El potencial del aceite crudo de soya para producir biodiesel en Bolivia

Resumen Ejecutivo

El escenario económico del país, los excedentes exportables del complejo de la soya y la producción de biodiesel a partir de este producto, se presenta como una alternativa viable para la sustitución del diésel importado de baja calidad. Entre 2006 y 2016, se estima que el Estado gastó cerca de 8.400 millones de dólares en la compra de este combustible y 3.400 millones de dólares en subsidios al mismo.

Proyecciones estadísticas al 2028, sobre la base de tasas históricas de crecimiento en la producción y consumo, tanto de diésel como de soya en Bolivia, permiten señalar que para introducir un corte del 10% sería necesario utilizar anualmente entre el 60% y 70% del volumen de aceite crudo exportable, equivalente a 1,5 millones de toneladas de grano.

Con este volumen de biodiesel sería posible cubrir cerca del 20% de las importaciones anuales de diésel. En términos fiscales, esto evitaría una erogación de divisas por 3.000 millones de dólares y un ahorro bruto en subsidios por 1.200 millones de dólares en diez años. Así, los aproximadamente 120 millones de dólares ahorrados cada año en subsidios a la importación del combustible, pudieran reinvertirse en el desarrollo de esta nueva industria.

Antecedentes

Al igual que la reciente introducción del etanol en la matriz energética nacional, el biodiesel se presenta como una alternativa viable ante la coyuntura energética y económica del país. La producción deficitaria de diésel, la creciente demanda interna y la pérdida de ventajas arancelarias con nuestros socios de la Comunidad Andina de Naciones (CAN), plantean importantes desafíos presupuestarios y de balanza comercial que las autoridades nacionales deben enfrentar en el corto plazo.

Este análisis busca retomar la discusión sobre la conveniencia de producir biodiesel, como un aditivo para el diésel importado de baja calidad que comercializa YPFB en Bolivia. Se dejará para un estudio posterior la evaluación de los aspectos ambientales, técnicos y sociales, y se hará énfasis en lo económico-productivo.

Inicialmente, se plantea un objetivo de mezcla conservador del 10% (B10) utilizando aceite crudo de soya como materia prima.

Las ventajas del uso de biodiesel responden a dos consideraciones: Primero, al ser un commodity eminentemente de exportación, lejos de afectar la seguridad alimentaria doméstica en su dimensión de "disponibilidad" ayuda a reforzar la "accesibilidad" a los alimentos porque genera nuevos empleos. En segundo lugar, por su masiva producción, es probablemente la única materia prima disponible en los volúmenes necesarios para cubrir un B10 a corto plazo.

Al estar basadas en datos de dominio público, las estimaciones presentadas en esta nota no reflejen con precisión algunos de los aspectos analizados. Sin embargo, en este punto del debate, no se pretende proporcionar información minuciosa, sino hacer aproximaciones sobre la realidad económico-productiva nacional que permitan a los actores públicos y privados debatir de manera informada.

A continuación se presenta una breve reseña sobre las dimensiones y evolución del mercado internacional del biodiesel; un análisis sobre la producción doméstica de soya y su potencialidad como materia prima para biodiesel en Bolivia; el impacto fiscal de la sustitución de importaciones de diésel por biodiesel nacional; otras consideraciones y conclusiones.

Biodiesel en el contexto mundial

Como el etanol, el biodiesel es un biocombustible que se produce con una tecnología madura y probada ampliamente a escala industrial. Se obtiene a partir de la (trans) esterificación de lípidos. En la actualidad se produce principalmente a partir de aceites vegetales, aunque también es posible procesarlo de grasa animal o aceites reciclados.

El etanol es un producto homogéneo, en cambio las propiedades físico-químicas del biodiesel varían según el tipo de materia prima. Así, mientras el biodiesel de aceite de palma es utilizado en países tropicales y subtropicales, el biodiesel de raps (colza) y de soya es más adecuado para climas templado-fríos porque solidifica a temperaturas más bajas.

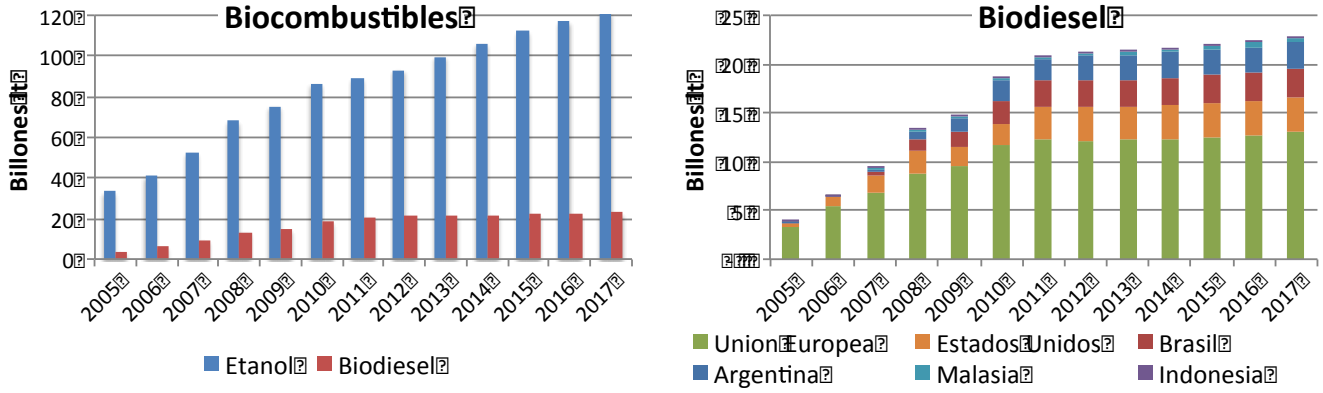
A pesar de haber experimentado altas tasas de crecimiento desde principios de los noventa, el etanol y el biodiesel sólo reemplazan una fracción de la demanda global de petróleo,[1] entre otras razones, por la menor densidad energética de los biocombustibles en relación a sus equivalentes de origen fósil. Así, un litro de etanol tiene aproximadamente 75% de la energía contenida en un litro de gasolina, mientras que entre biodiesel y diésel, esta relación mejora a 92%. Para ser sustitutos viables, los biocombustibles deben alcanzar balances energéticos positivos[2] y proceder de materias primas abundantes y baratas.

Esta es la razón por la cual grandes productores y exportadores de soya como Estados Unidos, Brasil y Argentina han implementado programas de biodiesel, y por lo que es importante volver a estudiar el tema en nuestro país.

[1] Según propias estimaciones durante el periodo 1991-2011 el etanol alcanzó menos del 1% del consumo global de petróleo, mientras que para el biodiesel esta proporción fue sólo del 0,2%.

[2] Esto se refiere a la cantidad de energía neta obtenida de la diferencia entre la energía utilizada para producir el combustible frente a la que éste proporciona. Según nota técnica del INTA (Donato et al. 2008) esta relación es de alrededor 3 a 1 en el caso del biodiesel de aceite de soya en Argentina. Es decir, por cada unidad de energía gastada en producir el biodiesel, se obtienen 3. Sin embargo, esta relación dependerá mucho de cuan intensivo sea el sistema de cultivo en términos de utilización de insumos y mecanización.

Gráfico 1: Evolución de la producción mundial de biocombustibles



Fuente: Elaboración propia en base a estimaciones de FAPRI-ISU (2018).

Gráfico **1** muestra un panorama sobre la evolución de la producción de biocombustibles a nivel global. Si bien la producción de etanol se incrementa sostenidamente, la de biodiesel parece haberse estabilizado entorno a los 20 billones de litros.

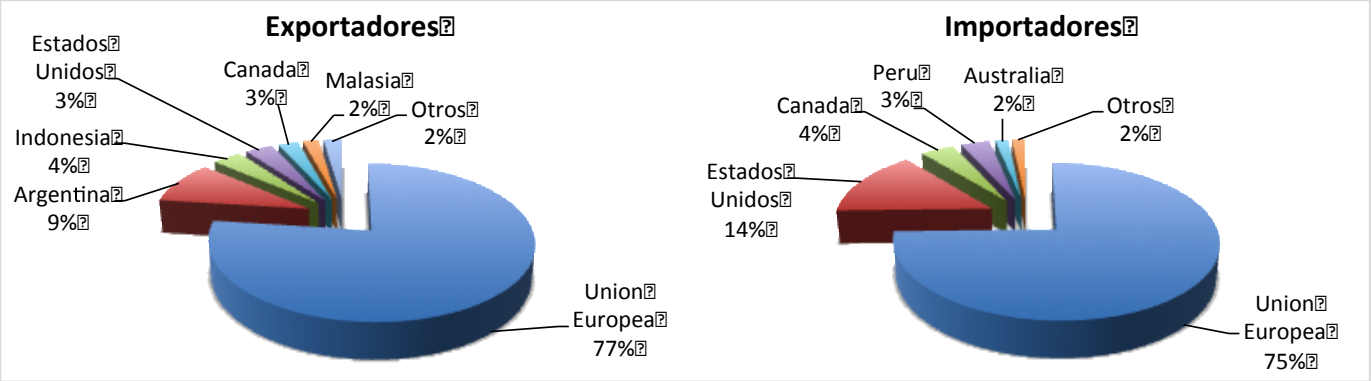
Una razón fundamental por la cual la producción de etanol es casi seis veces superior a la de biodiesel, estriba en la baja productividad del biodiesel por superficie cultivada. Así por ejemplo, de una hectárea de caña o de remolacha azucarera se pueden obtener alrededor de 6.000 litros de etanol. Del raps y de la soya, por el contrario, sólo se obtienen 900 y 500 litros de biodiesel por hectárea, respectivamente.

La baja productividad energética de las oleaginosas obedece a que para la síntesis de los lípidos, estas plantas consumen más del doble de la energía que la caña u otras gramíneas utilizan para procesar carbohidratos como la celulosa o sacarosa (Horta et al. 2008). El remanente para cosechar en las gramíneas es por tanto muy superior.

Los principales productores de biodiesel son la Unión Europea (UE), seguida de Estados Unidos, Brasil y Argentina. La UE produce biodiesel de aceite de raps, Estados Unidos, Brasil y Argentina utilizan principalmente aceite de soya.

A pesar de la alta productividad de la palma aceitera, principal materia prima en el sudeste asiático, la producción de biodiesel de Malasia e Indonesia es marginal porque la palma aceitera es un cultivo perenne y demora entre 3 y 4 años para entrar en producción. Además, es de mayor riesgo, ya que –a diferencia de cultivos anuales– una vez realizada la inversión es difícil sustituirla ante vaivenes del mercado.

Gráfico 2: Comercio internacional de biodiesel - 2015



Fuente: Elaboración propia en base a UN Comtrade (2018), partida arancelaria 382600.

El **Gráfico 2** presenta un resumen de la participación de los principales exportadores e importadores en el comercio internacional del biodiesel al 2015. Durante este año el comercio global de biodiesel alcanzó los 9,3 billones de litros, por un valor de 7,1 billones de dólares.

La UE es el mayor productor mundial de biodiesel. Por el tamaño de su mercado y los objetivos de mezcla trazados en sus políticas internas, es también el mayor consumidor de este biocombustible. El comercio intra-europeo es por ello el más relevante. En términos netos, Holanda, Alemania y Bélgica son sus principales exportadores, mientras Italia y Francia son los mayores importadores. Malasia, Indonesia y Corea del Sur son los principales proveedores externos de biodiesel, aunque el volumen importado de estos países es marginal.

Estados Unidos es el segundo mayor productor de biodiesel, pero a diferencia de la UE no abastece su demanda interna y durante 2015 importó cerca de 1 billón de litros. Argentina ocupa el cuarto lugar en producción de biodiesel y es el segundo mayor exportador con cerca de 900 millones de litros, siendo sus principales mercados Estados Unidos (75%) y Perú (21%). Al igual que para Argentina, el mercado americano (73%) es el principal destino de las exportaciones de Indonesia, seguido de España (9%).

Análisis económico – productivo de la soya para biodiesel

Con una producción anual de 3,2 millones de toneladas en 2016, Bolivia se encuentra entre los 10 primeros productores y exportadores de soya y sus derivados a nivel global. Durante el mismo año, las exportaciones de aceite crudo de soya alcanzaron 389 mil toneladas, equivalentes a unos 424 millones de litros **(ver Cuadro 3 de Anexos).**

Hasta ahora, la industria procesadora de aceite de soya, una vez cubierta la demanda interna de aceites comestibles, exportaba sus excedentes a los mercados de sus socios comerciales de la CAN, principalmente a Colombia. A partir de este año nuestros antiguos socios ingresaron –al igual que Bolivia– al Mercosur.

De esta manera, los agricultores nacionales enfrentan el reto de competir con los mayores y más eficientes productores de soya del mundo (Rodriguez 2018).

Adicionalmente a la pérdida de las ventajas comerciales con la CAN, el país enfrenta un escenario de desaceleración económica, reducción de reservas internacionales y una balanza comercial deficitaria, mientras que la demanda de diésel crece a una tasa mayor que la producción. Ante esta situación, se propone repensar la sustitución parcial de las importaciones de diésel por biodiesel producido con los excedentes exportables de aceite crudo de soya. De esta manera se dinamizarían las economías regionales, se promocionaría la inversión, se suavizaría el impacto económico por la pérdida de mercados de exportación, además de reducir la dependencia externa por diésel.

Cuadro **5 (Anexos)** presenta una proyección al 2028 de la capacidad productiva nacional para sustituir un 10% del consumo de diésel por biodiesel de aceite de soya. Para este análisis se consideró que el biodiesel reemplaza al diésel fósil en una relación de paridad, ya que la pérdida de potencia, torque y economía para un tenor B10 es marginal.[3]

Las proyecciones se realizaron sobre la base de la tasa media anual de crecimiento de la demanda de diésel de los tres sectores principales: transporte, agricultura e industria. Frente a este escenario serían necesarios 231 millones de litros de biodiesel.[4] Se prevé que en 2019 la producción deberá aumentar en un promedio anual de 21 millones de litros para alcanzar los 417 millones de litros al 2028.

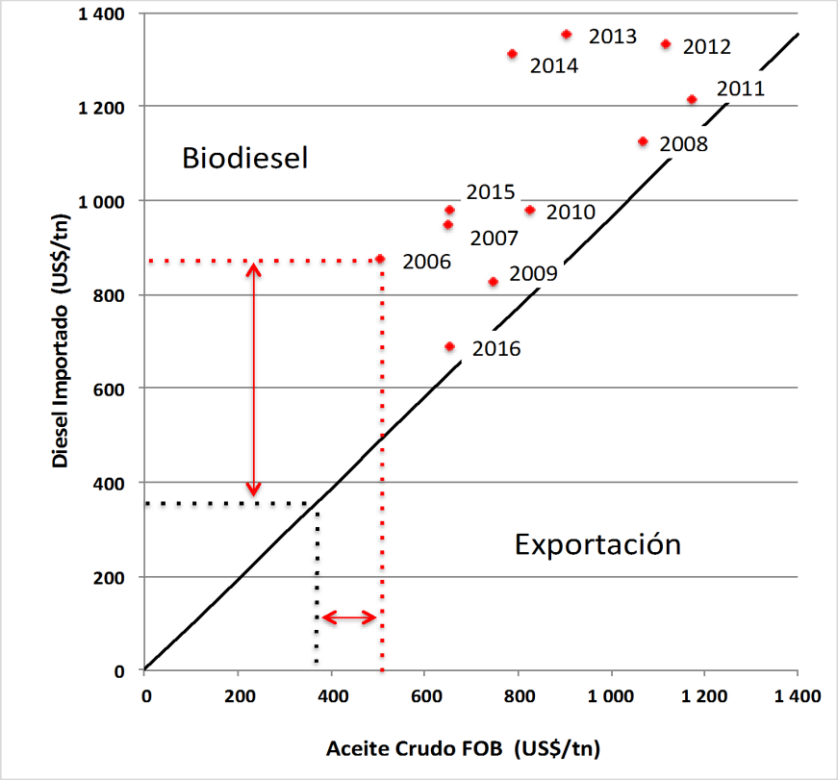
Con respecto al volumen necesario de materia prima –con los rendimientos medios y tasas de extracción de aceite–, serían necesarias 1,1 millones de toneladas de grano el primer año y un incremento anual de 100 mil toneladas para alcanzar 2 millones de toneladas en diez años. En términos de tierras, esto representa entre un 40% y un 50% de la superficie cultivada de soya, asumiendo su tasa media histórica (2006-2016) de crecimiento del 4%. En relación al volumen de aceite crudo, sería necesario disponer de hasta el 70% del excedente exportable para cubrir el requerimiento de mezcla hacia el 2028. Si este programa iniciaría el 2019 este volumen sería del 60%.

A pesar de existir la capacidad productiva, un elemento no menos importante a la hora de estructurar un programa de biodiesel, es entender las motivaciones económicas que enfrenta el procesador para decidir entre exportar su aceite crudo o transformarlo en biodiesel para vendérselo a YPFB. Con esta finalidad se presenta a continuación un análisis de indiferencia para entender mejor bajo qué condiciones un productor opta por una u otra opción.

[3] De acuerdo al reporte técnico del Departamento de Energía de Estados Unidos (Alleman et al. 2016), para una mezcla del 20% (B20) la perdida de potencia, torque y economía (km/lt) es de entre el 1% y 2% (dependiendo del tipo de diésel con que se compare), siendo imperceptible para el usuario.

[4] Para procesar el aceite vegetal en biodiesel se ocupan –en términos generales– por cada 100 litros de aceite, 15 litros de metanol (etanol) y 400 gr. de hidróxido de sodio (potasio) como catalizador. Del volumen total de insumos se extraen entre 97 y 100 litros de biodiesel. Para este análisis y a manera de facilitar su seguimiento, se asumirá que la relación del aceite vegetal – biodiesel es 1:1.

Gráfico 3: Mapa de indiferencia para el procesador de soya



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Para las importaciones de diésel se consideraron los valores CIF reportados a UN Comtrade (2018) bajo la partida 271019. Estos valores fueron ajustados al alza en 24% de acuerdo a las estimaciones del escenario [1] presentadas en el Cuadro 4 del Anexo para reflejar los costos adicionales de internación hasta el terminal final de YPFB. Para las exportaciones de aceite crudo de soya fueron utilizados los valores reportados bajo la partida 150710.

Gráfico 3 mapea las diferentes combinaciones de precios entre el diésel importado puesto en terminales de YPFB y el precio de exportación que los procesadores de granos enfrentan. Las líneas punteadas negras marcan el costo de producción de una tonelada de aceite crudo de soya que se asumió referencialmente en 350 US$.[5] La línea negra oblicua separa dos espacios, el superior izquierdo refleja las combinaciones de precio a las cuales es más redituable para el procesador producir biodiesel, y el inferior derecho aquellas que permiten una mayor rentabilidad por la exportación del aceite crudo de soya.

[5] Nitsch & Giersdorf (2005) proponen para el caso de Brasil un costo medio del aceite crudo de soya de 320 US$/tn.

La pendiente de esta línea (0,97) representa la relación entre el costo de transformar el aceite crudo en biodiesel y los costos logísticos de colocar el producto en puerto de exportación.[6]

Son precisamente estas combinaciones de costos (logísticos y de procesamiento) y precios (exportación y biodiesel) relativos los que condicionan el nivel de utilidad y por ello la decisión del industrial sobre exportar o, transformar y vender como biodiesel su materia prima. Cualquier punto sobre esta línea indica el mismo nivel de utilidad para ambas actividades, por lo tanto representa todas las combinaciones de precios de indiferencia para el procesador. El grupo de puntos rojos en la gráfica muestran las combinaciones de precios de exportación de aceite y de importación de diésel entre 2006 y 2016. Como se observa, todos ellos se encuentran en la zona en la que producir y vender biodiesel fue una actividad más rentable en comparación a exportar en crudo el aceite de soya, lo cual no es extraño en virtud de los altos precios del petróleo experimentados durante la última década.

Si tomamos como ejemplo el punto del año 2006, vemos cómo la utilidad por la venta de biodiesel –reflejada por la distancia vertical entre las líneas punteadas roja y negra– es bastante superior a la utilidad por la exportación del aceite crudo representada por la distancia horizontal entre las mismas líneas. Sin embargo, durante 2008, 2009, 2011 y recientemente en 2016, la combinación de precios se acerca a la línea negra, indicando que durante estos años los procesadores se encontraban próximos a ser indiferentes entre producir biodiesel o exportar aceite crudo.

Como se mencionó anteriormente, el que un productor se encuentre en el área de preferencia por biodiesel o aceite crudo de exportación, depende tanto de los precios relativos de la soya y del petróleo, como de los costos relativos de exportación y transformación del biodiesel. Estos últimos determinan la pendiente de la línea de indiferencia. Si además consideramos que el aceite vegetal constituye entre el 85% y 90% del costo del biodiesel (Timilsina & Zilberman 2014) es fundamental mantener estable su precio y libre de presiones alcistas. Por ello, si se quiere lograr un programa exitoso y duradero de biodiesel se debe dimensionar adecuadamente el porcentaje de mezcla y la gradualidad de su implementación.

Estimación del impacto fiscal

Sobre la base de información histórica, se hará una proyección de la carga fiscal en los próximos diez años por la importación y subsidios al diésel. De esta manera es posible estimar el ahorro potencial para el Estado derivado de reemplazar parte de las importaciones de diésel por biodiesel nacional. Este ahorro, a su vez, pudiera utilizarse, parcial o totalmente, para apuntalar la nueva industria. En este sentido, el Gobierno, además de proporcionar reglas claras y estables, debiera establecer un precio de referencia mínimo que permita a los empresarios no sólo repagar su inversión, sino también obtener utilidades razonables.

[6] El presente escenario asume que los costos de procesamiento del aceite crudo en biodiesel son del 11%, mientras que los gastos de exportación del mismo aceite son del 15%.

Otros estímulos necesarios pudieran ser por ejemplo: exenciones arancelarias para la importación de bienes de capital, créditos a tasas concesionales y ventajas impositivas, como amortizaciones aceleradas para el cálculo del impuesto a las utilidades.

Cuadro 1: Evolución histórica del mercado del diésel en Bolivia (Millones de litros)

Año	Producción	Consumo				Importaciones	
		Transporte	Agricultura	Industria	**Total**	IEA	UN Comtrade
2006	745	740	841	56	**1.638**	445	450
2007	788	794	867	61	**1.722**	518	416
2008	816	811	874	63	**1.748**	476	693
2009	654	786	863	60	**1.709**	635	718
2010	651	732	540	78	**1.350**	708	727
2011	690	793	585	85	**1.464**	791	982
2012	740	851	627	91	**1.570**	906	967
2013	838	931	688	100	**1.719**	934	1.098
2014	911	969	715	103	**1.787**	993	1.001
2015	1.020	986	727	106	**1.819**	822	1.221

Fuente: Elaboración propia en base a información reportada a la Agencia Internacional de Energía (IEA 2018) y UN Comtrade (2018).

Nota: Los volúmenes de diésel reportados en toneladas fueron transformados a litros utilizando una densidad de 0,83 kg/lt.

El **Cuadro 1** presenta la evolución histórica del mercado del diésel en Bolivia durante la última década. Se observa cómo mientras la producción ha crecido a una tasa media anual del 4%, el consumo total lo ha hecho al 5,5%, en particular el sector agrícola (10%) que duplicó su consumo entre 2006 y 2015. Así, de acuerdo a la Agencia Internacional de Energía (IEA 2018) las importaciones de diésel para el mismo periodo también se duplicaron**.**[7]

[7] Si consideramos las cifras reportadas por UN Comtrade (2018), la cantidad de diésel importado casi se triplica.

Cuadro 2: Aproximación de la carga fiscal provocada por el subsidio al diésel

Periodo	CIF US$/tn	Precio Ajustado US$/tn		Precio Domestico US$/tn	Volumen Imp. Mill tn	Subsidio Mill. US$	
		[1]	[2]			[1]	[2]
2006	707	874	1,006	642	375	87	136
2007	769	950	1,093	642	346	106	156
2008	910	1,125	1,294	642	576	278	375
2009	669	826	951	642	597	110	184
2010	793	980	1,127	642	605	204	293
2011	985	1,217	1,400	642	817	469	619
2012	1,078	1,331	1,532	642	804	554	715
2013	1,095	1,353	1,557	642	914	649	835
2014	1,062	1,313	1,510	642	833	558	723
2015	794	981	1,129	642	1,015	344	494
2016	558	689	793	642	992	46	149
Total						**3,405**	**4,680**

Fuente: Elaboración propia.

Nota: El valor CIF y los volúmenes importados de diésel fueron obtenidos de UN Comtrade (2018), partida 271019. El valor CIF fue ajustado de acuerdo a los parámetros utilizados por Arze et al. (2011) (ver Cuadro 4 del Anexo). El escenario [1] considera costos de transporte internacional hasta terminal en Bolivia y márgenes de importación y refinería. El escenario [2] adicionalmente incluye impuestos, almacenamiento y márgenes de distribución mayorista y minorista.

El **Cuadro 2** muestra, al igual que el cuadro precedente, un estimado histórico de los recursos utilizados por el Estado para la importación y subsidio al diésel entre 2006 y 2016.[8] Se presentan dos escenarios en los que se incluyen costos de internación, así como márgenes e impuestos específicos a los carburantes. Si tomamos referencialmente el escenario [1], el valor de las importaciones alcanzaron los 8.500 millones de dólares en once años. Si asumiéramos además las otras cargas e impuestos considerados en el segundo escenario [2], este monto aumentaría a 9.700 millones de dólares. En cuanto a subsidios, entendidos como la diferencia entre el precio de importación y el precio doméstico, por el volumen importado, estos alcanzaron en promedio los 310 y 425 millones de dólares anuales para los mismos escenarios [1] y [2], respectivamente.

Cuadro 5 **(Anexos),** podemos determinar un aproximado del déficit interno de diésel, así como de la magnitud de las importaciones y subsidios necesarios para cubrirlo hacia el 2028. Para esto se utilizará como precio internacional de referencia para el diésel, un promedio de sus precios de importación históricos (1.058 US$/tn) bajo el escenario [1], el más conservador.

[8] No hace parte de este análisis estimar el subsidio correspondiente al diésel producido localmente.

Así, se estima que las importaciones anuales entre 2019 y 2028 pudieran alcanzar un valor promedio de 1.500 millones de dólares, mientras que el subsidio implícito llegaría a casi 600 millones de dólares por año, asumiendo que el precio interno del diésel al consumidor se mantuviese inalterado.

Si se reemplazara durante el mismo periodo un 10% del consumo de diésel por biodiesel, las importaciones se redujeran un 20% y su valor caería en un promedio de 305 millones de dólares anuales o, en poco más de 3.000 millones de dólares hasta el 2028. De esta manera el subsidio bruto al diésel importado caería por año en 120 millones de dólares. Se denomina bruto a este ahorro, porque el neto debiera surgir de la diferencia entre los estímulos que el Gobierno pudiera otorgar a productores y procesadores, y el subsidio evitado por la sustitución de las importaciones.

Conclusiones y consideraciones finales

La promoción de una nueva industria como la del biodiesel daría un impulso importante a la economía nacional a través de inversiones y la creación de nuevas fuentes de trabajo. A la vez que ayudaría a paliar los efectos de la pérdida de los importantes mercados de la CAN para el complejo de la soya, permitiría reducir la dependencia por diésel importado, estabilizando además las cuentas externas.

Debido a la abundancia relativa del aceite de soya en Norte y Sudamérica, y de raps en Europa, la mayor producción de biodiesel se encuentra concentrada en estas regiones. A pesar que Estados Unidos y la Unión Europea procesan los mayores volúmenes de biodiesel, su alto consumo doméstico generado por políticas internas, hacen de ambos bloques también los mayores importadores de biodiesel. De esta manera, los excedentes de Argentina y algunos países del sudeste asiático fluyen principalmente hacia estos mercados.

Si bien Bolivia cuenta con una producción excedentaria de soya, suficiente para producir y mezclar hasta un 15% de biodiesel, es importante dimensionar adecuadamente y con gradualidad su implementación. Debido a que la producción agrícola demora en ajustarse,[9] un crecimiento repentino de la demanda por aceite para biodiesel, puede generar alzas significativas en los precios de la soya que imposibilitarían su uso como materia prima. Por esta razón, y por otras consideraciones técnicas que deben abordarse,[10] se sugiere empezar con un corte no mayor al 10%, aprovechando una parte de los excedentes exportables de aceite crudo de soya.

Son varias las motivaciones que pueden llevar al productor a decidir procesar su aceite crudo en biodiesel; para facilitar la comprensión de su dinámica económica, sólo se analizaron los niveles de indiferencia entre exportar el aceite en crudo o (trans) esterificarlo en biodiesel.

[9] Existen distintas restricciones en cuanto a disponibilidad y preparación de suelos, acceso a financiamiento, insumos, maquinaria, etc., que deben planificarse con anterioridad para empezar la actividad de siembra.

[10] Los fabricantes de las marcas de vehículos utilizados en Bolivia debieran emitir recomendaciones del tenor máximo de mezcla que sus vehículos pueden soportar sin modificación, además de las especificaciones mínimas de calidad para el biodiesel a mezclar.

De la misma manera se pudiera haber mapeado la decisión entre el refinamiento y venta (exportación) del aceite de soya como aceite comestible vis-a-vis la producción de biodiesel.

Dado el creciente déficit de diésel que enfrenta nuestro país y ante el debilitamiento de su posición externa, los ahorros presupuestarios y de divisas que esta nueva industria pudiera generar son significativos. Es importante hacer notar a las autoridades nacionales que, redirigir parcial o totalmente el ahorro en subsidios hacia esta nueva industria, generaría un efecto de palanca sobre la inversión privada. Por lo tanto, lejos de considerarse un gasto, esta diversificación del clúster oleaginoso nacional es una inversión que abre nuevas posibilidades de crecimiento y desarrollo para el país.

Una tarea no menos importante para el Gobierno, es desarrollar una reglamentación clara y estable que genere certidumbre a los inversionistas y ofrezca la estabilidad de largo plazo que cualquier nueva actividad necesita para prosperar. Por último, a través de una negociación tripartita entre productores, procesadores y Gobierno, es necesario establecer el precio mínimo de referencia al cual YPFB compraría el biodiesel. Este precio debiera permitir a productores y procesadores cubrir sus inversiones y obtener una rentabilidad razonable.

Referencias

Alleman, Teresa L., Robert L. McCormick, Earl D. Christensen, Gina Fioroni, Kristi Moriarty, & Janet Yanowitz. 2016. *Biodiesel Handling and Use Guide*. US Department of Energy.

Arze, Carlos, Juan Luis Espada, Juan Carlos Guzmán, & Pablo Poveda. 2011. "Gasolinazo: Subvención Popular Al Estado Y a Las Petroleras." *Centro de Estudios Para El Desarrollo Laboral Y Agrario*. Vol. 6. La Paz.

Donato, L.B., I.R. Huerga, & J.A. Hilbert. 2008. "Balance Energético de La Producción de Biodiesel a Partir de Soja En La República Argentina." *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*. Buenos Aires.

"FAOSTAT." 2018. Accesado 23 de marzo. http://www.fao.org/faostat/en/#home.

"FAPRI-ISU 2011 World Agricultural Outlook Database." 2018. Accesado 22 de marzo. http://www.fapri.iastate.edu/tools/outlook.aspx.

Horta, Luiz, Joaquim Abel, Gustavo Best, Manoel Lima, & Marcelo Khaled. 2008. *Bioetanol de Caña de Azúcar, Energía Para El Desarrollo Sostenible*. Rio de Janeiro: BNDES.

"IEA Statistics." 2018. Accesado 23 de marzo. http://www.iea.org/statistics/.

Nitsch, Manfred, & Jens Giersdorf. 2005. "Biotreibstoffe in Brasilien." *Diskussionsbeiträge Des Fachbereichs Wirtschaftswissenschaft Der Freien Universität Berlin*, no. 12. Berlin: 24.

Rodriguez, Gary. 2018. "Duro Desafío Para La Venta Externa de Bolivia a La CAN." *Diario El Deber*, 25 de marzo.

Timilsina, Govinda R, & David Zilberman, eds. 2014. *The Impacts of Biofuels on the Economy, Environment, and Poverty*. New York: Springer.

"UN Comtrade International Trade Statistics." 2018. Accesado 23 de marzo. https://comtrade.un.org/data.

Anexos

Cuadro 3: Producción de soya y exportaciones de aceite de soya en Bolivia

Año	Grano de Soya			Aceite de Soya	
	Área (Mill. ha)	Producción (Mill. tn)	Rendimiento (tn/ha)	Exportaciones (Mill. lt)	
				[1]	[2]
2006	0.95	1.62	1.70	246	217
2007	0.96	1.60	1.67	217	179
2008	0.79	1.26	1.60	161	124
2009	0.90	1.89	2.10	223	191
2010	1.09	1.69	1.56	233	223
2011	1.18	1.86	1.58	259	224
2012	1.29	2.66	2.06	281	264
2013	1.22	2.83	2.31	328	314
2014	1.28	2.81	2.19	401	381
2015	1.32	3.11	2.35	431	410
2016	1.34	3.20	2.40	460	424

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los datos productivos para el grano de soya fueron obtenidos de FAOSTAT (2018). Los valores de las exportaciones fueron obtenidos de FAOSTAT (2018) [1] y UN Comtrade (2018) [2]. Los volúmenes de aceite de soya reportados en toneladas fueron transformados a litros utilizando una densidad de 0,92 kg/lt.

Cuadro 4: Aproximación a la estructura del precio doméstico del diésel, 2010

Descripción		U$/tn	[1]	[2]
Costo del diesel				
	Precio de compra del diesel	697	71%	54%
	Transporte hasta puerto de ingreso	52	5%	4%
	Transporte hasta terminal en Bolivia	94	**10%**	**7%**
	Margen de importación y refinería	136	**14%**	**11%**
Costo total en terminal		**979**		
Márgenes adicionales				
	IEHD + almacenamiento + distribución mayorista + IVA + IT	277		**21%**
	Distribución minorista	38		**3%**
Costo hasta estación de servicio		**1,294**		
Factor de ajuste			**24%**	**42%**

Fuente: Elaboración propia en base a Arze et al. (2011, p. 92).

Nota: Los datos originales fueron transformados de barriles a toneladas de diésel considerando 159 litros por barril y una densidad del diésel de 0,83 kg/lt. El escenario [1] considera costos hasta el terminal de YPFB, mientras que el escenario [2] lo hace hasta la estación de servicio. Se asume que el valor CIF declarado en UN Comtrade (2018) equivale al 'precio de compra del diésel' más su 'transporte hasta el puerto de ingreso' reflejados en este cuadro. Los factores de ajuste al final del cuadro se utilizan para aproximar los valores CIF extraídos de UN Comtrade (2018) a los precios domésticos del diésel. Sirven por ello para estimar el valor de los subsidios a este combustible.

Cuadro 5: Proyección del mercado del biodiesel en Bolivia

Detalle	Unidad	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Diesel											
Producción de diesel	Mill. lt	1.195	1.243	1.293	1.345	1.399	1.455	1.514	1.574	1.638	1.704
Consumo total de diesel	Mill. lt	2.314	2.463	2.624	2.797	2.984	3.186	3.404	3.640	3.896	4.172
Transporte	Mill. lt	1.125	1.163	1.202	1.242	1.284	1.327	1.372	1.418	1.466	1.515
Agricultura	Mill. lt	1.048	1.148	1.258	1.378	1.510	1.654	1.813	1.986	2.176	2.384
Industria	Mill. lt	142	152	164	176	189	204	219	236	254	273
Deficit / Importaciones necesarias	Mill. lt	1.120	1.220	1.331	1.452	1.585	1.731	1.890	2.066	2.258	2.469
Biodiesel necesario	Mill. lt	231	246	262	280	298	319	340	364	390	417
Porcentaje potencial de reducción importaciones	%	**21%**	**20%**	**20%**	**19%**	**19%**	**18%**	**18%**	**18%**	**17%**	**17%**
Soya											
Superficie cultivada	Mil ha	1.200	1.248	1.298	1.350	1.404	1.460	1.518	1.579	1.642	1.708
Producción de granos	Mil tn	2.640	2.746	2.855	2.970	3.088	3.212	3.340	3.474	3.613	3.758
Granos procesados	Mil tn	2.455	2.553	2.656	2.762	2.872	2.987	3.107	3.231	3.360	3.495
Producción de aceite	Mill. lt	509	529	550	572	595	619	644	669	696	724
Consumo domestico de aceite	Mill. lt	120	122	124	125	127	129	131	133	135	137
Saldo exportable de aceite	Mill. lt	389	407	427	447	468	490	512	536	561	587
Ocupacion de la capacidad de molienda actual	%	**65%**	**68%**	**71%**	**74%**	**77%**	**80%**	**83%**	**86%**	**90%**	**93%**
Recursos necesarios para alcanzar un B10											
Volumen de aceite crudo	Mill. lt	231	246	262	280	298	319	340	364	390	417
Participacion sobre el saldo exportable de aceite	%	**60%**	**60%**	**62%**	**63%**	**64%**	**65%**	**66%**	**68%**	**69%**	**71%**
Tierras	Mil ha	508	540	576	614	655	699	747	799	855	915
Granos	Mil tn	1.117	1.189	1.266	1.350	1.440	1.538	1.643	1.757	1.880	2.014
Participacion sobre el total tierras/granos	%	**42%**	**43%**	**44%**	**45%**	**47%**	**48%**	**49%**	**51%**	**52%**	**54%**

Estimación del Impacto Fiscal											
Importación proyectada de diesel	Mil tn	932	1,015	1,107	1,208	1,319	1,440	1,573	1,719	1,878	2,054
Costo de importación	Mill. US$	986	1,074	1,171	1,278	1,395	1,523	1,664	1,818	1,987	2,173
Subsidios	Mill. US$	387	422	460	502	548	598	654	714	781	853
Sustitución de diesel por biodiesel											
Importaciones evitadas de diesel	Mil tn	212	226	241	256	274	292	312	334	357	383
Ahorro en divisas	Mill. US$	225	239	255	271	289	309	330	353	378	405
Ahorro bruto en subsidios	Mill. US$	88	94	100	107	114	121	130	139	148	159

Fuente: Elaboración propia.

Nota: El presente análisis se realizó para una propuesta de mezcla del 10% al considerarse un nivel conservador y técnicamente viable para una etapa inicial del programa. Los siguientes parámetros fueron utilizados como supuestos:

1. ***Tasa media anual de crecimiento del consumo de diésel (2006-2015) para el transporte es 3%, para la agricultura 10% y para la industria 8%***
2. ***Tasa media anual de crecimiento de la producción de diésel (2006-2015) del 4%***
3. ***Tasa media anual del crecimiento de la demanda doméstica de aceite de soya del 1,5%***
4. ***Se asumió un consumo base 2018 de 120 millones de litros de aceite de soya***
5. ***Tasa media anual de crecimiento de la producción de soya (2006-2015) de 4%***
6. ***Procesamiento de un 93% del grano de soya***
7. ***Productividad media de la soya 2,20 tn/ha***
8. ***Tasa de extracción de aceite 19%***
9. ***Densidad del aceite de soya 0,92 kg/lt***
10. ***Capacidad instalada de molienda a 2018 de 3,75 Mill. tn/año***