes trabajos: da Rocha Sampaio (2010), Goldemberg & otros (2008), Hill & otros (2006), Hill & otros (2008), la Rovere (1981), La Rovere & otros (2011), Luque & otros (eds.) (2011), Malça & Freire (2006), Maniatis & Tostman (2010), Oliveria & otros (2005), UNEP (2009), Yacobucci & Bracmort (2010). Finalmente, podemos mencionar brevemente algunas fuentes de la literatura vinculada a los mercados internacionales y el sector agrícola, tales como Earley (2009), FAO (2008), Hathaway (1997), Howse & otros (2006), Kojima & otros (2007), Leher (2010), Sheales & otros (1999), Schnepf (2012), Zarrilli (2008), entre muchos otros.

Producto del análisis, en este artículo planteamos que la evolución de los mercados de biocarburantes es producto de la interacción dinámica de una serie de vectores económicos y políticos que se ha desarrollado históricamente alrededor del coste (directo y externalizado) derivado del uso del petróleo y de la biomasa como producto energético alternativo a las fuentes fósiles de energía utilizadas en el transporte rodado.

Luego de analizar exhaustivamente los mercados de materias primas, de biocarburantes y de carburantes de origen fósil usados en el transporte rodado, así como la evolución de la regulación económica histórica de estos mercados, hemos identificado los principales vectores que han afectado el desarrollo del mercado agroenergético en Brasil al incidir en las decisiones de los principales actores del sector: el Estado regulador capaz de intervenir (y, lógicamente, de no intervenir) en los mercados de acuerdo con sus objetivos o intereses políticos; y la agroindustria azucarera brasileña, cuyas decisiones vinculadas al uso alimentario o energético de la caña de azúcar determinan el nivel de producción de etanol.

Por un lado, vectores como el coste de las importaciones de petróleo, el coste externo vinculado al uso de fuentes fósiles y el desempeño económico del sector agrícola vinculado a la agroenergía han incidido con pesos variables en el apoyo político del Estado al uso del etanol carburante en el transporte. Estos efectos se miden en relación con el coste político de oportunidad que para el Estado regulador representa el despliegue de políticas públicas de promoción del etanol carburante

REGULACIÓN,
POLÍTICA AGRO-
ENERGÉTICA Y LA
EVOLUCIÓN DEL
MERCADO DE
CARBURANTES
RENOVABLES EN
BRASIL

REGULATION,
AGRO-ENERGY
POLICY AND
MARKET
EVOLUTION FOR
RENEWABLE
FUELS IN BRAZIL

frente al uso de derivados del petróleo en un determinado momento del tiempo histórico.

Por otro lado, vectores como la evolución de los precios internacionales del azúcar, la política agrícola brasilera, así como los cambios institucionales en el mercado internacional de *commodities* (protección en la frontera, subvenciones a la agricultura, expansión y gobernanza del mercado global de productor agrícolas, etcétera), han afectado las decisiones de producción del sector privado agroindustrial azucarero. Estos efectos se miden en relación con la influencia de los mercados de oportunidad que presenta el uso energético o alimentario de las materias primas, como la caña de azúcar, en el coste de oportunidad de los productores agroindustriales.

El planteamiento sugiere que ambos costes de oportunidad han sido afectados por una combinación variable de vectores, influenciando estos en las decisiones de los operadores del sector agroindustrial, así como en las decisiones políticas de los gobiernos vinculadas a la diversificación de fuentes energéticas en el mercado del transporte. Teniendo en cuenta la relación entre los costes de oportunidad de los actores, hemos definido cuatro escenarios posibles que definen las condiciones político-económicas que afectarían la efectividad de las políticas públicas y, en consecuencia, el desarrollo del mercado de etanol en Brasil. Estos escenarios podemos observarlos esquemáticamente en la tabla 1.

Los escenarios de convergencia son producto de una sincronía en la manifestación de los costes de oportunidad de los actores en un determinado período, bien de bajos costes de oportunidad (convergencia positiva) o de altos costes de oportunidad (convergencia negativa). Por su parte, en los escenarios de conflicto la relación de costes de oportunidad se manifiesta como una relación asíncrona o divergente en el tiempo. Asimismo, los escenarios se caracterizan por unas determinadas condiciones, tanto regulatorias como no regulatorias, en algunas ocasiones favorables y en otras desfavorables, como podemos observar en la tabla 2.

Tabla1: Marco teórico. Escenarios de convergencia y conflicto y condiciones institucionales del mercado

| Coste de oportunidad privado/público | | Sector público: Estado regulador/desregulador (E) | |
|---|---|--|---|
| | | Bajo coste político de oportunidad del gobierno para promover etanol | Alto coste político de oportunidad del gobierno para promover etanol |
| Sector privado: agroindustria sucro-alcoholera(S) | Bajo coste de oportunidad de producir para los mercados energéticos en relación con los mercados alimentarios | Escenario de Convergencia (+) + (A) + (E) La agroindustria maximiza sus beneficios aumentando la producción de etanol en relación con los productos alimentarios. El Estado alcanza sus objetivos políticos incentivando la producción de etanol. Convergencia para mayores políticas de promoción de la producción. | Escenario de Conflicto + (A) -(E) La agroindustria maximiza su beneficio con la producción de etanol en relación con los productos alimentarios. El Estado alcanza sus objetivos políticos reduciendo los incentivos a la producción de etanol. Políticas de promoción de la producción frenadas desde el Estado. |
| | Alto coste de oportunidad de producir para los mercados energéticos en relación con los mercados alimentarios | Escenario de Conflicto -(A) +(E) La agroindustria maximiza su beneficio reduciendo la producción de etanol en relación con los productos alimentarios. El Estado alcanza sus objetivos políticos incentivando la producción de etanol. Políticas de promoción de la producción frenadas desde la agroindustria. | Escenario de Convergencia -) -(A) -(E) La agroindustria maximiza su beneficio reduciendo la producción de etanol en relación con los productos alimentarios. El Estado alcanza sus objetivos políticos reduciendo los incentivos a la producción de etanol. Convergencia de ambos para el repliegue de las políticas de promoción de la producción. |

REGULACIÓN, POLÍTICA AGRO-ENERGÉTICA Y LA EVOLUCIÓN DEL MERCADO DE CARBURANTES RENOVABLES EN BRASIL

REGULATION, AGRO-ENERGY POLICY AND MARKET EVOLUTION FOR RENEWABLE FUELS IN BRAZIL

JORGE E RODRÍGUEZ MORALES & FERNANDO RODRÍGUEZ LÓPEZ

Fuente: elaboración propia a partir del estudio histórico del sector en Brasil, EE.UU. y la Unión Europea (UE).

En esta lógica, se han identificado cuatro tipos principales de escenarios, a los cuales denominamos de convergencia positiva, de convergencia negativa y dos de conflicto, determinados por la relación entre los costes de oportunidad (económica o política) de los actores públicos y privados en el ámbito de producción de biocarburantes.

Tabla 2: Escenarios y condiciones regulatorias de acuerdo con el marco teórico

| Estado-regulador | Agro-industria sucro-alcoholera | Escenario predominante en el periodo | Condiciones regulatorias y no regulatorias vinculadas a la producción de biocarburantes |
|------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---|
| (+) | (-) | Conflicto | Restringidas |
| (-) | (+) | Conflicto | Restringidas |
| (+) | (+) | Convergencia (+) | Maximizadas |
| (-) | (-) | Convergencia (-) | Minimizadas |

Fuente: elaboración propia

Como el coste de oportunidad de los actores frente al uso de biocarburantes en el transporte se ve incrementado o reducido por una serie de vectores de índole económico y político, cuya influencia puede variar en el tiempo, la interacción entre los actores que da lugar a los diferentes escenarios de convergencia y conflicto es fundamentalmente dinámica. Esto significa que la influencia de los mercados y de las políticas conexas, al afectar el coste de oportunidad emergente en torno al uso de biocarburantes en un periodo determinado del tiempo, da lugar a cambios en la configuración —de un tipo de escenario a otro—, afectando las condiciones regulatorias y no regulatorias vinculadas a la producción y, en consecuencia, el nivel de producción en el mercado de etanol.

Así, los cambios en la relación subyacente definida como escenarios de convergencia y conflicto se deben revelar como efectos expansivos (moderados y abruptos) o efectos contractivos (moderados y abruptos) en el desarrollo histórico de la producción de etanol carburante. Este planteamiento se recoge en la tabla 3.

Tabla 3

| Escenario precedente | Escenario siguiente | Efectos esperados de los cambios de escenarios en la variable analizada |
|----------------------|-----------------------------|---|
| Convergencia (+) | Convergencia (-) | Contracción abrupta |
| Convergencia (+) | Conflicto (+) (-) o (-) (+) | Contracción moderada |
| Convergencia (-) | Convergencia (+) | Expansión abrupta |
| Convergencia (-) | Conflicto (+) (-) o (-) (+) | Expansión moderada |
| Conflicto (+) (-) | Convergencia (+) | Expansión abrupta |
| Conflicto (+) (-) | Convergencia (-) | Contracción abrupta |

Fuente: elaboración propia

Este planteamiento señala principalmente que el desarrollo histórico del mercado de etanol carburante en Brasil —lejos de responder automáticamente a las restricciones (incentivos) impuestas por la regulación económica y otros instrumentos de políticas públicas, por un lado; o a las decisiones privadas de maximización de beneficio del sector agroindustrial sucro-alcoholero, relacionadas con el incremento (reducción) de la producción de etanol, por otro— se encuentra estrechamente relacionado con distintos escenarios de convergencia y conflicto que surgen de la relación sincrónica o asíncrona de costes de oportunidad entre ambos actores.

REGULACIÓN,
POLÍTICA AGRO-
ENERGÉTICA Y LA
EVOLUCIÓN DEL
MERCADO DE
CARBURANTES
RENOVABLES EN
BRASIL

III. DESARROLLO DE HIPÓTESIS: ESCENARIOS DE CONVERGENCIA/CONFLICTO Y LAS CONDICIONES REGULATORIAS Y NO REGULATORIAS VINCULADAS A LA PRODUCCIÓN DE ETANOL CARBURANTE EN BRASIL

REGULATION,
AGRO-ENERGY
POLICY AND
MARKET
EVOLUTION FOR
RENEWABLE
FUELS IN BRAZIL

El análisis histórico de los contextos domésticos e internacionales permite observar una serie de hitos que se suelen relacionar causalmente con la evolución del mercado. Sin embargo, de acuerdo con las hipótesis planteadas en este artículo, consideramos que, aun cuando estos sean relevantes en la determinación del coste de oportunidad de los actores, el mercado del etanol carburante responde a la relación sincrónica o asíncrona de los costes de oportunidad de ambos actores en un periodo específico del tiempo histórico. Esta relación subyacente de costes de oportunidad da lugar escenarios de convergencia y conflicto que cambian en el tiempo en razón de la evolución de estos costes y que, en conjunto, consideramos que constituyen una forma coherente de explicar la evolución del mercado de biocarburantes en Brasil.

Primer escenario. Periodo de 1931 a 1950. Escenario de conflicto para la producción de etanol carburante: Estado regulador brasileño (+)/sector agroindustrial sucro-alcoholero (–)

En este primer período, se observa que las preocupaciones por el efecto de las crecientes importaciones de derivados del petróleo sobre la balanza de pagos y sus efectos en la economía, así como el permanente riesgo de quiebra en el sector azucarero, a causa de la sobreproducción de azúcar y la caída de los precios, fueron los primeros factores que marcaron el inicio de una política de apoyo gubernamental a la producción de etanol carburante en Brasil (de Castro Santos, 1985). Así, en 1931, se establece el primer mandato de mezcla de etanol con gasolina (importada), así como otras medidas para favorecer la producción y comercialización del biocarburante. Sin embargo, la reticencia de una parte importante del sector azucarero brasileño a la intervención estatal, la influencia permanente de los precios del azúcar en las decisiones de producción y

los riesgos implícitos de inversión vinculados al desarrollo del mercado del etanol carburante incrementarían el coste de oportunidad y reducirían la conducta cooperativa y las posibilidades de convergencia entre el sector sucro-alcoholero y las políticas de gobierno⁴.

Aun cuando se declaró de «interés nacional» a la industria del etanol durante la Segunda Guerra Mundial, dando lugar a una serie de medidas de intervención económica en el sector sucro-alcoholero y energético (personificadas en el rol del Instituto del Azúcar y el Alcohol, IAA), la recuperación posterior de los precios del azúcar redujo la convergencia de intereses entre el Estado y la industria en favor de un potencial incremento de la producción y uso del etanol como carburante alternativo. La intermitencia y la falta de claridad y de consenso entre los productores en relación con los beneficios de destinar una gran parte de las materias primas a los mercados energéticos impidieron que se asentaran las bases para institucionalizar el uso del etanol carburante en el largo plazo mediante una relación cooperativa con el Estado regulador. El riesgo de las inversiones a largo plazo propias de las destilerías de etanol, el comportamiento oportunista de muchos productores ante la variabilidad de los precios de las materias primas en los mercados alimentarios, así como la desconfianza en la intervención del Estado en un sector tradicionalmente libre, obstruyeron el proceso de convergencia de intereses estratégicos del Estado y el sector azucarero, reduciendo las posibilidades de una mayor expansión de la producción del etanol (de Castro Santos, 1979). El alto coste de oportunidad del sector sucro-alcoholero brasileño afectó la convergencia de intereses con el Estado, conduciendo al primer escenario de conflicto.

Segundo escenario. Periodo de 1951 a 1974. Escenario de conflicto para la producción de etanol carburante: Estado regulador brasileño (-)/sector agroindustrial sucro-alcoholero (+)

Durante la postguerra y hasta el inicio de la primera crisis del petróleo, el interés del Estado en el etanol como producto sustituto de la gasolina decayó notablemente, lo que se reflejó en la política energética aplicada en el mercado de carburantes de automoción, más centrada entonces en promover el uso del petróleo como principal fuente de energía (de Castro Santos, 1979).

Desde el sector público, el interés del gobierno en promover el etanol se redujo durante este periodo, principalmente por que los precios del crudo fueron mucho más bajos y el suministro más regular y estable.

4 Además, la producción de etanol no era la única medida para el salvataje del sector azucarero. Había otras medidas enfocadas en regular el comercio con el fin de evitar la caída de los precios. Por ejemplo, mientras se establecía un mandato de mezcla en 1931, también se regulaba el uso de azúcar no importada en el mismo año y se limitaba su producción en 1932 (Szmerecsányi, 1979; 1988).

En estas condiciones, el Estado podía alcanzar sus objetivos políticos de reducción de costes energéticos mediante una estrategia basada en las importaciones de crudo en el mercado internacional y, en menor medida, a través del fomento de la producción nacional y el aumento de la capacidad de refino, sin necesidad de incurrir en políticas de gasto para incentivar la producción de biocarburantes (de Castro Santos, 1979). El IAA había perdido las competencias necesarias para vincular favorablemente la producción de etanol a la política energética de mezclas carburantes, a la par que se fortalecía el poder de decisión del Consejo Nacional del Petróleo (CNP), cuya política energética se centró en minimizar con restricciones el uso del etanol carburante durante este periodo. Por otra parte, desde el sector privado, las fluctuaciones de los precios del azúcar agudizaban las recurrentes crisis de sobreproducción en el sector sucro-alcoholero⁵.

En este contexto, el apoyo del sector sucro-alcoholero por parte del Estado se redujo al mínimo legal establecido para las mezclas de etanol carburante con gasolina, estableciéndose por primera vez un límite legal máximo para las mezclas carburantes. Para compensar el repliegue estatal, se adoptaron una serie de medidas de apoyo al sector, pero desvinculadas del uso del etanol como carburante de automoción, tales como el uso industrial del etanol, el apoyo a las exportaciones de azúcar, el control de la producción de azúcar y el impulso para la modernización del sector agroindustrial (Szmerecsányi, 1979). Esta asincrónica relación de costes de oportunidad entre el Estado y el sector sucro-alcoholero dio lugar al segundo escenario de conflicto.

Tercer escenario. Periodo de 1975 a 1985. Escenario de convergencia positiva para la producción de etanol carburante: Estado regulador brasileño (+)/ sector agroindustrial sucro-alcoholero (+)

La caída de los precios del azúcar y el impacto económico que produjeron las crisis petroleras de 1973 y 1979 determinaron el establecimiento de las condiciones necesarias y suficientes para la convergencia positiva en el impulso político y económico al etanol carburante durante este periodo, marcado por una plétora de políticas de expansión del mercado del etanol carburante en Brasil, conocida como el Plan Nacional del Alcohol (PNA) o Pro-alcohol, en 1975. Un año después, en 1976, se estableció el programa de racionalización del uso de carburantes, constituido por una serie de medidas para reducir el consumo de

5 Con la ley 4452 de 1964 se legalizó el control de la CNP sobre el etanol carburante y, con esto, la prioridad de la política energética de combustibles del CNP sobre las políticas de ayuda al sector del azúcar del IAA. Como producto del cambio institucional, el precio del etanol no se vincularía más al precio del azúcar, sino al precio de la gasolina, lo cual afectaría los ingresos de los productores, dado que el etanol era más caro de producir. Además, el CNP podía determinar el precio del etanol para las mezclas carburantes de forma autónoma, pudiendo minimizar el coste derivado de los mandatos de mezcla (Numborg, 1978).

derivados del petróleo (incluyendo el diferencial fiscal del 50% sobre el precio final de la gasolina o el diésel). A su vez, en 1977 se lanza el primer objetivo de sustitución de 20% de la gasolina consumida en el mercado del transporte para 1980 (Goldemberg & Macedo, 1994; da Costa, 2003).

Aun con las ambigüedades e inconsistencias institucionales que podrían explicar los retardos y la falta de claridad en la definición de las políticas, las medidas estatales para incentivar la producción en el sector sucro-alcoholero fueron muy importantes para la expansión del mercado durante el lanzamiento del PNA⁶. Durante la primera fase del PNA, el objetivo central fue incrementar la capacidad de producción de etanol de la industria brasileña. La regulación para el incremento del porcentaje mínimo de mezclas carburantes, el financiamiento de la cadena de producción, las políticas para el incremento del suministro de caña y la expansión de las tierras de cultivo, así como el desarrollo de la capacidad de distribución y logística del etanol, fueron los principales incentivos desplegados para alcanzar un notable aumento de la producción durante este periodo, reflejando una situación de plena convergencia entre el estado y el sector sucro-alcoholero (Puerto Rico & otros, 2010; Baccarin, 2005).

En cualquier caso, los objetivos del gobierno brasileño se hubieran visto truncados si el coste de oportunidad de producción de etanol carburante hubiera sido alto para el sector agroindustrial sucro-alcoholero. Sin embargo, en 1974 las condiciones en el mercado internacional del azúcar estaban empeorando drásticamente, mientras que se acumulaban los *stocks* a niveles alarmantes. El desequilibrio entre la oferta y la demanda mundial de azúcar, los subsidios y el proteccionismo en los países industrializados, el incremento mundial de *stocks*, así como los altos niveles de productividad y producción de las cosechas (como resultado de las inversiones estimuladas por los altos precios del azúcar en años anteriores), configuraron un escenario realmente crítico para los productores brasileños de azúcar en el primer lustro de la década de 1970 (Szmrecsányi & Moreira, 1991). Ante esa situación, la producción de alcohol se presentaba como válvula de escape a una seria situación de crisis del sector (Nastari, 1983; Numberg, 1978).

Un nuevo y significativo incremento del precio internacional del petróleo en 1979 dio paso a la segunda fase del PNA, marcada por el crecimiento del mercado, la expansión del cultivo de la caña, la introducción en el mercado de los vehículos de consumo exclusivo

⁶ La política brasileña buscaba reducir el déficit en la balanza de pagos mediante la sustitución de gasolina por alcohol y la expansión de la producción doméstica de crudo y otras fuentes de energía autóctonas, así como a través de la investigación de fuentes alternativas para su desarrollo a mediano y largo plazo.

de etanol (VCEE) —tras los acuerdos con la Asociación Nacional de Fabricantes de Vehículos Automotores (ANFAVEA)— y, con esto, el aumento de la importancia del etanol hidratado frente al etanol anhidro usado en las mezclas. Estos vehículos funcionaban con etanol hidratado, y su adquisición era subvencionada mediante incentivos fiscales en relación con los precios de adquisición de los vehículos a gasolina —reducción del Impuesto sobre Productos Industrializados (IPI), el Impuesto sobre Circulación de Mercancías (ICM) y otros— (da Costa, 2003). Complementariamente, se establecieron incentivos fiscales al consumo minorista de etanol hidratado en relación con la gasolina, estableciéndose un precio de paridad equivalente primero al 65% y luego al 59% del precio de la gasolina en bomba. Con los altos precios de los carburantes fósiles y los incentivos al consumo de etanol hidratado, el coste de oportunidad para la adquisición de vehículos a gasolina de los consumidores finales se incrementó notablemente, situación que favoreció un progresivo incremento de las ventas de vehículos propulsados con etanol hidratado y una reducción drástica de las ventas de los vehículos a gasolina (ANFAVEA, 2013). De acuerdo con nuestro marco teórico, estas condiciones reflejan las características regulatorias y no regulatorias de un escenario de convergencia positiva.

Cuarto escenario. Periodo de 1986 a 1996. Escenario de conflicto para la producción de etanol carburante: Estado regulador brasileño (–)/sector agroindustrial sucro-alcoholero (+)

En el periodo de 1986 hasta 1990, aun cuando muchos instrumentos del PNA continuaban existiendo formalmente, los vectores que llevaron a una convergencia entre el sector privado y el sector público en torno a la expansión del uso energético de la caña de azúcar se iban diluyendo de forma paulatina, al mismo tiempo que aumentaban los cuestionamientos a su continuidad. La precariedad de las finanzas públicas brasileñas, agravada paulatinamente por la crisis del endeudamiento externo, la inflación y sus repercusiones fiscales, así como el giro hacia una nueva política antiinflacionaria, reducirían la capacidad de gasto del gobierno y el apoyo público al PNA. Además, el precio del etanol carburante comenzó a ser fijado por debajo del coste medio de producción de las plantas y destilerías (Borges, 1992). Así, la producción de etanol prácticamente se estancó entre 1986 y 1990, conduciendo a crisis de abastecimiento en 1989 y 1990, situación que propició una reducción abrupta en la venta de vehículos VCEE (da Costa, 2003).

Uno de los principales elementos que influyó en el desajuste de la relación subyacente de convergencia fueron los precios de la energía. Revirtiendo los patrones de crecimiento de la década anterior, el precio del petróleo presentó una considerable caída durante la década de 1980, asentándose en gran parte de la década de 1990. Además, la producción

autóctona de petróleo pasó a representar el 50% del suministro de crudo en Brasil en la segunda mitad de la década de 1980. Como consecuencia, los gastos de divisas relacionados con las importaciones de crudo y derivados cayeron significativamente, lo que quitó peso al argumento del déficit en la balanza de pagos en el que se justificaba el apoyo al etanol (IPEA, 2013).

En la década de 1990 continuaría el escenario de bajos precios del petróleo en un panorama energético de aumento de la producción nacional, pero, además, con unas peores condiciones en el mercado de automóviles propulsados por el biocarburante de caña. La confianza en los vehículos de consumo exclusivo de etanol hidratado disminuyó significativamente —y, con ello, disminuyeron también sus ventas—, comprometiendo la estabilidad de la demanda en el largo plazo (Teixeira & otros, 2006; Pinheiro, 2000). En 1995, se liberalizan los precios del azúcar distintos al cristal estándar; y, en 1996, los de la caña y del azúcar estándar. Con ello culmina el escenario de conflicto entre el Estado y el sector sucro-alcoholero, especialmente en las regiones menos productivas y menos competitivas, generando una reorganización industrial y, posteriormente, la oposición abierta de los grandes productores brasileños ante las políticas de liberalización del mercado del azúcar, la desregulación y la retracción de las políticas de apoyo al uso energético del etanol hidratado carburante (da Costa, 2003). El escenario de convergencia favorable al uso del etanol de caña de azúcar había revertido en un escenario de conflicto.

Quinto escenario. Periodo 1997-2000. Escenario de convergencia negativa para la producción de etanol carburante: Estado regulador brasileño (–)/ sector agroindustrial sucro-alcoholero (–)

Durante el primer lustro de la década de 1990, cuando los precios del azúcar estaban en su nivel más alto, los empresarios se mostraron poco preocupados por la política estatal aplicada en el sector del alcohol, redirigiendo la agricultura de la caña hacia el incremento de la producción de azúcar y la reducción de la producción de alcohol. Así, si en 1990 el 72% de la producción de caña se dedicaba al etanol, en 2003 la proporción había descendido hasta el 49%, como resultado también del hecho de que las exportaciones de azúcar habían dejado de ser monopolio público. Esta actitud, aunque bastante racional para una perspectiva de corto plazo, tuvo consecuencias negativas a largo plazo, principalmente porque el desabastecimiento del biocarburante en el mercado impactó aun más en la reducción de las ventas de vehículos VCEE, reduciendo aun más el tamaño del mercado salvaguarda del sector azucarero (Baccarin, 2005).

Como el etanol no podía reducir sus costes de producción y los precios del petróleo permanecían bajos, se establecieron una serie de medidas

públicas fuera del mercado, especialmente para el etanol hidratado, con el fin de ayudar a que fuera más competitivo. Sin embargo, en un contexto en el que el Estado se preocupaba poco por los precios del petróleo, estas medidas fueron limitadas e insuficientes para reducir el coste de oportunidad de los productores del sector sucro-alcoholero e incrementar la producción del biocarburante (Baccarin, 2005).

Ante la caída de los precios internacionales del azúcar al final del periodo, la política liberal fue confrontada por las empresas y entidades vinculadas al sector sucro-alcoholero. La institución de normas y órganos específicos para el sector sucro-alcoholero fue una respuesta a la corriente desreguladora. Así, la etapa final del proceso de desregulación estuvo marcada por la tensión y el conflicto. Por ello, no se alcanzó una plena desregulación del sector, sino que se dio paso a un nuevo marco institucional y regulatorio que se activaría plenamente cuando las condiciones suficientes en los mercados de energía y en los mercados alimentarios del azúcar favorecieran la convergencia en torno al uso del etanol carburante. Las disputas políticas sobre la eliminación de la intervención del Estado en la economía dieron como resultado un proceso largo y fragmentado de desregulación del sector. Dicho proceso dio lugar a una nueva forma de regular el mercado bajo un paradigma menos interventor que el aplicado durante el lanzamiento del PNA, aunque no pueda hablarse de un mercado del etanol carburante completamente desregulado y liberalizado (Moraes, 2000). La convergencia de altos costes de oportunidad, tanto para el estado como para el sector sucro-alcoholero, hizo que el anterior escenario de conflicto diera paso a un escenario de convergencia negativa bastante más desfavorable para el sector del etanol.

Sexto escenario. Periodo de 2000 a 2013. Escenario de convergencia expansivo para la producción de etanol carburante: estado regulador brasileño (+)/sector agroindustrial sucro-alcoholero (+)

La crisis del mercado interno del etanol carburante y el comportamiento desfavorable en los mercados del azúcar reducirían significativamente el coste de oportunidad del sector sucro-alcoholero brasileño en torno al incremento de la producción de etanol para su uso energético en el transporte. El peor momento atravesado por el sector sucro-alcoholero ocurrió al final de la década de 1990, cuando la liberalización efectiva de precios de etanol hidratado coincidió con el declive del precio internacional del azúcar, en un contexto de exceso de oferta en el mercado del azúcar que redujo aun más los precios. El miedo a la quiebra movilizó a los empresarios del sector para solicitar nuevas medidas públicas de apoyo ante la gravedad de la situación (Moraes, 2000).

Con el nuevo incremento de los precios del crudo y la situación en los mercados de los productos de la caña se daría paso a un nuevo y favorable

REGULACIÓN,
POLÍTICA AGRO-
ENERGÉTICA Y LA
EVOLUCIÓN DEL
MERCADO DE
CARBURANTES
RENOVABLES EN
BRASIL

REGULATION,
AGRO-ENERGY
POLICY AND
MARKET
EVOLUTION FOR
RENEWABLE
FUELS IN BRAZIL

marco institucional y regulatorio para el sector sucro-alcoholero desde los primeros años de la década del 2000. En dicho marco, se buscaría consolidar el uso de la caña de azúcar y el etanol como una de las principales fuentes de energía primaria en la matriz energética brasileña. Asimismo, durante esta fase se fortalecería la política medioambiental, la cual constituía uno de los principales fundamentos del apoyo del gobierno a la institucionalización de la industria de biocarburantes en la política energética brasileña, justificando la aplicación de subsidios y otras medidas de protección del sector con el fin de internalizar los costes externos derivados del consumo de carburantes fósiles en el transporte rodado (Goldemberg & otros, 2008; Goldemberg & otros, 2013).

La competitividad del etanol carburante frente a la gasolina ganaba fuerza y salía de la competencia administrativa de la empresa PETROBRAS. Con la ley 10336/2001, la cual instituyó la Contribución de Intervención para el Desarrollo Económico (CIDE) —aplicada sobre la importación y la comercialización de petróleo y sus derivados, gas natural y etanol carburante—, se legalizó la diferenciación del trato fiscal y los subsidios al etanol. A su vez, parte de su recaudación tenía como objetivo subsidiar los precios y el transporte del etanol. Asimismo, la ley 13/5/2002 o Ley del Etanol establecía una nueva línea de subsidios al precio y al transporte del biocarburante. Con estas medidas se garantizaba una fuente de recursos públicos para el financiamiento de la producción, almacenamiento y transporte del etanol, así como de su materia prima.

En este período aparece también en el mercado una nueva tecnología de vehículos, la cual sería un factor clave para la recuperación del consumo de etanol hidratado. Mediante un compromiso entre el sector de la industria automotriz, representada por la Asociación Nacional de Fabricantes de Vehículos Automotores (ANFAVEA), y el Gobierno, se lanzaron al mercado modelos utilitarios que podían consumir tanto gasolina como mezclas con etanol anhidro, así como etanol hidratado puro. Dichos modelos, conocidos como vehículos de consumo flexible o «Flex-fuel», reducían el riesgo de adquisición de vehículos que solo podían consumir el biocarburante de caña, al no estar atados tecnológicamente a una sola fuente de energía (de Freitas & Kaneko, 2011; Puerto Rico, 2010). Así, las ventas de vehículos Flex se dispararon desde menos de un 5% en 2003 a más del 85% en 2009 (ANFAVEA, 2013). A este efecto hay que sumar, además, el incremento de los mandatos de mezcla producido en 1993, justificado sobre la base de la internalización de costes ambientales⁷.

⁷ La medida más significativa fue la ley 8723/1993, la cual fijaba un porcentaje de mezcla de 22% de adición de etanol anhidro a la gasolina, en favor de la protección medioambiental. Con la ley 10203 del 22 de febrero de 2001 se dio mayor flexibilidad, permitiendo que el porcentaje de mezclas se establezca en una banda de entre un 20% y un 24%, dependiendo de la mayor o menor disponibilidad de etanol en el mercado.

371

Consideramos que este escenario de convergencia positiva se extiende hasta la actualidad, principalmente porque las condiciones para el crecimiento de la cuota de etanol en la matriz energética brasileña permanecen todavía vigentes. Además de que los precios del petróleo se mantienen elevados y las importaciones de gasolina se incrementaron significativamente desde el año 2010, la producción de etanol sigue siendo una opción atractiva para el sector agroindustrial. Por un lado, la variabilidad del coste de producción se encuentra atenuada por un sistema regulatorio que estimula la producción, asegurando niveles mínimos de demanda. Por otro lado, el crecimiento de la productividad del azúcar en Brasil, así como en otros países productores, ha elevado el riesgo de sobreoferta. La confluencia de bajos costes de oportunidad en relación con la producción de etanol carburante por parte del sector sucroalcoholero y el apoyo político por parte del gobierno configuró el segundo escenario de convergencia positiva y las mejores condiciones regulatorias y no regulatorias para la expansión del sector.

REGULACIÓN,
POLÍTICA AGRO-
ENERGÉTICA Y LA
EVOLUCIÓN DEL
MERCADO DE
CARBURANTES
RENOVABLES EN
BRASIL

REGULATION,
AGRO-ENERGY
POLICY AND
MARKET
EVOLUTION FOR
RENEWABLE
FUELS IN BRAZIL

IV. CONTRASTACIÓN Y ANÁLISIS EMPÍRICO

Una vez planteada en forma de hipótesis la dinámica histórica de la relación de costes de oportunidad entre los principales actores del mercado de biocarburantes en Brasil y tras haber condensado tal interacción en lo que hemos denominado distintos escenarios de convergencia y conflicto, pasamos a contrastar empíricamente su validez al considerar que los cambios observados en la relación subyacente resultan ser elementos determinantes para entender la evolución histórica del mercado de biocarburantes en Brasil. En concreto, consideramos como hipótesis de partida que los posibles cambios entre los escenarios identificados han marcado la evolución del mercado de etanol carburante en Brasil desde sus orígenes hasta la actualidad.

La técnica empleada para el contraste de hipótesis será el análisis de interrupción de series temporales, representadas como modelos autorregresivos integrados de medias móviles (ARIMA), complementadas con funciones de transferencia que recojan la posible conexión entre intervenciones y efectos. Los modelos de intervención derivados del modelo general de series temporales permiten analizar el patrón de regularidad con el fin de observar el impacto de variables exógenas o independientes —correspondientes en nuestro análisis a los cambios en los escenarios de convergencia y conflicto planteados— que han podido afectar el comportamiento de la serie a lo largo de su evolución en el tiempo (Box & Tiao, 1975). En este planteamiento metodológico, la significatividad de las variables que representan estas conexiones específicas determinará si existe o

no una base empírica para sostener que el sector de los biocarburantes ha evolucionado de acuerdo a los escenarios planteados, más allá de la evolución esperada en la serie temporal de producción a partir de sus patrones estimados de cambio (representados en el modelo ARIMA subyacente).

Con el fin de analizar las modificaciones en la variable dependiente a lo largo del tiempo, la línea base tiene que ser estable, debiendo comenzar con un periodo de registro de observaciones con ausencia de intervención, y lo suficientemente extenso como para asegurar un estado inicial de lo estudiado (Crosbie, 1993). La presencia de una fase «de intervención» corresponde a la interrupción de la serie, y en este punto es muy importante estudiar la variabilidad, que generalmente vendrá expresada en cambios de la tendencia (McDowall & otros, 1980). Asimismo, las intervenciones difieren tanto en el comienzo del impacto, que puede ser abrupto o gradual, como en la duración, que puede ser permanente o solo temporal (Neustrom & Norton, 1993). Así, de acuerdo con el marco conceptual de análisis, el cambio a un escenario de convergencia positiva tendrá un impacto en forma de expansión abrupta de la serie de producción, con un valor significativamente positivo en el estimador correspondiente de la función de transferencia, mientras que el cambio a un escenario de convergencia negativa tendrá el efecto contrario. El cambio a un escenario de conflicto, por su parte, se plasmará en cambios menos relevantes en la tendencia, negativos o positivos en función de que el escenario de partida fuera de convergencia positiva o negativa, respectivamente. La evolución en los escenarios de convergencia y conflicto se plantea así como una cadena de cambios estructurales que podrían apreciarse en el comportamiento de las tendencias y no tanto en las variaciones puntuales que aparezcan a lo largo de la serie temporal de la variable analizada. Consideramos que el análisis de series temporales interrumpidas resulta idóneo para esta tarea, en tanto puede configurarse como un tipo de análisis de regresión en el cual a las variables de predicción se les atribuye haber tenido un impacto sobre la variable de respuesta observada en distintos puntos de tiempo, permitiendo un tratamiento más potente a partir de datos autocorrelacionados (como son esperables en este planteamiento) (McCleary & Hay, 1980).

Una vez realizado el análisis exploratorio de modelización para la serie temporal de producción de etanol carburante mediante el *software* estadístico Statistical Analysis System/Econometrics and Time Series Analysis (SAS/ETS) y habiendo introducido los escenarios de convergencia y conflicto en el modelo como parámetros de intervención (la hipótesis), el paso siguiente ha sido evaluar la significancia estadística del impacto de los escenarios que forman la

hipótesis en el desarrollo de las series, lo que, en definitiva, equivale a contrastar la validez de la aproximación realizada. De acuerdo con el enfoque aplicado para analizar el desarrollo de la producción de etanol en el mercado brasileño de biocarburantes, consideramos que la evolución de la producción de etanol carburante se corresponde con seis periodos identificados, los cuales están determinados por escenarios de convergencia y conflicto entre el Estado-regulador y el sector sucro-alcóholero de Brasil. Estos escenarios están caracterizados por una serie de medidas regulatorias y no regulatorias que han afectado el comportamiento del mercado. El objeto de la presente contrastación empírica es verificar si el modelo expuesto es adecuado para explicar la forma en que ha evolucionado la producción de etanol carburante en el mercado brasileño. El orden de los diferentes escenarios de convergencia y conflicto puede ser sintetizado en la tabla 3.

Tabla 3: Escenarios de convergencia y conflicto sobre el desarrollo de la producción de etanol carburante en Brasil

| Periodo | Estado-Regulador | Sector Agroindustrial | Tipo de escenario | Condiciones regulatorias y no regulatorias |
|-----------|------------------|-----------------------|-----------------------|--|
| 1931-1950 | (+) | (-) | Conflicto | Restringidas |
| 1951-1975 | (-) | (+) | Conflicto | Restringidas |
| 1975-1985 | (+) | (+) | Convergencia positiva | Maximizadas |
| 1986-1996 | (-) | (+) | Conflicto | Restringidas |
| 1997-2000 | (-) | (-) | Convergencia negativa | Minimizadas |
| 2000-2013 | (+) | (+) | Convergencia positiva | Maximizadas |

Fuente: elaboración propia

Las intervenciones que determinarían los escenarios de convergencia y conflicto en el mercado brasileño y que deberían marcar los cambios de tendencia sobre la serie temporal de producción han sido incluidas en el análisis de intervención siguiendo el orden planteado en la Tabla 4.

REGULACIÓN,
POLÍTICA AGRO-
ENERGÉTICA Y LA
EVOLUCIÓN DEL
MERCADO DE
CARBURANTES
RENOVABLES EN
BRASIL

REGULATION,
AGRO-ENERGY
POLICY AND
MARKET
EVOLUTION FOR
RENEWABLE
FUELS IN BRAZIL

Tabla 4: Hipótesis sobre el impacto de los cambios en los escenarios de convergencia y conflicto en la evolución de la producción de etanol carburante en Brasi

| Años de inicio del cambio | Cambios de escenarios | Efectos en la producción |
|---------------------------|---|--------------------------|
| 1975 | Conflicto → Convergencia positiva | Expansión abrupta |
| 1986 | Convergencia positiva → Conflicto | Contracción moderada |
| 1997 | Conflicto → Convergencia negativa | Contracción abrupta |
| 2000 | Convergencia negativa → Convergencia positiva | Expansión abrupta |

Fuente: elaboración propia

Para efectuar el análisis sobre la serie temporal de producción de etanol carburate en Brasil, hemos utilizado una serie temporal confromada por 82 observaciones anuales, la cual incluye de forma agregada tanto la producción de etanol anhidro como la producción de etanol hidratado. Los datos de la serie han sido recogidos del Instituto de Investigación Económica Aplicada de Brasil (IPEA) —desde el año 1930 hasta el año 2008— y de la Agencia Nacional del Petróleo, Gas Natural y Biocombustibles (ANP) —desde el año 2009 hasta a la actualidad—.

Después de ajustar los modelos candidatos mediante el software estadístico SAS/ETS, y sobre la base de los resultados obtenidos en el análisis de idoneidad y precondiciones, observamos que el ajuste es consistente utilizando un modelo autorregresivo de orden (1), AR (1, 0, 0), con las siguientes intervenciones:

Tabla 5

| Parámetros de intervención combinados con el modelo AR (1, 0, 0) para la serie temporal de producción de etanol en Brasil | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|
| Efecto rampa o Tendencia | 1975 | 1986 | 1997 | 2000 | |
| Efecto desnivel o cambio de nivel | | | | | 2011 |

Fuente: elaboración propia

Los resultados que ofrece el análisis de autocorrelaciones, así como el test de ruido blanco (*Ljung-Box chi square statistics*) y el test de raíces unitarias para evaluar la estacionaridad del Modelo (*Augmented Dick-Fuller Test*), son adecuados y compatibles con un modelo consistente. Con las condiciones de ajuste e idoneidad verificadas en el modelo,

podemos pasar a analizar los resultados de las estimaciones de los parámetros del modelo de la serie de producción de etanol. Como hemos mencionado líneas arriba, si las hipótesis que explican la evolución de la producción en Brasil son válidas, los resultados deberán ser congruentes con el impacto de los cambios en los escenarios de convergencia y conflicto sobre la serie temporal de producción de etanol en Brasil⁸. Los correspondientes coeficientes estimados y sus estadísticos de error se presentan en la tabla 6.

Tabla 6: Estimación de parámetros.
Serie temporal de producción de etanol carburante en Brasil

| Modelo AR (1, 0, 0) + Intervenciones tipo rampa en 1975, 1986, 1997, 2000 y 2011 + tipo desnivel en 2011 | | | | |
|--|------------|----------------|---------|----------|
| Parámetro del modelo | Estimación | Error estándar | T | Prob >:T |
| Autoregresivo, retardo 1 | 0,47352 | 0,1055 | 4,4894 | <.0001 |
| Efecto tipo rampa 1975 | 955621 | 50819 | 188045 | <.0001 |
| Efecto tipo rampa 1986 | -595051 | 131747 | -4.5166 | <.0001 |
| Efecto tipo rampa 1997 | -2073632 | 383408 | -5,4084 | <.0001 |
| Efecto tipo rampa 2000 | 3554421 | 396503 | 89644 | <.0001 |
| Efecto tipo desnivel 2011 | -6616581 | 883796 | -74865 | <.0001 |
| Varianza del modelo | 6,19525E11 | — | — | — |
| Rango del ajuste 1930 a 2013 | | | | |

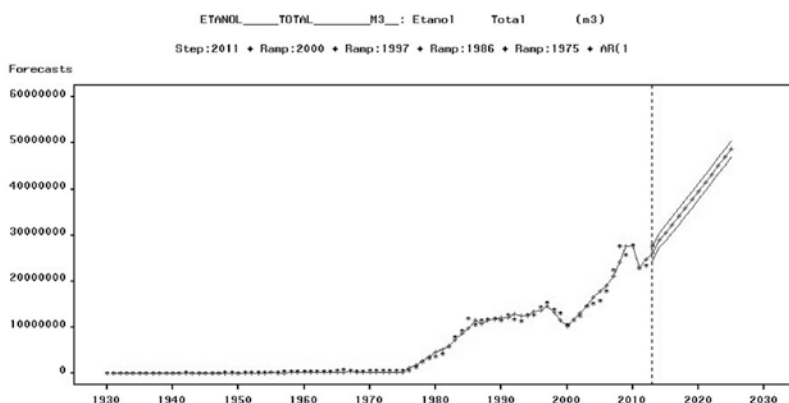
Fuente: elaboración propia

Puede observarse en los resultados presentados que, de forma coherente con lo establecido en el desarrollo de las hipótesis sobre la producción de etanol en Brasil, el impacto de los cambios de los escenarios de convergencia y conflicto responde significativamente a choques exógenos tipo «rampa o tendencia». Por un lado, podemos observar que el sentido de la estimación de los escenarios iniciados en los años 1975 y 2000 presenta signos positivos, mientras que la respuesta estimada del impacto para estos parámetros tipo rampa resulta claramente significativa. Estos resultados son compatibles con la hipótesis de que el cambio en los escenarios ha llevado a una considerable expansión de la producción en relación con los periodos inmediatamente anteriores.

8 Como se ha mencionado, se han realizado análisis previos de idoneidad y consistencia mediante el test de ruido blanco (*Ljung-Box Chi square statistics*) y el test de raíces unitarias para evaluar la estacionariedad del modelo (*Augmented Dick-Fuller Test*), así como el análisis de los residuos y de las autocorrelaciones.

Por otro lado, podemos observar que los resultados correspondientes a los cambios hacia los escenarios de conflicto y convergencia negativa iniciados en 1986 y 1997, además de ser notablemente significativos, presentan signos negativos. Estos resultados son coherentes con las hipótesis de que los cambios en los escenarios señalados han tenido efectos contractivos en la producción de etanol durante sus respectivos periodos de duración. En el caso del cambio de tendencia desde 1986, la subhipótesis de que el escenario de conflicto entre el Estado y el sector sucro-alcoholero de Brasil condujo a un estancamiento del ritmo de producción de etanol carburante en relación con el periodo anterior y, por tanto, a una contracción moderada de esta, es coherente con los resultados. De forma análoga, se observa que, en el caso del escenario de convergencia negativa entre el sector sucro-alcoholero y el gobierno iniciado en 1997, se originó una abrupta caída de la producción de biocarburante en el mercado brasileño. La representación gráfica del modelo ajustado se presenta en el gráfico 1, mientras que el gráfico 2 presenta una relación entre las cifras reales de producción y los escenarios temporales identificados.

Gráfico 1: Modelización de la evolución de la producción de etanol carburante en Brasil

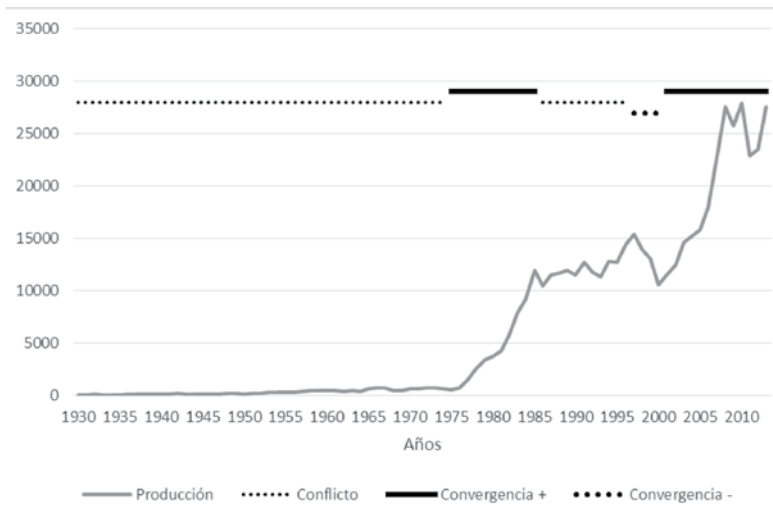


Fuente: elaboración propia

Asimismo, de acuerdo con estos resultados, el declive de la producción observado desde 2011 responde a un cambio de nivel y no tanto a un cambio de tendencia. Así, mientras que el efecto rampa no resulta estadísticamente significativo, el efecto cambio de nivel sí resulta significativo, y su magnitud negativa muestra una caída del nivel de producción que se da dentro del propio escenario del convergencia positiva. Como el efecto rampa presenta una nula significancia estadística, los resultados no revelan un cambio de pendiente o

tendencia, por lo que podemos asumir que la relación subyacente continúa siendo de convergencia positiva. En este sentido, los resultados obtenidos del análisis de intervención son coherentes con la hipótesis de que se mantiene el escenario de convergencia positiva entre el sector agroindustrial y el Estado, a pesar de la caída puntual de la producción observada en los últimos años.

Gráfico 2: Producción total de etanol en Brasil (1930-2013) y escenarios de producción identificados



Fuente: elaboración propia

V. CONCLUSIONES

La producción de biocarburantes para el transporte rodado es una variable compleja, cuya evolución es sensible tanto a los cambios políticos y regulatorios como al desarrollo de los mercados conexos, principalmente el del petróleo y los de los correspondientes cultivos agroindustriales. Más concretamente, consideramos y defendemos que todos estos cambios configuran diferentes escenarios, caracterizados por la coincidencia o el enfrentamiento de intereses entre los distintos agentes relevantes, públicos y privados, y que son estos distintos escenarios de convergencia o de conflicto los que finalmente influyen en las decisiones de producción de biocarburantes y, por consiguiente, en la evolución de las series de producción.

Sobre la base de este planteamiento, el presente artículo desarrolla la hipótesis de que la evolución de la producción de etanol en Brasil desde la década de 1930 hasta nuestros días ha venido marcada principalmente

377

REGULACIÓN,
POLÍTICA AGRO-
ENERGÉTICA Y LA
EVOLUCIÓN DEL
MERCADO DE
CARBURANTES
RENOVABLES EN
BRASIL

REGULATION,
AGRO-ENERGY
POLICY AND
MARKET
EVOLUTION FOR
RENEWABLE
FUELS IN BRAZIL

por la influencia de seis escenarios consecutivos de convergencia o conflicto. El primer escenario, entre 1931 y 1950, estaría marcado por el conflicto entre un Estado regulador favorable a la sustitución del petróleo por etanol y un sector agroindustrial sin demasiados incentivos para posicionarse claramente en el sector energético. El segundo escenario, entre 1951 y 1974, se caracterizaría también por una situación de conflicto, en este caso entre un Estado reticente a intervenir dados los bajos precios del petróleo y un sector agroindustrial que sufría los efectos de precios bajos y fluctuaciones en el mercado del azúcar. Entre 1975 y 1985, el escenario sería de convergencia positiva, impulsado por las crisis del petróleo de 1973 y 1979 y la inestabilidad del mercado del azúcar tras el *boom* de los productos agrícolas de principios de la década de 1970, dando lugar al Plan Nacional del Alcohol en 1975. El período entre 1986 y 1996 sería testigo nuevamente de un escenario de conflicto, esta vez entre un Estado regulador atenazado por la precariedad de las finanzas públicas y un sector agroindustrial enfrentado a una crisis por la mala situación en el mercado internacional del azúcar. El quinto escenario, entre 1997 y 2000, se caracterizaría por una situación de convergencia negativa, en el que los incentivos para desarrollar el mercado de etanol eran bajos tanto para el Estado regulador, debido a los relativamente bajos precios del petróleo, como para el sector agroindustrial, debido a la apertura de los mercados de exportación de azúcar para los productores y la menor demanda interna de etanol. Por último, el sexto escenario, entre 2000 y 2013, y posiblemente hasta nuestros días, sería un escenario de convergencia positiva, en el que el Estado interviene efectivamente en el mercado de carburantes —movido por el significativo aumento de los precios del petróleo, así como por el coste social medioambiental derivado del uso del petróleo—, mientras que el sector agroindustrial, expuesto a la inestabilidad y a los bajos precios del azúcar en el mercado internacional, ve reducido el coste de oportunidad vinculado a la producción de etanol, convirtiendo al carburante de caña en una herramienta eficaz para reducir el exceso de oferta de azúcar en los mercados y contener la caída de los precios.

La hipótesis de la consecución de escenarios explicativos de la evolución de la producción de etanol en Brasil ha sido evaluada sobre un modelo de series temporales interrumpidas, en el que los momentos temporales de cambio de escenario se introducen como variables exógenas para contrastar económicamente la significancia de las influencias. El modelo ha sido estimado con ayuda del software SAS/ETS, sobre una serie temporal con datos anuales de producción de etanol desde 1930.

Los resultados han mostrado coherencia con la hipótesis planteada, en todos los casos con una alta significatividad en la estimación estadística de los parámetros de intervención, lo que sugiere que el modelo basado en escenarios de convergencia y conflicto puede resultar un mecanismo

de análisis coherente para explicar la evolución de la producción de etanol carburante en Brasil. Este planteamiento, basado en relaciones de convergencia y conflicto entre el Estado regulador brasileño y el sector privado agroindustrial, ayuda a comprender más claramente qué condiciones y contextos influyen en el desarrollo o el estancamiento del sector de los biocarburantes en distintos momentos en el tiempo.

Así, puede observarse que ni el sector privado, ni el sector público, han podido en ningún momento histórico generar una expansión considerable del mercado de biocarburantes actuando de forma autónoma; en todos los escenarios de expansión contrastados en el artículo ha habido una relación de convergencia de intereses entre el gobierno y los actores privados involucrados. La regulación o las imperfecciones del mercado no imponen por sí mismas una convergencia de intereses entre el ámbito privado y público para el desarrollo de fuentes alternativas de energía de origen biológico. Esta dependerá, más bien, de que los costes de oportunidad en torno al desarrollo de biocarburantes en ambos sectores se reduzcan de forma sincrónica en un periodo determinado de tiempo. Ello depende, a su vez, de otros factores que pueden estar fuera del control de los agentes implicados, quizá en los mercados alimentarios o, más genéricamente, en los mercados de factores de producción agrícola. Debido a esto, la convergencia de intereses no siempre se ha logrado, y los resultados de regulación y políticas públicas en ocasiones no han sido los deseados.

La divergencia de costes de oportunidad para la expansión del mercado de biocarburantes puede tener también su origen en el sector público. El Estado regulador puede encontrar políticamente más rentable ampliar el haz de posibilidades de sustitución de importaciones energéticas, incluyendo fuentes de energía primaria de origen fósil además de energías renovables. El desarrollo de nuevas fuentes alternativas a las importaciones energéticas dependerá por tanto de cómo influyan en la renta política de los gobiernos vectores como el coste de la energía, la protección medioambiental, la protección de los sectores estratégicos o políticamente importantes, o los potenciales clivajes en el ámbito de la energía y la agricultura. Estas restricciones se pueden extrapolar como parte del análisis de costo-efectividad de las políticas públicas relacionadas con el sector en otros países.

VI. BIBLIOGRAFÍA

Ajanovic, Amela & Reinhard Haas (2010). Economics Challenges for Future Relevance of Biofuels in Transport in EU Countries. *Energy*, 35, 3340-3348.

ANFAVEA (2013). *Anuário da Indústria Automobilística Brasileira* ANFAVEA. Recuperado de <http://www.anfavea.com.br/>.

REGULACIÓN,
POLÍTICA AGRO-
ENERGÉTICA Y LA
EVOLUCIÓN DEL
MERCADO DE
CARBURANTES
RENOVABLES EN
BRASIL

REGULATION,
AGRO-ENERGY
POLICY AND
MARKET
EVOLUTION FOR
RENEWABLE
FUELS IN BRAZIL

ANP (2013). *Evolução do mercado de combustíveis e derivados: 2000-2012*. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis-Superintendência de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico.

Baccarin, José Giacomo (2005). *A desregulamentação e o desempenho do complexo sucroalcooleiro no Brasil*. Tesis de Doctorado. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos.

Baker Institute (2010). *Fundamentals of a Sustainable US Biofuels Policy*. Houston: James A. Baker III Institute for Public Policy of Rice University.

Barzelay, Michael (1986). *The Politicized Market Economy: Alcohol in Brazil's Energy Strategy*. Berkeley: University of California Press.

Borges, Júlio Maria Martins (1992). Custos, preços e competitividade do álcool combustível. *Revista Brasileira de Energia*, 2(2), 163-175.

Box, George E.P. & George C. Tiao (1975). Intervention Analysis with Applications to Economic and Environmental Problems. *Journal for the American Statistical Association*, 70 (349), 70-92.

Crosbie, John (1993). Interrupted Time-Series Analysis with Brief Single-Subject Data. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 61(6), 966-974.

BP. Outlook in Brief. Recuperado de <http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/statistical-review-downloads.html>

Da Costa, Mário Luiz Oliveira (2003). *Setor Sucroalcooleiro. Da rígida intervenção ao livre mercado*. São Paulo: Editora Método.

Da Rocha Sampaio, Rômulo Silveira (2010). Leadership Challenges: Biofuels and the 2009 Brazilian National Climate Change Policy Act. *Renewable Energy Law and Policy Review*, 2, 189-196.

De Castro Santos, Maria Helena (1979). The Politics of Energy Crises in Brazil: An Overview. Ponencia presentada en VIII Annual Meeting of the Latin-American Studies Association. Pittsburg.

De Castro Santos, Maria Helena (1985). *Alcohol as Fuel in Brazil: An Alternative Energy Policy and Politics*. Tesis doctoral. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology.

De Freitas, Luciano Charlita & Shinji Kaneko (2011). Ethanol Demand under the Flex-Fuel Technology Regime in Brazil. *Energy Economics*, 33, 1146-1154.

Demirbas, Ayhan (2009). Progress and Recent Trends in Biodiesel Fuel. *Energy Conversion and Management*, 50, 14-34.

Duffield, James A. & otros (2008). *Ethanol Policy: Past, Present, and Future*. *South Dakota Law Review*, 53(3), 425-453.

Earley, Jane (2009). *US Trade Policies on Biofuels and Sustainable development*. ICTSD Programme on Agricultural Trade and Sustainable Development/

ICTSD Global Platform on Climate Change, Trade Policies and Sustainable Energy. Issue Paper 18.

European Commission (2007). Impact Assessment Renewable Energy Roadmap March 2007. The impact of a minimum 10% obligation for biofuels use in the EU-27 in 2020 on agricultural markets. Directorate-General for Agriculture and Rural development.

FAO (2008). Bioenergy Policy, Markets and Trade And Food Security. Technical background document from the expert consultation held on 18 to 20 February 2008. Roma.

Giesecke, James A. & otros (2009). The Downside of Domestic Substitution of Oil with Biofuels: Will Brazil Catch the Dutch Disease? *Studies in Regional Science. Brazilian Regional Structural Adjustment to Rapid Growth in Global Ethanol Demand*, 39 (1), 189-207.

Goldemberg, Jose & Isaias C. Macedo (1994). Brazilian Alcohol Program: An Overview. *Energy for Sustainable Development*, 1(1), 17-22.

Goldemberg, Jose & otros (2013). The Rationality of Biofuels. *Energy Policy*, 61, 595-598.

Goldemberg, Jose & otros (2014). Oil and Natural Gas Prospects in South America: Can the Petroleum Industry Pave the Way for Renewables in Brazil? *Energy Policy*, 64, 58-70.

Goldemberg, Jose & otros (2008). The Sustainability of Ethanol Production from Sugarcane. *Energy Policy*, 36, 2086-2097.

Goldemberg, Jose & otros (2004). Ethanol Learning Curve. The Brazilian Experience. *Biomass and Bioenergy*, 26, 301-304.

Halff, Antoine (2008). Energy Nationalism, Consumer Style: How the Quest for «Energy Independence» Undermine U.S Ethanol Policy and Energy Security. *Stanford Law & Policy Review*, 19, 402-425.

Hathaway, Dale E. (1997). *Agriculture and the GATT: Rewriting the Rules. Policy Analysis in International Economics*. Washington DC: Institute for International Economics.

Hill, Jason & otros (2006). Environmental, Economic, and Energetic Costs and Benefits of Biodiesel and Ethanol Biofuels. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*, 103 (30), 11206-11210.

Howse, Robert & otros (2006). *WTO Disciplines and Biofuels: Opportunities and Constrains in the Creation of a Global Marketplace*. Washington DC: International Food and Agricultural Trade Policy Council.

IEA Bionergy (2009). *Bioenergy. A Sustainable and Reliable Energy Source. A Review of Status and Prospects*. París: OECD/IEA.

IPEA (2013). Sitio web: <http://www.ipeadata.gov.br/>

REGULACIÓN,
POLÍTICA AGRO-
ENERGÉTICA Y LA
EVOLUCIÓN DEL
MERCADO DE
CARBURANTES
RENOVABLES EN
BRASIL

REGULATION,
AGRO-ENERGY
POLICY AND
MARKET
EVOLUTION FOR
RENEWABLE
FUELS IN BRAZIL

Johnson, Ronald N. & Gary D. Libecap (2001). Information Distortion and Competitive Remedies in Government Transfer Programs: The Case of Ethanol. *Economics of Governance*, 2, 101-134.

Klok, Jacob (2002). Negotiating EU CO₂/Energy Taxation: Political Economic Forces and Barriers. Copenhagen: AKF Forlaget.

Kojima, Masami & otros (2007). *Renewable Energy. Considering Trade Policies for Biofuels*. Washington DC: Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP)/ World Bank.

Koplow, Doug (2009). State and Federal Subsidies to Biofuels: Magnitude and Options for Redirection. *International Journal of Biotechnology*, 11 (1-2), 92-126.

La Rovere, Emilio Lèbre (1981). Les impacts sociaux et écologiques du plan alcool brésilien. *Économie et Humanisme*, 260, 36-47.

La Rovere, Emilio Lèbre (2011) Biofuels and Sustainable Development in Brazil. *World development*, 39(6), 1026-1036.

Lazzari, Salvatore (2005). Energy Tax Policy: An Economic Analysis. US CRS Report for Congress.

Leher, Nadine (2010). *U.S. Farm Bills and Policy Reforms: Ideological Conflicts over World Trade, Renewable Energy, and Sustainable Agriculture*. Nueva York: Cambria Press.

Luque, Rafael & otros (eds.) (2011). *Handbook of Biofuels Production. Processes and Technologies*. Cambridge: Woodhead Publishing.

Macêdo, Fernando dos Santos (2011). A reestruturação do sector sucroenergético no Brasil: uma análise do período entre 2005 e 2011. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas.

Malça, João & Fausto Freire (2006). Renewability and Life-Cycle Energy Efficiency of Bioethanol and Bio-Ethyl Tertiary Butyl Ether (bioETBE): Assessing the Implications of Allocation. *Energy*, 31 (15), 3362-3380.

Maniatis, Kyriakos & Stefan Tostman (2010). EU Technology Strategy on Bioenergy: From Blue-Sky Research to Targeted Technology Development. *Renewable Energy Law and Policy Review*, 2, 169-179.

McCleary, Richard & Richard A. Hay (1980). *Applied Time Series Analysis for the Social Sciences*. Beverly Hills: Sage Publications.

McDowall, David & otros (1980). *Interrupted Time Series Analysis. Quantitative Applications in the Social Sciences*. Newbury Park, CA: Sage Publications.

Meira, Roberta (2007). *Bangüês, engenhos centrais e usinas: o desenvolvimento da economia açucareira em São Paulo e a sua correlação com as políticas estatais (1875-1941)*. Tesis de Maestría. São Paulo: Universidade de São Paulo.

Moraes, Márcia (2000). A desregulamentação do setor sucroalcooleiro e as novas formas de atuação do Estado. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 38(2), 101-122.

Nastari, Plinio (1983). *The Role of Sugar Cane in Brazil's History and Economy*. Tesis de Doctorado. Iowa: Iowa State University.

Neustrom, Michael W. & William M. Norton (1993). The Impact of Drunk Driving Legislation in Louisiana. *Journal of Safety Research*, 24(2), 107-121.

Numberg, Barbara (1978). *State Intervention in the Sugar Sector in Brazil: A Study of the Institute of Sugar and Alcohol*. Tesis de Doctorado. Stanford, CA: Stanford University.

Oliveria, Marcelo & otros (2005). Ethanol as Fuel: Energy, Carbon Dioxide Balances, and Ecological Footprint. *Bioscience*, 55 (7), 593-602.

Pinheiro, J. (2000). A política nacional do álcool combustível. En: Instituto da Cidadania. *Álcool: o Combustível do novo milênio? Cadernos Cidadania 1* (pp. 47-50).

Puerto Rico, Julieta (2007). Programa de Biocombustíveis no Brasil e na Colômbia: Uma Análise da Implantação, Resultados e Perspectivas. São Paulo: Universidade de São Paulo/PIPG.

Puerto Rico, Julieta & otros (2010). Genesis and Consolidation of the Brazilian Bioethanol: A Review of Policies and Incentive Mechanisms. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14 (7), 1874-1887.

Santos, Magda (1997). *O Álcool-motor no Brasil e sua relação com a produção açucareira (1903-1954)*. Tesis de Maestría. São Paulo: Universidade de São Paulo.

Schnepf, Randy (2011). Renewable Energy Programs and the Farm Bill: Status and Issues. Congressional Research Program. US CRS Report for the Congress.

Semineiro, Frank A. (2008). A Tale of Two Subsidies: How Federal Support Programs for Ethanol and Biodiesel Can be Created in Order to Circumvent Fair Trade Challenges under World Trade Organization Ruling. *Penn State International Law Review*, 26 (4), 963-996.

Sheales, Terry & otros (1999). Sugar: International Policies Affecting Market Expansion. ABARE Research Report 99.14. Canberra: Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics.

Shikida, Pery (2002). The Economics of Etanol Production in Brazil: A Path Dependence Approach. En Márcia Moraes & Pery Shikida, *Agroindústria canavieira no Brasil: evolução, desenvolvimento e desafios*. São Paulo: Atlas.

Stattman, Sarah L. & otros (2013). Governing Biodiesel in Brazil: A Comparison of Bioethanol and Biodiesel Policies. *Energy Policy*, 61, 22-30.

Szmerecsányi, Tamás (1979). *O planejamento da agroindústria canavieira do Brasil (1930-75)*. São Paulo: Hucitec/Unicamp.

Szmerecsányi, Tamás (1988). Crescimento e crise da agroindústria açucareira do Brasil, 1914-1939. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, 7(5).

REGULACIÓN,
POLÍTICA AGRO-
ENERGÉTICA Y LA
EVOLUCIÓN DEL
MERCADO DE
CARBURANTES
RENOVABLES EN
BRASIL

REGULATION,
AGRO-ENERGY
POLICY AND
MARKET
EVOLUTION FOR
RENEWABLE
FUELS IN BRAZIL

Szmrecsányi, Tamás & Eduardo Moreira (1991). O desenvolvimento da agroindústria canavieira do Brasil desde a Segunda Guerra Mundial. *Estudos Avançados*, 11(5), 57-79.

UNEP (2009). Towards Sustainable Production and Use of Resources: Assessing Biofuels. Nairobi: UNEP.

Teixeira, Suani & otros (2006). Brazilian Sugarcane Ethanol: Lessons Learned. *Energy for Sustainable Development*, 10(2), 26-39.

Vietor, Richard H.K. (1987). *Energy Policy in America since 1945: A Study of Business-Government Relations*. Nueva York: Cambridge University Press.

Wustenhagen, Rolf & Tarja Teppo (2006). Do Venture Capitalists Really Invest in Good Industries? Risk-Return Perceptions and Path Dependence in the Emerging European Energy VC Market. *International Journal of Technology Management*, 34 (1/2), 63-87.

Yacobucci, Brent D. (2010). Intermediate-Level Blends of Ethanol in Gasoline, and the Blend Wall. US CRS Report for the Congress.

Yacobucci, Brent D. & Kelsi Bracmort (2010). Calculation of Lifecycle Greenhouse Gas Emissions for the Renewable Fuel Standard (RFS). US CRS Report for the Congress.

Zarrilli, Simonetta (2008). Making Certification Work for Sustainable Development: The Case of Biofuels. UNCTAD.

Recibido: 12/08/2015

Aprobado: 02/10/2015