



# ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS SOCIO- ECONÓMICOS DE LA PRODUCCION DE BIOETANOL EN URUGUAY

---

Irene Rodríguez  
Natalia Caldés  
Cristina de la Rúa  
Yolanda Lechón  
**10/04/2017**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>I. DEFINICIÓN DEL OBJETIVO Y ALCANCE DEL ANÁLISIS .....</b>	<b>3</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO .....</b>	<b>3</b>
<b>2 OBJETIVO DEL ESTUDIO.....</b>	<b>3</b>
<b>3 ALCANCE DEL ESTUDIO.....</b>	<b>4</b>
Límites de los sistemas.....	5
Reglas de asignación .....	6
El Enfoque del Análisis.....	6
<b>SECCIÓN II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>8</b>
<b>1 ANÁLISIS INPUT –OUTPUT .....</b>	<b>8</b>
<b>2 PRINCIPALES DATOS E HIPÓTESIS .....</b>	<b>12</b>
La Matriz Input –Output.....	12
El vector de empleo .....	13
Otras hipótesis .....	13
<b>SECCIÓN III. ANÁLISIS DE INVENTARIO .....</b>	<b>14</b>
<b>1 VECTORES DE DEMANDA FINAL DE BIENES Y SERVICIOS .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1 DEMANDA FINAL ENFOQUE VIDA ÚTIL.....</b>	<b>15</b>
<b>1.2 DEMANDA FINAL ENFOQUE ANUAL .....</b>	<b>18</b>
<b>SECCIÓN IV. RESULTADOS .....</b>	<b>21</b>
<b>1 IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL ....</b>	<b>21</b>
<b>1.1 ENFOQUE VIDA ÚTIL .....</b>	<b>21</b>
<b>1.2 ENFOQUE ANUAL.....</b>	<b>23</b>
<b>2 EL ANÁLISIS SECTORIAL .....</b>	<b>24</b>
<b>SECCIÓN VII. CONCLUSIONES</b>	
.....	<b>33</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>34</b>
.....	<b>34</b>



# I. Definición del objetivo y alcance del Análisis

---

## 1 Introducción y contexto

Los beneficios ambientales de los biocombustibles como alternativa a los combustibles convencionales han fomentado el apoyo a su producción y uso. Pero además, estos biocombustibles conllevan otros impactos socio-económicos, como la activación económica de distintos sectores de la economía y la generación de empleo en los mismos.

Tras la realización del Análisis de los Impactos Socio-económicos de la producción de bioetanol a partir de caña de azúcar y biodiesel a partir de soja y canola en Uruguay, en este trabajo se presentan los resultados de la tercera etapa, en la que se ha analizado la producción de bioetanol a partir de sorgo.

## 2 Objetivo del estudio

El actual estudio analiza los impactos socio-económicos debidos a la producción de bioetanol en una planta perteneciente a la empresa Alcoholes de Uruguay (ALUR) y ubicada en Paysandú. Los impactos estudiados son:

- La actividad económica medida como la producción de bienes y servicios en la economía nacional de Uruguay.
- El valor agregado asociado a la actividad económica en la economía nacional.
- La generación de empleo nacional.

Además, el estudio tendrá en cuenta también el efecto inducido, es decir, los impactos asociados a la demanda de bienes y servicios debido al gasto parcial de la compensación económica que reciben tanto el personal empleado en las distintas etapas analizadas de la producción de bioetanol, así como del resto de trabajadores vinculados indirectamente.

El estudio analiza un escenario de producción de bioetanol de 2015 a 2033.

### 3 Alcance del estudio

La empresa ALUR produce bioetanol en una planta industrial que está ubicada en Paysandú y opera desde el año 2015. El análisis del escenario es a 2033.

La siguiente tabla muestra la producción anual de la planta en el periodo analizado en este escenario.

**Tabla 1: Producción anual de etanol durante el periodo del escenario (m3 y toneladas)**

<b>Año</b>	<b>Producción de bioetanol (m3)</b>	<b>Producción de bioetanol (ton)</b>
<b>2015</b>	35.288	27.842
<b>2016</b>	46.084	36.360
<b>2017</b>	45.000	35.505
<b>2018</b>	45.000	35.505
<b>2019</b>	45.000	35.505
<b>2020</b>	45.000	35.505
<b>2021</b>	45.000	35.505
<b>2022</b>	45.000	35.505
<b>2023</b>	45.000	35.505
<b>2024</b>	45.000	35.505
<b>2025</b>	45.000	35.505
<b>2026</b>	45.000	35.505
<b>2027</b>	45.000	35.505
<b>2028</b>	45.000	35.505
<b>2029</b>	45.000	35.505
<b>2030</b>	45.000	35.505
<b>2031</b>	45.000	35.505
<b>2032</b>	45.000	35.505
<b>2033</b>	45.000	35.505
<b>Total</b>	<b>846.372</b>	<b>667.788</b>

Durante el periodo contemplado por el escenario, se tienen en cuenta la fase de inversión de la planta, que se realizó en 2013 y cuya construcción duró dos años. La planta empieza a operar en 2015, como muestra la siguiente figura.

Figura 1: Esquema de la fase de inversión y operación del escenario analizado



La planta utiliza sorgo como materia prima. El estudio analiza por separado la etapa inversión, y la etapa de operación, que a su vez comprende la etapa de producción agrícola, la de acopio de la materia prima y la producción industrial de bioetanol.

### Límites de los sistemas

La principal ventaja de la metodología de Análisis Input-Output es que no es necesario definir unos límites al sistema, pues a través de este análisis, quedan recogidas todas las relaciones existentes entre los sectores de la economía, de modo que se incluyen todas las actividades relacionadas directa e indirectamente con el sistema analizado.

El análisis se ha separado en las distintas etapas de modo que se puedan identificar las fases en las que se producen los mayores impactos tanto en la fase de inversión como de operación, incluyendo la producción agrícola, acopio de los granos y la producción industrial del bioetanol.

Cabe destacar, que en este estudio, sólo se han incluido los impactos en la economía doméstica asociados a la demanda final de bienes y servicios nacionales.

En la siguiente tabla se muestran todas las etapas que se han distinguido, separando aquellas relacionadas con actividades de operación o de inversión.

Tabla 2: Etapas consideradas en el análisis

ETAPAS	ACTIVIDADES ASOCIADAS
DE OPERACIÓN	Producción agrícola (sorgo) Acopio de los granos

	Producción industrial de bioetanol
<b>DE INVERSIÓN</b>	Inversión en Planta industrial bioetanol

### Reglas de asignación

El objetivo de este estudio es analizar los impactos asociados a la producción de bioetanol teniendo en cuenta todas las etapas del ciclo de vida, desde la producción de las semillas de sorgo hasta la obtención del biocombustible. Sin embargo, además del bioetanol, también se obtienen granos secos de destilería con solubles o DDGS (por sus siglas en inglés Dried Distillers Grains with Solubles) y por ello es necesario determinar qué parte de los impactos se deben exclusivamente al bioetanol y qué parte se deben asociar a los DDGS. Para establecer esta distinción es necesario utilizar reglas de asignación, que relacionen unos productos con otros en base a ciertos parámetros o características.

En este estudio se ha optado por hacer una asignación económica, en la que se tiene en cuenta la cantidad obtenida de cada producto y el precio de éstos.

**Tabla 3: Factores de asignación para el bioetanol**

	<b>Etanol</b>	<b>DDGS</b>
<b>Cantidad (descontada<sup>1</sup>) (ton)</b>	443.696	361.473
<b>Precio (US\$/ton)</b>	1.575	140
<b>Coste (US\$)</b>	699.003.277	50.606.161
<b>Factor asignación</b>	93,25%	6,75%

### El Enfoque del Análisis

Para la estimación de los impactos socio-económicos asociados a la producción de bioetanol se han realizados dos análisis distintos que responden a dos enfoques diferentes.

<sup>1</sup> Estas cantidades tienen en cuenta los flujos de producciones futuras del periodo analizado actualizados al momento presente

En el primer enfoque, al que llamaremos enfoque de vida útil, se han analizado los impactos generados a lo largo de la vida útil de la plantas, cubriendo el periodo de 2013 a 2033. Para ello, se ha incluido la demanda de bienes y servicios debida a la inversión de la planta y fase de operación, que se compone de la fase de producción agrícola, acopio de materia prima y producción industrial de bioetanol durante la vida útil de la planta. Para calcular el Valor Actual Neto se ha utilizado una tasa de descuento de 5%, y así mantener la consistencia con otros estudios realizados por la Dirección Nacional de Energía (DNE) del Ministerio de Industria.

El segundo enfoque, enfoque anual, sólo analiza los impactos socio-económicos asociados a un año de producción de la planta, excluyéndose los impactos debidos a la inversión. El año de referencia para este enfoque es 2015.



## SECCIÓN II. Metodología

### 1 Análisis Input –Output

El análisis Input-Output (AIO), desarrollado por el economista ruso Leontief, es una herramienta económica que se utiliza para medir los impactos directos e indirectos en la economía asociados a un cambio en la demanda de bienes y servicios. Este análisis se basa en el marco de la contabilidad de un territorio, tanto nacional como regional, y describe la estructura productiva de esa región a través de los distintos sectores o ramas de actividad que forman parte de ella. El AIO se basa en las tablas simétricas input-output que son publicadas por organismos públicos, como el Instituto Nacional de Estadística.

A través de la tabla simétrica input-output se representan los flujos o transacciones económicas de unas ramas de actividad con otras.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se describe un esquema simplificado de una tabla input-output donde las columnas muestran los inputs de cada rama de actividad o sector y las filas los outputs.

**Tabla 4: Esquema simplificado de una matriz I-O**

	Consumo de los sectores				Producción total $X$
	1	2	3	n	
Producción de los sectores					
1	$X_{11}$	$X_{12}$	$X_{13}$	$X_{1n}$	$X_1$
2	$X_{21}$	$X_{22}$	$X_{23}$	$X_{2n}$	$X_2$
3	$X_{31}$	$X_{32}$	$X_{33}$	$X_{3n}$	$X_3$
n	$X_{n1}$	$X_{n2}$	$X_{n3}$	$X_{nn}$	$X_n$
Consumo intermedio $I$	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_n$	
Valor Agregado $V$	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_n$	
Producción total $X$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_n$	

Fuente: Hendrickson et al, 2006

Las columnas representan los componentes del coste de producción de cada rama de actividad económica. Es decir, describen la estructura de los costes que integran el valor de la producción de cada rama de actividad, el cual comprende los costes intermedios y el valor agregado.

Las filas indican cómo se ha distribuido la producción de cada rama de actividad entre los distintos usos posibles.

Por lo tanto, la producción bruta del sector 1 viene dada por:

$$\begin{aligned} \text{Ecuación 1} \quad X_1 &= x_{11} + x_{12} + x_{13} + \dots + x_{1n} \\ X_i &= \sum x_{ij}; \quad i = 1, 2, 3, \dots n \end{aligned}$$

A partir de esta tabla se pueden obtener los coeficientes técnicos ( $a_{ij}$ ), que expresan los consumos intermedios que una rama hace de los bienes o servicios producidos por otra para obtener una unidad de producto.

$$\text{Ecuación 2} \quad a_{ij} = \frac{x_{ij}}{X_j}$$

donde:

$x_{ij}$  es la cantidad de productos de la rama  $i$  utilizados por la rama  $j$  para obtener su producción  $X_j$

$a_{ij}$  es la necesidad que la rama  $j$  tiene de los productos de la rama  $i$  para producir una unidad del bien  $j$

$X_j$  es la producción bruta del sector  $j$

La Ecuación 2 se puede expresar también como:

$$\text{Ecuación 3} \quad x_{ij} = a_{ij}X_j$$

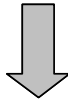
Si se sustituye la

Ecuación 3 en la Ecuación 1, la producción total de un sector se define como:

$$\text{Ecuación 4} \quad X_1 = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n$$

Cada sector de la economía estudiada, se representa en el análisis input-output con una ecuación lineal, pudiendo ser descritas las relaciones entre sectores de manera matricial como se ha mencionado anteriormente.

$$\begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \dots \\ X_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \dots \\ X_n \end{pmatrix}$$



Ecuación 5  $x = Ax$

donde:

**A** es la *Matriz de Coeficientes Técnicos*.

No obstante, la producción final de un sector no sólo es la demanda de sectores intermedios. También existe una demanda de bienes que serán utilizados para el consumo y no como entradas para un proceso de producción. Esta demanda corresponde con la demanda final y debe ser añadida a la Ecuación 5.

Ecuación 6  $x = Ax + y$

Por lo tanto, el esquema visto en la anterior tabla debe ser modificado, incluyendo en la nueva tabla la demanda final.

**Tabla 5: Esquema de una matriz I-O**

	Consumo de los sectores				Demanda final Y	Producción total X
	1	2	3	n		
Producción de los sectores						
1	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>	X <sub>1n</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>1</sub>
2	X <sub>21</sub>	X <sub>22</sub>	X <sub>23</sub>	X <sub>2n</sub>	Y <sub>2</sub>	X <sub>2</sub>
3	X <sub>31</sub>	X <sub>32</sub>	X <sub>33</sub>	X <sub>3n</sub>	Y <sub>3</sub>	X <sub>3</sub>
n	X <sub>n1</sub>	X <sub>n2</sub>	X <sub>n3</sub>	X <sub>nn</sub>	Y <sub>n</sub>	X <sub>n</sub>
Consumo intermedio I	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>n</sub>		
Valor agregado V	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>n</sub>	GDP	
Producción total X	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>n</sub>		

Fuente: Hendrickson et al, 2006

De este modo, el nivel de producción bruta que debe existir para satisfacer la demanda intermedia y la demanda final queda definido por  $x$ . La ecuación anterior puede expresarse también como:

Ecuación 7 
$$x = (I - A)^{-1}y$$

donde:

$(I - A)^{-1}$  es la matriz inversa de Leontief que describe los requerimientos directos e indirectos por unidad de demanda final.

$y$  es la demanda final de bienes y servicios, objeto de análisis

$X$  es la producción total en toda la economía analizada de modo que se satisfagan las necesidades tanto de la demanda final como de la demanda intermedia de cada rama de actividad.

A través del análisis Input –Output se puede estimar por lo tanto:

- El efecto directo: definido como el cambio de la demanda final deseada, es decir, la demanda necesaria para el desarrollo del proyecto que deberá ser correspondido con un aumento directo de la producción.
- El efecto indirecto: definido como el requerimiento indirecto de inputs para satisfacer la demanda final (directa) y la demanda intermedia. Es decir, el efecto indirecto vendrá definido por la producción intermedia que ocurrirá para satisfacer la demanda final requerida.
- El efecto inducido: los efectos anteriores producen un incremento de la compensación económica de los empleados, provocando un aumento del consumo y originando nuevos aumentos de demanda final.

Mediante este análisis, por lo tanto, se puede estimar cual será la respuesta de una región, en términos de producción total de la economía, ante una demanda adicional de bienes y servicios (Miller and Blair, 2009). Esta demanda puede estar asociada a un proyecto, una política de inversiones, planes públicos, etc. En este estudio, el vector demanda final  $Y$  será definido a través de los bienes y servicios necesarios para la producción de bioetanol en Uruguay.

Se pueden calcular otros impactos asociados ( $e_i$ ) añadiendo a la ecuación anterior un nuevo vector  $r_i$ , que describa, en este caso, el número de empleados por unidad monetaria de producción para cada sector incluido en la matriz Input-Output.

$$e_i = r_i(I - A)^{-1}y$$

## 2 Principales datos e hipótesis

El análisis Input-Output requiere conocer la estructura económica y las relaciones intersectoriales en Uruguay. Esta información está reflejada en las Tablas Input-Output. Además, sería necesario que esta tabla incluyese un sector de producción de bioetanol. De este modo, se definiría un vector de demanda final  $y$ , para satisfacer la cantidad de bioetanol requerida por el escenario, obteniéndose así los impactos directos e indirectos debidos a todas las relaciones intersectoriales.

Sin embargo, actualmente las relaciones de este sector con otros sectores no están recogidas dentro de la contabilidad nacional y por tanto no son parte de las Tablas Input-Output. Para superar esta limitación, la obtención de bioetanol se divide en distintas demandas de bienes y servicios, que aunque son en realidad demandas intermedias, se asumen como demandas finales con las que se construyen los vectores  $y$ .

### La Matriz Input –Output

El Banco Central Uruguayo es el organismo encargado de elaborar y publicar los cuadros de oferta y utilización de Uruguay. A partir de estos cuadros, el Departamento de Economía de la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad de la República construyó la matriz input-output en Uruguay. La última matriz publicada se refiere al año 2005 y contiene información, en miles de pesos, para 56 actividades industriales y servicios, entre ellas cuatro sectores referidos a actividades agrícolas. Esta es la matriz que se ha utilizado para elaborar el estudio que se presenta en este informe.

A partir de esta tabla, se han calculado los coeficientes técnicos para cada actividad económica, para después calcular la matriz inversa de Leontief.

## El vector de empleo

Para poder calcular los impactos del sistema sobre el empleo en Uruguay, se han utilizado los datos promedio referidos a los años 2012, 2013 y 2014 obtenidos a partir de los Microdatos de Encuesta Continua de Hogares, publicados por el Instituto Nacional de Estadística de Uruguay. El vector de empleo refleja la relación entre el número de personas empleadas equivalente a tiempo completo por cada sector de la economía y la producción total de cada sector en el año de referencia. Para que esta relación reflejara la realidad más actual, el vector se ha construido considerando la producción promedio por sectores de 2012 a 2014.

## Otras hipótesis

El estudio se ha realizado teniendo en cuenta un escenario de producción hasta el año 2033. Para definir las demandas finales correspondientes a cada etapa y considerar a la vez todos los años de producción, se ha calculado el Valor Actual Neto. La tasa de descuento elegida mantiene la consistencia con otros estudios realizados por la Dirección Nacional de Energía (DNE) del Ministerio de Industria.

Al calcular el efecto inducido, se parte de la compensación económica que reciben los empleados en cada etapa considerada. Sin embargo, no todo este monto se destina a la demanda de bienes y servicios. Para el cálculo del vector demanda final del efecto inducido se ha sustraído lo correspondiente a cargas sociales que el empleado debe pagar y una parte que se destina a ahorro. Asimismo, no se han incluido las cargas asociadas al aporte de IRPF.

La siguiente tabla muestra los datos utilizados.

**Tabla 6: Principales parámetros asumidos en el análisis**

<b>PARÁMETROS</b>	<b>%</b>
<b>Tasa de descuento</b>	5
<b>Cargas sociales del empleado</b>	19,63
<b>Disposición al ahorro</b>	8

## SECCIÓN III. Análisis de inventario

En esta sección se describen las distintas fases y datos que se han considerado para definir los vectores de demanda final de bienes y servicios de cada fase.

### 1 Vectores de demanda final de bienes y servicios

Tal y como se ha descrito anteriormente, cada fase o etapa considerada en el análisis tiene asociado un vector de demanda final, que servirá para calcular los impactos socio-económicos a través de la ecuación del análisis.

Una vez conocidas las demandas en cada etapa, cada una se ha desagregado para identificar los distintos bienes y servicios que la componen. Para ello, la empresa ALUR ha facilitado una exhaustiva descripción de todas ellas, describiendo las entradas y salidas de materias, energía así como servicios necesarios para el correcto funcionamiento de todo el sistema. Cada bien o servicio demandado se ha asociado al sector que lo proporciona en la economía nacional uruguaya. De este modo se han generado los vectores de demanda de cada etapa, tanto en el enfoque de vida útil como en el anual, que se mostrarán a continuación en el correspondiente apartado. Para calcular los impactos socio-económicos asociados al efecto inducido, es necesario identificar los bienes y servicios demandados y para ello se ha utilizado la información descrita en la estructura de canasta base para el Índice de Precios al Consumo del Instituto Nacional de Estadística.

Tabla 7: Distribución de la canasta de consumo en Uruguay

	% Demanda hogares
Carnes y productos del procesamiento y conservación de carne	7,31%
Productos de la elaboración y conservación de pescado	0,55%
Productos de la elaboración y conservación de frutas, legumbres y hortalizas; otros	4,26%
Aceites, grasas y harinas sin desgrasar de semillas, oleaginosas; aceite vegetal y animal	0,71%
Productos lácteos	3,04%
Arroz elaborado y otros productos derivados del arroz	0,54%
Productos de panadería y fideería	5,29%

<b>Elaboración de azúcar, cacao, chocolate, productos de confitería y otros</b>	1,15%
<b>Vinos comunes y espumantes</b>	0,73%
<b>Bebidas alcohólicas; bebidas no alcohólicas; aguas de mesa</b>	3,95%
<b>Cigarrillos con y sin filtro; tabaco elaborado y otros productos derivados del tabaco</b>	2,84%
<b>Productos textiles; tejidos y prendas de vestir de punto; artículos de punto y ganchillo</b>	0,38%
<b>Prendas de vestir; adobo y teñido de pieles</b>	3,86%
<b>Calzado y sus partes</b>	1,52%
<b>Diarios, revistas y publicaciones periódicas; impresiones y reproducción de grabaciones</b>	0,72%
<b>Fabricación de otros productos minerales no metálicos</b>	0,13%
<b>Fabricación de metales, productos de metal, maquinaria e informática; aparatos eléctricos, de radio, televisión; partes y piezas</b>	0,90%
<b>Fabricación de muebles; industrias manufactureras n.c.p.; reciclamiento</b>	1,05%
<b>Suministro de electricidad, gas, vapor y agua caliente; captación, depuración y distribución de agua</b>	9,29%
<b>Construcción de edificios y otras construcciones</b>	0,73%
<b>Comercio al por mayor y al por menor, reparación de vehículos, efectos personales y enseres domésticos.</b>	1,55%
<b>Hoteles y restaurantes</b>	8,12%
<b>Transporte por vía terrestre y por tuberías</b>	8,58%
<b>Correo y Telecomunicaciones</b>	3,36%
<b>Servicios de intermediación financiera</b>	1,60%
<b>Servicios inmobiliarios</b>	3,66%
<b>Servicios de enseñanza</b>	3,14%
<b>Servicios sociales y de salud</b>	7,71%
<b>Otras actividades de servicios comunitarios, sociales y personales</b>	10,08%
<b>Servicios domésticos</b>	3,27%

## 1.1 Demanda final enfoque vida útil

La demanda final en el enfoque de vida útil considera todos insumos que se han necesitado de los sectores económicos en cada una de las etapas anteriormente descritas a lo largo de toda la vida de la planta, desde la inversión en 2013 hasta la operación desde 2015 a 2033). Las demandas expresan el valor actual neto,



considerando cuándo se genera cada demanda y teniendo en cuenta la tasa de descuento. Las demandas pueden entenderse como el coste generado en cada etapa del sistema. Como se comentó anteriormente, estas demandas son la base para el cálculo de los efectos indirectos a través de la ecuación de Leontief, así como el resto de impactos socioeconómicos: valor agregado y empleo.

La Tabla 8 describe la participación de los sectores que definen cada vector y asociado a los procesos de operación en el enfoque de vida útil.

**Tabla 8: Distribución de las demandas finales entre sectores (millones US\$) en el enfoque de vida útil**

Sectores	Producción agrícola	Acopio granos	Producción bioetanol
Otros cultivos de cereales y otros cultivos n.c.p.; servicios agrícolas aplicados a estos cultivos	138,7	10,7	0
Madera y otros productos de la silvicultura; servicios conexos	0	0	29,5
Productos de la refinación del petróleo y combustible nuclear	23,0	0	1,7
Abonos y compuestos de nitrógeno; plaguicidas y otros productos químicos de uso agropecuario	53,7	0	0
Fabricación de sustancias y productos químicos excepto abonos y plaguicidas y productos farmacéuticos	0	0	2,4
Fabricación de metales comunes, productos elaborados de metal, maquinaria, otros	0	0	11,4
Suministro de electricidad, gas, vapor y agua caliente; captación, depuración y distribución de agua	0	0	14,1
Transporte por vía terrestre y por tuberías	11,0	71,8	54,8
Servicios inmobiliarios	0	0	0
Servicios de alquiler de maquinaria y servicios prestados a las empresas	0	0	4,9

	226,4	82,5	118,8
--	-------	------	-------

La Tabla 9 describe la desagregación de los vectores y de demanda final asociados a la etapa de inversión, incluida en el enfoque de ciclo de vida. Cabe destacar que esta demanda de inversión incluye únicamente componentes y equipos de origen nacional.

**Tabla 9: Distribución por sectores de las demandas finales en la etapa de inversión (millones US\$)**

Sectores	Inversión planta bioetanol (millones US\$)
Fabricación de metales comunes, productos elaborados de metal, maquinaria, otros	25,4
Construcción de edificios y otras construcciones	10,2
Servicios de alquiler de maquinaria y servicios prestados a las empresas	55,1
Otras actividades de servicios comunitarios, sociales y personales	4,6
<b>Total</b>	<b>95,4</b>

La demanda total para el escenario de análisis incluyendo todas las etapas queda recogida en la Tabla 10, en millones de US\$<sub>2015</sub> para cada etapa.

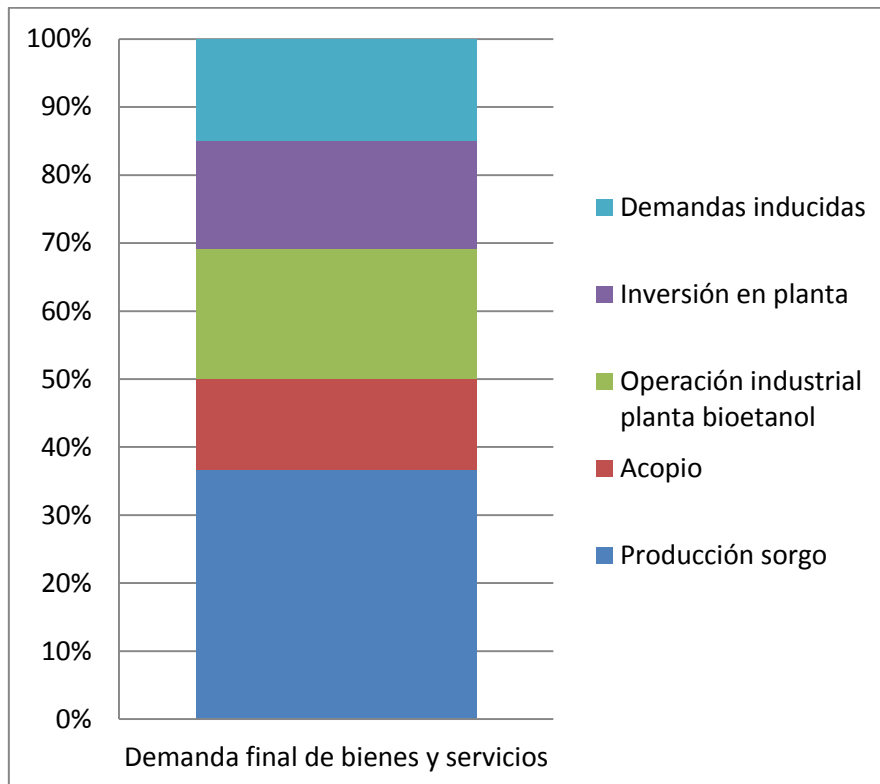
**Tabla 10: Demanda final agregada por etapas durante todo el escenario**

	Demandas finales de bienes y servicios (millones US\$ <sub>2015</sub> )
Producción agrícola sorgo	226,37
Acopio granos	82,47
Operación industrial planta bioetanol	118,76
Inversión planta bioetanol	97,39
Demandas inducidas	92,68
<b>TOTAL</b>	<b>617,66</b>

La fase agrícola supone alrededor del 40% de la demanda total. Las fases de acopio y de producción industrial del bioetanol suponen más del 30% de la demanda, principalmente por el transporte de los granos desde su lugar de producción hasta las plantas de acopio y posteriormente a la planta industrial; y por el transporte de la leña

para consumo energético de la planta y transporte de los DDGS obtenidos en la planta. Finalmente, la fase de inversión supone alrededor del 15% de la demanda final. La siguiente figura muestra la contribución de las distintas etapas.

**Figura 2: Distribución de la demanda final por etapas**



## 1.2 Demanda final enfoque anual

En este caso, se han considerado las demandas correspondientes en un año, es decir los costes anuales de cada etapa, específicamente en el año 2015. Por lo tanto, solo se considera la fase de operación de ese año (producción de sorgo, acopio de materia prima y operación industrial de la planta), excluyendo la fase de inversión.

La Tabla 11 describe la participación de los sectores que definen al vector y asociado a los procesos de operación en el enfoque anual.

**Tabla 11: Distribución de las demandas finales entre sectores (millones US\$) en el enfoque anual**

<b>Sectores</b>	<b>Producción agrícola</b>	<b>Acopio granos</b>	<b>Producción bioetanol</b>
Otros cultivos de cereales y otros cultivos n.c.p.; servicios agrícolas aplicados a estos cultivos	8,7	0,7	0
Madera y otros productos de la silvicultura; servicios conexos	0	0	1,9
Productos de la refinación del petróleo y combustible nuclear	1,4	0	0,1
Abonos y compuestos de nitrógeno; plaguicidas y otros productos químicos de uso agropecuario	3,4	0	0
Fabricación de sustancias y productos químicos excepto abonos y plaguicidas y productos farmacéuticos	0	0	0,1
Fabricación de metales comunes, productos elaborados de metal, maquinaria, otros	0	0	0,7
Suministro de electricidad, gas, vapor y agua caliente; captación, depuración y distribución de agua	0	0	0,9
Transporte por vía terrestre y por tuberías	0,7	4,5	3,4
Servicios inmobiliarios	0	0	0
Servicios de alquiler de maquinaria y servicios prestados a las empresas	0	0	0,3
	14,1	5,2	7,4

La demanda total para el enfoque anual en cada etapa se describe en la Tabla 12, en millones de US\$<sub>2015</sub>, excluyendo por tanto la etapa de inversión.

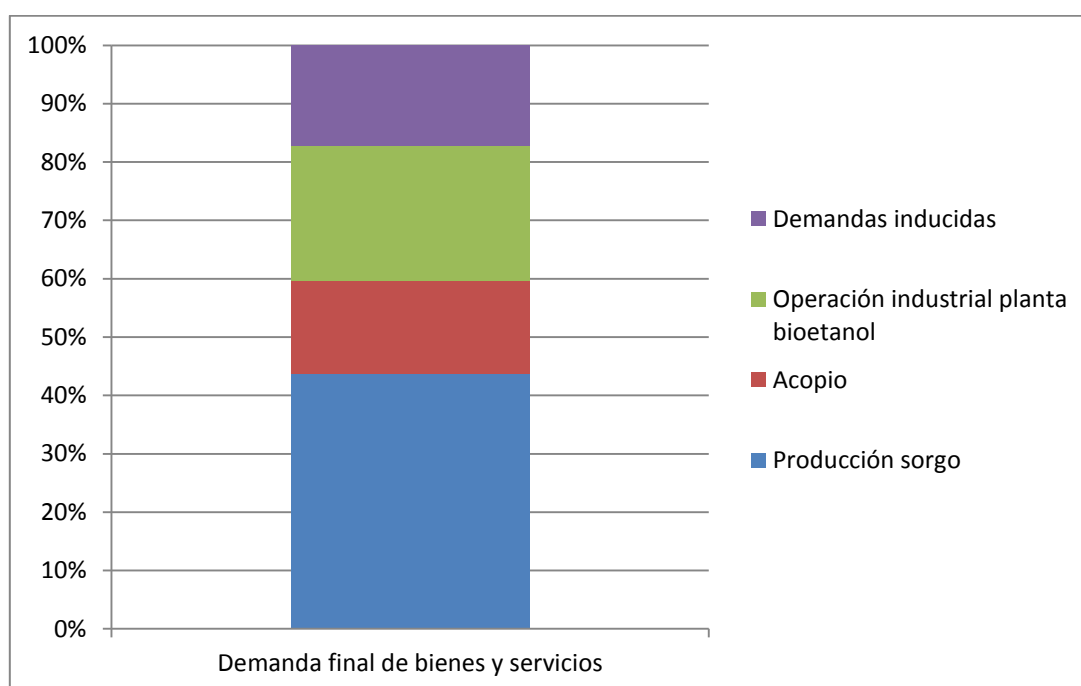
**Tabla 12: Demanda final agregada por etapas durante un año de operación**

<b>ETAPAS</b>	<b>Demandas finales de bienes y servicios (millones US\$<sub>2015</sub>)</b>
---------------	--

<b>Producción sorgo</b>	14,13
<b>Acopio granos</b>	5,18
<b>Operación industrial planta bioetanol</b>	7,45
<b>Demandas inducidas</b>	5,59
<b>TOTAL</b>	<b>32,35</b>

La siguiente figura muestra la contribución porcentual de las distintas etapas.

**Figura 3: Distribución de la demanda final por etapas**



## SECCIÓN IV. Resultados

### 1 Impactos socio-económicos de la producción de bioetanol

El estudio ha analizado los impactos socio-económicos medidos como:

- Actividad económica: producción total de bienes y servicios en la economía uruguaya como respuesta a la producción de bioetanol
- Valor agregado: valor económico adicional que cada bien y servicio adquiere al ser producido por cada sector
- Empleo: empleo asociado a la producción total de bienes y servicios en la economía uruguaya como respuesta a la producción de bioetanol así como el empleo que se generó directamente en cada proceso analizado (fase agrícola, operación de planta...)

#### 1.1 Enfoque vida útil

Los impactos asociados a todo el escenario se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13: Impactos socio-económicos de la producción de bioetanol en Uruguay

IMPACTOS	UNIDADES	TOTAL	PRODUCCIÓN		INVERSION	EFECTO INDUCIDO
			SORGO	ETANOL		
Actividad económica	Millones US\$2015	940,84	354,27	123,91	168,57	146,78
Valor Añadido	Millones US\$2015	392,46	97,78	55,90	86,22	73,27
Empleo total	Personas	29260	7224	5153	7371	4755

La producción de bioetanol durante el periodo 2015-2033 de la planta analizada genera en Uruguay más de 940 millones de US\$<sub>2015</sub> a través de todos los sectores de la contabilidad nacional. Alrededor del 40% de esta actividad económica se produce en la fase agrícola de producción del sorgo. El valor agregado total asociado es el 42% de la actividad económica, muy superior al valor agregado individual asociado directamente

al sector del refino del petróleo, que sólo supone el 14%<sup>2</sup>. Teniendo en cuenta los empleos directos e indirectos de las distintas etapas para la producción de bioetanol, el escenario analizado genera más de 29.200 puestos de trabajo. La mayor contribución resulta de la producción industrial de bioetanol con un 26%, principalmente de los trabajos directos en planta y también de trabajos indirectos, destacando los empleos relacionados con el aporte de madera para consumo energético de la planta. También la fase agrícola contribuye en similar medida con un 25%, principalmente por los empleos derivados de la producción del sorgo. La fase de acopio contribuye con un 18%, donde cabe destacar los empleos generados por el transporte de la materia prima. Por último, la fase de inversión contribuye con un 15%. Comparado con estudios anteriores, la contribución de la inversión resulta elevada, por ejemplo en el caso del biodiesel, esta fase solo era responsable de algo menos del 3% de los impactos. Sin embargo, cabe destacar el mayor coste de inversión de la planta de bioetanol, que asciende a 97 millones, comparado con los 21 del caso de estudio del biodiesel (que incluye la inversión de las dos plantas industriales, la planta de molienda y el secador de sebo), supone una mayor estimulación de los sectores económicos y por tanto son mayores los impactos correspondientes. Ambas demandas de inversión incluyen únicamente componentes de origen nacional.

A partir de la demanda total a lo largo del escenario y la actividad económica total generada, se obtiene un efecto multiplicador de 1,52 lo que quiere decir que cada vez que se demanda 1 US\$ de bioetanol, la economía uruguaya se ve estimulada y genera una producción adicional de bienes y servicios de 1,52 US\$.

Las siguientes tablas muestran los impactos pero referidos a 1 GJ de bioetanol y a 1 litro de bioetanol.

**Tabla 14: Impactos socio-económicos de la producción de bioetanol por GJ y por litro en Uruguay**

IMPACTOS	UNIDADES	TOTAL	PRODUCCIÓN SORGO	ACOPIO	PRODUCCIÓN ETANOL	INVERSION	EFECTO INDUCIDO
<b>Actividad económica</b>	US\$2015/GJ	79,27	29,85	10,44	14,20	12,41	12,37
<b>Valor Añadido</b>	US\$2015/GJ	33,07	8,24	4,71	7,26	6,68	6,17

<sup>2</sup> La Matriz Insumo Producto de Uruguay 2005 suministra el valor agregado asociado a cada sector, que en el caso del refino del petróleo es 14%

<b>Empleo total</b>	Personas/TJ	2,47	0,61	0,43	0,62	0,40	0,40
---------------------	-------------	------	------	------	------	------	------

IMPACTOS	UNIDADES	TOTAL	PRODUCCIÓN		INVERSION	EFECTO INDUCIDO
			SORGO	ETANOL		
<b>Actividad económica</b>	US\$2015/litro	1,67	0,63	0,22	0,30	0,26
<b>Valor Añadido</b>	US\$2015/litro	0,70	0,17	0,10	0,15	0,13
<b>Empleo total</b>	Personas/MI	52,0	12,8	9,2	13,1	8,5

## 1.2 Enfoque anual

Los impactos asociados a la operación de la planta durante un año se presentan en la siguiente tabla. Los resultados se muestran tomando como referencia el año 2015.

**Tabla 15: Impactos socio-económicos de la producción de bioetanol durante el año 2015**

IMPACTOS	UNIDADES	TOTAL	PRODUCCIÓN		EFECTO INDUCIDO
			SORGO	ETANOL	
<b>Actividad económica</b>	Millones US\$ /año 2015	49,33	22,12	7,78	8,86
<b>Valor Añadido</b>	Millones US\$ /año 2015	19,44	6,10	3,51	4,42
<b>Empleo total</b>	Personas /año	1678	524	359	508

En el enfoque anual, al igual que en el enfoque de vida útil, los procesos y actividades asociados a la fase de producción agrícola generan la mayor parte de la actividad económica, resultando en total alrededor de 50 millones US\$ al año y contribuyendo a la fase agrícola en alrededor de un 46%. El valor agregado total de la producción de bioetanol durante el año 2015 supone el 40% de la actividad económica total generada. En cuanto a empleos, la producción de bioetanol durante un año conlleva la generación de más de 1.670 puestos de trabajo, principalmente asociados a la etapa de producción del sorgo y también a la etapa de producción del etanol, donde es especialmente importante el empleo relacionado con el suministro de madera que consume la planta.



Teniendo en cuenta la demanda total a lo largo de un año de operación y la actividad económica total generada, se obtiene un efecto multiplicador de 1,52.

La siguiente tabla muestra los impactos por unidad energética, GJ y por litro de etanol.

**Tabla 16: Impactos socio-económicos de la producción de bioetanol por GJ y por litro durante el año 2015**

IMPACTOS	UNIDADES	TOTAL	PRODUCCIÓN	ACOPIO	PRODUCCIÓN	EFECTO
			SORGO		ETANOL	
Actividad económica	US\$2015/GJ	66,23	29,70	10,44	14,20	11,90
Valor Añadido	US\$2015/GJ	26,11	8,20	4,71	7,26	5,94
Empleo total	Personas/TJ	2,25	0,70	0,48	0,68	0,39

IMPACTOS	UNIDADES	TOTAL	PRODUCCIÓN	ACOPIO	PRODUCCIÓN	EFECTO
			SORGO		ETANOL	
Actividad económica	US\$2015/litro	2,24	1,01	0,35	0,48	0,40
Valor Añadido	US\$2015/litro	0,88	0,28	0,16	0,25	0,20
Empleo total	Personas/MI	76,3	23,8	16,3	23,1	13,0

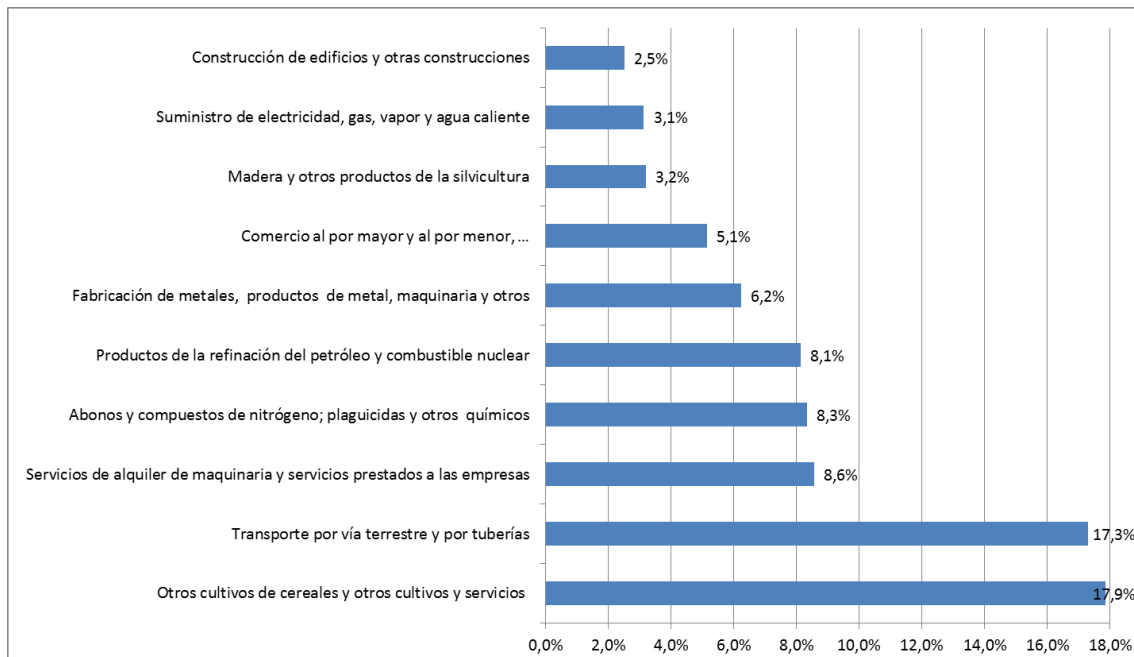
## 2 El análisis sectorial

Gracias al análisis Input –Output es posible identificar los sectores de la economía que se verán más estimulados como consecuencia de un cambio en la demanda final de bienes y servicios.

El análisis sectorial se realiza considerando el porcentaje de contribución de cada sector a cada impacto. Los resultados sectoriales que se muestran a continuación corresponden al enfoque de vida útil dado que las diferencias que se han podido apreciar en los resultados totales anteriores se convierten en insignificantes cuando se tiene en cuenta la importancia relativa de cada sector a cada impacto.

La Figura 4 muestra los sectores cuya contribución a la generación de actividad económica es superior al 2,5% sobre el total. Más del 80% del impacto se genera a través de estos sectores.

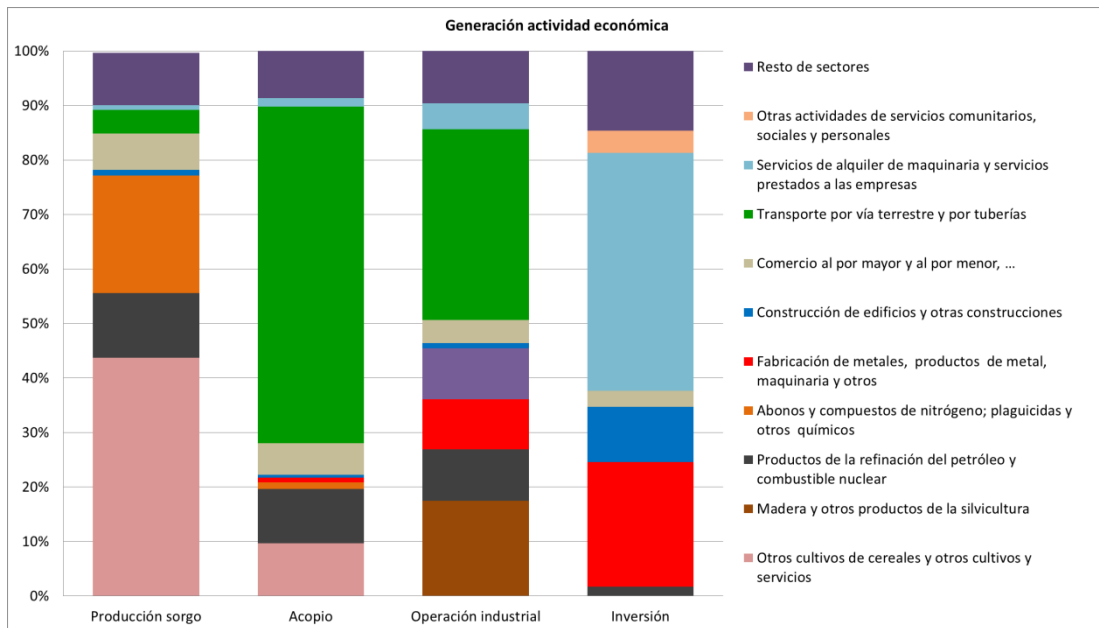
**Figura 4: Porcentaje de contribución de varios sectores a la actividad económica**



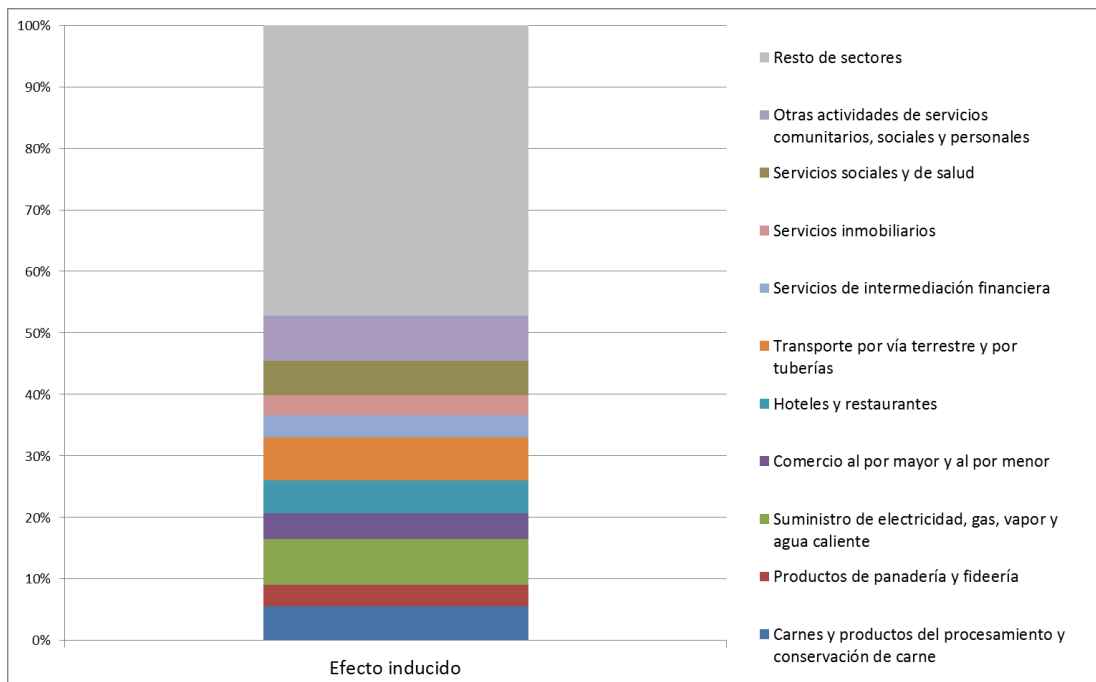
El sector que más actividad económica genera es el sector de otros cultivos de cereales y servicios agrícolas, por la producción del cultivo de sorgo y los servicios agrícolas asociados al cultivo. En segundo lugar y con una contribución similar al anterior, el sector transporte también genera un impacto importante, específicamente por el transporte del sorgo desde su lugar de producción a las planta de acopio y a la planta industrial para producción de bioetanol y también del transporte de madera para consumo energético de la planta industrial.

En la siguientes figuras, se puede observar la contribución de los sectores en cada fase analizada y en el efecto inducido

**Figura 5: Porcentaje de contribución de varios sectores a la actividad económica por fases analizadas**

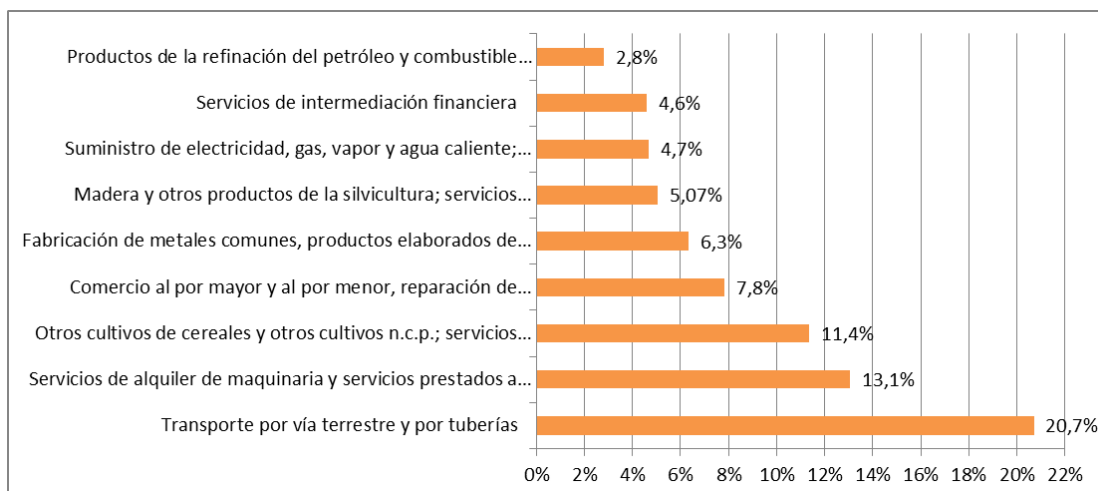


**Figura 6: Porcentaje de contribución de varios sectores a la actividad económica inducida**



En el caso del valor añadido, en la siguiente figura se pueden observar los sectores que contribuyen con más de un 2,5%:

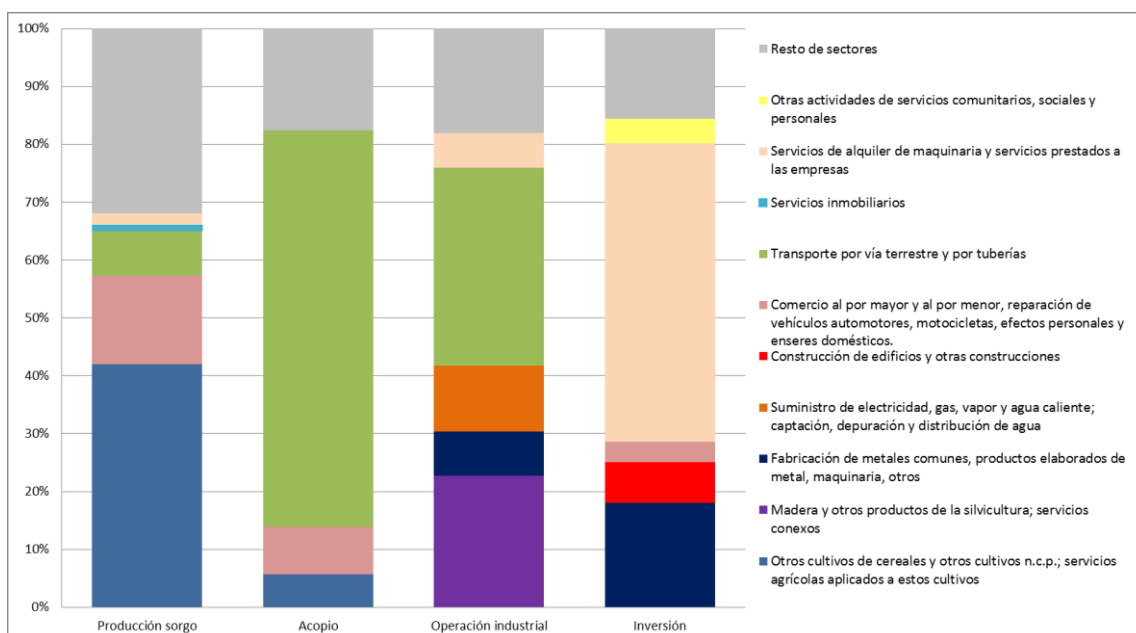
**Figura 7: Porcentaje de contribución de varios sectores al valor agregado**



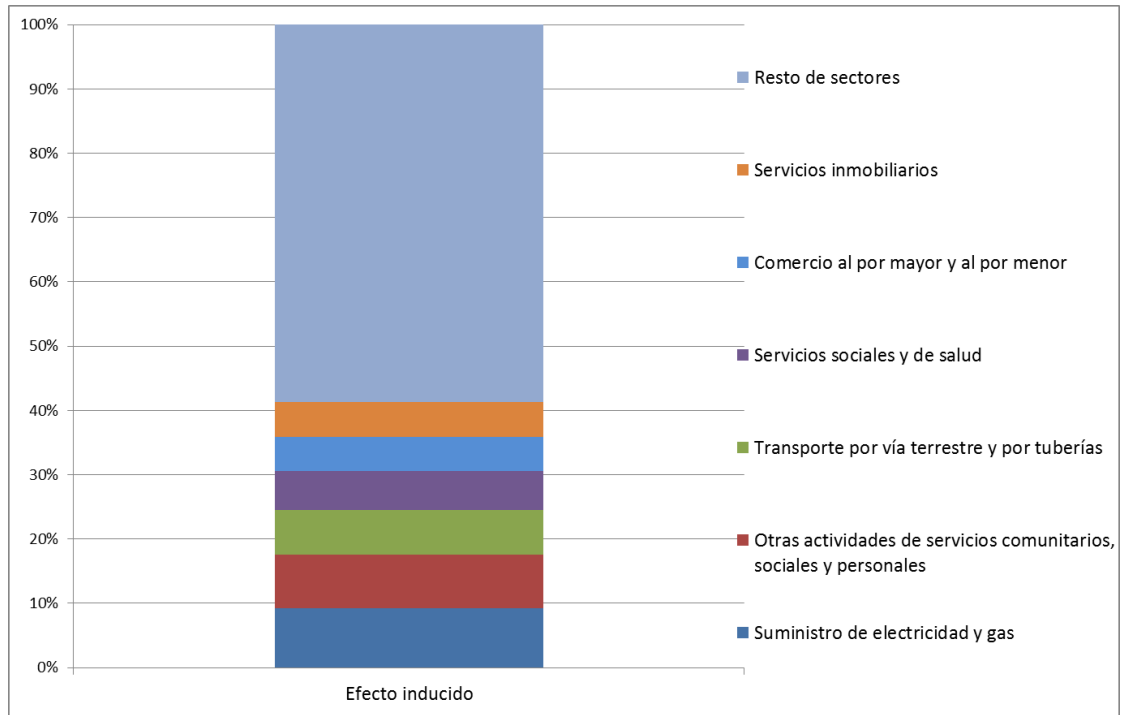
Más del 76% del impacto se genera a través de estos 9 sectores. Alrededor del 21% del valor añadido se debe al sector del transporte, seguido del sector de alquiler de maquinaria con un 13% debido a su contribución en la fase de inversión.

En la siguientes figuras, se puede observar la contribución de los principales sectores en cada fase analizada y al efecto inducido.

**Figura 8: Porcentaje de contribución de varios sectores al valor añadido por fases analizadas**

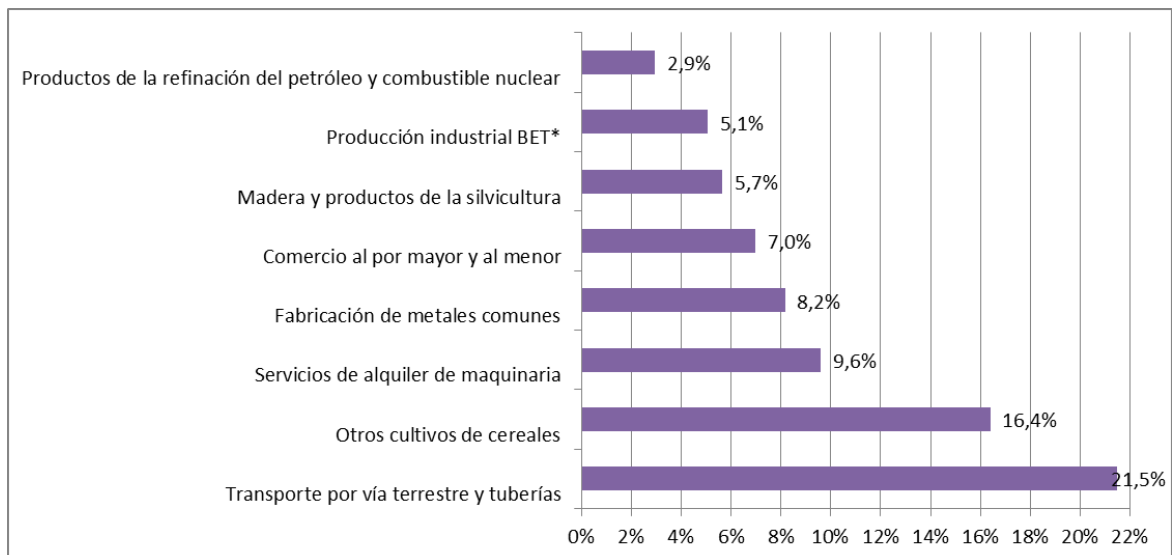


**Figura 9: Porcentaje de contribución de varios sectores al valor añadido inducido**



Con respecto al empleo, en la siguiente figura se pueden observar los sectores que contribuyen en más de un 3% al impacto total.

**Figura 10: Porcentaje de contribución de varios sectores a la generación de empleo**

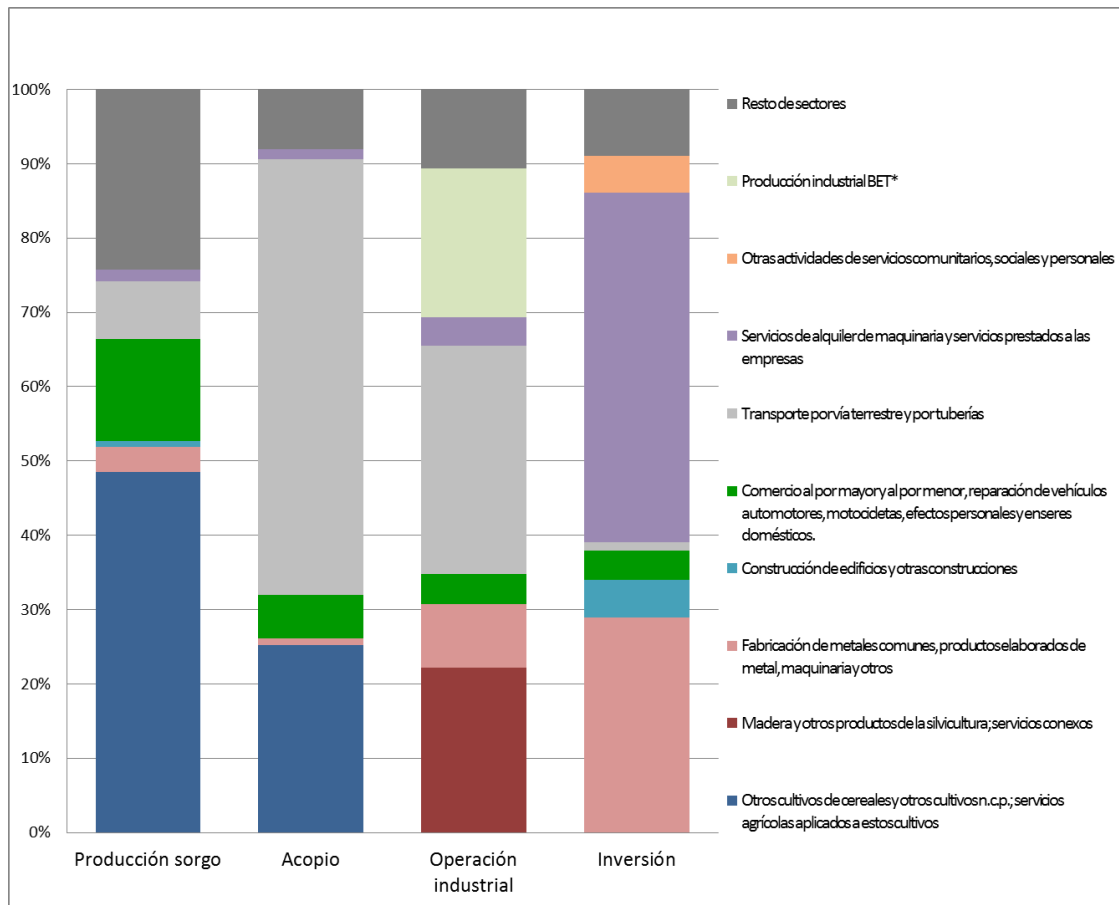


\* Se ha definido el sector Producción industrial BET para incluir en la gráfica los empleos directos en la planta industrial de bioetanol, ya que no se pueden vincular a ningún sector actual de la economía de Uruguay.

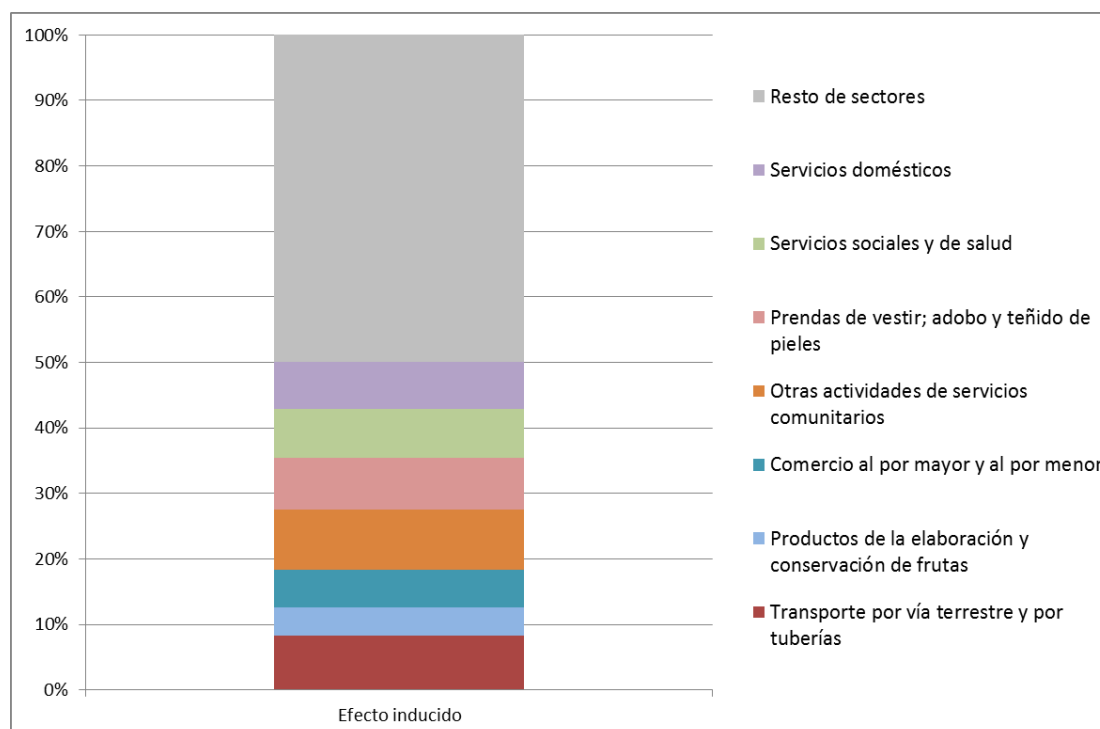
Más del 76% del impacto se genera a través de estos 8 sectores. Alrededor del 22% del empleo se asocia al sector del transporte de las materias primas y de la madera para consumo energético principalmente y más del 16% al sector agrícola de otros cultivos referente a la producción del cultivo de sorgo.

En la siguiente figura, se pueden identificar los sectores más relevantes para la generación de empleo por fases y para el efecto inducido

**Figura 11: Porcentaje de contribución de varios sectores a la generación de empleo por fases analizadas**



**Figura 12: Porcentaje de contribución de varios sectores a la generación de empleo inducido total**



Resumiendo el análisis sectorial de los tres tipos de impactos analizados, la Figura 13 muestra los sectores que contribuyen con más de un 2% a cada uno de los tres impactos.

**Figura 13. Porcentaje de contribución de los principales sectores a los tres impactos analizados**

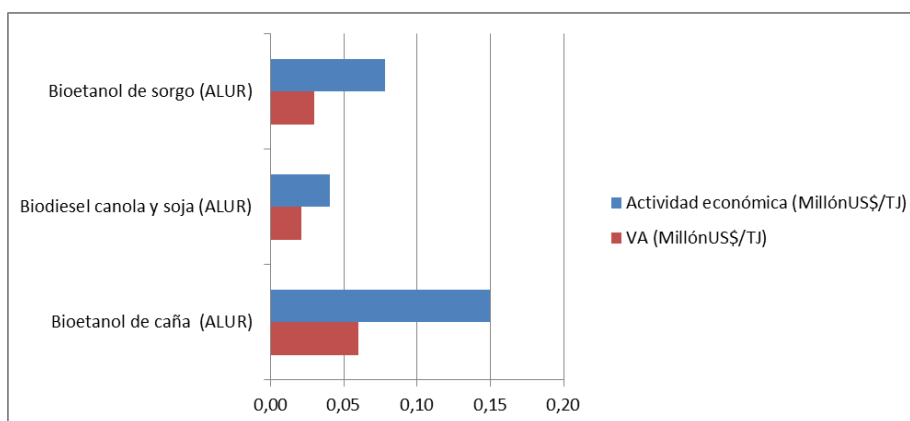
	Actividad económica	VA	Empleo
Transporte por vía terrestre y por tuberías	17%	21%	21%
Otros cultivos de cereales y otros cultivos y servicios	18%	11%	16%
Comercio al por mayor y al por menor, ...	5%	8%	7%
Servicios de alquiler de maquinaria	9%	13%	10%
Fabricación de metales	6%	6%	8%
Abonos y compuestos químicos	8%	2%	3%
Productos de la refinación del petróleo y combustible nuclear	8%	3%	3%
Madera y otros productos de la silvicultura	3%	5%	6%
Producción industrial BET			5%
Suministro de electricidad, gas y agua caliente	3%	5%	2%
Servicios de intermediación financiera	3%	5%	
Otras actividades de servicios comunitarios y sociales	2%	3%	3%
<b>Total contribución</b>	<b>74%</b>	<b>81%</b>	<b>83%</b>

Se han encontrado pocos estudios referentes al análisis económico de la producción de bioetanol con sorgo. Un estudio realizado en China estima un coste anual de la

producción de bioetanol a partir de sorgo de 17 millones de dólares por año, con un coste por litro producido de 0,43US\$/l (Gnansounou et al., 2005). Otro estudio en Estados Unidos, anota unos resultados que varían de 0,72 a 1,29 dólares por galón según la irrigación aplicada al cultivo de sorgo (Amosson et al., 2010). Por último, un estudio realizado por la unidad de Análisis de Sistemas Energéticos de CIEMAT en 2011 para el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente anota un efecto multiplicador asociado a bioetanol de 1,02 teniendo en cuenta exclusivamente impactos nacionales dado que la gran mayoría de las materias primas son importadas.

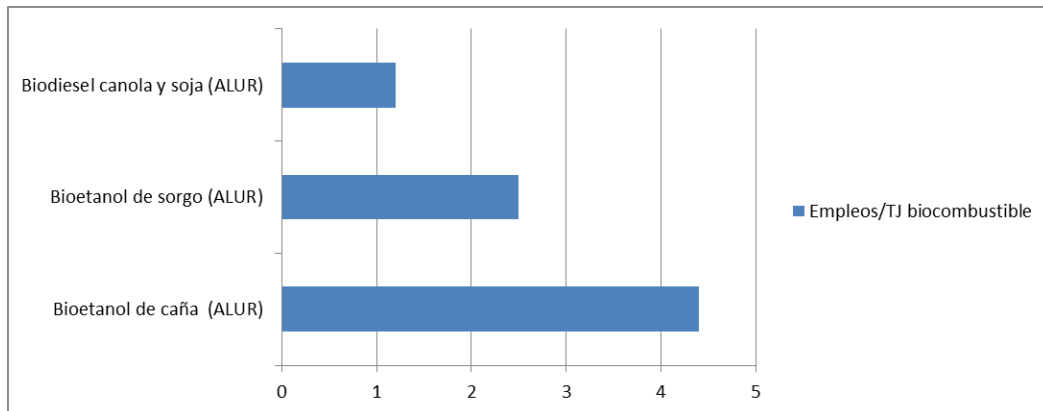
Finalmente, se han comparado los tres tipos de impactos socioeconómicos obtenidos en los tres casos de estudio: bioetanol a partir de caña, bioetanol a partir de sorgo y biodiesel a partir de soja y canola. La figuras 14 y 15 muestran la comparación de los distintos impactos estimados (generación actividad económica, valor añadido y generación de empleo) de los diferentes biocombustibles analizados.

**Figura 14: Comparación de generación de actividad económica y valor añadido de los diferentes biocombustibles analizados (millones US\$ por TJ de biocombustible obtenido).**





**Figura 15: Comparación de generación empleo de los diferentes biocombustibles analizados (empleos por TJ de biocombustible obtenido).**



## SECCIÓN VII. Conclusiones

---

En este estudio se han analizado los impactos socio-económicos asociados a la producción de bioetanol en una planta perteneciente a la empresa Alcoholes de Uruguay (ALUR) a partir de sorgo. En el primer enfoque se ha considerado un escenario de producción de 2015 a 2033, mientras que el segundo enfoque sólo tiene en cuenta un año de producción.

En ambos enfoques se ha calculado la actividad económica, el valor agregado total y el empleo total, generadas en Uruguay como respuesta a la producción de bioetanol.

Teniendo en cuenta todo el periodo de inversión y producción de 2013 a 2033, la actividad económica generada por litro de bioetanol producido es alrededor de 2,2US\$2015, del cual alrededor del 40% es valor agregado. Además, se generarán más de 29260 puestos de trabajo a lo largo de toda la vida útil, equivalente a 2,5 empleos/TJ y 52 empleos/Mlitro. El efecto multiplicador asociado a la producción de bioetanol en Uruguay se estima en 1,52.

Finalmente, los sectores más beneficiados tanto en los impactos en la actividad económica como en el valor añadido y el empleo serían el sector de otros cultivos y servicios agrícolas relacionados con la producción del cultivo de sorgo y el transporte por vía terrestre derivado del transporte de la materias primas y de recursos energéticos principalmente madera necesarios para la producción del bioetanol.

## REFERENCIAS

---

- Amosson, S., Jnaneshwar, G., Bean, B., Rooney, W., Becker, J., 2010. Economic Analysis of Biomass Sorghum for Biofuels Production in the Texas High Plains, AgriLife Extension. Texas.
- De la Rúa, C., Lechón, Y., Caldés, N. (2014) Actualización de los Análisis de Ciclo de Vida de Combustibles Alternativos para el Transporte: Bioetanol y Biodiesel Estimación del efecto sobre el empleo y la producción nacional de la producción de biodiesel y bioetanol en a través del Análisis Input-Output. Informe de Seguimiento A3 T6 3 de la Encomienda de gestión CIEMAT – DGCEA
- Hendrickson C. , Lave, L., Matthews H.S. (2006) Environmental Life Cycle
- Gnansounou, E., Dauriat, A., Wyman, C.E., 2005. Refining sweet sorghum to ethanol and sugar: Economic trade-offs in the context of North China. *Bioresour. Technol.* 96, 985–1002. doi:10.1016/j.biortech.2004.09.015
- Assessment of Goods and Services: An Input-Output Approach. Resources for the future
- Miller, R. E., and Blair, P.D. (2009) Input-Output Analysis: foundations and extensions. Second Edition. Cambridge: Cambridge University Press