



Análisis de Emisiones, Huella Hídrica y Balances Energéticos de la Producción de Bioetanol y co-Productos

ACABIO Coop. Limitada

Estudio realizado por INTA para ACABIO (Periodo Julio 2016-Junio 2017).

En el presente documento se resume el análisis de la cadena productiva de bioetanol a partir de maíz de ACABIO desde la etapa agrícola hasta la etapa de industrialización en la planta de Villa María (Córdoba)

Análisis de Emisiones, Huella Hídrica y Balances Energéticos de la Producción de Bioetanol y co-Productos

ACABIO Coop. Limitada

Equipo INTA:

Dirección del estudio:
Jorge A. Hilbert

Integrantes:
Stella Carballo (responsable análisis rinde y SIMAPRO)
Jonatan Manosalva (SIMAPRO)
Nicole Michard (Huella hídrica)
Juan Pablo Vitale (GIS)
Lidia Donato de Cobo (SIMAPRO y ECOINVENT).

Estudios técnicos especiales:
Consultor Sebastian Galbusera INTEA S.A.(calculador)

Universidad de Lujan:
Leila Schein (modelización SIMAPRO)

Equipo UNIVERSIDAD VILLA MARIA:

Lic. Maria Jose Galvan

Equipo ACABIO:

Dirección del proyecto:
Ing. Santiago Acquaroli (Gerente de planta)

Ejecución del proyecto:
Lic. Mario Alejo Dantur (Jefe de Calidad)

Colaboración personal ACABIO:

Ing. Raul Picatto
Cdor. Cesar Salvatori
Ing. Marcos Bossi
Ing. Pablo Dragonetti
Cdor. Valeria Duran
Ing. Edgar Baro
Lic. Sebastian Zurdo
Cdor. Javier Bohl
Ing. Diego Foricher
Lic. Maximo Simon

Colaboración personal de ACA:

Ing. Agr. Agustín A. Sosa
Ing. Agron. Cristian Rossi

Colaboración personal externo:

Sr. Hugo Baldassa (Gas Carbónico Chiantore)
Sr. Pablo Dimarco (GE Water & Process Techno.)

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO DEL INFORME

Índice general de contenido del informe 3

Índice de tablas 4

Índice de figuras..... 7

Introducción..... 9

Emisiones de gases efecto invernadero 17

Marco internacional, Conferencia de las Partes y Acuerdo de París 25

Huella hídrica ASPECTOS DESCRIPTIVOS Y METODOLÓGICOS 27

 Análisis de sustentabilidad 41

Tasa de retorno energético 44

Planificación de actividades en el marco del convenio con acabio 45

Ubicación de la planta 46

Descripción de los procesos de planta 47

Fundamentos del análisis de ciclo de vida 54

Reglas de categoría y Declaraciones ambientales de producto 63

Modelo de estimación de emisiones de gases de efecto invernadero..... 67

 Producción Agrícola 68

 Fletes de Materias Primas 72

 Producción de Bioetanol y Co-productos..... 74

 Factores de emisión utilizados..... 78

 Datos de Actividad 81

Calculador de Emisiones ACABIO 83

Breve descripción de las principales hojas del calculador 85

 Emisiones ACABIO 85

 Gráfico inventario..... 86

 análisis de sensibilidad al rinde 86

 Análisis de exportación a la Unión Europea UE..... 86

 Análisis “apropiación x línea” 86

 Balance energético 87

 Análisis de la planta de dióxido de carbono: 87

 Auxiliar gráfico: 87

Diagrama Flujo	87
Producción de maíz	88
B Fletes Maiz	88
CD Planta fletes pt	88
planta de co2	89
A.A Resumen x Campo	89
Planillas de calculo de emisiones agricolas	90
C.1 Efluentes	90
Cuadros con parámetros de cálculo	90
Resultados Periodo Junio 2016- Julio 2017:	92
Emisiones Producción de Maíz	92
Fletes de Materias Primas	94
Emisiones Industria (Planta Villa María)	94
Emisiones Transporte a Clientes	95
Resumen Cadena Maíz	95
Reducción de emisiones:	97
Sensibilidad al rinde	99
Análisis de la planta de dióxido de carbono:	113
Modelización en simapro:	115
Balance energético:	121
Biograce:	125
Calculo de huella hidrica	126
Discusión:	142
Consideraciones finales	143
Agradecimientos	143
Bibliografía	145

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Mercado de fertilizantes para el cultivo Fuente Fertilizar http://www.fertilizar.org.ar/subida/Estadistica	12
Tabla 2 Usos del maíz en la Argentina	12
Tabla 3 Análisis FODA de la cadena del maíz en la Argentina	16
Tabla 4 Inventario Argentino BUR elaborado 2016/17 por subsectores	19
Tabla 5 Resumen de datos climáticos 2008-2016	35

Tabla 6: Coeficiente de lixiviación α establecido para nitrógeno y pesticidas.	38
Tabla 7 Concentración máxima permitida para los plaguicidas utilizados en el cultivo de maíz.....	39
Tabla 8 Concentración máxima permitida para los fertilizantes utilizados en el cultivo de maíz.....	39
Tabla 9 Concentración natural establecida para el nitrógeno y fósforo.	40
Tabla 10 Datos referenciales de Estados Unidos	44
Tabla 11 Mejoras en la eficiencia energética de proceso a lo largo del tiempo en Estados Unidos.....	45
Tabla 12 Emisiones incluidas en el estudio.....	67
Tabla 13 Emisiones del transporte de referencia	74
Tabla 14 Unidades y factores empleados.....	77
Tabla 15 Contenidos energéticos empleados.....	78
Tabla 16 Factores de emisión de la producción primaria	78
Tabla 17 Factores de emisión de los energéticos empleados	79
Tabla 18 Factores de emisión de los principales empleados en la parte industrial	80
Tabla 19 Factores de Emisión para la producción de fertilizante.....	80
Tabla 20 Factores de emisión de agroquímicos y semillas.....	81
Tabla 21 Consumo de combustibles y lubricantes por laboreo.....	81
Tabla 22 Descripción e índice de las hojas contenidas en el calculador	84
Tabla 24 Apropiación de emisiones por diferentes criterios.....	97
Tabla 25 Cumplimiento de la reducción de emisiones	98
Tabla 26 Rindes maíces . Los departamentos del E-SE que presentan los mejores suelos y régimen de lluvias se destacan por sus rindes (Marcos Juarez, Union)	101
Tabla 27 Superficie sembrada y cosechada y rindes de Departamentos de Santiago de Estero y <i>San Luis-Campaña 2014-15 (Fuente SIIA)</i>	103
Tabla 28 Superficie sembrada y cosechada en las 5 últimas campañas. Se observa una reducción en el diferencial entre ambas superficies.	104
Tabla 29 Calculo de las emisiones de la producción de maíz a campo	111
Tabla 30 Calculo de la reducción de emisiones límite para la Unión Europea 2018	112
Tabla 31 Calculo de la Energía invertida en la etapa agrícola de producción de maíz	121
Tabla 32 Calculo de la inversión energética en transporte	121
Tabla 33 Analisis de cada una de las etapas de la planta de procesamiento y transformación de maíz.....	123
Tabla 34 integradora de consumos energéticos.....	123
Tabla 35 Distribución de la Energía entre los diferentes productos generados en la empresa.....	124
Tabla 36 Resultados del balance energético	124
Tabla 37 Valores internacionales de referencia EROI	125

Tabla 38 Planilla de salida de resultados de la última versión del biograce empleado.....	126
Tabla 39 Precipitaciones anuales	127
Tabla 40 Disponibilidad hídrica.	127
Tabla 41 Meses críticos siembra tardía	128
Tabla 42 Estimación de la hh verde	131
Tabla 43 ET0 2008-2016	133
Tabla 44. Huella Hídrica gris de los plaguicidas utilizados en el cultivo de maíz.	133
Tabla 45 Huella Hídrica gris del fertilizante nitrogenado utilizado en el cultivo de maíz.	134
Tabla 46 Impacto de fertilizantes y plaguicidas	135
Tabla 47 Datos de producción de acabio.....	135
Tabla 48 Ingreso de agua por fuente.....	136
Tabla 49 Salidas de agua por fuente	137
Tabla 50 Cálculo de la huella hídrica azul	138
Tabla 51 Asignación de la huella hídrica azul por el criterio de masa	138
Tabla 52 Asignación de la huella hídrica azul por el criterio de económico ²	139
Tabla 53 Asignación de la huella hídrica azul por el criterio de energético ³	139
Tabla 54 Huella Hídrica azul del bioetanol según tipo de asignación	140
Tabla 55Huella hídrica total del maíz	140
Tabla 56Huella hídrica total del bioetanol.....	140
Tabla 57 Huella hídrica total del bioetanol.....	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Evolución del maíz en las últimas campañas.....	10
Figura 2 Relación entre volúmenes y valores económicos de los productos de la transformación	13
Figura 3 Tratamiento y aprovechamiento de residuos	14
Figura 4: Emisiones de GEIs- BUR elaborado 2016/2017	18
Figura 5 Emisiones del sector energía BUR elaborado 2016/17.....	20
Figura 6 Evolución Emisiones de GEIs Argentina – Sector Energía.	21
Figura 7: Combustibles empleados la generación eléctrica en la Argentina Fuente CMMESA	22
Figura 8 Regulaciones que afectan a los biocombustibles en Argentina	23
Figura 9 Distribución de las emisiones en el sector agropecuario.....	24
Figura 10 Evolución de las emisiones en el sector agropecuario	25
Figura 11 Metodologías de Huella Hídrica.....	27
Figura 12 Diferencias entre las dos vertientes de evaluación de Huella Hídrica.....	28
Figura 13 Fases de la evaluación de la Huella Hídrica según WFN.	29
Figura 14 Fórmula de cálculo de la Huella Hídrica según WFN.	30
Figura 15 Fases de la evaluación de Huella Hídrica según ISO.	31
Figura 16 Alcance del estudio.	31
Figura 17 Esquema de impactos asociados al agua según ISO 14046.	32
Figura 18 Clima/ETo- Manfredi 2008	33
Figura 19 Precipitaciones medias.....	34
Figura 20 Campaña Manfredi 2008 - siembra temprana	34
Figura 21 Campaña Manfredi 2008 - siembra tardía	35
Figura 22 Ingreso de datos de suelo.....	35
Figura 23 Ciclo de desarrollo del cultivo de maíz , Córdoba.....	36
Figura 24 Obtención de ET verde con Cropwat 8.0.....	37
Figura 25 Portal de los PCR y EPD	64
Figura 26 Campos relevados en relación con los proveedores de la empresa	69
Figura 27 Esquema del módulo fletes de ACABIO	73
Figura 28 Esquema del módulo industrial	75
Figura 29 Modo de presentación del calculador	83
Figura 30 Distribución de las emisiones	94

Figura 31 Distribución de las emisiones en la industria	94
Figura 32 Emisiones por proceso productivo	96
Figura 33 Emisiones por actividad.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 34 Reducción de emisiones respecto a la normativa Europea	98
Figura 35 Alocación de las emisiones por diferentes criterios y porcentaje de reducción con respecto a la nafta en Argentina III comunicación.	99
Figura 36 Procedencia del maíz procesado en la planta graduado por volumen.....	100
Figura 37 Ambientes con potencialidad de rindes y riesgo diferencial para la producción de maíz	101
Figura 38 Rindes a nivel partido en la campaña 2014-2015.....	107
Figura 39 Lluvias diciembre 2015	108
Figura 40 Lluvias enero 2016	108
Figura 41 Lluvias marzo 2016.....	109
Figura 42- Diferencia de rindes entre campañas. Máximo – mínimo en %.....	110
Figura 44 Grafico comparativo del efecto sobre la emisión global y la reducción de GHG en comparación con el valor default de la UE tomando un rendimiento ponderado promedio de 4070 kg/ha	113
Figura 45 Análisis de emisiones y porcentajes de reducción en función de los valores de referencia de la nafta en Argentina.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 46 Análisis de emisiones y porcentajes de reducción en función de los valores de referencia de la Unión Europea Anexo V.....	115
Figura 47 Modelo desarrollado para su ingreso en el SIMAPRO adaptado de Boone et al.	117
Figura 48 Modelo industrial desarrollado para su ingreso en el SIMAPRO adaptado de Boone et al	118
Figura 49 Representación gráfica de las contribuciones de impacto de cada factor del inventario en el producto final para el caso de la producción de maíz en Córdoba	119
Figura 50 Representación gráfica de la contribución de cada factor por indicador de impacto.	119
Figura 51 estimación de la evapotranspiración verde (en mm)	130
Figura 52 Estimación de la huella hidrica verde	132
Figura 53 Ingreso de agua ACABIO Fuente: ACABIO	136
Figura 54 Salida de agua ACABIO	137

INTRODUCCIÓN

Nos encontramos frente a un marcado interés de parte de diferentes actores de la sociedad en los vectores energéticos alternativos así como a los demás productos derivados de la transformación de biomasa en biorefinerías.

La demanda de productos “sustentables” se sigue incrementando lo cual implica un compromiso de toda la cadena de suministro. Esta evolución combinada con la necesidad de diversificar las fuentes energéticas para reducir la dependencia del petróleo y derivados, y de encontrar combustibles de transición hacia una nueva generación de fuentes de energía ha llevado a los países centrales, fundamentalmente la Unión Europea (UE) y Estados Unidos, a desarrollar políticas tendientes a fomentar el uso de biocombustibles. Estas políticas han sido multiplicadas en muchos países con crecientes incorporaciones de biocombustibles en su matriz energética y la Argentina se ha constituido en un país líder en esta materia por su arquitectura jurídica así como sus niveles de participación en los mercados de combustibles líquidos.

La transformación de la biomasa renovable se ha constituido como uno de los temas prioritarios tanto por sus impactos ambientales económicos, sociales como energéticos. Es así que se encuentran invirtiendo sumas considerables de recursos para encontrar nuevas formas de aprovechamiento de la molécula de carbono contenida en cultivos y residuos orgánicos de todo tipo. Esto afecta la misma estructura de los centros de investigación donde nacen institutos que complementan varias disciplinas e integran a profesionales jóvenes de diferentes instituciones. Las investigaciones no quedan a nivel laboratorio sino que los mismos centros poseen medios para escalar los descubrimientos a nivel piloto y pre comercial para su traspaso al sector productivo. Su productividad es medida en forma permanente no solo en su producción científica de calidad sino en sus patentes y transferencias exitosas al sector productivo.

Todas las ramas de la biología están hoy en día intensamente investigadas y desarrolladas con el objetivo de lograr elementos muy ligados a la supervivencia del hombre en el planeta: alimentación, energía, preservación del ambiente, salud y nuevos materiales.

A nivel nacional se ha acentuado un déficit crónico de energía provocado por el creciente agotamiento de las fuentes fósiles en explotación unido a un crecimiento sostenido de los consumos. Esto ha provocado una creciente dependencia de importaciones de combustibles líquidos y gaseosos con la consiguiente pérdida de divisas para el país impacto en la balanza de pagos etc.

A nivel nacional, a partir del 2010 se acentuó un déficit crónico de energía provocado por el creciente agotamiento de las fuentes fósiles en explotación unido a un crecimiento sostenido de los consumos. Esto provocó una creciente dependencia de importaciones de combustibles líquidos y gaseosos con la consiguiente pérdida de divisas para el país y su impacto en la balanza de pagos (en 2013 se produce un record de importaciones por 13000 millones de dólares). Posteriormente debido al estancamiento económico y la explotación de yacimientos no convencionales la importación se reduce en volumen y posteriormente en monto por la baja del precio internacional del petróleo. A partir del 2016 se produce un cambio de política que incluye el fomento a las energías renovables para incorporar a la matriz energética 1000 MW año incorporando para el 2025 10000MW a la matriz. Esto junto a un incremento en la producción de shale gas y shale oil posibilitarían el autoabastecimiento en los próximos años.

El maíz es el segundo cultivo más importante de la Argentina luego de la soja, con una participación del 24% de la producción total de granos del país. Pero puesto que el costo de producción del maíz es más elevado que el de la soja, desde 1997 se viene verificando un gran crecimiento del área sembrada con soja, alcanzándose una relación de casi 4 hectáreas de soja por una de maíz. EL cambio de administración provocó una modificación substancial de las condiciones reduciendo los niveles de impuestos a la exportación de maíz lo cual provocó un incremento en la producción de este cultivo.

Este cultivo es clave para afianzar una agricultura sustentable a través de su participación en la rotación de cultivos. En el costo de los fletes, logrando el cultivo de maíz su máximo desarrollo en la región pampeana, zona de gran extensión de tierras fértiles y clima templado. Concentrándose por lo tanto la producción de maíz en las provincias de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe, que en conjunto conforman la zona núcleo, la cual concentra un poco más del 70% de la superficie total sembrada con maíz. En esta zona la mayoría de los productores de maíz son exclusivamente agrícolas que integran sistemas de producción por contratos o en redes. En esta zona se obtienen los rendimientos más altos del país puesto que tienen a su disposición la mejor tecnología para la producción de maíz (i.e. mejores semillas, fertilizantes, fitosanitarios y maquinaria agrícola) la cual es aplicada por la mayor parte de los productores sin importar cuán pequeña sea su escala de producción. En cambio, en las zonas marginales la situación es completamente distinta. Existe una gran diferencia entre los grandes productores, que pueden acceder a la mejor tecnología, y los medianos y pequeños productores, que en muchos casos producen con tecnologías mucho más primitivas desde la siembra hasta la cosecha.

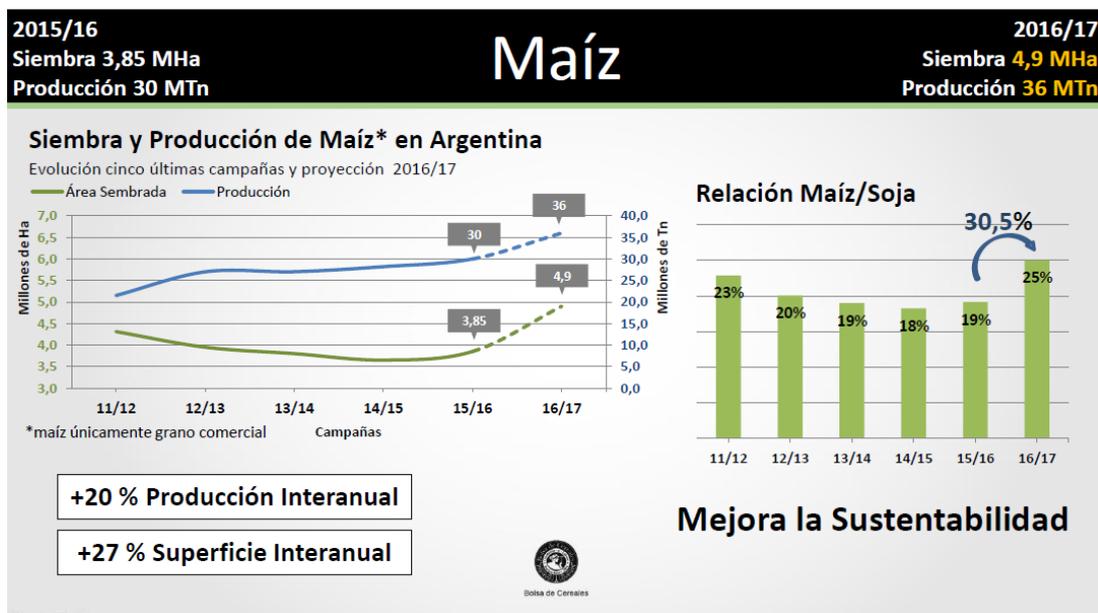


Figura 1 Evolución del maíz en las últimas campañas

Dada la importancia de la producción de maíz para la economía de la Argentina, desde la década del '90 se han generado diversas tecnologías que han permitido mejorar su proceso productivo así como sus rendimientos. Las innovaciones en maíz provienen tanto de instituciones públicas como privadas; destacando en la primera la extensión agropecuaria liderada por el INTA; y en el segundo MAIZAR el cual concentra a los diferentes actores de la cadena del maíz. Pero también existen instituciones que reúnen a los productores agropecuarios y a las empresas de insumos y servicios para la producción de maíz. Entre los principales cambios tecnológicos adoptados por el sector maicero argentino destacan la adopción masiva de la Siembra Directa, materiales genéticamente modificados, Agricultura de Precisión, sistemas

de labranza conservacionista, así como un fuerte aumento en el uso de insumos, en particular de herbicidas pre-emergentes y fertilizantes requeridos por el tipo de labranza.

La cosecha de **maíz** de Argentina en la temporada 2016/2017 **creció un 20 % en producción y un 27 % en superficie**, que a su vez provocó una baja en la producción de soja y por ende una mejora substancial del 30,5 % en la relación maíz/soja. La producción argentina del cereal totalizó 36 millones de toneladas en el ciclo 2016/2017.

Actualmente la Siembra Directa se sigue consolidando como la más apropiada para la producción de maíz en la Argentina, sembrándose de esta manera en el 2012 aproximadamente el 83% del total de la superficie destinada a este cultivo. Sin embargo, esta tecnología trae consigo algunos desafíos, entre los cuales destacan evadir la compactación del suelo, aumentar la eficiencia de retención de humedad en el suelo, aumentar la eficiencia en el ciclo de los nutrientes; y también impedir la posible aparición de enfermedades producto de la acumulación de materia orgánica en el suelo, así como la aparición de malezas resistentes y de distintas plagas que van demandando nuevas soluciones. Por otro lado, el avance tecnológico sobre la genética del maíz permitió a este cultivo lograr los mayores aumentos de rendimientos en los últimos 30 años, pasando de 3 t/ha en la década del '80 a un record de 7.12 t/ha en la campaña 2009/10. Asimismo, vale resaltar que en los últimos años la Argentina se fue transformando en uno de los referentes en Latinoamérica en Agricultura de Precisión.

En la actualidad, el movimiento de granos en Argentina es eminentemente carretero, ya que el 91% se efectúa con camión, el 8% en ferrocarril y el 1% en barcaza. Estos porcentajes difieren sustancialmente con respecto a otros países productores, como EE.UU., donde el 60% del movimiento es fluvial, o en Brasil donde la participación del ferrocarril es de aproximadamente 30%. Es importante hacer notar que el movimiento de granos en Argentina históricamente se desarrolla en dos etapas: el trayecto entre zona productora y acopio (cooperativa), que comprende un denominado flete “corto” debido a la cercanía entre origen y destino; y el transporte desde zona de acopio a puerto o industria conocido como flete “largo”. La integración observada en la comercialización de granos en las últimas dos décadas impulsó el movimiento directo desde producción a industria o zona portuaria, reduciéndolo así a una sola etapa. Esta realidad implica un enorme desafío desde el punto de vista ambiental y económico dado el impacto sobre toda la cadena de transformación.

La fertilización de este cultivo es un tema de controversias dados los relativos bajos niveles de sustitución de los principales macronutrientes extraídos por la cosecha de los granos.

Tabla 1 Mercado de fertilizantes para el cultivo Fuente Fertilizar
<http://www.fertilizar.org.ar/subida/Estadistica>

Maíz					
Provincia	Campaña 2015/2016				
	Area Sembrada (ha)	Area neta Aplicada (ha)	Uso	Vol	Dosis
Buenos Aires	1.341.164	1.191.288	89%	251.274	211
Córdoba	1.163.729	992.527	85%	179.219	181
La Pampa	472.561	399.321	85%	62.781	157
Santa Fe	247.411	228.227	92%	53.838	236
San Luis	20.645	9.185	44%	1.312	143
Entre Ríos	126.210	123.621	98%	19.740	160
NOA	341.350	133.398	39%	19.469	146
NEA	536.928	184.313	34%	18.889	102
Total General	4.249.999	3.261.882	77%	606.523	186

La Argentina presenta un grado muy bajo de industrialización de su producción de maíz el desbalance en las rotaciones se viene compensando en las últimas campañas La transformación de materias primas en productos de más valor es esencial para el desarrollo del país, y por lo tanto algunos sectores del consumo encuentran una oportunidad de crecimiento basada en la gran disponibilidad de maíz nacional a bajo costo.

Tabla 2 Usos del maíz en la Argentina

Cálculo final de Consumo de Maíz 2016 (cosecha 2015/16)

SECTOR	PRODUCTO	CC	INSUMO MAIZ
	miles de tns		miles de tns
<i>Avícola (mil tns res c/hueso)</i>	1.934	1,79	3.462
<i>Bovino (mil tns res c/hueso)</i>	2.659	1,60	4.254
<i>Porcino (mil tns res c/hueso)</i>	522	2,26	1.180
<i>Huevos (millones de unidades)</i>	12.600	0,09	1.134
<i>Lácteos (millones de litros)*</i>	9.894	0,29	2.869
<i>Pet - otras especies**</i>	686	0,40	274
ALIMENTACION ANIMAL			13.174
<i>Molienda Húmeda (miles tns)</i>	1.161	1,00	1.161
<i>Molienda Seca (miles de tns)</i>	270	1,00	270
CONSUMO HUMANO			1.431
<i>Etanol de Maíz (metros cub)</i>	570	2,70	1.539
COMBUSTIBLE			1.539
SEMILLA			160
TOTAL CONSUMO MAIZ			16.304
<i>Calculo final - Marzo del 2017</i>			

https://www.agroindustria.gov.ar/sitio/areas/ss_mercados_agropecuarios/areas/granos/archivos/000061_Informes/899993_C%C3%A1lculo%20final%20de%20Consumo%20de%20Ma%C3%ADz%20en%20Argentina%20-%20Cosecha%2015-16%20-%20Marzo%202017.pdf

Las energías renovables constituyen la industria con mayor crecimiento del mundo, con una tasa media del 64 por ciento para los últimos cinco años e inversiones estimadas, para 2020, en 500 millones de dólares. En Latinoamérica ese porcentaje se incrementa a 145 por ciento durante el mismo periodo. La Argentina ha venido sosteniendo un fuerte crecimiento de su producción de biodiesel a partir de aceite de soja y más recientemente ha sumado a la tradicional producción de bioetanol a partir de la caña de azúcar al maíz en su zona de producción central. De esta manera Argentina se encuentra entre los principales productores y exportadores de biocombustibles liderando la participación de los mismos en los cortes en el mercado doméstico se ha consolidado como productor y exportador de biodiesel y ha alcanzado los objetivos de corte obligatorio en el mercado local tanto en biodiesel como en bioetanol.

En la cadena de transformación de los biocombustibles tanto de primera como de segunda generación los co-productos en la cadena de producción de los biocombustibles constituyen un punto clave que hace a la sustentabilidad económica de este tipo de proyectos. La fracción energía constituye la parte de más bajo valor relativo y alto volumen mientras que los subproductos de acuerdo a su característica pueden hasta quintuplicar este valor. Por lo tanto las industrias transformadoras se conciben hoy en día como biorefinerías de biomasa logrando un mix de productos que garantizan la rentabilidad del conjunto.

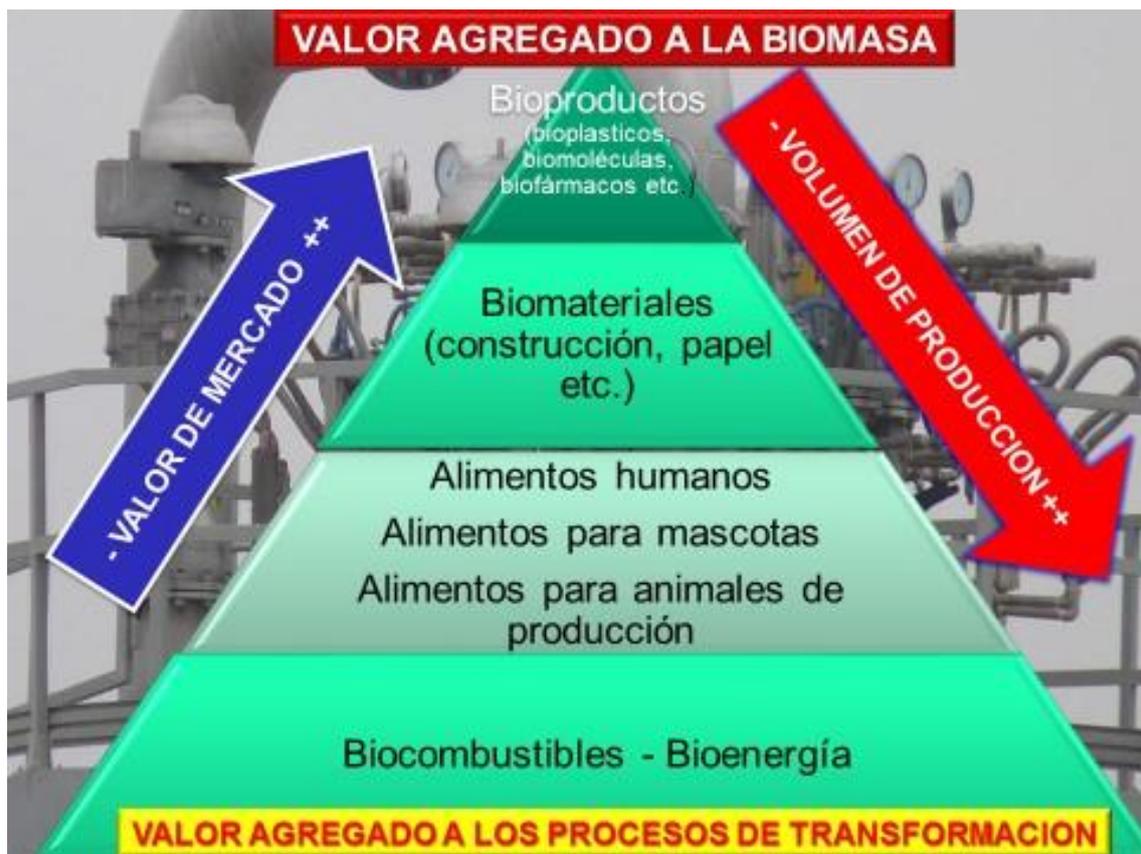


Figura 2 Relación entre volúmenes y valores económicos de los productos de la transformación

La transformación de materias primas como el maíz es esencial para el desarrollo de la Argentina. Algunos sectores encuentran una oportunidad de crecimiento única y pueden aspirar a transformarse en líderes mundiales con productos de alta calidad basados en la gran disponibilidad de maíz a bajo costo. En el

siguiente cuadro se resume las demandas de maíz que podrían alcanzar cada una de las industrias que existen hoy y las que podrían desarrollarse dentro la Argentina.

La contracara de la transformación de la materia prima está dada por la pirámide jerárquica de los residuos y su empleo final



Figura 3 Tratamiento y aprovechamiento de residuos

Un conjunto de medidas y progresos se deben dar para una correcta inserción y crecimiento de los derivados de la transformación del maíz en las industrial ligadas del sector interno como la cadena aviar, lechera, porcina y vacuna entre otras.

La enorme complejidad y el potencial de la cadena de valor del maíz encuentran en el actual mercado internacional una oportunidad incomparable. Sin embargo, para aprovecharla, hay que realizar un arduo trabajo donde el rol del estado es fundamental. La clave para incrementar la participación de los productos de la cadena del maíz en el mercado global, reside en el desarrollo de acuerdos estratégicos junto al sector público. Más allá de su relativo impacto en el valor agregado industrial, la trama de maíz - al igual que otros granos- ocupa un rol significativo en la generación de divisas, aportando cerca del 4% de las divisas de la economía y más del 10% del total de las exportaciones agroalimentarias. El mercado internacional plantea escenarios en los cuales la Argentina puede volver a ocupar un lugar destacado abasteciendo grandes volúmenes de maíz y sorgo.

A modo de síntesis se presenta el siguiente análisis FODA extraído del Plan Estratégico Agroalimentario y Agroindustrial Participativo y Federal (PEA), 2010-2016 productos del análisis realizado en las Mesas de Maíz convocadas por MAGyP de las cuales participaron distintos representantes de cada uno de los eslabones que integran la cadena del maíz argentino

Tabla 3 Análisis FODA de la cadena del maíz en la Argentina

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> - Elevada competitividad estructural y tecnológica de la cadena - Importante nivel de investigación, desarrollo y adopción de tecnología aplicada al cultivo. - Posibilidad de continuar incrementando los rendimientos unitarios. - Gran capacidad para generar empleo genuino, con amplia cobertura nacional y alto impacto en las comunidades del interior. Importancia del maíz en la rotación para una agricultura sostenible. - Alta participación en los mercados internacionales con numerosos destinos, en granos y otros productos. - Mercado interno diversificado, poco concentrado y creciente. - Maíz argentino con ventajas en calidad nutricional e industrial. - Existencia de una asociación (MAIZAR) que convoca a todos los integrantes de la cadena de valor del maíz y sorgo, en base a un clima cordial, confianza y diálogo permanente entre sus integrantes; Capital Social. 	<ul style="list-style-type: none"> - Intervencionismo estatal (mercados de exportación discontinuos, cuantificación, ROE y otras normativas comerciales y aduaneras). - Elevada presión fiscal y uso de impuestos distorsivos para granos y derivados (derechos de exportación, etc.). - Alta inversión por hectárea que limita la expansión del cultivo a ambientes con mayor seguridad (de alto potencial productivo y/o en campo propio). - Logística de transporte (vial, ferroviario y fluvial) ineficiente y no adecuada a la producción y comercialización. - Insuficientes líneas de crédito, con tasas y plazos adecuados para los distintos eslabones de la cadena. - Infraestructura de almacenamiento permanente y acondicionamiento insuficiente para los requerimientos de la cadena. - Escasa utilización, difusión y acceso a herramientas de cobertura de mercado y seguro agrícola. - Insuficiente nivel de adopción de buenas prácticas agrícolas, especialmente en relación con la sustentabilidad del recurso suelo. - Baja diferenciación por calidad. La cadena de comercialización, sea por razones normativas o de infraestructura, no incentiva la diferenciación. - Insuficiente difusión de precios de consumo interno.
Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> - Demanda mundial creciente para el maíz y derivados. - Alta disponibilidad de herramientas biotecnológicas aplicadas al cultivo y a las industrias transformadoras. - Nuevos usos del maíz. Nichos de alto valor/cambios de hábitos de consumo tradicionales (nuevos materiales, nutraceuticos), que impulsaría el desarrollo de nuevas industrias de transformación. - Creciente uso de energías renovables: biocombustibles. La demanda de maíz para la obtención de energías alternativas es creciente y sostenida local e internacional. - Profundizar los vínculos con otras cadenas de valor para generar sinergias entre ellas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Barreras arancelarias, para-arancelarias (normas técnicas, sanitarias y fitosanitarias) y subsidios. - Sistema de aprobación de eventos genéticos de menor celeridad, en relación a lo que hacen países competidores. - Riesgo de que el mercado de semillas evolucione hacia una estructura no competitiva. Actualmente solo tres empresas desarrollan nuevos eventos y una de ellas no otorga licencias sobre los eventos que ella desarrolla a otras empresas semilleras. - Desarrollo de nuevas tecnologías ej AFEX que generarían productos para alimentación y bioenergía a partir de residuos celulósicos

EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO

La problemática ambiental figura como uno de los temas de agenda para todos los países del mundo. En los últimos años, las negociaciones sobre cambio climático han ocupado un lugar cada vez mayor en el escenario internacional. La respuesta inicial para combatir el cambio climático comenzó en la Convención de Río de 1992, con la adopción de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC). El objetivo de la CMNUCC es *“la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático”*. La República Argentina ratificó la CMNUCC el 11 de marzo de 1994 a través de la ley 24.295, en cuyo Artículo 1 define al cambio climático como *“un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables.*

En el marco de la CMNUCC, se llevan adelante los espacios para debatir sobre los planes de acción para alcanzar los objetivos, estas reuniones se denominan *“Conferencia de las partes” (COP)*, y se desarrollan una vez por año. El acuerdo alcanzado en París en noviembre del año 2015 fue ratificado un mes después por 55 países responsables del 55% de las emisiones. Argentina ratificó el acuerdo por la ley 27270 del 19 de septiembre de 2016.

Las emisiones totales de cada país son calculadas mediante una metodología pre acordada llamadas *“Directrices para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero”* del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) que permite una cuantificación del total emitido así como detectar los sectores con mayor impacto dentro de la economía.

La acción frente al cambio climático involucra un proceso de toma de decisiones donde subyacen consideraciones tanto en el plano moral, como de justicia social y de derechos humanos. Debemos trabajar en profundidad sobre esta problemática buscando cambios en los hábitos y prácticas, tanto a nivel colectivo como individual, en pos de alcanzar un desarrollo sustentable que no comprometa las capacidades y libertades de las generaciones futuras. A nivel nacional, se aborda esta temática con un enfoque estratégico, a través del Gabinete Nacional de Cambio Climático que reúne organismos gubernamentales nacionales y provinciales, sector privado, académico, sociedad civil y asociaciones de trabajadores, en el cual se definen y validan las acciones del gobierno nacional para mitigar el cambio climático y adaptarnos a sus efectos. En el plano internacional, Argentina decidió ser parte activa en esta lucha contra el cambio climático, declarando su esfuerzo a través de la presentación de su Contribución Nacional en la cual se propone limitar el crecimiento de emisiones al año 2030. Este compromiso busca revertir la tendencia creciente de emisiones de gases de efecto invernadero a través de la implementación de políticas y acciones en materia de cambio climático que permitan contener el crecimiento de emisiones y definir una estrategia de descarbonización del crecimiento a futuro. Dentro de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, los países en desarrollo tienen la obligación de presentar cada dos años los Reportes Bienales de Actualización (BUR) que contienen los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Los inventarios se calculan para el bienio anterior, por tanto el inventario realizado durante el año 2016 estima las emisiones hasta el año 2014. Argentina ha elaborado su Segundo BUR para dar cumplimiento a sus compromisos internacionales.

El efecto invernadero es un proceso natural por el cual los gases que están presentes en la atmósfera *“atrapan”* la radiación que la Tierra emite al espacio. Esta emisión de la Tierra es producto del calentamiento de su superficie por la incidencia de la radiación solar (ver ilustración). Así, el efecto invernadero hace que la temperatura media de la Tierra sea de alrededor de 33 °C más que si este proceso no ocurriera. Asimismo, aunque la superficie terrestre, los océanos y los hielos son calentados directamente por el Sol, no absorben toda la energía. Parte de esta es devuelta hacia la atmósfera como otro tipo de energía que, una vez en ella, es retenida momentáneamente por el vapor de agua, el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y otros gases, como los clorofluorocarbonos (CFC), los hidrofluorocarbonos (HFC), los perfluorocarbonos (PFC), el óxido nitroso (N₂O) y el hexafluoruro de azufre

(SF6), entre los más importantes. Los gases que tienen esta propiedad se denominan GEI. También el vapor de agua presente en la atmósfera realiza una contribución importante al efecto invernadero, pero no se contempla debido a que su concentración no varía producto de las actividades antrópicas.

El potencial de calentamiento global (PCG) es una medida de la capacidad que tienen diferentes GEI en la retención del calor en la atmósfera, ya que no todos los gases absorben la radiación infrarroja de la misma manera ni todos tienen igual vida media en la atmósfera. El gas utilizado como referencia para medir otros GEI es el CO₂, por lo que su potencial de calentamiento global es igual a 1. Cuanto más alto sea el PCG que produce un gas, mayor será su capacidad de retención del calor en la atmósfera.

Un informe de inventario de GEI incluye un conjunto de cuadros estandarizados elaborados por la CMNUCC para generación de informes que cubren todos los gases, las categorías y los años pertinentes, acompañado de un informe escrito que documenta las metodologías ¿Cómo se reporta un inventario nacional de GEI? y los datos utilizados para elaborar las estimaciones. Las estimaciones de emisiones y absorciones de GEI se dividen en sectores principales, que son grupos de procesos, fuentes y sumideros relacionados.

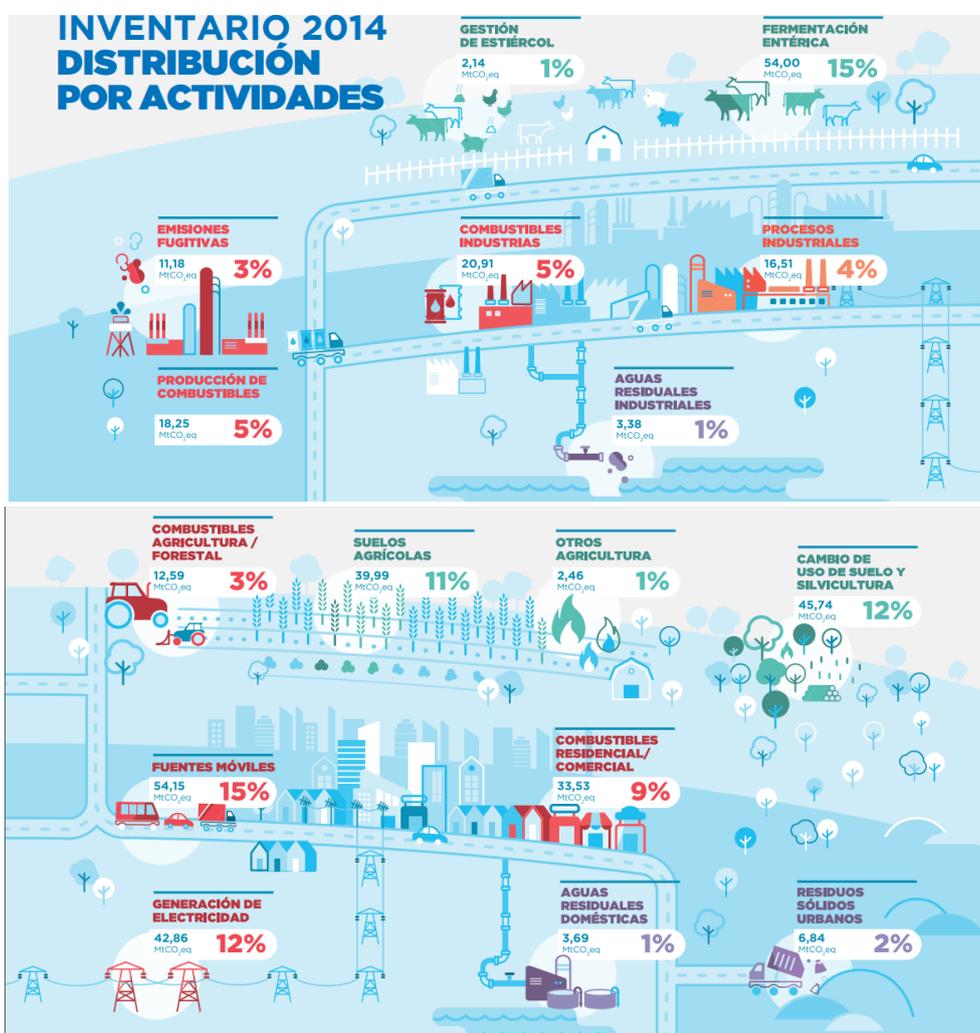
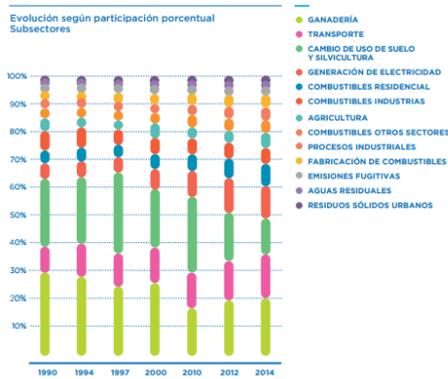


Figura 4: Emisiones de GEIs- BUR elaborado 2016/2017

En tabla 4 se discriminan las emisiones por subsectores.

Tabla 4 Inventario Argentino BUR elaborado 2016/17 por subsectores

Inventario por subsector



Emisiones GEI por subsector

Subsector	%	MtCO ₂ eq	Subsector	%	MtCO ₂ eq
GANADERÍA	20,7%	76,41	COMBUSTIBLES OTROS SECTORES	4,8%	17,70
TRANSPORTE	15,5%	56,93	PROCESOS INDUSTRIALES	4,5%	16,58
CAMBIO DE USO DE SUELO Y SILVICULTURA	13,1%	48,20	FABRICACIÓN DE COMBUSTIBLES	4,2%	15,48
GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD	11,6%	42,86	EMISIONES FUGITIVAS	3,0%	11,18
COMBUSTIBLES RESIDENCIAL	7,7%	28,41	AGUAS RESIDUALES	1,9%	7,06
COMBUSTIBLES INDUSTRIAS	5,7%	20,91	RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS	1,9%	6,84
AGRICULTURA	5,4%	19,73			



La producción y consumo de energía en la serie histórica se muestra como una de las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero (GEIs), con un total de 92,18 millones de toneladas de CO₂ equivalente de emisiones de GEIs para el año 2014. La misma resulta esencial para sostener la industria, las infraestructuras, para conectar bienes, personas y servicios hacia mercados, y suministrar servicios básicos como la calefacción y la iluminación. Es fundamental para prácticamente todos los aspectos del bienestar humano, como el acceso al agua, la productividad agrícola, la atención de la salud, la educación, la creación de empleo y la sostenibilidad ambiental.

Específicamente, en el sector energético se observa que el 29 % de las emisiones proviene del sector transporte, superado por la generación de electricidad con el 30 %, y La industria manufacturera contribuye con el 11 %. Entre los principales emisores de CO₂ equivalente se encuentra la combustión de hidrocarburos fósiles en las actividades de generación de energía, el transporte y el agro, y de las emisiones fugitivas de metano asociadas con los procesos de extracción de petróleo y gas.

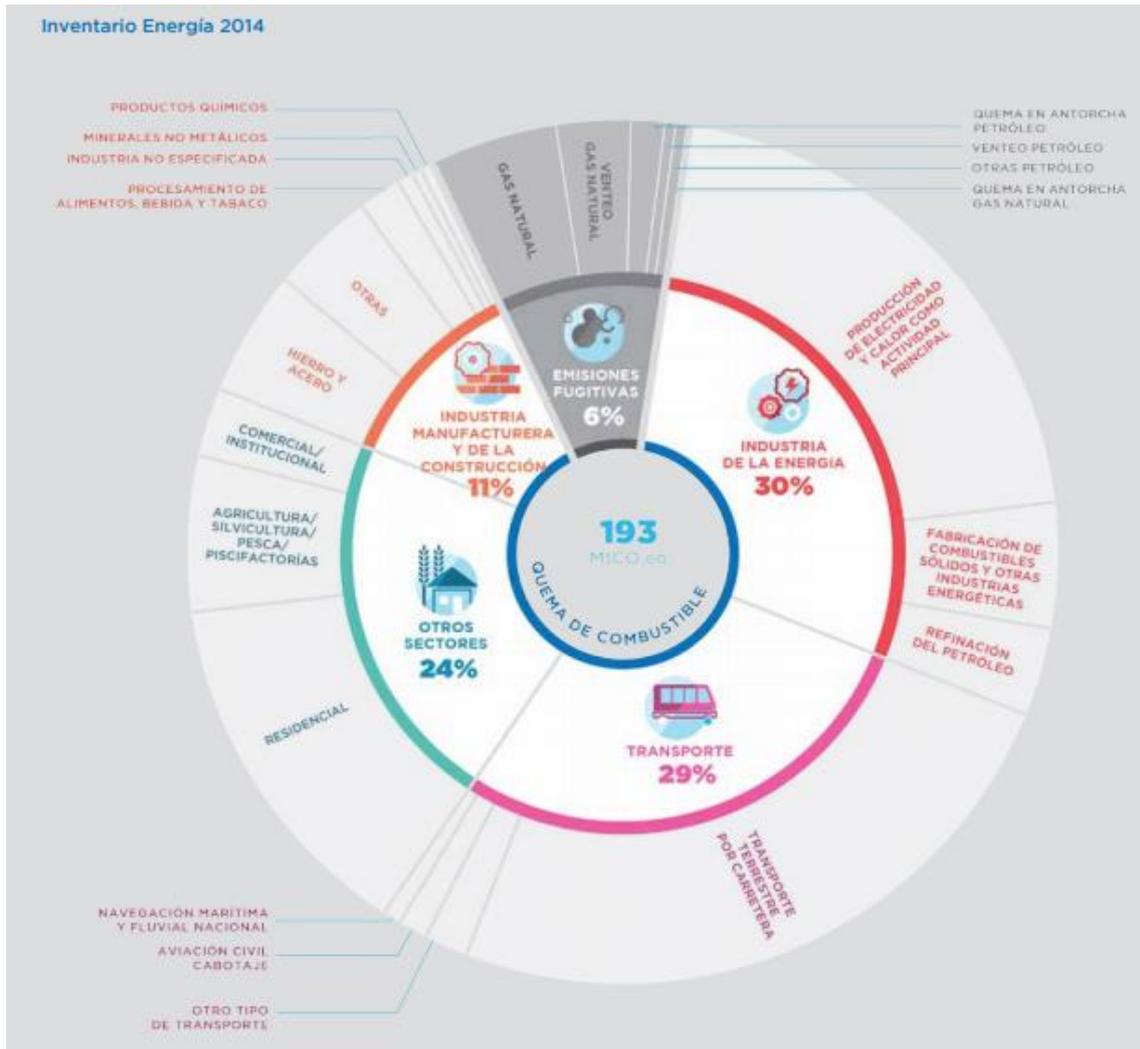


Figura 5 Emisiones del sector energía BUR elaborado 2016/17

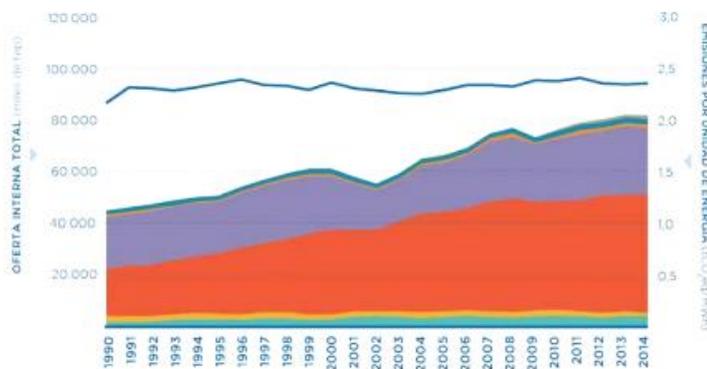
Industrias de la energía



- GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD
- FABRICACIÓN DE COMBUSTIBLES

Para simplificar la visualización, se agruparon las categorías Refinación del petróleo y Fabricación de combustibles sólidos y otras industrias energéticas dentro del título Fabricación de combustibles. Producción de electricidad y calor como actividad principal se denomina Generación de electricidad.

Oferta interna total de energía y emisiones por unidad de energía



- ENERGÍA EÓLICA Y SOLAR
- ACEITES Y ALCOHOLES VEGETALES
- LEÑA, BAGAZO Y OTROS PRIMARIOS
- CARBÓN MINERAL
- PETRÓLEO
- GAS NATURAL
- ENERGÍA NUCLEAR
- ENERGÍA HIDRÁULICA
- EMISIONES POR UNIDAD DE ENERGÍA

Tonelada equivalente de petróleo (tep).

Oferta Interna Total = Oferta Interna Primaria + Importaciones Fuentes Secundarias-Exportaciones Fuentes Secundarias. La Oferta Interna Total representa la energía efectivamente disponible para ser transformada (refinerías, planta de tratamiento de gas, carboneras, etc.), ser consumida en el propio sector energético, o ser consumida por los usuarios finales dentro del país. Fuente: Ministerio de Energía y Minería (MINEM).

Figura 6 Evolución Emisiones de GEIs Argentina – Sector Energía.

Fuente: BUR elaborado 2016/17

Indudablemente el transporte de personas y bienes tiene una importancia significativa. Este sector también está implícito en la producción de otros bienes que demanden su traslado o intervención de vehículos y maquinaria en su producción como es el caso del sector agropecuario. En la siguiente figura se puede observar la evolución de la oferta de combustibles secundarios líquidos de los últimos años:

Durante los últimos años con el incremento del uso de fósiles líquidos y el empleo de fuentes de generación de menor eficiencia los valores de incidencia del sector energía han subido. En la siguiente figura puede constatar la creciente participación de los combustibles líquidos en el parque de generación eléctrico argentino.

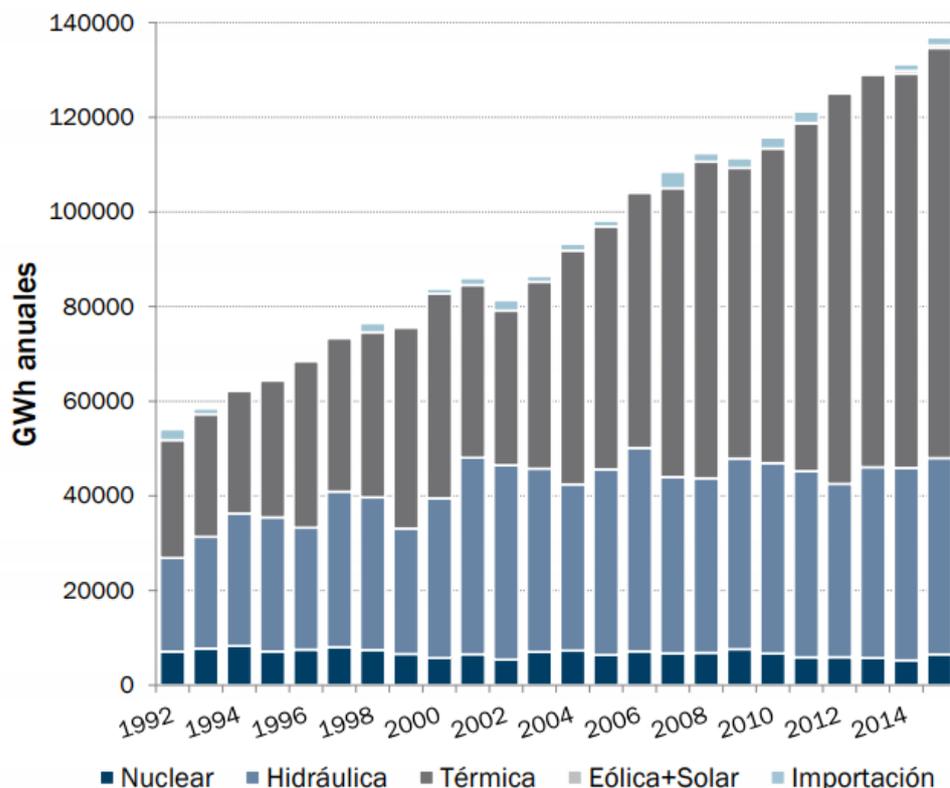


Figura 7: Combustibles empleados la generación eléctrica en la Argentina Fuente CAMMESA

Otro efecto del cambio de fuente de combustible se visualiza en el aumento del consumo específico que representa la cantidad de energía que se emplea para generar la misma cantidad de electricidad. Este fenómeno también repercute en el nivel de emisiones, empeorando los niveles de referencia que se emplean luego en el cálculo de la **cantidad de emisiones de gases efecto invernadero de cualquier producto que en su proceso emplee energía eléctrica del sistema argentino.**

Como estrategia mundial en los últimos años se ha buscado la reducción del impacto del sector transporte actuando sobre los combustibles que se emplean. Los biocombustibles a nivel global han sido promovidos en los últimos años atendiendo a una serie de ventajas desde el punto de vista ambiental así como a razones estratégicas de seguridad energética de cada país.

La producción de biocombustibles en la Argentina está centrada en el biodiesel de soja (basado en el empleo de uno de los coproductos principales de la industrialización del grano de soja como es el aceite y en la tradicional producción de bioetanol a partir de caña de azúcar y más recientemente de maíz.

En mayo de 2006 la ley de biocombustibles en la Argentina (Nº 26.093) fue aprobada. Su foco fue el desarrollo del mercado local de biocombustibles, estableciendo requerimientos de B5 y E5 a partir del 1º de enero de 2010. Esa cota inferior fue elevada (Resolución de la Secretaría de Energía 7/2010 del 9 de febrero de 2010) al 7%, a fin de incrementar el volumen de reemplazo de gasoil, y finalmente fue elevada al 10 % durante el año 2013 para ambos biocombustibles. En el 2016 el corte de etanol fue elevado a 12%.

Un conjunto de reglamentaciones se han sucedido a lo largo del tiempo. En un sector tan regulado y promocionado estos cambios repercuten significativamente tanto en la creación y ampliación de mercados como así también en la viabilidad de producción frente a cambios en los precios de insumos así como variaciones en las reglamentaciones del mercado internacional.

Regulaciones de biocombustibles

- Ley 26.093 de promoción de la producción y uso sustentable de biocombustibles
- Decreto Reglamentario 109/07
- Ley 26.334 para promoción específica de bioetanol de caña.
- Ley 23.966, T.O. Título III, Capítulo 1, artículo 4 –Impuesto a los Combustibles y Gas Natural, alícuotas-
- Ley 26.028, Impuesto a la Transferencia e Importación de Gasoil
- Ley 26.181, Fondo Hídrico de Infraestructura
- Ley 26.784, Presupuesto Nacional 2013, artículo 56 –desgravación a la importación de hasta 8,4 millones de metros cúbicos de gasoil y de hasta 240.000 metros cúbicos de naftas para 2013
- Ley 26.895, Presupuesto Nacional 2014, promulgada por Decreto 1577/13, artículos 30 y 31 –desgravación a la importación de hasta 8,4 millones de metros cúbicos de gasoil y de hasta 1,2 millones de metros cúbicos de naftas para 2014-
- Decreto 1396/01
- Decreto 1339/12
- Decreto 1719/12
- Normas específicas de la Secretaría de Energía, AFIP, Instituto Nacional de Vitivinicultura, www.infoleg.gov.ar, buscando por normas que modifican o complementan a la Ley 26.093.
- Resoluciones del Ministerio de Economía, como la conjunta Nro 438/12 del Ministerio de Economía, 1001/12 de MINPLAN y .269/12 del Ministerio de Industria.
- Resolución 44/14 Cortes obligatorios incrementales y formulas para el calculo precio bioetanol de caña de azúcar y maíz.
- Ley 27.191: Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica. Modificación.
- Ley 26.190: Régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica
- Decreto 531/2016: Reglamentación de la Ley N° 27.191
- Decreto 562/2009: Reglaméntase la Ley N° 26.190

[Fuente Informacion Ministerio de energía y minería](#)

Figuran 8 Regulaciones que afectan a los biocombustibles en Argentina

El consumo de gasoil y las naftas en la Argentina han crecido y su suministro no puede ser abastecido con producción local lo cual obliga a crecientes importaciones desde otros países. Estos combustibles importados también representan un impacto sobre el nivel de emisiones globales por unidad de energía ya que se deben sumar todas aquellas provenientes del transporte de los mismos.

La Argentina se ha constituido como uno de los países líderes en la producción uso y comercialización de biodiesel y bioetanol a nivel mundial y ha realizado un gran avance en la producción de etanol a partir del 2012. Un punto llamativo en torno al biodiesel y el bioetanol, es el espectacular crecimiento de la capacidad productiva de la Argentina. Los documentos emanados de la Secretaria de Energía de la Nación, brindan información respecto a la capacidad instalada así como la producción ofrecida tanto al mercado interno como el remanente para ser exportado. El listado oficial de las plantas elaboradoras de bioetanol y biodiesel puede verse en la página oficial de la secretaria de energía <http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3037>

Los cupos para el mercado interno son determinados mensualmente sí como los precios de referencia que se pagan a los proveedores que en el caso del biodiesel se segmentan por capacidad de producción.

EN todos los casos se le ha dado prioridad a las plantas regionales y de menor tamaño con la idea de fomentar un desarrollo distribuido en diferentes regiones del país.

Particularidades del sector agropecuario Argentino

El sector de producción primaria que incumbe al presente estudio desde el punto de vista de la originación de la materia prima procesada se encuentra contemplada en la sección denominada sector agricultura, ganadería, silvicultura y otros usos de la tierra En este sector se incluyen las emisiones y absorciones de tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales, humedales, asentamientos y otras tierras. También incluye las emisiones por la gestión de ganado vivo y de estiércol, las emisiones de los suelos gestionados y las emisiones de las aplicaciones de fertilizantes.

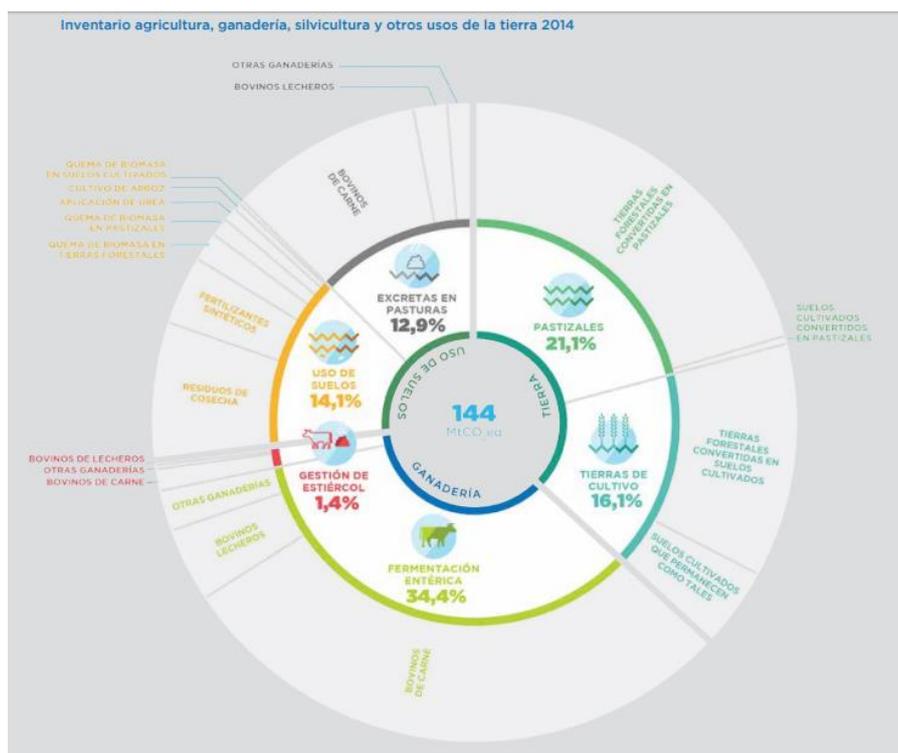


Figura 9 Distribución de las emisiones en el sector agropecuario

Se incluyen en este subsector las emisiones de N₂O por la aplicación de urea y fertilizantes sintéticos en suelos gestionados, por la quema de biomasa y los residuos de cosecha. También incluye las emisiones de CH₄ debidas a la producción de arroz. Se incluyen las emisiones de N₂O debidas al nitrógeno presente en residuos de cultivos (sobre la superficie y debajo de ésta), incluyendo los forrajes durante la renovación de pasturas. Este nitrógeno se convierte en N₂O en forma directa o a través de la volatilización y lixiviación (fuentes indirectas).

El nitrógeno aplicado en forma de fertilizantes sintéticos genera emisiones de N₂O, tanto en forma directa como indirecta. El agregado de urea a los suelos durante la fertilización conduce a una pérdida de CO₂ que se fija en el proceso de producción industrial (la materia prima principal es Gas Natural). La urea (CO(NH₂)₂) se convierte en amonio (NH₄⁺), ión hidroxilo (OH⁻), y bicarbonato (HCO₃⁻). El bicarbonato que se forma se convierte en CO₂ y agua. Se contabiliza la variación de carbono debida a la gestión de los suelos para las tierras de cultivos. Se incluye también las emisiones de N₂O debidas a la

mineralización/inmovilización de nitrógeno vinculada a la ganancia/pérdida de materia orgánica del suelo resultante del cambio del uso de la tierra o de la gestión

Los cambios en la metodología de cálculo, la reducción en el ritmo de deforestación y el incremento de eficiencia en la ganadería han contribuido a una baja en la contribución del sector en los últimos años

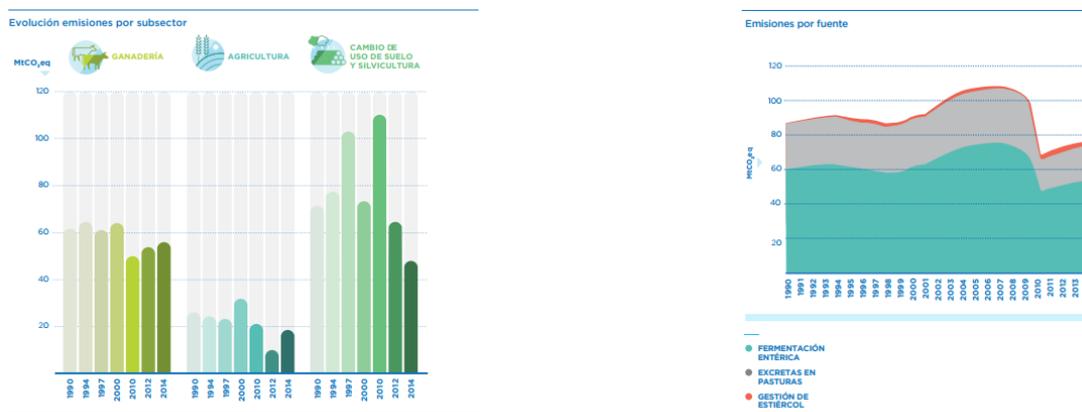


Figura 10 Evolución de las emisiones en el sector agropecuario

MARCO INTERNACIONAL, CONFERENCIA DE LAS PARTES Y ACUERDO DE PARÍS

La cuestión del cambio climático es encarada internacionalmente desde la denominada Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Desde allí, 194 miembros de Naciones Unidas debaten y resuelven objetivos macro y micro (respectivos a cada nación) en lo concerniente al control de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). El órgano ejecutivo de la CMNUCC es la Conferencia de las Partes (COP, por sus siglas en inglés). Se reúne anualmente desde 1995.

La República Argentina es país "Parte" de la COP y miembro de la CMNUCC. Conforme fuera establecido en la XX Conferencia Internacional sobre Cambio Climático o COP-20 (Lima, diciembre de 2014), nuestro país presentó en octubre de 2015 y de cara a la COP-21 su "Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional" (INDC, por sus siglas en inglés). Las INDCs, como consta en el portal oficial de la COP-20, "son un compromiso de la comunidad internacional para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, acorde con la CMNUCC y no exceder los 2 grados centígrados de temperatura en el planeta respecto a la época preindustrial. Las INDC serán determinadas por los países Parte de acuerdo a sus circunstancias nacionales y proporcionarán información sobre el nivel de ambición nacional en la reducción de gases de efecto invernadero y cómo está contribuye al objetivo último de la CMNUCC. También contendrá el horizonte de trabajo, la estrategia de implementación, los mecanismos de monitoreo, así como la información cuantificable sobre mitigación".

El Acuerdo de París comenzará a regir a partir de 2020. Se divide en tres grandes temas: 1) Mitigación de la emisión de gases de efecto invernadero (fundamentalmente dióxido de carbono o CO₂) a través de la de carbonización de los sistemas energéticos global y local (nacionales) en primerísimo lugar. Por de carbonización se entiende la declinación en la intensidad del CO₂ generada por el sector energético; 2)

Adaptación, que significa anticipar los efectos adversos del cambio climático y tomar medidas adecuadas para prevenir o minimizar el daño que estos pueden causar, aprovechando las oportunidades que puedan surgir. Se ha demostrado que bien planificada, la adaptación temprana ahorra dinero y vidas; y 3) Financiamiento para la realización de 1 y 2.

En la COP-21 de diciembre de 2015, 195 países adoptaron el primer acuerdo climático global de alcance universal y jurídicamente vinculante. El acuerdo establece un plan de acción mundial para poner al mundo en el camino de limitar el calentamiento global muy por debajo de los 2° C en relación a los niveles preindustriales, apuntando a limitar el incremento a 1,5° C. Para ello se necesita que las emisiones globales de CO₂ alcancen un máximo lo antes posible, reconociendo que los países en desarrollo tardarán más tiempo para lograr tal comportamiento en sus emisiones.

La Argentina llega a la COP22 de Marruecos con una primera revisión de su Contribución Nacionalmente Determinada (NDC) presentada en París. Este proceso posiciona al país como uno de los primeros en proceder a una revisión de sus compromisos frente al cambio climático, lo que demuestra un interés por mejorar la propuesta original y acercarse más a las responsabilidades de un estado posicionado en el puesto 21 de los grandes emisores del mundo, con emisiones per cápita mayores a las de algunos países europeos, miembro del G20, y con una economía de renta media muy superior a la de muchos países del mundo en desarrollo.

Hoy la Argentina cuenta con una contribución revisada, validada e incorporada a la política pública. No obstante, la propuesta dista de ser ambiciosa, ya que no supera el compromiso asumido en París en 2015 de reducir sólo un 15% de las emisiones de CO₂ a 2030.

Sumando los efectos de la ley de bosques y el mantenimiento de áreas verdes y cumpliendo la ley N° 27191 de Energías Renovables que estipula un 20% de fuentes renovables en la matriz energética para 2025, la Argentina superaría el compromiso asumido en París de conseguir el 12% a 2030 y un 8% adicional con apoyo internacional. A su vez, profundizando políticas de eficiencia energética (uno de los “yacimientos” menos desarrollados en el país) a través, por ejemplo, de sistemas de etiquetado en equipos eléctricos y de gas, está comprobado que se evitaría generar 6.000 MW, equivalentes a dos represas hidroeléctricas similares a Yacretá y un ahorro en costos de capital de U\$S 31.000 millones a 2030 (Escenarios energéticos para la Argentina (2013-2030) con políticas de eficiencia energética)

Con respecto al uso de la tierra, la propuesta argentina tiene pendiente desarrollar con mayor rigurosidad su compromiso en este sector que representa la mitad de su matriz de emisiones por las altas tasas de deforestación (Desde 1990 se perdieron 7,6 millones de hectáreas de bosques nativos, el equivalente a la provincia de Formosa). La asignación efectiva de los fondos estipulados por la Ley de Bosques N° 26.331' junto con la promoción de modelos agrícolas, ganaderos y forestales como la iniciativa de Manejo de Bosque con Ganadería Integrada (MBGI) del Ministerio de Agroindustria y la dirección de bosques permitiría un incremento en la fijación de carbono en bosques y suelo junto con la conservación de la biodiversidad y los ciclos de agua.

En la COP22 se espera que los países impulsen iniciativas concretas contra el calentamiento global, como ser proyectos de adaptación al cambio climático, y refuercen sus ambiciones al 2018 para mantener el calentamiento por debajo de 1,5°C y evitar así los peores impactos del cambio climático. En este campo las medidas propuestas por la Argentina son muy genéricas y llama la atención la ausencia total de acciones para proteger los océanos, principales reguladores del clima mundial, en un país con más de 5.000 km de costa y aproximadamente 4.800.000km² de mar argentino y océanos.

HUELLA HÍDRICA ASPECTOS DESCRIPTIVOS Y METODOLÓGICOS

Nicole Michard

METODOLOGÍA Y FUENTES DE DATOS

La investigación se basó en el uso de un amplio repertorio de material bibliográfico, datos de fuentes primarias y entrevistas no estructuradas a expertos. En los últimos años, diversas iniciativas se pusieron en marcha con el fin de desarrollar y estandarizar herramientas analíticas que permitieran medir y evaluar el uso de agua dulce a escala regional y global, mejorando la gestión global de los recursos hídricos.

Existen diferentes visiones y aplicaciones e intereses para la estimación de la Huella Hídrica que enfatizan distintos aspectos relacionados al agua, lo que ha conducido principalmente al desarrollo de dos vertientes para su evaluación. Una de ellas es la metodología propuesta y divulgada por la Water Footprint Network disponible para todas las aplicaciones y destinada a ser una herramienta de sostenibilidad hídrica de las cuencas, y la otra ha sido desarrollada por la ISO (International Organization for Standardization) y por la comunidad de LCA (Life Cycle Assessment) orientada a la aplicación corporativa. Ambas metodologías resultan ser diferentes y complementarias, por lo que debe tenerse precaución al momento de querer comparar los resultados puesto que los mismos no son comparables entre sí y deben ser analizados de manera independiente .

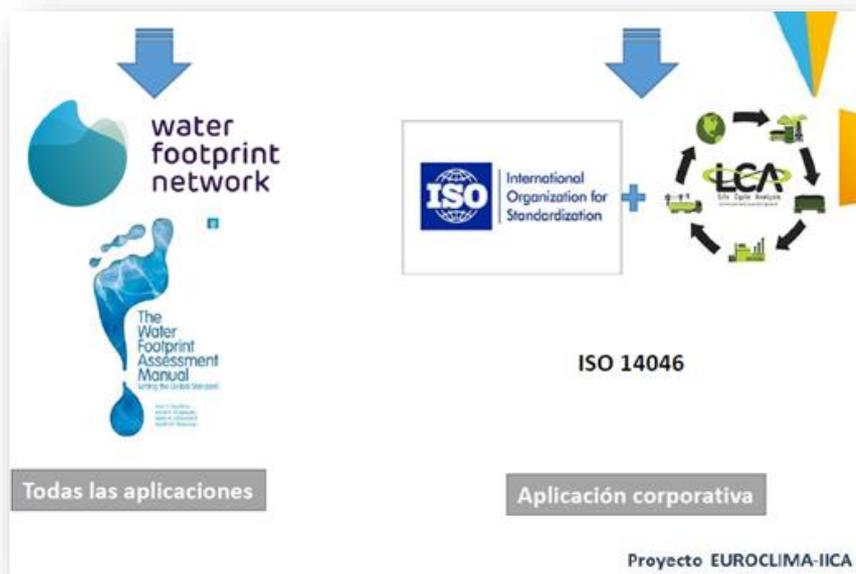


Figura 11 Metodologías de Huella Hídrica

Fuente: Proyecto EUROCLIMA – IICA

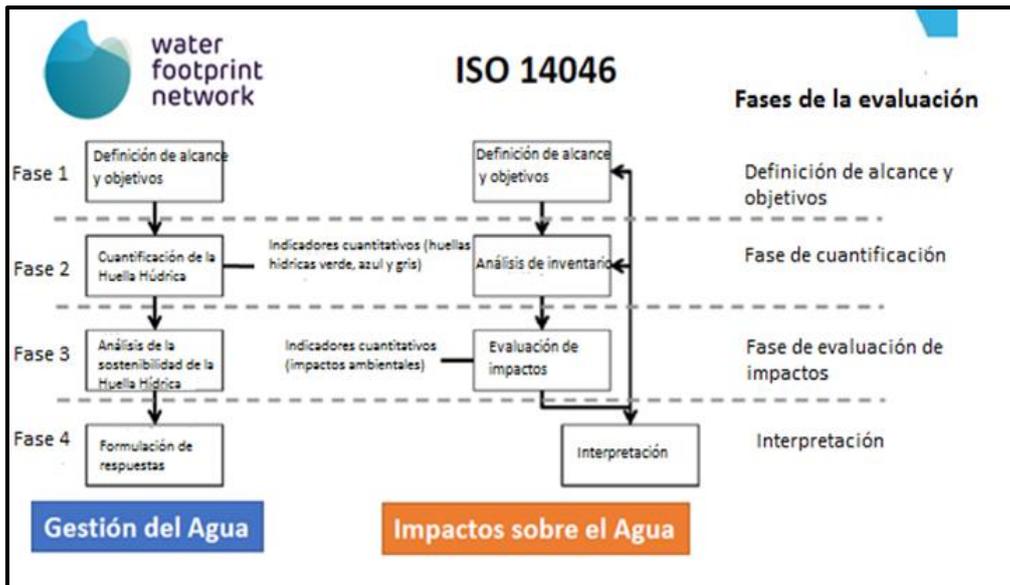


Figura 12 Diferencias entre las dos vertientes de evaluación de Huella Hídrica.

Fuente: Adaptado de Proyecto EUROCLIMA – IICA

La metodología de Water Footprint Network (WFN) conforma un indicador del uso directo e indirecto de agua dulce, el cual se mide en términos de volúmenes de agua dulce consumidos o contaminados. Esta metodología incluye cuatro fases (Figura 13 y 14):

- Definición de objetivos y alcance (espacio-temporal) de la evaluación

En este punto deben entablarse las razones para desarrollar la evaluación, y definir sus límites. Esta discusión preliminar definirá, finalmente, las decisiones que deben tomarse durante el estudio, así como las suposiciones.

El alcance establece los límites del estudio según el propósito del mismo

- Cuantificación de la Huella Hídrica

En esta fase se procede a la recolección de datos y se desarrolla la cuantificación. El nivel de detalle en esta fase depende de las decisiones realizadas en la fase anterior.

- Análisis de sostenibilidad de la huella hídrica

Los resultados de huella hídrica son evaluados desde el punto de vista de la sostenibilidad ambiental, económica y social.

- Formulación de respuestas

En base a los resultados obtenidos, se plantean estrategias o políticas de respuesta para mejorar la gestión del recurso hídrico.



Figura 13 Fases de la evaluación de la Huella Hídrica según WFN.

Fuente: Elaboración propia.

Colores del agua y huellas hídricas

Los volúmenes de agua cuantificados siguiendo esta metodología incorporan procedencia y contaminación, por lo que surge la clasificación de tres tipos de agua:

Agua Verde: hace referencia a la humedad del suelo y fue presentado por primera vez en 1993 por Malin Falkenmark, con el propósito de concientizar respecto al agua disponible para el crecimiento de la biomasa y su participación en la evapotranspiración.

Agua Azul: representa el flujo horizontal del agua, es decir, el agua de escorrentía, las fuentes de agua superficial, ríos y lagos, y fuentes de agua subterránea, acuíferos (FAO 2000).

Agua Gris: representa los vertimientos generados a causa de procesos antrópicos que llegan a fuentes de agua naturales y se identifican como una amenaza que puede alterar la condición de calidad natural del cuerpo receptor y por tanto, reducir la disponibilidad de agua para los usuarios.

El impacto sobre el agua se identifica con estos colores, por lo que la evaluación de la Huella Hídrica siguiendo a WFN abarca:

La huella hídrica verde, que se refiere al consumo de agua proveniente de la precipitación (Agua Verde), almacenada temporalmente en el suelo o la vegetación, y consumida durante el proceso de producción ya sea por evapotranspiración o como agua incorporada al producto (particularmente importante en productos agrícolas).

La huella hídrica azul constituye un indicador del uso consuntivo de agua superficial y subterránea (Agua Azul) ya sea evaporada, incorporada al producto/proceso o devuelta al medio.

Por último, la huella hídrica gris se refiere a la contaminación y es definida como el volumen de agua dulce requerido para asimilar la carga contaminante (Agua Gris), considerando las normas de calidad de agua existentes. La inclusión de esta huella es relativamente nueva en los estudios de uso del agua, y está justificado cuando se considera la relevancia de la contaminación como impulsor de la escasez de agua, ya que el consumo no es el único factor que influye (Mekonnen & Hoekstra 2011).

La huella hídrica, por su división en los tres colores, complementa de manera significativa la visión tradicional de la contabilidad del uso del recurso hídrico, permitiendo formular estrategias de gestión más eficientes.

En la extracción de agua azul, puede diferenciarse el uso consuntivo y no consuntivo de agua. La huella hídrica se enfoca en el aspecto de uso consuntivo, ya que en el caso del uso no consuntivo, el agua retorna a la cuenca de donde se extrajo y por lo tanto está disponible para otros usos, aunque quizás no con la misma calidad.

Es importante destacar que una vez obtenidas las tres huellas, debe visualizarse cuál de ellas es la mayor para poder detectar los puntos críticos que deben ser gestionados, y no sumarlas para obtener un único valor de huella hídrica.

$$HH (m^3 H_2O) = HH_{verde} + HH_{azul} + HH_{gris}$$

Figura 14 Fórmula de cálculo de la Huella Hídrica según WFN.

La otra vertiente metodológica aquí presentada, aprobó la publicación de la nueva norma internacional hacia finales de mayo de 2014: ISO 14046:2014 – Gestión ambiental – Huella hídrica – Principios, requisitos y directrices (ISO 14046:2014, Environmental management – Water footprint – Principles, requirements and guidelines). Por lo tanto, dicha norma especifica los requisitos, principios y directrices relacionadas con la huella hídrica en la evaluación de los productos, procesos y organizaciones basadas en la evaluación del ciclo de vida (ACV). La misma define a la huella hídrica como: “métricas que cuantifican los impactos ambientales potenciales relacionados con el agua”.

La definición se ha dejado abierta para permitir la elección del método de cuantificación. Es importante también resaltar que sólo analiza impactos *ambientales* potenciales relativos al *agua*, excluyendo cualquier referencia a impactos sociales o económicos. También deja claro que no se está evaluando el consumo de agua como un fin en sí mismo, sino su impacto (Montserrat 2014).

Según la ISO 14046, la evaluación de la Huella Hídrica debe incluir las cuatro fases del ACV :

- a) Definición del objetivo y alcance
- b) Análisis de inventario de la Huella Hídrica
- c) Evaluación de impacto de la Huella Hídrica
- d) Interpretación de resultados

a) Un estudio de Huella Hídrica puede tener varios propósitos y ser aplicado en diferentes contextos. Cada propósito requiere la definición de su propio alcance. Así, puede resultar de interés calcular la HUELLA HÍDRICA de una etapa de proceso, de un producto, de un consumidor, de un grupo de consumidores, de un sector industrial, etc. En este caso, pretendemos calcular la huella hídrica del bioetanol producido desde la cuna a la puerta de la biorrefinería.

b) El análisis de inventario incluye la colección de datos y el cálculo de procedimientos para cuantificar las entradas y salidas relevantes del sistema de producto.

c) Los impactos evaluados pueden ser representados por uno o más parámetros que cuantifican los impactos ambientales potenciales de un producto, proceso u organización.

d) La interpretación de resultados debe realizarse siguiendo una serie de etapas estipuladas en la ISO 14046.

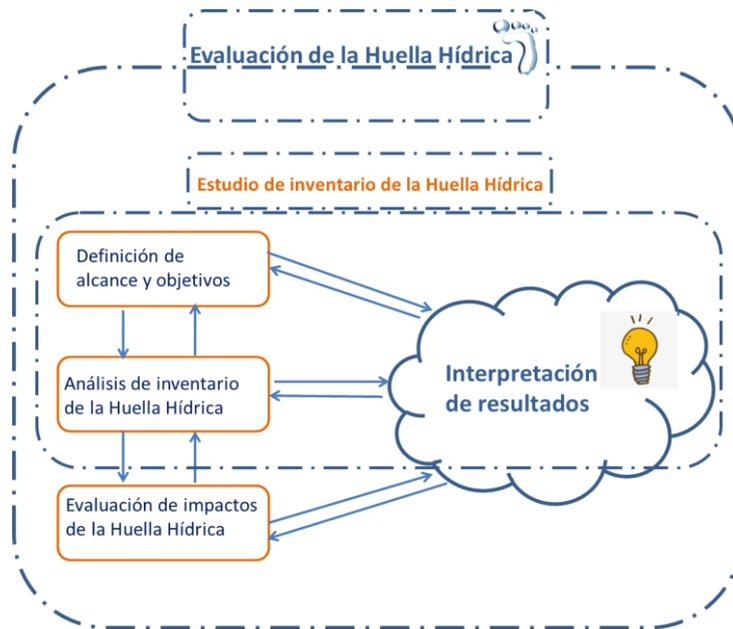
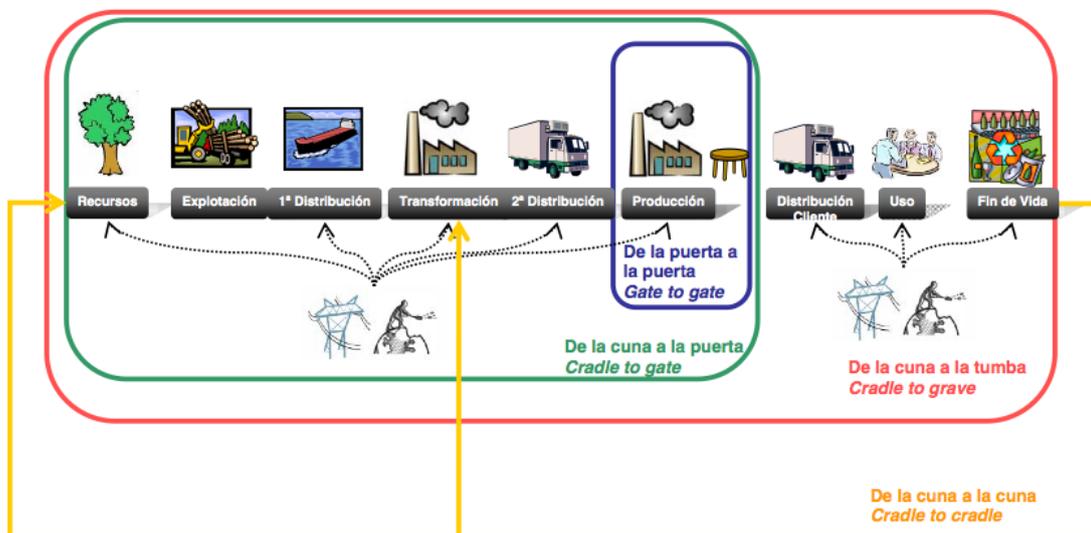


Figura 15 Fases de la evaluación de Huella Hídrica según ISO.

Fuente: Elaboración propia.



Terminología relacionada con el alcance de un ACV

Figura 16 Alcance del estudio.

Fuente: Jordá, 2015.

La evaluación de impactos de la Huella Hídrica mediante ISO 14046 incluye dos sets de categorías de impacto, de las cuales 18 se denominan de punto intermedio: Cambio Climático (CC); Agotamiento de la capa de ozono (OD); Acidificación terrestre (TA); Eutrofización de agua dulce (FE); Eutrofización marina (ME); Toxicidad humana (HT); Formación de oxidantes fotoquímicos (POF); Formación de material

particulado (PMF); Ecotoxicidad terrestre (TET); Ecotoxicidad de agua dulce (FET); Ecotoxicidad marina (MET); Radiación ionizante (IR); Ocupación suelo rural (ALO); Ocupación suelo urbano (ULO); Transformación de suelo natural (NLT); Agotamiento de los recursos hídricos (WD); Agotamiento de recursos minerales (MD); Agotamiento de combustibles fósiles (FD).

En cuanto al nivel de punto final, la mayoría de estas categorías de impacto de punto intermedio son luego convertidas y agregadas a estas tres categorías de punto final: Daño a la salud humana (HH); Daño al ecosistema (ED); y Daño a la disponibilidad de recursos (RA).

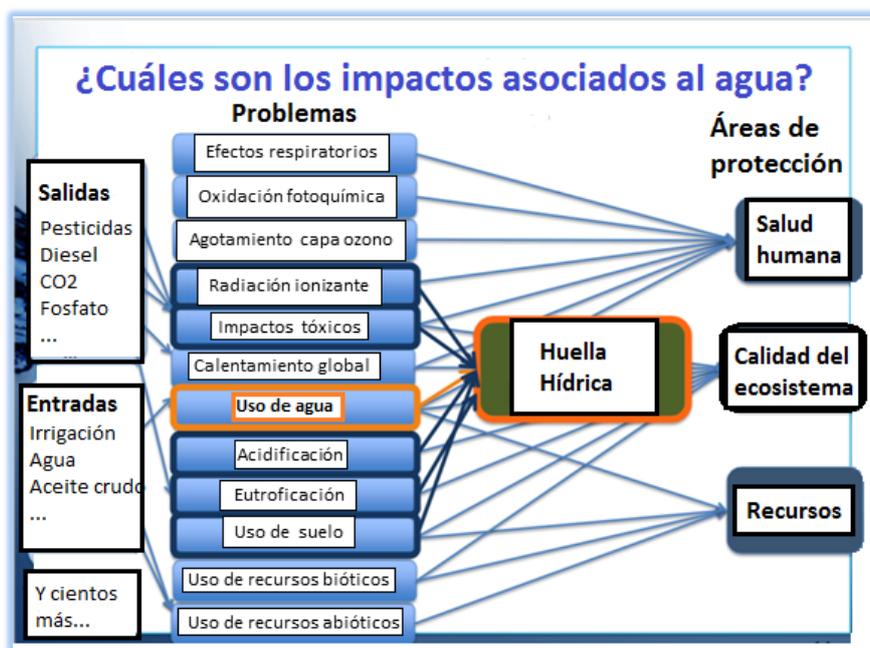


Figura 17 Esquema de impactos asociados al agua según ISO 14046.

Fuente: Adaptado de Jordá, 2015.

El ACV de la producción de biocombustibles requiere de un análisis específico debido a la importancia de las condiciones locales en la estimación de impactos ambientales. Por lo tanto, es fundamental utilizar datos sitio - específicos con el fin de obtener resultados lo más representativos posible (Pieragostini 2014). En este contexto, se destaca la importancia de la territorialidad de los sistemas agrícolas en cuanto a la variabilidad de los datos, ya que los mismos pueden ser influenciados por el clima, tipo de suelo, etc. Este concepto constituye un factor clave a tener en cuenta cuando se realizan los inventarios para este tipo de estudios. A su vez, vincular metodología de ACV con SIG facilita la espacialización de los datos de entrada del inventario (Xue, X. et al. 2012).

Metodología utilizada

En el presente trabajo realizamos el cálculo de las Huellas Hídricas verde, azul y gris según la metodología de WFN.

En primer lugar, procedimos a calcular la evapotranspiración de agua verde del cultivo utilizando el software Cropwat 8.0 desarrollado por FAO. El propósito principal de dicho software es el de calcular los requerimientos hídricos y la programación de riego de los cultivos en base a datos introducidos por el

usuario, ya sean datos propios o bien los que se encuentran en la base de datos CLIMWAT. El Cropwat utiliza el método de la FAO Penman-Monteith para determinar la evapotranspiración de los cultivos (ET). Los valores de ET son utilizados posteriormente para estimar los requerimientos hídricos de los cultivos, a partir de variables climáticas, edáficas y ecofisiológicas. Por último se realizó el cálculo de las tres huellas hídricas según la metodología propuesta en el Manual de Water Footprint Network.

Huella Hídrica Verde

El cálculo de la huella hídrica verde del sector agrícola consiste, básicamente, en la estimación de la evapotranspiración verde y azul de los cultivos, para el periodo de tiempo establecido. El método más conocido para el cálculo de la evapotranspiración de un cultivo es el de Penman-Monteith. La agricultura de secano utiliza únicamente agua verde mientras que la agricultura de regadío consume agua verde y azul.

El software CROPWAT 8.0 se organiza en 8 módulos, de los cuales 5 son de datos de entrada y 3 son módulos de cálculo. Los módulos de entrada de datos son los siguientes:

1. Clima/ETo: ingreso de datos climáticos que permitan el cálculo de la ETo Penman-Monteith (Figura 18).

Country	Argentina		Station	Manfredi2008			
Altitude	292	m.	Latitude	31.82	°S	Longitude	63.77 °W
Month	Min Temp	Max Temp	Humidity	Wind	Sun	Rad	ETo
	°C	°C	%	km/day	hours	MJ/m ² /day	mm/day
January	17.8	30.9	67	251	8.9	24.6	5.88
February	15.4	28.9	79	201	8.6	22.8	4.71
March	12.9	26.4	84	207	6.9	17.8	3.48
April	7.1	24.9	75	209	8.5	16.5	3.21
May	4.4	21.1	77	213	7.0	12.0	2.24
June	-1.6	17.1	74	213	7.0	10.6	1.76
July	4.6	19.2	77	243	6.3	10.6	1.87
August	1.0	20.7	55	296	8.4	15.1	3.46
September	3.4	21.9	58	312	8.1	18.1	3.99
October	9.5	25.4	67	296	8.7	22.0	4.57
November	13.8	29.8	54	300	10.0	25.9	6.54
December	15.0	29.6	68	223	8.9	24.9	5.56
Average	8.6	24.7	70	247	8.1	18.4	3.94

Figura 18 Clima/ETo- Manfredi 2008

2. Precipitación: ingreso de datos de precipitación y cálculo de la precipitación efectiva (Figura 19). Este término indica la proporción de la precipitación que efectivamente puede ser usada por el cultivo. Ppt. Manfredi 2008

Estación		Método Prec. Ef	
Manfredi2008		Método USDA S.C.	
	Precipit.	Prec. efec	
	mm	mm	
Enero	144.0	110.8	
Febrero	132.5	104.4	
Marzo	129.0	102.4	
Abril	43.0	40.0	
Mayo	17.5	17.0	
Junio	4.0	4.0	
Julio	0.0	0.0	
Agosto	0.0	0.0	
Septiembre	36.0	33.9	
Octubre	88.5	76.0	
Noviembre	80.8	70.4	
Diciembre	60.5	54.6	
Total	735.8	613.5	

Figura 19 Precipitaciones medias

3. Cultivo: ingreso de datos del cultivo y de la fecha de siembra (Figura 11)

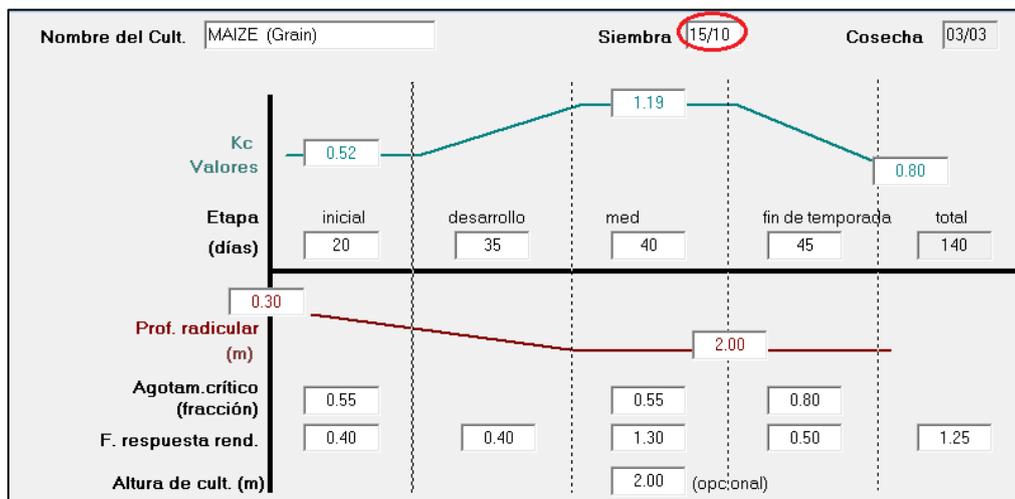


Figura 20 Campaña Manfredi 2008 - siembra temprana

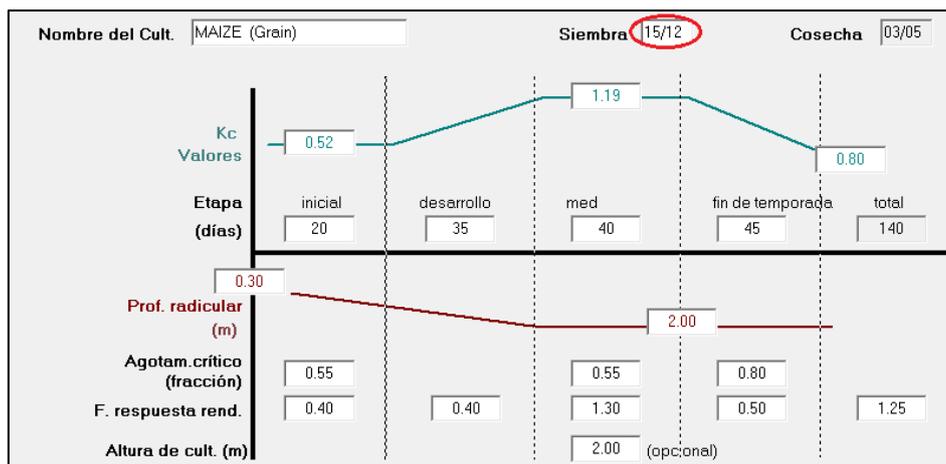


Figura 21 Campaña Manfredi 2008 - siembra tardía

4. Suelo: ingreso de datos de suelo

Nombre del suelo		Manfredi2008
Datos generales de suelo		
Humedad de suelo disponible total (CC-PMP)	210.0	mm/metro
Tasa máxima de infiltración de la precipitación	58	mm/día
Profundidad radicular máxima	180	centímetros
Agotamiento inicial de hum. de suelo (como % de ADT)	50	%
Humedad de suelo inicialmente disponible	105.0	mm/metro

Figura 22 Ingreso de datos de suelo

Los valores utilizados en los módulos del Cultivo y Suelo son los mismos para todos los años, ya que las variaciones se encuentran en los módulos de Clima/ET₀ y Precipitación, dependientes de la campaña considerada. Para estos dos últimos, se ingresaron datos del 2008 al 2016.

Los datos climáticos mensuales fueron obtenidos de las estaciones meteorológicas de Manfredi (Córdoba), Pilar (Córdoba) y del Aeropuerto de Córdoba. La **Tabla 5** refleja un resumen de los datos climáticos requeridos para ingresar en el software. Las variables edáficas se definieron a partir del Atlas de Suelos de INTA, mientras que las variables ecofisiológicas del maíz fueron consultadas con especialistas de la EEA Manfredi con el fin de obtener datos específicos de la zona.

Tabla 5 Resumen de datos climáticos 2008-2016.

	TMIN	TMAX	HREL	V2	HELIO EF	RADGL	PPT
	°C	°C	%	m/s	hs	mj/m2/d	mm
2009	8,83	25,62	64,92	3,09	8,25	15,77	655,00
2016	9,88	24,65	73,19	2,04	6,52	15,15	995,50
2008-2016	9,40	24,97	69,93	2,49	7,60	16,32	817,14

Fuente: Elaborado por Anschau y Michard a partir de datos climáticos obtenidos de las estaciones meteorológicas Manfredi (INTA), Córdoba (AERO) y Pilar (AERO), reflejando un año seco (2009), un año húmedo (2016) y el promedio 2008 - 2016.

Referencias: TMIN: temperatura mínima; TMAX: temperatura máxima; HREL: humedad relativa; V2: viento a dos metros; HELIO EF: heliofanía efectiva; RADGL: radiación global; P.T: precipitación total.

Con respecto a las características del cultivo, se consideró un ciclo de crecimiento de 140 días, manejo utilizado habitualmente en Manfredi. La fecha de siembra temprana fue fijada el 15/10 y de cosecha el 03/03, mientras que en la siembra tardía se estableció un periodo comprendido entre el 15/12 y el 03/05.

El Kc también fue consultado con un técnico de INTA Manfredi para ajustar el modelo con datos reales y prácticas frecuentes de la zona.

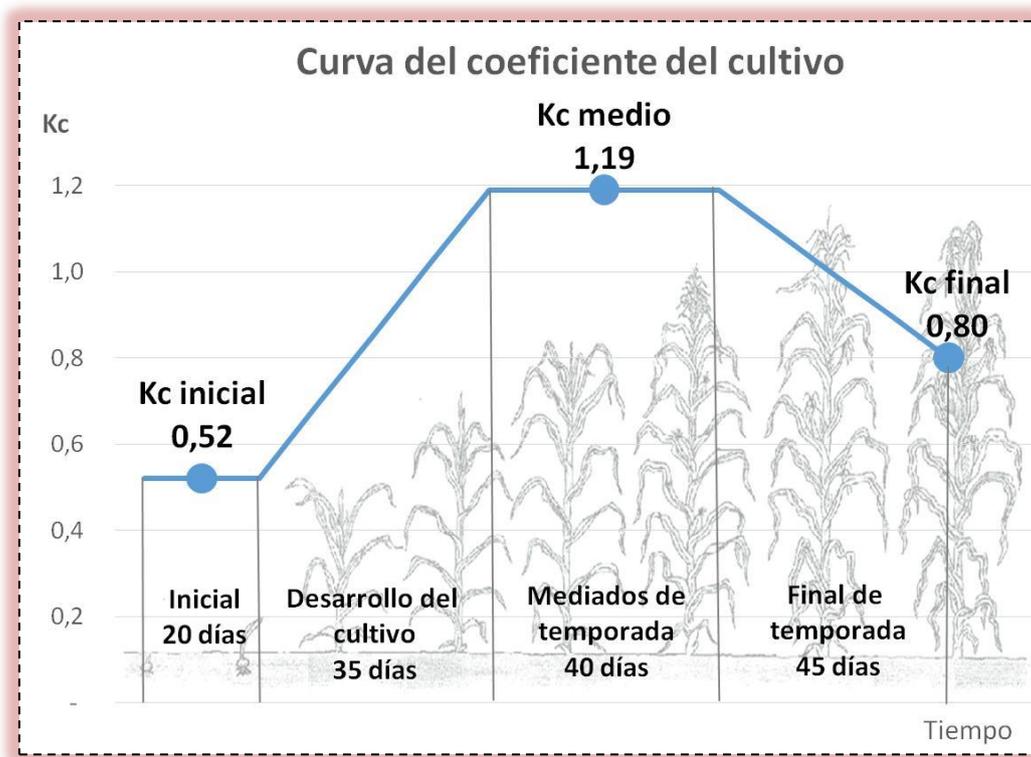


Figura 23 Ciclo de desarrollo del cultivo de maíz , Córdoba

Fuente: Elaboración propia.

El concepto de Evapotranspiración de referencia (ET_o) fue introducido para estudiar la demanda evaporativa de la atmósfera independientemente del tipo de cultivo, su desarrollo o su manejo. Si conocemos el coeficiente del cultivo que estamos estudiando, podemos ajustar la ET_o y obtener la evapotranspiración del cultivo (K_c) de la siguiente manera:

$$ET_c = K_c \times ET_o$$

Donde: Kc: coeficiente del cultivo, que incorpora las características del cultivo y un promedio de efectos de la evaporación del suelo.

ETo: representa la evapotranspiración de referencia, que expresa la evapotranspiración de un cultivo de referencia hipotético de pastura sin escasez de agua.

El cálculo de la HH verde consta de una serie de pasos, donde debemos calcular en primera instancia la ETo (mm/día) y luego la ETc (mm/día) para finalmente obtener el requerimiento hídrico del cultivo CWR (m3/ha):

$$CWR = \sum ETc$$

$$CWR = 10 \times \sum ETc$$

Una vez obtenidos los datos de requerimientos hídricos de cada campaña, como la sumatoria de la ET acumulativa durante el período de crecimiento (y luego multiplicado por 10 para tener unidades en m3), se procedió a calcular la Huella Hídrica verde, como se ilustra a continuación:

$$HHverde = \min(CWR, P_{eff}) + DF$$

La evapotranspiración de agua verde (HHverde) se calcula como el mínimo entre el requerimiento hídrico del cultivo (CWR) y la precipitación efectiva (Peff) más la deficiencia de humedad del suelo (DF).

WF verde = Evapotranspiración de agua verde + Incorporación de agua verde

En Cropwat 8.0 podemos visualizarlo de la siguiente manera:

Totales			
Lámina bruta total	0.0	mm	
Lámina neta total	0.0	mm	
Pérdida total de riego	0.0	mm	
Uso real de agua del cultivo	548.7	mm	
Uso pot. de agua del cultivo	752.4	mm	
Efic. de programación de riego	-	%	
Deficiencia de programación de riego	27.1	%	
			Precipitación total 487.5 mm
			Precipitación Efectiva 487.5 mm
			Pérdida tot.prec. 0.0 mm
			Def. de hum. en cosecha 250.2 mm
			Requer. reales de riego 264.9 mm
			Efic. de precipitación 100.0 %

Figura 24 Obtención de ET verde con Cropwat 8.0

Evapotranspiración de agua verde = min (Requerimiento Hídrico de cultivo, Precipitación efectiva)= min (752,4, 487,5) = 487,5

El suelo tiene un déficit de 250,2 mm de agua al momento de la cosecha, es decir el agua ha sido evapotranspirada por el cultivo por lo que se asigna a la ET verde. Entonces: Evapotranspiración total de agua verde = 487,5 + 250,2 = **737,7 mm**

La huella hídrica verde obtenida por hectárea corresponde a la huella hídrica territorial, por lo tanto para obtener la huella hídrica por producto, debemos dividir por el rendimiento obtenido en cada campaña:

$$HHverde = \frac{CWUverde}{Y}$$

Para precisar el componente verde de la huella, se debe tener en cuenta el principio básico de que la entrada de agua al sistema es la precipitación, no obstante, no toda la precipitación que cae es utilizable

por parte del cultivo, por lo que hay una proporción de precipitación efectiva que es la que realmente es capaz de suplir la necesidad hídrica del cultivo.

Huella Hídrica Gris

Para realizar el cálculo de la huella hídrica gris total se calculó la huella hídrica de cada agroquímico por separado. El primer paso consistió en conocer los volúmenes de cada agroquímico utilizado en el ciclo del maíz. Para ello se obtuvieron, los valores relavados en la muestra representativa de ACABIO.

Cuando una sustancia química es aplicada sobre el suelo, como en el caso de fertilizantes o agroquímicos, suele ocurrir que una fracción percole al agua subterránea o se deslice por escorrentía hacia un río o arroyo. En este caso, la carga contaminante corresponde a esa fracción del total aplicado, denominado coeficiente de lixiviación. Determinar el valor de dicho coeficiente no es una tarea sencilla dado que el agroquímico suele alcanzar los cuerpos de agua subterráneos y/o superficiales de manera difusa, por lo que se han establecido valores estándar para metales, fertilizantes y pesticidas , (Franke et al 2013).

Tabla 6: Coeficiente de lixiviación α establecido para nitrógeno y pesticidas.

	Nitrógeno	Pesticidas
Coeficiente de lixiviación α	0,1	0,01

Fuente: Franke et al. 2013

Por lo tanto, para realizar el cálculo de la huella hídrica gris, se multiplicó la carga total del agroquímico por el factor de lixiviación α , dividiendo por la diferencia entre la concentración máxima permitida para dicho contaminante y su concentración natural (en este caso =0).

$$HH_{gris} = \frac{L \times \alpha}{CC_{max} - CC_{nat}}$$

Donde L es carga de agroquímicos (masa), α es el coeficiente de lixiviación, CC_{max} es la concentración máxima permitida para dicho contaminante y CC_{nat} corresponde a su concentración natural, obteniendo un valor de huella hídrica gris en m^3/ha .

La fórmula anterior luego se dividió por el rendimiento de la campaña (Y) para obtener la huella hídrica gris en m^3/tn :

$$HH_{gris} = \frac{(L \times \alpha) / (CC_{max} - CC_{nat})}{Y}$$

Tabla 7 Concentración máxima permitida para los plaguicidas utilizados en el cultivo de maíz.

Agroquímico	Concentración máxima (mg/m ³)	Fuente
Glifosato 58%	700,00	US EPA
2,4 D	30,00	OMS, Ginebra 2004
Dicamba	0,10	P.DB, EU Dir 89/778
Atrazina 50	0,60	Franke et al 2013
Metolachlor	8,00	Franke et al 2013

Tabla 8 Concentración máxima permitida para los fertilizantes utilizados en el cultivo de maíz.

Nutrientes	Concentración máxima permitida (mg/l)
Nitrato (NO ₃) ⁶	13

Fuente: Franke et al. 2013

Los principales pesticidas utilizados en la producción de maíz son el glifosato 58%, 2,4D sal amina, dicamba, atrazina 50% y metolachlor. En cuanto a los fertilizantes, los utilizados en el cultivo estudiado son el SOLMIX con un 32% de nitrógeno, y el Fosfato diamónico con un 46% de fósforo. El primero de ellos se usa en cantidades que oscilan entre los 370 y 400 kg/ha, correspondiendo a un aporte de entre 118 y 128 kg de nitrógeno por cada hectárea. A los fines de usar un valor promedio se consideraron 385 kg de SOLMIX por hectárea, equivalente a 246 kg/N ya que se realizan dos aplicaciones. En el caso del fósforo, se aplican 90 kg/ha del fertilizante lo que equivale a un aporte de 41,4 kg/ha de fósforo total. La movilidad del fósforo en el terreno es baja ya que los fosfatos suelen asociarse con otras sustancias minerales del suelo formando compuestos insolubles en el agua. Estas características hacen que tenga bajas tasas de lixiviación a diferencia de lo que ocurre con el nitrógeno que posee una elevada movilidad en el terreno y no puede ser retenido en él, adjudicándole una mayor susceptibilidad a la lixiviación (Vega 2010). Por este motivo, se evaluó sólo la huella hídrica gris del nitrógeno.

Para obtener su masa (en miligramos) se multiplicó la dosis aplicada de cada uno por su densidad, y luego se procedió a multiplicar por su coeficiente de lixiviación que, en el caso de los plaguicidas, es del 10%.

Finalmente, se procedió a dividir la carga lixiviada de cada agroquímico por las respectivas concentraciones máximas permitidas ya que, en todos los casos, se consideró que su concentración natural era nula dado que se trata de productos sintéticos.

En el caso de los fertilizantes, el estudio de Formica et al. 2015 encontró valores inferiores a 0,5 mg/L de NO₃ en las nacientes del Río Ceballos, por lo que validamos de algún modo la concentración natural estándar establecida por Franke et al. 2013 en el reporte de la huella hídrica gris, siendo representativa para tomar como valor de referencia. En el estudio de Formica et al. demuestran cómo dicho valor va aumentando a medida que nos desplazamos aguas abajo.

Tabla 9 Concentración natural establecida para el nitrógeno y fósforo.

Nutrientes	Concentración natural (mg/l)
Nitrato (NO ₃)	0,1

Fuente: Franke et al. 2013

Huella Hídrica Azul

La huella hídrica azul de la etapa industrial se calculó como la sumatoria de dos componentes: agua azul evaporada y agua azul incorporada en coproductos. Dado que las únicas pérdidas que se registran en el sistema son a través de la evaporación, los caudales de entrada y salida son los mismos.

$$HH_{Azul} = \text{Evaporación Agua Azul} + \text{Incorporación Agua Azul}$$

Cada componente de la huella hídrica azul puede ser medido directa o indirectamente. Se sabe con certeza cuánta agua es agregada como parte del producto. El agua que se evapora durante todo el proceso productivo, por lo general, no se puede medir directamente, pero se puede inferir como la diferencia entre la extracción y la disposición final.

En el caso de los datos proporcionados por ACABIO, los mismos se encuentran contabilizados con precisión, lo que permite realizar un cálculo directo. Por lo tanto, para estimar la huella hídrica azul de la etapa industrial, se procedió a sumar todas las salidas de agua en el bioetanol y demás coproductos, a la vez que se adicionó la salida de agua por evaporación. Finalmente, se descontó el agua ingresada como humedad del maíz.

Dado que el bioetanol no es el único producto obtenido del proceso de la planta de ACABIO, no podemos adjudicarle todo el consumo de agua azul a este combustible. En este sentido, es necesario establecer una metodología que permita distribuir el uso entre los distintos coproductos con el fin de imputarle a cada uno de ellos su participación en el consumo de agua, realizando una asignación en base a criterios objetivos. El procedimiento utilizado al efecto fue calcular la ponderación del bioetanol en la producción total (incluyendo coproductos) de ACABIO, de acuerdo a las siguientes asignaciones:

- Masa: toneladas producidas de cada producto sobre el total. Se procedió a transformar las distintas producciones a una misma unidad de masa (en este caso toneladas). Para ello se multiplicaron las producciones de bioetanol y aceite vegetal en volumen por sus respectivas densidades. Posteriormente se obtuvo la participación relativa de cada uno de los productos, la cual se utilizó como ponderador para la asignación de la huella hídrica azul calculada anteriormente.
- Económica: corresponde a las toneladas producidas multiplicadas por el precio por tonelada de cada producto, dividido por la valorización total.
- Energética: corresponde a las toneladas producidas multiplicadas por el contenido energético de cada producto, dividido por el contenido energético total.

Una vez obtenidos los ponderadores se multiplicó cada uno por la huella hídrica azul de la etapa industrial y se los dividió por el volumen de bioetanol producido, obteniendo tres formas de cálculo según el criterio considerado.

Huella Hídrica total del Bioetanol

Como última instancia de esta investigación se efectuó el cálculo de la huella hídrica total del bioetanol, abarcando las dos etapas primordiales implicadas en el proceso de producción.

A este respecto, se calculó el maíz necesario para producir 1 m³ de bioetanol, obteniendo un valor de 2,45 tn/m³ producto del cociente entre el maíz ingresado a la planta y el bioetanol total obtenido. Dicho coeficiente fue luego multiplicado por las huellas verde y gris de la etapa agrícola, a lo que se adicionó la huella azul de la etapa industrial, que en comparación resulta poco significativa.

Una vez obtenida la huella hídrica total del bioetanol por unidad de volumen se procedió a obtener la misma por unidad de energía, que es otra de las cuatro formas en que se presenta habitualmente en la bibliografía. A este efecto se dividió la huella hídrica total por el contenido energético del bioetanol (27,31 mj/kg).

ANÁLISIS DE SUSTENTABILIDAD

Desde el inicio de la difusión y puesta en marcha de la producción de biocombustibles a nivel mundial tres temas han estado siempre en la mesa de discusión y controversia, estas son los balances energéticos, la competencia con los alimentos y la preservación del medio ambiente. Hoy en día estos cuestionamientos se están expandiendo hacia otros productos de la mano de crecientes exigencias por parte de grandes cadenas de supermercados.

La acción de diferentes centros de investigación, organismos no gubernamentales ecologistas y partes interesadas han instalado con fuerza el tema de las amenazas que se presentan ante una expansión irrestricta de la producción de biocombustibles en el mundo así como el impacto de la producción agrícola.

El bioetanol de maíz ha sido particularmente cuestionado dado su relativo menor balance energético y la no comprensión integral del uso múltiple que tienen la industrialización del grano en el mercado energético y de alimentación animal.

La creciente preocupación acerca de la sustentabilidad de los biocombustibles ha llevado a instituciones científicas, académicas así como a ciertos gobiernos e instituciones a trabajar intensamente en estos temas. Dada la significativa participación de Argentina como primer exportador mundial de biocombustibles se analiza con suma atención su evolución así como otras posibles fuentes de biomasa lo cual implica una nueva demanda a áreas y programas del INTA así como sus unidades.

Esta temática se viene trabajando en el marco de la red panamericana de sustentabilidad de biocombustibles y bioenergía que contempla expertos e instituciones de diferentes países de América. En la conferencia internacional llevada a cabo en septiembre en Buenos Aires se arribaron a diez puntos principales como conclusiones del tema que merecen ser expuestos en el presente informe:

1. Debe diferenciarse la explotación de biomasa tradicional ligada a la destrucción del ambiente y los recursos naturales. de la moderna bioenergía que permite obtener una diversidad de

- beneficios y servicios ambientales al mismo tiempo que incrementar las oportunidades de empleo y crecimiento económico.
2. Es fundamental, para alcanzar las metas mundiales de desarrollo sustentable tener en cuenta la moderna bioenergía derivada de la captura y transformación de la energía solar mediante la fotosíntesis. La biomasa tiene un gran potencial para superar la “pobreza energética” para ello debe incrementarse su uso en escala pasando de los 23 a los 93 EJ a nivel mundial.
 3. La aceptación y promoción de la bioenergía está íntimamente ligada a la comunicación a los ciudadanos. Se remarca la necesidad de alcanzar una correcta percepción pública sobre sus bondades y beneficios en relación a las alternativas fósiles.
 4. La sustentabilidad ha pasado a transformarse en un aspecto indivisible de la producción y uso de la bioenergía moderna.
 5. Existe una urgente necesidad de incrementar la superficie de captura solar sobre la superficie terrestre aumentando de ese modo la producción de biomasa en todas sus formas, con el objetivo de cumplir las metas del milenio y los compromisos de la COP Paris. Cultivos de cobertura y adecuadas rotaciones se plantean como alternativas de crecimiento. Nos enfrentamos asimismo, con una nueva revolución de productividad de biomasa y su transformación mediante el mejoramiento de plantas C4. Sin embargo para mantener una producción sustentable a lo largo del tiempo se deben implementar medidas y sistemas de monitoreo y estudio sobre los agro ecosistemas.
 6. La baja densidad energética y la alta dispersión geográfica imponen grandes desafíos a la producción, transporte y logística. La asistencia satelital y el empleo de los sistemas de información geográfica son fundamentales para alcanzar un desarrollo sustentable de diferentes formas de biomasa.
 7. La bioenergía genera múltiples impactos con beneficios económicos, ambientales y sociales que deben ser medidos y monitoreados en el tiempo. Es necesario realizar estudios de carácter sistémico y holístico con consideraciones sitio específicas de manera de poder contemplar la afectación de pluriproductos, plurimercados y multirequerimientos.
 8. Existen razones políticas, estratégicas y económicas detrás de toda medida de fomento de la bioenergía y los biocombustibles por los diferentes países. Tanto los consumidores como los productores de todas las escalas deben ser tenidos en cuenta incluyendo al sector de productores agropecuarios.
 9. Los estándares y esquemas de certificación son útiles para fomentar la sustentabilidad en la producción y transformación de biomasa. Sin embargo no siempre logran mejorar la sustentabilidad. Estos esquemas deben evolucionar teniendo en cuenta las particularidades del sector agropecuarios como la posibilidad de poder ser implementados por actores de todos los tamaños y recursos. Los esquemas de certificación deben ser prácticos, adaptados al funcionamiento de los agro ecosistemas y accesibles contemplando demandas y requisitos de los países consumidores y productores.
 10. Se están produciendo mejoras en los biocombustibles de todas las generaciones con positivas externalidades que deben ser profundamente estudiadas y promovidas. Las mejoras en las tecnologías ligadas a la bioenergía en toda la cadena de producción y transformación están produciendo impactos económicos, ambientales y sociales positivos. Los correctos incentivos en

todas las generaciones de biocombustibles generaran mejoras en los tres pilares de la sustentabilidad a largo plazo.

La DIRECTIVA 2009/28/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, establece criterios para el uso de biocombustibles dentro de la UE y la potencial aplicación a programas de asistencia financiera¹. Esta Directiva abrió una oportunidad para la República Argentina para abastecer este mercado.

Pero por otra parte, también la misma Directiva, plantea en su Artículo 17, los Criterios de sostenibilidad para los biocarburantes y biolíquidos, “*independientemente de que las materias primas se hayan cultivado dentro o fuera del territorio de la Comunidad*”. Esto plantea un gran desafío de analizar y demostrar la sustentabilidad de los sistemas productivos de los biocombustibles para exportar a la UE.

Dentro de los criterios de sustentabilidad, uno de los analizados es la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEIs) derivada del uso de biocombustibles. En particular la Directiva plantea que se deberá asegurar una reducción como mínimo del 35% para poder acceder a los beneficios impositivos correspondientes², planteando luego un nivel de reducciones creciente a partir del 2017 (50%) y a partir del 2018 (60%).

La literatura referida a la evaluación del bioetanol a partir de almidón de maíz es amplia variada y presenta fuertes contradicciones e inconsistencias. Entre 2005 y 2012 las emisiones de CO₂ del bioetanol de maíz de Estados Unidos (el más producido en todo el mundo) se han reducido un 26,2% con respecto a las naftas según un estudio de Life Cycle Associates encargado por la Renewable Fuels Association incluyendo las emisiones derivadas del cambio indirecto del uso del suelo (ILUC, en sus siglas en inglés). En las conclusiones se advierte de que esta diferencia irá a más, ya que cada vez se utilizan fuentes de hidrocarburos (gas no convencional a través del *fracking* y arenas bituminosas) más intensas en emisiones de carbono.

La media de emisiones de combustibles derivados de hidrocarburos pasó de los 96,46 gramos de CO₂ equivalente por mega joule (gCO₂e/MJ) de 2005 a los 96,87 gCO₂e/MJ de 2012. Por su parte, el etanol procedente de maíz cultivado en Estados Unidos ha pasado en el mismo período de 76,34 a 65,54 gCO₂e/MJ (ILUC incluido). Las emisiones correspondientes al que utiliza también los residuos derivados del cultivo de maíz han bajado igualmente, pasando de 76,23 a 65,18 gCO₂e/MJ. En ambos casos supone una reducción media del 26% con respecto al combustible fósil, diferencia que en 2012 se sitúa en el 32,3% y para 2022 se prevé que llegue al 42,7%. En la directiva sobre renovables la Unión Europea marca un 35% de reducción para 2012, un 50% para 1 de enero del 2017 y 60 % para el primero de enero del 2018. Otro requisito importante es que las tierras sobre las que se implante un cultivo con destino a biocombustibles no hayan estado ocupadas por monte nativo u otro bioma de alto contenido de carbono a enero del 2008.

Aunque no lo precisa el informe elaborado por la Life Cycle Associates (LCA) para la patronal del etanol en Estados Unidos, la Renewable Fuels Association, muy probablemente el biocombustible analizado sí

¹ Art. 17 – Punto 1 - Letra c): “para determinar la posibilidad de optar a una ayuda financiera al consumo de biocarburantes y biolíquidos”.

² Art. 17 – Punto 2: “La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero derivada del uso de biocarburantes y biolíquidos considerados para los fines contemplados en el apartado 1, letras a), b) y c), será de un 35 % como mínimo”.

cumple actualmente la directiva europea, ya que, a la espera de su modificación, esta no obliga a incluir las emisiones procedentes del ILUC.

Existen grandes diferencias en las metodologías que miden el ILUC. El informe presenta el análisis del ciclo de vida de varios tipos de bioetanol y combustibles fósiles en los que se confirma que mientras las emisiones de estos siguen creciendo, las de los biocombustibles mantienen un progresivo descenso. Sin salir del considerar el ILUC, se confirma la gran diferencia que existe según las evaluaciones que se tomen como modelo, que pueden ir de los 19 a los 100 gCO₂e/MJ.

En una lectura europea y española del estudio, Abel Esteban recuerda que, “al contrario que en Estados Unidos, tanto en España como en UE consumen principalmente biodiesel (más del 81% en España en 2011) y la *dieselización* va a más, por lo que se agravarán los principales problemas de cambios indirectos de uso del suelo (emisiones, deforestación...) que se dan por la expansión de las plantaciones de palma en el sureste asiático”. El bioetanol a partir de la caña de azúcar siempre ha tenido (independientemente de la metodología) valores de emisiones directas e indirectas bastante mejores que el biodiesel. En el estudio de análisis de ciclo de vida ACV o LCA por sus siglas en inglés se comparan emisiones con ILUC de diferentes biocombustibles a partir de los datos de la Air Resources Board de la California Environmental Protection Agency y las cifras van de los 30 gCO₂e/MJ del etanol de maíz a los 62 gCO₂e/MJ del diésel de soja cultivada en el medio oeste de Estados Unidos. Teniendo en cuenta los rindes diferenciales de cada cultivo y el diferente empleo de fertilizantes y labranzas estos números podrían ser muy diferentes en la Argentina.

Recientes estudios Liska 2009 sobre una serie de plantas de bioetanol ubicadas en el centro agrícola de los Estados Unidos arroja valores sin considerar cambios en el uso del suelo que oscilan entre 37 y 48 gCO₂/MJ de bioetanol.

TASA DE RETORNO ENERGÉTICO

Se conoce como Tasa de retorno energético (TRE) o, en inglés, EROEI, ERoEI (energy returned on energy invested), EROI (energy return on investment), al cociente de la cantidad de energía total que es capaz de producir una fuente de energía y la cantidad de energía que es necesario emplear o aportar para explotar ese recurso energético:

$$\text{TRE} = \frac{E_{\text{total fuente}}}{E_{\text{invertida}}}$$

Un cociente menor o igual que 1 indica que la energía de la fuente es menor o igual a la energía consumida. Por el contrario, un cociente mayor que 1 indica que la energía total es mayor que la energía invertida y queda, en consecuencia, un saldo neto positivo. Una fuente de energía será tanto mejor cuanto mayor sea su TRE, puesto que eso implica que se obtiene una mayor cantidad de energía neta utilizable por cada unidad de energía invertida en ella. Por el contrario, una tasa de retorno inferior a la unidad implica que esa fuente no es rentable en términos energéticos: para su funcionamiento consume más energía de la que produce.

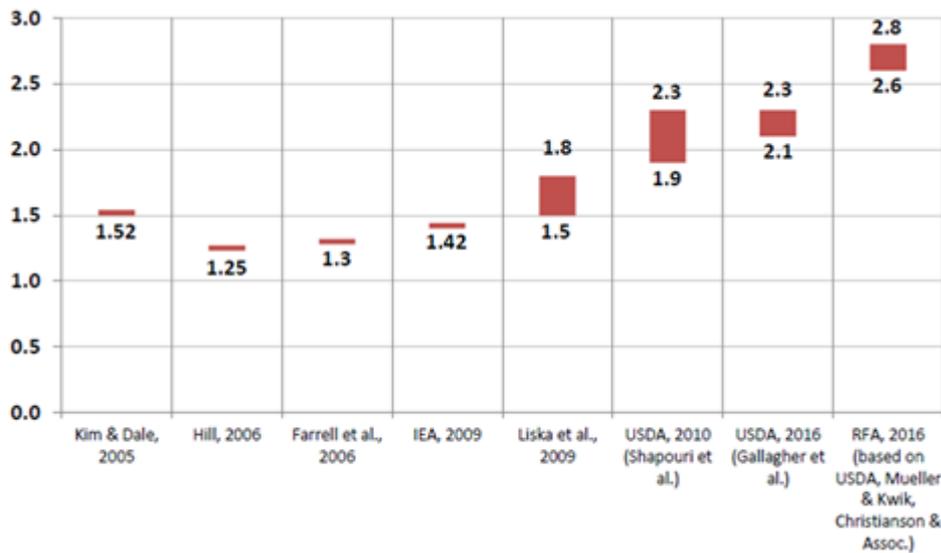
Tabla 10 Datos referenciales de Estados Unidos

Referencias	TRE s/créditos	TRE c/créditos
USDA - Autor Gallagher	1,52	2,15 - 2,30
Christianson & Assoc.	1,73	2,60 - 2,80
Mueller & Kwik	1,71	2,60 - 2,80

La Tabla 8 muestra también referencias de trabajos recién publicados en EEUU. Tanto por el USDA como otras asociaciones que realizan este tipo de mediciones.

La Tabla 9 muestra los resultados encontrados en EEUU en los últimos años. La misma muestra que cuando se utilizaron los datos más recientes relacionadas con la utilización de energía térmica y eléctrica de las plantas de molienda seca, los valores de TRE fueron superiores aproximadamente entre un 25-35% a los estimados en 2008 por Shapouri et al. (Publicado en 2010). Esto demuestra un progreso continuo en la eficiencia energética de la producción de etanol de maíz durante la última década.

Tabla 11 Mejoras en la eficiencia energética de proceso a lo largo del tiempo en Estados Unidos



PLANIFICACION DE ACTIVIDADES EN EL MARCO DEL CONVENIO CON ACABIO

En este contexto, en la necesidad de mejorar el conocimiento sobre las reales emisiones de GHG a lo largo de la cadena de producción del bioetanol en Argentina surge el II acuerdo entre la empresa ACABIO, y el

al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), para el análisis de las emisiones de gases de efecto invernadero

En esta segunda etapa se ampliaron los alcances del estudio planteándose la realización de los siguientes objetivos:

- Mejorar el calculador incorporando mejores estimaciones de la fase agrícola así como métodos de valoración de la sensibilidad a factores clave.
- Perfeccionamiento de los datos de cultivo a campo de manera de lograr una mayor representatividad de la materia prima que ingresa a planta.
- Estudio integral de caracterización mediante el modelo BIOGRACE que está en concordancia con los protocolos de la Unión Europea: Dichos resultados serán homologables en el exterior
- Desarrollo de la actualización de los cálculos de reducción de emisiones con respecto a valores testigo de naftas en Argentina según III comunicación nacional así como con la Directiva específica en la materia de la Unión Europea. Esto permitirá posicionar el producto en el mercado interno y explorar posibilidades en el externo.
- Estudio integral energético a fin de obtener la eficiencia energética y su retorno para cada producto, con especial énfasis en el bioetanol.
- Estudio integral de uso del agua con el fin de determinar la huella hídrica de cada producto elaborado por la empresa.

Para realizar este análisis, se ha llevado adelante visitas los establecimientos de ACABIO, se han relevado los sistemas de información y gestión de la empresa, se elaboró un modelo de cálculo consistente con la norma europea, y finalmente se ha desarrollado una herramienta de estimación de emisiones de gases de efecto invernadero a medida de ACABIO.

UBICACIÓN DE LA PLANTA

La planta bajo estudio ocupa un terreno ubicado sobre la Autopista N° 9 Rosario Córdoba, al kilómetro 555, a metros la Ruta Provincial N° 2, camino al Municipio de Villa María, departamento General San Marín, provincia de Córdoba. El terreno sobre el cuál se emplaza la planta cuenta con una superficie de 30 hectáreas abarcando ediliciamente una superficie de 1.5 hectáreas serán cubiertas.

Las instalaciones de almacenamiento previstos son:

- *Planta de silos para almacenaje de maíz:* 20.000 tn (3 silos de 6.000 tn + 2 silos de 1.000 tn).
- *Tanque de almacenamiento de fuel oil:* 1 tanque de 800 m3. Este tanque se instalará con el objetivo de contar con una reserva de combustible líquido en casos de emergencia en los cuales falte gas natural.
- *Tanques de almacenamiento de etanol anhidro:* 2 tanques de 3.000 m3.
- *Tanques de etanol anhidro para control de calidad:* 2 tanques de 250 m3.
- *Celda de almacenaje de DWGS:* 1 celda plana de 2.000 m3.
- *Celda de almacenaje de DDGS:* 1 celda plana de 6.200 tn.

DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE PLANTA

La planta ACABIO tiene una capacidad de producción de 450 m³/día de etanol anhidro, equivalente a 145.000 m³/año. La principal materia prima para el proceso es el maíz. El tipo de preparación de la materia prima seleccionado es la molienda seca. La molienda seca es un proceso de producción para extraer el almidón contenido en el maíz ampliamente aceptado en la industrial del etanol.

La planta productiva consta de las etapas de proceso que se describen a continuación:

- MOLIENDA SECA:

En esta etapa, se transporta el maíz almacenado en sus respectivos silos, cuyos granos fueron sometidos a un proceso de limpieza previo, hacia la sección de molienda, donde una serie de molinos a martillo, trituran los granos hasta convertirlos en harina con una distribución del tamaño de partícula exigido por las etapas siguientes. La planta cuenta con 2 molinos dimensionados para que cada uno sea capaz de abastecer el 60% de la demanda total de la planta. Esta capacidad cuenta con cierto margen para asegurar la continuidad del proceso cuando hay tareas de mantenimiento. Se cuenta con 3 silos de almacenamiento de granos de 6.000 Ton. Cada uno, más 2 silos chicos de 1.000 Ton. Cada uno. Uno de estos silos chicos cumple la función de pulmón para alimentar en forma constante al proceso de molienda. Esta capacidad total de almacenaje permitirá disponer de un almacenamiento de seguridad de aproximadamente 20 días de producción.

- LIQUEFACCIÓN:

La harina proveniente del proceso de molienda, con un dado tamaño máximo de partícula, se almacena en tolvas desde las cuales se alimenta con un determinado caudal y mediante un transportador tipo tornillo helicoidal, la sección licuefacción. Esta etapa del proceso tiene como objetivos principales: la reducción de la viscosidad de la mezcla entre la harina de granos, agua y otros componentes; la apertura de la molécula de almidón, la solubilidad de las dextrinas y la preparación del medio para que la fermentación posterior pueda realizarse adecuadamente.

Como primer paso de esta etapa, se mezcla en un tanque de homogenizado la harina de granos con una proporción determinada de agua y con otras corrientes de productos que se reciclan de etapas posteriores del proceso, enzima alfa-amilasa y agua amoniacal para ajustar ph. De hecho, gran parte del agua a utilizar, provendrá del reciclado y post-tratamiento de otras etapas. A tal fin, se cuenta con una serie de tanques que almacenen estas corrientes de agua y otros componentes reciclados, manteniéndolos a una temperatura entre 70 y 75 °C.

Del tanque de homogenizado, se alimenta la mezcla a un tanque agitado y calefaccionado, dónde se lleva la temperatura a un rango de 85-87 °C, dejando la mezcla un determinado tiempo de residencia.

Antes de ingresar a la etapa de sacarificación/fermentación, la mezcla se enfría entre 30-32 °C mediante 2 etapas, en las cuales se utiliza parte de la energía térmica de esta mezcla para calefaccionar otras corrientes. La eficiencia térmica de toda la planta está dada en gran parte por estos aprovechamientos.

- PROPAGACION:

Para dar inicio a la sacarificación, parte de la mezcla enfriada, se recolecta en tanque denominado como de “propagación de la levadura”. En este tanque, se adiciona también una cantidad determinada de levadura seca, agua y se suministra aire filtrado para permitir el crecimiento celular de esta levadura. La temperatura se mantiene entre 32-33 °C mediante refrigeración forzada dado que esta inicial generación de alcohol es una reacción exotérmica.

El resto de la mezcla contenida en los tanques de licuefacción, como el contenido de la mezcla de los tanques de propagación de levadura, son enviadas a cualquier de los 3 fermentadores.

- SACARIFICACION/FERMENTACIÓN:

Los fermentadores son tanques especiales, dónde se alimenta con mosto, ácido sulfúrico para regular pH, enzima gluco-amilasa, levadura proveniente del tanque de propagación y se mantiene la temperatura en el rango mencionado mediante refrigeración forzada (la generación de etanol es una reacción exotérmica) y se trabaja con tiempo de residencia apropiado para obtener los porcentajes de alcohol pretendidos de acuerdo al tipo de grano. En estos equipos se va monitoreando en forma permanente las variables críticas para que la fermentación ocurra en forma controlada, (como por ejemplo: pH, acidez volátil, etc.) mediante la cual se produce la transformación final de las mezclas orgánicas en etanol. Para controlar estas variables, se instalaron equipos de monitoreo y control, automático, que permiten la incorporación de agentes químicos necesarios para restablecer las condiciones del medio cuando una variable tiende a alejarse de su rango óptimo. El dióxido de carbono generado, es debidamente lavado en depuradores (scrubbers) donde se retira una fracción de alcohol que es arrastrado por el gas.

Finalmente, equipos dedicados y operaciones de limpieza en sitio, se encargan de mantener la contaminación bacteriana o los niveles de concentración de levaduras cruda en rangos razonables para que la fermentación se desarrolle según lo pretendido. La planta posee 3 fermentadores y 1 tanque agitado con fondo cónico de reservorio final (llamado Beer Well)

- DESTILACIÓN:

Una vez generado en los fermentadores el rango de concentración de etanol pretendido, es necesario aislarlo del resto de los productos y llevarlo al rango de los valores de concentración y humedad requeridas para su comercialización. La primera sección en este proceso de asilamiento es la destilación, en la cual se obtiene un alcohol con una concentración entre 93-95% v/v libre de material sólido partiendo de una concentración en los fermentadores entre 14-18% v/v dependiendo el tipo de materia prima utilizada, los sólidos del mosto, el tiempo de residencia de fermentación otorgado, entre otras variables.

Los subproductos remanentes en la columna de destilación, que se descargan por fondo, son utilizados para la producción de los DDGS. El etanol destilado, pero con un contenido importante de agua, se conducirá a la unidad de deshidratación, donde se alcanzará un rango de concentración del etanol entre 99.5-99.9% v/v.

Se trabaja bajo vacío con los siguientes equipos que la integran:

- Columna de procesamiento del mosto (columna mostera).
- Columna de rectificación.
- Columna de extracción o de agotamiento.

La razón está justificada principalmente en un mejor aprovechamiento energético (balance térmico integral de la planta) al poder utilizar menores presiones de vapor para el cale accionamiento de estas

columnas. A su vez, esto está íntimamente asociado a la co-generación eléctrica con la cual cuenta la planta, dado que durante el funcionamiento de la turbina con vapor de alta presión, se obtiene vapor de baja presión el cual se utilizará mayoritariamente en el calentamiento de estas columnas de destilación.

La unidad de destilación propiamente dicha, comienza su proceso en la columna de desgasificación. La mezcla fermentada en el tanque cónico (Beer Well), es transferida a esta columna en la cual se remueven los gases disueltos mediante una serie de platos de destilación de distinto tipo operando bajo vacío. Esta mezcla ingresa a la columna ya precalentada a 72-74 °C, mediante un intercambio térmico con la mezcla que debe enfriarse en la sección de licuefacción como ya ha sido mencionado. Los vapores que se extraen son condensados e incorporados en la columna de extracción. Parte de los gases de la columna de procesamiento de mosto, son utilizados para calefacción de esta columna de desgasificación como parte del mencionado balance térmico de la planta.

El contenido de esta columna un vez desgasificado, pasa a la columna de procesamiento del mosto (o “mostera”), cuya función es separar el alcohol (hidratado) de la mezcla de otros productos que vienen desde los fermentadores. El azeótropo formado por el etanol y el agua sale como una corriente gaseosa por el tope de la columna, los cuales son conducidos hacia el fondo de la columna de rectificación. Por el fondo de la columna “mostera”, sale la mezcla fermentada prácticamente libre de alcohol, la cual es conducida hacia la sección de decantación. La columna “mostera” tiene más de 20 platos teóricos de distinto tipo y opera bajo vacío con una temperatura de cabeza de columna entre 84-85 °C y una temperatura de cola entre 72-74 °C.

El azeótropo binario que ingresa por fondo a la columna de rectificación transfiriendo masa y energía, se va enriqueciendo en alcohol a medida que ascienden los vapores por los más de 40 platos de destilado, hasta alcanzar una concentración de etanol entre 94-95 % v/v a la salida de la misma. La presión de trabajo en el tope de la columna es aproximadamente 0.25 bar (absolutos). Estos vapores salen por el tope de esta columna, son condensados y enviados a los tanques de reflujo. Luego parte de este condensado es reenviado a la columna de rectificación ingresando en distintos puntos para permitir el enriquecimiento mencionado del etanol, y parte es enviado a la sección de deshidratación.

En la columna de rectificación, se extraen en distintas secciones, aceites que destilan junto con el alcohol y que se han generado a lo largo del proceso. Estos aceites son enviados a un tanque de decantación, en el cual son diluidos con agua, enviando la corriente rica en alcohol a la columna de extracción o agotamiento.

La corriente que egresa por fondo de la columna de rectificación es enviada a la columna de extracción o agotamiento, en la cual se separa prácticamente todo el alcohol remanente, a través de más de 14 platos teóricos, de otros subproductos de destilación los cuales son reciclados hacia la sección de licuefacción. El etanol que sale por tope es nuevamente reenviado hacia la columna de rectificación para su enriquecimiento en etanol.

Como se mencionó, a esta columna de extracción o agotamiento. Le ingresan corrientes que contienen etanol desde el decantador de aceite. También recibe una corriente rica en alcohol que se produce durante la generación de los tamices moleculares de la sección de deshidratación final del etanol que se describe a continuación.

Todo el sistema de destilación opera en forma continua, para lo cual se cuenta con un sistema de control automático de caudales y tiempos de residencia en cada columna y un monitoreo de temperatura y presión para cada una de las corrientes de proceso.

- DESHIDRATACIÓN:

El etanol hidratado, con una concentración de 93-95 % v/v es transferido a la etapa de deshidratación, donde finalmente alcanza una concentración entre 99.5-99.9 % v/v. en esta etapa, la corriente que viene desde la columna de rectificación, es precalentada utilizando un intercambio térmico con parte de la energía que llevan los vapores de etanol ya deshidratados. Este líquido precalentado, es posteriormente vaporizado, en un “reboiler” que utiliza vapor como medio de calefacción indirecto. Los vapores de este vaporizador o “reboiler” son a su vez calentados en un súper-calentador (“superheater”) suministrando vapor a una mayor presión.

Posteriormente, los vapores de etanol hidratado, son enviados a una serie de tamices moleculares que operan de manera cíclica: mientras un juego absorbe el agua del etanol, el otro se está regenerando, es decir, deshidratando. Los tamices moleculares están rellenos de material absorbente que retiene el agua, permitiendo que el alcohol con contenidos de humedad menor a 0.5 % v/v salga por el fondo de estos tamices. La energía térmica de estos vapores, además de utilizarse en el precalentamiento de esta etapa, es utilizada como se mencionó en la columna de extracción. Finalmente, para alcanzar la temperatura de almacenamiento final, el etanol anhidro es enfriado con agua de torre mediante intercambiadores de placa y es enviado a los tanques de almacenamiento final. De esta forma se obtiene el etanol con una concentración exigida legal y comercialmente (entre 99.5-99.9 % v/v).

Durante la regeneración del tamiz molecular bajo condiciones de vacío, una corriente de etanol es liberada y arrastra la humedad del material absorbente. Estos vapores salen por el tope del tamiz molecular y son condensados mediante la ayuda de un condensador y un reductor. Esta corriente gaseosa de regeneración de los tamices, es introducido en la etapa de precalentamiento que desemboca luego en la vaporación del etanol en la sección de deshidratación. La corriente líquida de la regeneración, va directamente a la columna de rectificación para recuperar su fracción de etanol.

El alcohol anhidro es enviado a una serie de tanques de acero que forman parte de una instalación completa de despacho del alcohol sobre camiones. La misma contará con la clasificación de seguridad que demande una instalación de este tipo.

- DECANTACIÓN:

Se mencionó que la mezcla fermentada que se descarga por fondo de la columna “mostera” es transportada hacia la etapa de decantación. Es el inicio de la ruta de proceso hasta la obtención de los DDGS.

En esta etapa, centrífugas tipo decantadoras son utilizadas para separar el material fibroso, en adelante “torta húmeda” de granos fermentados, del jarabe que la embebe. Parte de este líquido es recirculado hacia la sección de licuefacción y parte es utilizada en la sección de evaporación para la concentración del jarabe utilizado para generar los DDGS. El material fibroso, es almacenado por un periodo corto, antes de ser introducido en el secador de DDGS que se describe más adelante.

- EVAPORACIÓN:

La evaporación es llevada a cabo por un sistema de evaporadores de película descendente de 2 efectos. Es decir, el jarabe separado en la decantación, se junta con fracciones de agua de lavado de otras etapas del proceso, se precalienta con vapor condensado y toda esta mezcla alimenta al primer efecto del evaporador. Las paredes del evaporador son calefaccionadas con vapor. Los vapores generados en el primer efecto son utilizados para calentar las paredes del segundo efecto, a su vez los vapores de este son usados para calefaccionar el tercer efecto y en parte remanente para calentar la columna “mostera”. Luego del segundo efecto se obtiene como producto un jarabe con un 30 a 38 % p/o de concentración de ingredientes que serán utilizados en la elaboración de los DDGS, el cual es almacenado.

Existe un sistema integral de recuperación de condensados y derivación de corrientes para aprovechamiento de la energía térmica que posean en aras de optimizar el balance energético de la planta.

Finalmente, se requieren limpiezas periódicas sobre los tubos de intercambios dado el considerable ensuciamiento al cual están sometidos.

- SECADO:

Una vez obtenido este jarabe concentrado, se mezcla con la “torta húmeda” que sale de los decantadores, y ambos son conducidos en proporciones pre-establecidas hacia el secador de los DDGS. Cabe mencionar que, la planta cuenta con la posibilidad de almacenar esta “torta húmeda” para su posterior comercialización, dentro de los plazos previos a que comiencen procesos de descomposición de esta materia orgánica (aprox. 5 días de permanencia).

Una vez en el secador, la mezcla jarabe/torta húmeda es deshidratada hasta alcanzar valores de humedades que permitan su almacenamiento por períodos prolongados de tiempo (meses). La máxima humedad admitida por ACABIO para sus DDGS, ronda los 12.0 % p/p máximo y para alcanzar este valor se seleccionaron secadoras de tipo tambor rotativo con calefacción directa. Esta selección se justifica dado que este tipo de equipos permiten trabajar con menores temperaturas y en forma más rápida, lo que redundará en una mejor calidad nutricional de los DDGS obtenidos. Por otra parte, por su acción directa permite que los equipos de proceso sean de menor tamaño.

Los DDGS que egresan del secador se transportan hacia una celda de almacenamiento. Por último se dispone de un sistema mecánico o bien mediante palas cargadoras para cargar producto almacenado a los camiones que ejecuten la distribución del producto a los centros de consumo final.

- RECUPERACION DE DIÓXIDO DE CARBONO:

La planta de recuperación y purificación del dióxido de carbono neutro proveniente de los procesos de fermentación es totalmente automática.

El CO₂ gaseoso o gas bruto proveniente del lavador de ACABIO ingresa en un pre-enfriador donde se enfría y reduce su contenido de agua antes de la compresión. Para el enfriamiento en el pre-enfriador se utiliza amoníaco líquido (NH₃) que luego de enfriar los gases se evapora y vuelve al circuito de refrigeración. Un tanque separador con un eliminador de condensado está instalado a la salida del pre-enfriador para separar el agua de la corriente de CO₂ gas.

El gas CO₂ se comprime en un compresor de tornillo compuesto de dos etapas. El aceite de lubricación es separado del gas CO₂ por medio de un sistema de filtros coalescentes de dos etapas instalado aguas abajo de la segunda etapa de compresión. Después de ser comprimido el CO₂ gas pasa a través de un filtro de H₂S con el fin de asegurar que todos los rastros de H₂S (Sulfuro de Hidrógeno) se eliminen.

El gas comprimido se enfría en una unidad de acondicionamiento de gas de dos etapas (post-enfriador y deshumidificador) antes de ser secado en un filtro deshidratador compuesto por alúmina y silicagel. El deshidratador se regenera automáticamente con CO₂ gaseoso y no condensables de la fase superior del condensador de CO₂. Este es calentado por un sistema de calentamiento externo. El enfriamiento del deshidratador se realiza mediante una pequeña corriente de gas de purga que viene del condensador de CO₂. Además de secar el gas, el filtro deshidratador también elimina cualquier rastro potencial de compuestos oxigenados como los aldehídos.

Después de atravesar el deshidratador el gas CO₂ ingresa en un intercambiador de calor de placas para sub-enfriarse e ingresar al Lavador de CO₂. El lavador de CO₂ es una columna empacada con relleno tipo pall y en ella se lava la corriente de CO₂ gaseoso con CO₂ líquido puro proveniente de los tanques de almacenamiento. En este lavado se eliminan todas las impurezas presente en el CO₂ gaseoso, con un punto de ebullición relativamente alto.

El lavador de CO₂ elimina por ejemplo: compuestos oxigenados, mercaptanos, aldehídos, hidrocarburos aromáticos, DMS, y CS₂ otros componentes solubles en CO₂ líquido. Una porción de la fase líquida de CO₂ que retiene los contaminantes, atraviesa un reboiler donde se le entrega energía y se produce el desprendimiento de todos estos contaminantes absorbidos, que luego son venteados a la atmósfera.

Luego de atravesar el Lavador CO₂, la corriente de CO₂ gaseoso atraviesa un filtro de carbón activado regenerable que elimina los restantes compuestos oxigenados, como también acetaldehídos, DMS, hidrocarburos aromáticos, H₂S, COS y CS₂. Estos filtros de carbón se regeneran automáticamente con CO₂ gaseoso de los tanques de almacenamiento, calentado por un paquete de resistencias eléctricas. El enfriamiento del filtro de carbón se realiza mediante una pequeña corriente de CO₂ gaseoso proveniente de los Tanques de almacenamiento de CO₂.

Un filtro de partículas instalado después del último filtro de carbón activado elimina cualquier partícula del material de adsorción. Esta corriente de CO₂ gaseoso de Producción ingresa a un condensador, que es un intercambiador de casco y tubos, donde se lo enfría a -25°C con Amoniaco, produciéndose el cambio de fase, es decir el CO₂ gaseoso se licua y se transforma en CO₂ líquido. Con el fin de garantizar la más alta pureza posible del CO₂, la planta está equipada con un sistema de purificación para la eliminación de gases no condensables (O₂; N₂).

El CO₂ licuado procedente del condensador de CO₂ se transfiere a la parte superior de la columna de purificación, donde se pone en contacto con el CO₂ gaseoso que proviene de la zona reboiler. Este equipo constituye una verdadera torre de destilación para eliminar los gases no condensables que se desprenden del CO₂ líquido al recibir un pequeño aporte de energía desde el reboiler. La cantidad de gas de purga de no condensables depende de la concentración CO₂ y la presión de planta. El gas de purga será utilizado para Instrumentos y Regeneración de los filtros deshidratadores.

Luego la corriente de CO₂ líquida fluye desde la columna de destilación hacia los tanques de almacenamiento, aprovechando la diferencia de presión entre la impulsión provista por el compresor y la menor presión de los tanques de almacenamiento.

El sistema de refrigeración de la Planta consiste en un compresor de tornillo para amoniaco de dos etapas, un condensador de CO₂, condensador de refrigerante, un receptor y un economizador / flash. La planta de refrigeración está diseñada para mantener una temperatura y presión constante en el condensador de CO₂ y en el Tanque de CO₂.

PRODUCTOS Y CO-PRODUCTOS OBTENIDOS:

ETANOL: El bioetanol se obtiene por fermentación de los almidones contenidos en los granos. Mezclado con las naftas produce un biocombustible de alto poder energético con características muy similares a las naftas pero con una importante reducción de las emisiones contaminantes en los motores tradicionales de combustión. El etanol se usa en mezclas con naftas en concentraciones variables a nivel mundial. En Argentina la mezcla obligatoria a la fecha es del 10 %, E10 que no requieren modificaciones en los motores actuales.

CO-PRODUCTOS (Energía y alimentos): Los granos secos de destilaría con solubles (DDGS) son un co-producto de la industria del etanol que consisten en el grano de maíz sin el almidón, que se retira durante el proceso de fermentación que tiene lugar durante la obtención del etanol. Los DDGS son un alimento de alto valor nutritivo para la industria ganadera.

La producción teórica anual de DDGS es de 140.000 toneladas de alimento animal de alto contenido proteico. El mismo puede ser incorporado en la dieta de los animales bovino, porcinos y aves.

Se lo comercializa en, dos presentaciones de producto con distinto contenido de humedad final y por ende con diferentes tiempos de conservación a temperatura ambiente, cuyas siglas comercialmente son conocidas como WDGS o burlanda húmeda (65% de humedad) y DDGS (11% de humedad).

RESIDUOS Y EFLUENTES:

RESIDUOS SÓLIDOS: Se generarán residuos sólidos orgánicos e inorgánicos no peligrosos, proveniente de las limpiezas a las que se someterán los granos de maíz o sorgo antes de entrar el proceso de molienda. Se transportan y utilizan operadores habilitados para su disposición final.

EFLUENTES LÍQUIDOS: La planta principal de procesos de producción fue concebida como una planta con cero efluentes. De los equipos periféricos, el único efluente líquido que se genera es el que proviene de la purga de las torres de enfriamiento, de la purga de la caldera de vapor y del rechazo de la ósmosis inversa del tratamiento de agua para la caldera (Efluentes salobres) y el efluente pluvial que se generará en función de la precipitación. Todo los efluentes liquidas de ACABIO están dentro de parámetro de vertido según la legislación Nacional y en monitoreo permanente.

El efluente de las purgas de las torres de enfriamiento, caldera y de la planta de tratamiento de agua para procesos será volcado, previamente, en una laguna o cámara y luego volcará a un canal.

Aparte existe una corriente mínima de los efluentes del laboratorio así como efluentes de las instalaciones de cocina y sanitarios, los cuales son tratados en una planta de tratamiento de efluentes compacta, previo a su vuelco al canal.

FUNDAMENTOS DEL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

La necesidad de contar con información fehaciente y confiable en el campo ambiental, ha determinado la estructuración y estandarización de las metodologías de análisis, conduciendo a las modernas técnicas que se basan en el Ciclo de Vida completo de productos, entre los cuales se encuentra el Análisis del Ciclo de Vida - ACV (Life Cycle Analysis (o Life Cycle Assessment – LCA, en la literatura anglosajona).

El método del Análisis del Ciclo de Vida es quizás el más difundido para llevar a cabo evaluaciones de impacto ambiental. En efecto, la noción de ACV ha sido aceptada en forma general por la comunidad científica ambiental como la única base legítima sobre la cual comparar materiales, componentes y servicios alternativos. Además, la comunidad internacional está trabajando activamente para lograr la estandarización de la metodología, lo que va a facilitar el intercambio entre grupos y países, a través de las normas ISO 14040.

La definición dada por SETAC (1993) para el método del ACV es la siguiente:

Es un procedimiento objetivo de evaluación de cargas energéticas y ambientales correspondientes a un proceso o a una actividad, que se efectúa identificando los materiales y la energía utilizada y los descartes liberados en el ambiente natural. La evaluación se realiza en el ciclo de vida completo del proceso o actividad, incluyendo la extracción y tratamiento de la materia prima, la fabricación, el transporte, la distribución, el uso, el reciclado, la reutilización y el despacho final.

Se puede desarrollar un Análisis de Ciclo de Vida para un proceso, un servicio o una actividad, considerando todas las etapas que constituyen su vida útil. Al principio, el método del Análisis de Ciclo de Vida se orientó fundamentalmente al estudio del consumo de energía, y es por este motivo que hoy se encuentra mayor cantidad de datos sobre este aspecto. En los últimos tiempos se han agregado a la energía los otros flujos entrantes de materia prima, y las emisiones hacia el agua, la tierra o el aire de sustancias más o menos contaminantes.

El método tiene cuatro partes fundamentales, que son:

- ✓ la definición de objetivos, donde se establecen la finalidad del estudio, los límites del sistema, los datos necesarios, las hipótesis y los límites del análisis;
- ✓ el inventario, donde se realiza una cuantificación rigurosa de todos los flujos entrantes y salientes del sistema durante todo su ciclo de vida, los cuales son extraídos del ambiente natural o bien emitidos en él, calculando los requerimientos energéticos-

Dependiendo de los objetivos del estudio, en función de las conclusiones y recomendaciones se puede seguir con una etapa de mejoramiento, un análisis que conducen la elaboración de propuestas que mejoren el sistema estudiado para reducir los impactos calculados. Esta etapa debe ser conducida en modo iterativo, controlando los resultados de las etapas precedentes ante cada modificación, de manera de no introducir variantes que puedan empeorar la situación. Los flujos de materia y de energía consumidos y emitidos en los distintos momentos de la vida útil del sistema considerado intervienen en distintos momentos o fases del ciclo de vida del sistema, a saber:

- ✓ la fabricación, remontando el análisis desde la toma de materia prima del ambiente, el transporte, el montaje; la utilización y el mantenimiento;

- ✓ El desmantelamiento y el tratamiento de los residuos al final de la vida útil, lo que puede incluir el reciclaje de los materiales, su utilización en otros procesos industriales,
- ✓ el aprovechamiento energético de los materiales, su disposición final en descargas, etc.

El método del ACV es de carácter dinámico, y las cuatro etapas en las que se realiza están relacionadas entre ellas, por lo que a medida que se obtienen resultados se pueden modificar o mejorar los datos, las hipótesis, los límites del sistema o los objetivos, lo que exige el recálculo. Este hecho, más la gran cantidad de datos históricos que se deben poseer para realizar un ACV, muestran la necesidad de contar con un instrumento informático para afrontar un ACV.

La definición del Objetivo responde a la pregunta: Para qué se realiza el estudio. La definición debe determinar sin ninguna ambigüedad la aplicación propuesta, incluyendo las razones por las cuales se lleva a cabo el estudio y su público objetivo para quien los resultados serán comunicados

La definición de alcances debe ser establecido de modo suficientemente claro para asegurar que la amplitud, profundidad y detalle del estudio sean compatibles con el objetivo planteado. El alcance puede ser modificado durante la realización del estudio, en modo interactivo debe responder a las preguntas:

- ✓Cuál es el propósito del sistema
- ✓Función/funciones
- ✓Cuál es la base de evaluación, o Unidad funcional (kg, m²)
- ✓Qué apariencia tiene el ciclo de vida
- ✓Definición del sistema, límites
- ✓Con qué criterio se asignarán las cargas?
- ✓Métodos de asignación
- ✓Qué tipos de impacto se evaluarán
- ✓Métodos de evaluación de impacto
- ✓Cuáles son los parámetros asumidos?
- ✓Limitaciones del estudio
- ✓Qué precisión se requiere?
- ✓Calidad de los datos
- ✓Quiénes son los destinatarios?
- ✓Formato del reporte

La definición del sistema es un paso de fundamental importancia en un ACV, porque de él dependen los flujos entrantes y salientes que serán considerados en el análisis.

En términos generales, por “sistema industrial” se entiende un conjunto de procedimientos orientados a la producción de un bien útil. El “ambiente” es todo lo que rodea el sistema, de donde provienen los flujos entrantes y a donde terminan los flujos salientes. Ambos están separados por los límites del sistema. Los límites del sistema serán elegidos en función de los resultados que se quieren obtener, teniendo en cuenta además que cuanto más se extiendan los límites mayor cantidad de datos es necesario procurar. El sistema y el ambiente están conectados a través de los flujos entrantes y salientes del sistema.

Los flujos de materia y de energía que son incluidos en el inventario deben cumplir las siguientes condiciones:

- ✓ Los flujos de entrada al sistema deben ser considerados en la forma en la que se encuentran en el ambiente natural, sin previa modificación humana;
- ✓ Los flujos de salida serán aquellos que irán a formar parte del ambiente exterior al sistema considerado, sin sufrir transformaciones posteriores por parte del hombre.

El inventario. Life Cycle Inventory – LCI consiste básicamente en un balance de masa y de energía del sistema, aunque puede incluir otros parámetros como radiaciones, ruido, etc.

Durante la fase del inventario se calculan los requerimientos energéticos y materiales del sistema y la eficiencia energética de los distintos componentes del sistema, y se identifican y cuantifican los flujos salientes del sistema, que se pueden manifestar como flujos gaseosos, líquidos o sólidos. Pero para identificar estos flujos es necesario primero identificar correctamente cuál es el o los servicios que el sistema produce, cuál de estos constituye el objeto de análisis, y cuál es la unidad que se utilizará para caracterizarla.

Los pasos a seguir para llevar a cabo la fase del inventario son:

- ✓ Construcción del diagrama de flujo (sistema, subsistemas, procesos unitarios)
- ✓ Establecimiento de la calidad de los datos
- ✓ Definición de los límites del sistema.
- ✓ Recolección de datos.
- ✓ Redefinición de objetivos y alcance.

Los puntos relevantes de esta fase son la identificación de funciones, la selección de funciones relevantes y la definición de la unidad funcional.

Para proceder a la identificación de funciones se debe establecer el propósito de la unidad funcional cuantificando el servicio suministrado por el sistema o función del sistema.

El punto inicial del procedimiento puede ser un producto específico o bien un objetivo o necesidad a cubrir. Las funciones están relacionadas con productos específicos, y pueden satisfacer necesidades específicas (por lo cual crean un valor económico al proveedor del producto), y afectar el funcionamiento de otros sistemas

Una vez elegida la o las funciones relevantes se selecciona la unidad funcional, para lo cual se deben especificar y cuantificar las funciones relevantes, a veces como una combinación de distintos parámetros.

Una vez definida la unidad funcional, es necesario calcular la cantidad de producto necesaria para satisfacer la función cuantificada por la unidad funcional, lo que toma el nombre de Flujo de referencia, el cual está relacionado no sólo con la unidad funcional, sino también con el rendimiento del producto.

La determinación de las categorías de datos a incluir (inputs y outputs) es un factor clave. En la definición de los objetivos del estudio de ACV se apuntan las categorías de datos que serán incluidos. Los flujos de energía son en general incluidos porque este tipo de información es más fácil de conseguir, y porque estos flujos tienen una gran influencia sobre los recursos naturales y sobre las emisiones. Es necesario antes precisar establecer algunas cuestiones importantes relativas a los flujos de energía.

El análisis de ciclo de vida de los procesos productivos se realiza utilizando la energía como magnitud fundamental.

En la definición de las entradas y salidas del sistema que serán consideradas; es importante incluir todos los flujos materiales relevantes ya que estos podrían afectar la interpretación del estudio. Existen distintos criterios que pueden adaptarse para decidir cuáles flujos deben ser incluidos, como por ejemplo la masa, la energía o la importancia desde el punto de vista ambiental. El proceso a seguir para determinar las entradas y salidas de material del sistema y los límites del mismo está constituido por los siguientes pasos.

Determinación los procesos unitarios del producto del sistema

Los procesos unitarios que comprenden un sistema se deben establecer. Para determinar los límites de los procesos unitarios, se deben definir las menores porciones del sistema para las cuales existen datos disponibles, tratando de minimizar la necesidad de aplicar procedimientos de asignación (allocation). Para cada proceso unitario, se determinan las entradas de materia prima o intermedia, las entradas de material auxiliar, las entradas de energía, las emisiones al suelo, al aire, al agua, los deshechos a tratamiento, el producto intermedio y el subproducto.

Recolección inicial de datos para cada proceso unitario

Esta tarea será guiada por los resultados de un examen inicial de disponibilidad de datos que involucre una pequeña muestra de los sitios desde los datos van a ser recolectados. Para cada proceso unitario se debe establecer claramente la unidad de referencia (p. ej. kg), los límites del proceso unitario considerado, con información sobre si los datos incluyen o no sustancias auxiliares, embalajes, limpieza, administración, marketing, etc., y si los datos corresponden a situaciones de operación normal o tienen en cuenta también condiciones de arranque y parada y situaciones previsibles de emergencia. Otros datos importantes son la situación geográfica, la tecnología utilizada, y si cabe el tipo de procedimiento de asignación utilizado.

Para cada entrada o salida, es necesario calificar el dato conseguido, como por ejemplo si se trata de un promedio el periodo al cual corresponde, cómo se ha recogido el dato (medición continua, consumo acumulado, estimado, etc.), métodos de medición utilizados, métodos de cálculo utilizados, datos sobre la persona que recolectó los datos, etc. También es necesario indicar si es posible la información estadística como el desvío estándar, tipo de distribución, etc. Otra información importante es la proveniencia de los flujos de entrada, y el destino de los flujos de salida, así como las características cualitativas.

El transporte se debe reportar en lo posible como un proceso unitario separado. Para cada tipo de transporte se debe indicar el tipo de energía consumida por unidad de distancia (MJ/km) y por unidad de rendimiento de transporte (MJ/ton.km), las emisiones ambientales por unidad de distancia y de rendimiento de transporte, y los porcentajes promedio de carga incluyendo los viajes de vuelta vacíos.

Estimación inicial de los flujos de materia y de energía

Con los datos recolectados en el punto anterior, se prepara una estimación inicial de los flujos de materia y de energía.

Aplicación de reglas de decisión

a- Para la masa: Es frecuente aplicar reglas para excluir inputs del sistema basados en la masa, por ejemplo todo input a un **proceso unitario** cuya masa sea inferior al 5 % del total de masa entrante a dicho proceso se descarta, o bien todo input al **sistema** cuyo aporte a la masa total entrante sea inferior al 1 % se desprecia. La norma ISO aconseja en cambio aplicar reglas de decisión que contemplen la contribución acumulada al sistema estudiado, en lugar de la contribución de los materiales individuales. Por ejemplo una regla sería la de incluir todos los materiales que tienen un total acumulado mayor que un porcentaje fijo de la masa total entrante al sistema (p.ej. la suma de los materiales incluidos deben superar el 99 % del total de masa entrante). Para realizar esto adecuadamente es conveniente hacer en el punto precedente una lista de materiales en orden decreciente de masa, y comenzando por el primero de la lista ir calculando los totales acumulados, y los porcentajes acumulados con respecto a la masa total. Se incluirán todos los elementos hasta llegar al valor prefijado (99 % en el ejemplo).

b- Para la energía: La decisión de incluir los distintos procesos basados sólo en el criterio de la masa puede provocar la exclusión de datos importantes, ya que algunos materiales son más intensivos

energéticamente que otros. Por este motivo es aconsejable complementar la regla de la masa acumulada con la de la energía acumulada, por ejemplo la regla de decisión para incluir procesos sería que la suma de todos los procesos incluidos debe exceder un porcentaje fijo (p.ej 99 %) del consumo total de energía.

c- Para la importancia ambiental: Este criterio puede aplicarse para suplementar a los dos anteriores. Por ejemplo una estimación cualitativa de los materiales que se espera que contribuirán con importantes emisiones tóxicas induciría la inclusión de ciertos materiales que de otro modo quedarían excluidos. Una regla cuantitativa se puede establecer para cada categoría de impacto, por ejemplo incluir todos los procesos cuya contribución acumulada cubra el 90 % de cada categoría.

Con el procedimiento descripto, las entradas y salidas de material a incluir y los límites del sistema quedan establecidos. Este proceso permite buscar mayor información en proporción a la magnitud absoluta en términos de masa, energía o relevancia ambiental. De este modo se elige emplear más tiempo y recursos hacia aquellas áreas que pueden mejorar la calidad del inventario realizado.

En lo que respecta a confiabilidad de los datos Es práctica habitual utilizar coeficientes de consumo de energía para caracterizar los distintos materiales. Existen varias publicaciones y bases de datos que reportan estos coeficientes, las que son de gran ayuda para evaluar el consumo energético asociado a la producción de un determinado objeto, Estos datos correspondientes a la cantidad de energía utilizada y a las emisiones producidas durante la fabricación de materiales son esenciales para poder considerar la fase de la construcción de un edificio (o de otro sistema) en el análisis de ciclo de vida. Sin embargo, comparando las distintas recopilaciones disponibles se encuentran grandes variaciones

Es por lo tanto de gran importancia utilizar métodos de cálculo codificados y bien establecidos para poder establecer comparaciones objetivas entre distintos productos y sistemas productivos.

En lo que respecta a la asignación de cargas o costos Durante el inventario se calculan los requerimientos energéticos del sistema y de sus productos y la eficiencia energética de los distintos componentes (o subsistemas) en los que se puede considerar dividido el sistema. El problema de la asignación de costos, ya sean estos energéticos, ambientales, económicos, o de cualquier índole, aparece porque lo que se analiza con el ACV es un sistema, y no un producto. Por este motivo, cuando en un sistema industrial se obtiene más de un producto útil, hay que repartir entre ellos la cantidad de recursos utilizados por el sistema, y los problemas ambientales que su funcionamiento origina. Esto ocurre en casi todos los sistemas industriales modernos. La asignación de cargas ambientales en sistemas multiproductos tiene una estrecha relación con el alcance del estudio y con el establecimiento de los límites del sistema producto analizado.

Los distintos enfoques adoptados para la asignación pueden clasificarse en dos metodologías principales: consecuente y por atributos. El primero utiliza datos marginales de modo de evitar la realización explícita de una asignación, mediante una expansión de los límites del sistema que incluya aquellos sistemas productos cuyos mercados, y consecuentemente, su producción, sean afectados por el sistema analizado. El enfoque por atributos utiliza en cambio datos promedio específicos de los proveedores del sistema analizado, y resuelve la asignación de cargas entre co-productos mediante factores de asignación, que pueden basarse en propiedades tales como la masa, el poder calorífico, la exergía, el valor económico, etc. En el caso de los biocombustibles, dado que es un mercado a grandes rasgos nuevo cuyo desarrollo afecta, entre otros, los mercados de producción de alimentos para consumo humanos, para animales, para productos químicos, etc, es necesario incorporar estos sistemas dentro del análisis para poder obtener una evaluación realista de los impactos producidos (Weidema B, 1999, Weidema B, 2003).

Existen varios criterios para resolver este problema por métodos de atributos, que son los más clásicos. La primera cuestión a definir es un parámetro común a todos los productos para utilizar como base de asignación de los costos. La masa es uno de los parámetros más utilizados para distribuir las cargas energéticas y ambientales en un sistema multiproducto.

Otro parámetro utilizado para resolver el problema de la asignación de costos es el valor económico. Sin embargo, esto no refleja los fenómenos físicos que se desarrollan en el proceso o sistema estudiado. Su uso puede ser admitido sólo en aquellos casos en los cuales no es posible conocer detalles sobre el funcionamiento del sistema estudiado, por ejemplo por motivos de confidencialidad de datos, etc. Otra práctica habitual entre los practicantes del método es la de utilizar la energía para realizar estos cálculos, ya sea porque los datos sobre los sistemas industriales son almacenados en términos energéticos, o bien porque se desconocen otras alternativas que pueden producir resultados más estrictos desde el punto de vista físico. Además, este método respeta los lineamientos generales enunciados en el «Code of Practice» (SETAC, 1993) y en las normas ISO 14040, donde se recomienda el respeto de las leyes de la termodinámica cuando se efectúen cálculos de flujos energéticos. En estos lineamientos no se definen los indicadores a utilizar para realizar este tipo de cálculos. La crítica que se le puede hacer al uso del primer principio de la termodinámica es que no tiene en cuenta la distinta calidad energética de los distintos flujos: 100 MJ de energía eléctrica son considerados equivalentes a 100 MJ de energía térmica contenida en agua templada, aunque la diferencia de utilidad industrial, de significado económico y de implicancias ambientales que estos dos tipos de energía presentan es evidente. Esto constituye un inconveniente en la evaluación de actividades industriales que necesitan energía térmica como recurso energético (por ejemplo en procesos de secado, tratamiento térmico o formado de metales, en la industria alimenticia, etc.).

Por este motivo es que se propone utilizar para estos casos la exergía como parámetro de asignación de costos. La exergía es el máximo trabajo útil que teóricamente se puede obtener de un sistema al evolucionar reversiblemente desde el estado en que se encuentra hasta alcanzar el equilibrio con el ambiente. Esta magnitud permite comparar distintos tipos de energía sin ambigüedades, y medir objetivamente el valor termodinámico de un vector energético. De este modo, si los distintos flujos de energía térmica se miden en términos exergéticos, su utilidad industrial así como la cantidad de recursos necesarios para producirlos resulta evidente, y la solución al problema de la distribución de las cargas ambientales y energéticas en sistemas que producen distintos flujos energéticos es alcanzada en modo riguroso y directo. Un antecedente del uso de la exergía para resolver el problema de la asignación de costos en ACV en sistemas energéticos fue presentado en el trabajo *The allocation problem in Life cycle Assessment* en el congreso "School of Environmental Science and Technology" (EdEA) Las tendencias actuales hacen atribución de cargas por métodos consecuenciales,

Con respecto a las consideraciones finales. Limitaciones del inventario La etapa del inventario no produce una caracterización de los impactos ambientales potenciales, sino que comunica solamente entradas y salidas. Estos resultados pueden conducir a extraer conclusiones erróneas por sobreestimación o subestimación de la importancia real de los resultados. Por ejemplo grandes volúmenes de emisiones pueden parecer más dañinas que volúmenes bajos, si no se tiene en cuenta su potencial para causar algún daño ambiental. Es por lo tanto necesario tener precaución cuando se interpretan los resultados del inventario sin pasar por una etapa de evaluación de los impactos.

Otro aspecto importante es que en los resultados del inventario hay una incertidumbre debida a la acumulación de los efectos introducidos por la incertidumbre de los datos utilizados. Un estudio de incertidumbre aplicado al inventario puede ser incluido para explicar y soportar las conclusiones del mismo. Por otro lado, durante el inventario se pueden agregar emisiones que ocurren en distintas

operaciones, lugares geográficos y tiempos, o aún emisiones de distintos tipos. Esto puede producir una pérdida de transparencia en los resultados obtenidos.

Por último, el inventario es sólo un instrumento entre los varios existentes para asistir en la toma de decisiones basada en consideraciones ambientales. Otras técnicas pueden ser la evaluación de riesgos o la evaluación de impactos in situ, que pueden ser utilizadas en combinación con el inventario cuando el objetivo del estudio lo justifique.

El análisis de sensibilidad estima la influencia que los cambios de un parámetro de input o de una decisión poseen sobre los resultados finales. El análisis de sensibilidad sirve para entender cuál es la influencia de las decisiones tomadas sobre los resultados obtenidos para darle al estudio una transparencia adecuada.

Cuando el inventario depende de valores determinados por elecciones (por ejemplo por un método de asignación), o que poseen un rango de incertidumbre, o bien de datos que no existen, es necesario realizar un análisis de sensibilidad final para evaluar la incertidumbre de los resultados obtenidos. El análisis de sensibilidad puede llevarse a cabo modificando parámetros clave del LCI y recalculando el inventario para comparar los resultados con la situación de referencia. Es necesario como primer paso determinar los parámetros a analizar.

Los elementos que deben ser chequeados pueden ser:

- ✓ La elección de la unidad funcional
- ✓ La incertidumbre de un dato
- ✓ La incertidumbre de los límites del sistema, ya sean temporales o geográficos
- ✓ Las elecciones metodológicas (reglas de asignación, reglas de decisión o de cut-off, reglas de reciclado, etc).

Otro punto de estudio puede ser por ejemplo las distancias a recorrer para la distribución del producto, etc.

Como consecuencia del análisis de sensibilidad se puede decidir:

- ✓ La exclusión de determinadas etapas del ciclo de vida, o de subsistemas, cuando el análisis muestra que estas poseen escasa importancia;
- ✓ La exclusión de flujos de materiales que carecen de peso para el resultado del estudio;
- ✓ La inclusión de nuevos procesos unitarios que el análisis de sensibilidad ha señalado como significantes.

Los aspectos ambientales que son analizados y reportados en esta fase corresponden solamente a aquellos que han sido identificados en los objetivos del estudio, y no constituyen un reporte completo desde el punto de vista ambiental. La fase de evaluación de impactos no predice impactos en las categorías de compartimentos finales (endpoints category), ni excedencia de valores límites, márgenes de seguridad o riesgos. Por otro lado, no obstante esta fase se base en un procedimiento técnico y científico, el uso de valores predefinidos para la selección de categorías de impacto, indicadores y modelos y en la agrupación y la ponderación u otros procedimientos utilizados en normalización de resultados puede ser cuestionable.

En esta fase los hallazgos realizados en las dos fases precedentes se combinan para establecer las conclusiones y recomendaciones del estudio, en modo coherente con los objetivos del estudio establecidos al inicio. En aquellos casos en los que no se ha llevado a cabo la etapa de la evaluación de impactos, la interpretación se basa sólo en los resultados del inventario.

Las etapas de esta fase son las siguientes:

- ✓ identificación de aspectos significativos basados en los resultados del inventario, de la evaluación de impactos o de ambas
- ✓ evaluación, que incluye pruebas de la integridad del estudio, la sensibilidad y la consistencia;
- ✓ conclusiones, recomendaciones y comunicación de los aspectos relevantes.

Sobre la base de los objetivos del estudio se estructuran los resultados de las dos fases precedentes en modo de determinar aspectos relevantes. Esto se hace en modo iterativo de modo de incluir en el estudio las implicancias de los métodos e hipótesis utilizados en las fases precedentes, tales como las reglas de asignación, la elección de indicadores, los métodos de caracterización, etc.

La información que se utiliza en esta fase incluye:

- ✓ resultados de las fases precedentes, ensamblados o estructurados de modo de permitir una fácil interpretación;
- ✓ elecciones metodológicas, tales como reglas de asignación, límites del sistema, etc;

Una vez acertado que los resultados de las fases precedentes cumplen con lo requerido en la definición de objetivos, se estudia la relevancia de estos resultados. Los aspectos relevantes pueden provenir de la fase de inventario (uso de energía, emisiones, generación de residuos, etc.), de la evaluación de impactos (uso de recursos, potencial de calentamiento global PCG conocido por sus siglas en inglés (GWP), etc.) o bien otros que indican contribuciones importantes a esas dos fases. La determinación de estos aspectos está fuertemente influenciada por el modo como se estructuran los resultados. Por ejemplo puede ser importante distinguir entre distintas etapas del ciclo de vida (producción de materiales, fabricación, reciclado, etc.), entre grupos de procesos, (transporte, generación de energía), entre procesos que pertenecen a esferas de influencia distinta (por ejemplo controlados por el dueño del proceso o dependientes de factores externos), o bien diferenciados por procesos unitarios.

Para identificar los aspectos relevantes se pueden utilizar distintas técnicas, como análisis de contribución (se determinan los porcentajes que cada proceso, grupo de procesos etapa contribuyen al total), de dominancia (por medio de instrumentos estadísticos se examinan contribuciones importantes), de influencia (se determina la posibilidad de influir sobre los aspectos ambientales analizados), de anomalías (se observan desviaciones inusuales de ciertos resultados, basados en la experiencia).

Con respecto a la evaluación final en este punto se establecen la confiabilidad de los resultados del estudio, de modo de presentar a quien comisiona el estudio u otra parte interesada el producto del estudio en modo claro y entendible. Esta etapa debe ser realizada en modo congruente con el objetivo establecido del estudio. Los estudios más relevantes son:

- ✓ estudio de integridad;
- ✓ estudio de sensibilidad;
- ✓ estudio de consistencia.

El estudio de integridad tiene como objetivo asegurar que toda la información relevante para la interpretación está disponible y es completa. Si se encontrara que existe alguna laguna en la información disponible, se estudia la importancia de la misma para cumplir con los objetivos del estudio. Si no es relevante para cumplir con los objetivos se procede con la evaluación, pero si por el contrario se determina que es necesaria, se deben revisar las fases de inventario y evaluación de impactos, o bien la definición de los objetivos.

El estudio de sensibilidad tiene como objetivo estimar la confiabilidad de los resultados, analizando si la incertidumbre de los aspectos relevantes altera las conclusiones. Este estudio puede incluir los resultados de eventuales análisis de sensibilidad y de incertidumbre realizados en las fases precedentes, y puede determinar la necesidad de conducir dichos análisis en un modo más extenso o más preciso.

El estudio de consistencia tiene como objetivo determinar si las hipótesis, los métodos y los datos utilizados son consistentes con los objetivos del estudio. Los aspectos que pueden ser incluidos en este estudio son:

- consistencia de la calidad de los datos durante las distintas fases del ciclo de vida;
- diferencias regionales y/o temporales en los datos utilizados;
- consistencia en la aplicación de reglas de asignación y límites del sistema;
- consistencia en la aplicación de los elementos de evaluación de impactos.

Con respecto a las conclusiones y recomendaciones en este punto se extraen las conclusiones y se hacen las recomendaciones correspondientes al estudio realizado. Se deben extraer en modo iterativo, siguiendo la secuencia indicada a continuación:

- identificación de aspectos relevantes;
- evaluación de la integridad, sensibilidad y consistencia de las metodologías utilizadas;
- conclusiones preliminares y control de consistencia de las mismas con los objetivos del estudio, incluyendo requisitos de calidad de datos, hipótesis, valores predefinidos, etc.;
- conclusiones definitivas

En el caso en que de acuerdo a los objetivos especificados del estudio sea apropiado, se realizarán recomendaciones específicas sobre la base de las conclusiones finales del estudio.

Como complemento a lo expresado con respecto al análisis de ciclo de vida podemos transcribir las 10 principales conclusiones arribadas durante el ENARCIV2017 por parte de los principales referentes nacionales en el tema

1. El Análisis de Ciclo de Vida es una herramienta que permite un abordaje sistémico de ciclos productivos de bienes y servicios con el objetivo de identificar, gestionar y poder minimizar sus impactos ambientales en su desarrollo, uso y disposición final.
2. Las huellas ambientales son, además de un requerimiento creciente en muchos mercados de exportación, una herramienta para mejorar la sustentabilidad de productos y servicios, fronteras adentro.
3. Difícilmente se pueda avanzar al ritmo que exigen los estándares internacionales si no se priorizan las huellas como herramientas para el desarrollo sustentable, el uso racional de recursos estratégicos, la mitigación y adaptación al cambio climático, y las exigencias de los mercados.
4. Se destaca la necesidad de coordinar y financiar acciones de capacitación en los distintos sectores productivos, sobre todo en la mediana y pequeña empresa, a fin de facilitar su inserción en los procesos de cálculo de huellas ambientales, favoreciendo su acceso a otros mercados, mejorando su desempeño ambiental, y cooperando con el cumplimiento de los compromisos ambientales asumidos a nivel nacional.
5. Es necesario que el sector público se haga cargo: que se brinden las instancias para que todos los esfuerzos individuales y de pequeños grupos de investigadores que se encuentran diseminados en todo el país, puedan integrarse en un proyecto estratégico de carácter nacional.
6. Así como el ACV se vincula a varios objetivos del desarrollo sustentable (ODS) de la ONU, principalmente el de la producción y consumo responsable, consideramos valioso que Argentina

se alinee estos objetivos como guías para priorizar los temas de trabajo y de investigación de las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales.

7. Los esquemas de normalización que se desprenden de las normas ISO 14.025: Declaraciones ambientales de producto (EPD) y reglas de categoría de producto (PCR), son el camino a seguir para lograr la estandarización y armonización de estudios sobre diferentes productos y servicios.
8. Actualmente existe un gran déficit de información ambiental de ciclo de vida en la Argentina y se requiere de una acción coordinada del sector académico, productivo y de gestión para lograr avances significativos en el más breve tiempo posible.
9. Los apoyos e interés por parte de los diferentes Ministerios convocados (Ciencia y Técnica, Agroindustria y Ambiente) deben ser potenciadas a fin de que se transformen en acciones concretas dentro de todos los organismos dependientes y en forma coordinada.
10. Se requiere para el fortalecimiento del área la formación y dotación de recursos humanos, así como la incorporación del concepto ACV en carreras de grado y postgrado

Más info:

<https://analisisciclodevida.wixsite.com/inicio/enarciv2017>

REGLAS DE CATEGORÍA Y DECLARACIONES AMBIENTALES DE PRODUCTO

Una **Declaración Ambiental de Producto**, DAP (del inglés, *Environmental Product Declaration*, EPD), es un documento o informe normalizado que proporciona información **cuantificada y verificable** sobre el **desempeño ambiental** de un producto, un material o un servicio. Estas herramientas se utilizan para valorar el [impacto ambiental](#) a lo largo del ciclo de vida de productos de conformidad con la Norma Internacional **UNE-EN ISO 14025**.

Las DAP son aplicables a todos los sectores, desde el automovilístico hasta la electrónica, y ofrece una manera científica y neutral de valorar un producto desde una perspectiva ambiental en términos de:

- Datos del ACV en forma de categorías de impacto, como por ejemplo potencial de calentamiento global o agotamiento de recursos.
- Otra información del ciclo de vida, como por ejemplo los consumos energéticos de recursos fósiles o renovables en cada etapa.
- Información sobre emisiones contaminantes en la fabricación o contenido de sustancias peligrosas.
- Otra información adicional, como por ejemplo prestaciones del producto relacionadas con aspectos ambientales (por ejemplo aislamiento térmico), sistemas de gestión ambiental o del ecodiseño en la organización, modo de gestionar el fin de vida útil del producto, etc.



Figura 25 Portal de los PCR y EPD

Como ya fue descrito **Análisis de ciclo de vida (ACV)** debe ser conforme con las Normas Internacionales ISO 14040 e ISO 14044, así como con las Reglas de categoría de producto (RCP) product category rural (PCR) particulares que apliquen a la familia de productos pertinente. Es necesario contar con unas RCP para poder desarrollar una DAP.

Para el caso de los productos de ACABIO finalizados los estudios de ACV correspondientes se podría aplicar a este tipo de declaración con validez internacional. A continuación se transcribe las características y posibilidades del sistema para su evaluación y futura implementación.

La DAP debe incluir, al menos, la información siguiente [ISO 14025, 7.2]:

- identificación de la organización que elabora la DAP
- descripción e identificación del producto
- identificación del Programa en que se han verificado las DAP
- código de registro en el Programa, fecha de publicación y período de validez
- identificación de las RCP
- identificación de las etapas del ACV cubiertas
- los datos del ACV, ICV o módulos de información
- datos del análisis de inventario del ciclo de vida (ICV) de acuerdo con las RCP
- consumo de recursos, incluyendo energía, agua y recursos renovables
- emisiones al aire y vertidos al agua y al suelo
- resultados de los indicadores del análisis del impacto del ciclo de vida (AICV)

- otros datos tales como las cantidades y los tipos de residuos (desechos) producidos (residuos peligrosos y no peligrosos)

Las RCP correspondientes pueden incluir requisitos adicionales.

Verificación de las Declaraciones ambientales

Las DAP se verifican en el marco de **Administradores de Programa**, es decir un organismo que gestiona un programa de declaraciones ambientales tipo III. El Administrador debe cumplir una serie de requisitos conforme a la Norma ISO 14025, entre otros:

- El Administrador de Programa debe tener unas Reglas Generales (*General Instructions*) publicadas [ISO 14025, 6.4], que incluyan los procedimientos de verificación, las competencias de los verificadores, los procedimientos de elaboración de las RCP, etc.
- El Administrador de Programa tiene otras responsabilidades [ISO 14025, 6.3], como asegurar la participación de las partes interesadas, la transparencia, et c.

Los **verificadores** dependen del Administrador del programa y deben tener competencias en verificación ambiental, el producto y el sector concretos, así como en las normas y reglamentación aplicables [ISO 14025, 8]. La verificación de DAP utilizadas en la comunicación del negocio al consumidor (B2C), debe ser llevada a cabo por una tercera parte independiente [ISO 14025, 9.4].

Familia de normas internacionales de etiquetas y declaraciones ambientales

Las DAP forman parte de la familia de [Etiquetas ecológicas](#) y declaraciones ambientales para productos y servicios definidas en la serie de Normas Internacionales ISO 14020, que se clasifican del siguiente modo:

1. **Ecoetiquetas - Etiquetado tipo I (ISO 14024)**: Programa de verificación de tercera parte que autoriza al uso de una etiqueta voluntaria basada en varios criterios ambientales, con un enfoque de ciclo de vida, diferenciando productos preferibles desde una perspectiva medioambiental (*preferencia ambiental*). Se otorgan por organizaciones privadas o agencias como garantía de las buenas cualidades ambientales de un producto, siendo sencillas de interpretar aunque la metodología con que se ha otorgado no es explícita.
2. **Autodeclaraciones - Etiquetado tipo II (ISO 14021)**: Se trata de afirmaciones (*claims*) ambientales que realiza el propio fabricante sobre algunos aspectos de su producto, aunque pueden estar verificadas por tercera parte. Un ejemplo son los iconos que identifican a una botella como reciclable y que se suelen representar mediante un símbolo.
3. **Declaraciones ambientales - Etiquetado tipo III (ISO 14025)**: Manifestación que incluye datos **cuantitativos** basados en el ciclo de vida del producto junto con información adicional pertinente desde un punto de vista ambiental (por ejemplo sobre el contenido en sustancias peligrosas), presentados de una forma *estandarizada*. Para su elaboración son necesarias unas **Reglas de Categoría de Producto (RCP)** para cada familia de productos concreta; en el caso de productos y servicios de construcción las RCP básicas se definen en la Norma UNE-EN 15804. Las Declaraciones ambientales suelen estar **verificadas** en un **Administrador de Programa**. En el caso de la comunicación Negocio a Consumidor (B2C) la verificación es obligatoria.

Estas normas buscan garantizar la fiabilidad de las afirmaciones ambientales que realizan las organizaciones, a partir de metodologías con base científica cuyos resultados puedan ser verificados por

una tercera parte. Emplean un *enfoque* de ciclo de vida, siendo solo necesario realizar un ACV completo para las Declaraciones ambientales tipo III.

MODELO DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Para la construcción de la metodología de estimación de emisiones de GEIs se tomó como base la Directiva europea, la cual plantea en sus Anexos³, los conceptos a incluir para la estimar las emisiones del ciclo de vida y el cálculo de las reducciones logradas por los biocombustibles. A su vez, algunos conceptos no se los incluyeron debido no corresponden en función al ciclo de producción de ACABIO. A continuación se detalla la ecuación básica de acuerdo a la Directiva, y que conceptos se han incluido o no en el presente estudio.

$$E = e_{ec} + e_l + e_p + e_{td} + e_u - e_{sca} - e_{ccs} - e_{ccr} - e_{ee},$$

Siendo:

Tabla 12 Emisiones incluidas en el estudio

Concepto	Incluido
$E =$ Emisiones totales procedentes del uso del combustible,	
$e_{ec} =$ Emisiones procedentes de la extracción o del cultivo de las materias primas,	Si
$e_l =$	No Se considera que no hay cambios en las reservas de carbono de las tierras y que están en producción agrícola desde antes de Enero de 2008.
$e_p =$ Emisiones procedentes de la transformación,	Si
$e_{td} =$ Emisiones procedentes del transporte y la distribución,	Si
$e_u =$ Emisiones procedentes del combustible cuando se utiliza,	No Directiva Europea - Anexo V - Párrafo 13: “se considerará nula para los biocarburantes y biolíquidos”
$e_{sca} =$ Reducción de emisiones procedente de la acumulación de carbono en suelo mediante una mejora de la gestión agrícola,	No Se considera que no hay cambios de gestión, ni mejora de los stocks de carbono.
$e_{ccs} =$ Reducción de emisiones procedente de la captura y retención del carbono,	No No se realiza este tipo de prácticas de almacenamiento geológico.
$e_{ccr} =$ Reducción de emisiones procedente de la captura y sustitución del carbono, y	No No se utiliza biomasa del proceso para sustitución de combustibles fósiles.

³ Anexo V: Normas para calcular el impacto de los biocarburantes, biolíquidos y los combustibles fósiles de referencia en las emisiones de gases de efecto invernadero

$e_{ee} =$	Reducción de emisiones procedente de la electricidad excedentaria de la cogeneración.	No No se genera energía eléctrica con fuentes renovables. Hay cogeneración sin venta a la red.
------------	---	---

Finalmente la reducción de emisiones se calcula, utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{REDUCCIÓN} = (E_F - E_B)/E_F,$$

Siendo

- E_B = las emisiones totales procedentes del biocombustible o biolíquido,
- E_F = las emisiones totales procedentes del combustible fósil de referencia.

De acuerdo a los sistemas de gestión y para facilitar el análisis de las emisiones, el ciclo de producción de Bioetanol se ha dividido en las siguientes etapas:

- + Producción Agrícola (e_{ec}): se incluye toda la operatoria asociada a los campos, hasta la tranquera.
- + Fletes de Materias Primas⁴: incluye toda la operatoria desde campos, incluyendo el traslado desde productores hasta los acopios y entre los acopios y la planta de proceso.
- + Producción de Bioetanol y co-productos (e_p): incluye la operatoria industrial desde el acondicionamiento de granos, hasta la producción de Bioetanol y los co-productos asociados (aceites, DDGS, WDGS, dióxido de carbono).
- + Flete a destino (e_{td}): se incluye un estimado del flete en camión hasta puerto y luego en buque a puerto destino (Rotterdam). Este concepto se calculó solo a efectos comparativos.

Para el cálculo de los valores correspondientes a cada concepto se utilizaron las guías “Directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero”. Debido a que estas guías no fueron diseñadas específicamente para el cálculo de las emisiones de un producto sino de países, fue necesario utilizar distinta bibliografía y fuentes de información como biograce y ecoinvent

A continuación se detallan las fuentes de emisión consideradas y los esquemas de cálculo incluidos en cada etapa:

PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

El Artículo 6 de la Directiva plantea: “Las emisiones procedentes de la extracción o el cultivo de las materias primas, e_{ec} , incluirán las emisiones procedentes del proceso de extracción o el cultivo propiamente dicho, la recogida de las materias primas, los residuos y pérdidas, y la producción de sustancias químicas o productos utilizados en la extracción o el cultivo Las estimaciones de las emisiones procedentes de los cultivos podrán elaborarse a partir de medias calculadas para zonas geográficas más reducidas que las utilizadas en el cálculo de los valores por defecto, como alternativa a la utilización de valores reales.”

⁴ La directiva Europea plantea que dentro de las emisiones del transporte se incluyen las emisiones asociadas a los movimientos de Materias Primas. Para el caso de ACABIO se ha subdividido el concepto por cuestiones de gestión de la información y se estiman por separado de las emisiones de biocombustible desde la planta al consumo (e_{td}).

En el caso de ACABIO el material procesado proviene de acopios propios y externos con productos generados en campos particulares por lo tanto la empresa no tienen una relación directa con los establecimientos agropecuarios de producción.

Por medio de referentes calificados y relevamiento de 25 casos testigos, se han determinados los valores del paquete tecnológico empleado respecto a uso de los principales insumos y maquinaria agrícola. Dichos datos fueron empleados en la estimación de las emisiones a nivel de campo sobre la base de información representativa de los campos de generación del producto en la provincia de Córdoba. De esta manera se consolidó la información provista desde veinticinco proveedores que están ubicados en zonas desde donde provino el 48 % de la materia prima procesada en la planta en la presente campaña bajo análisis con un rendimiento promedio estimado de 7.721 kg/ha.

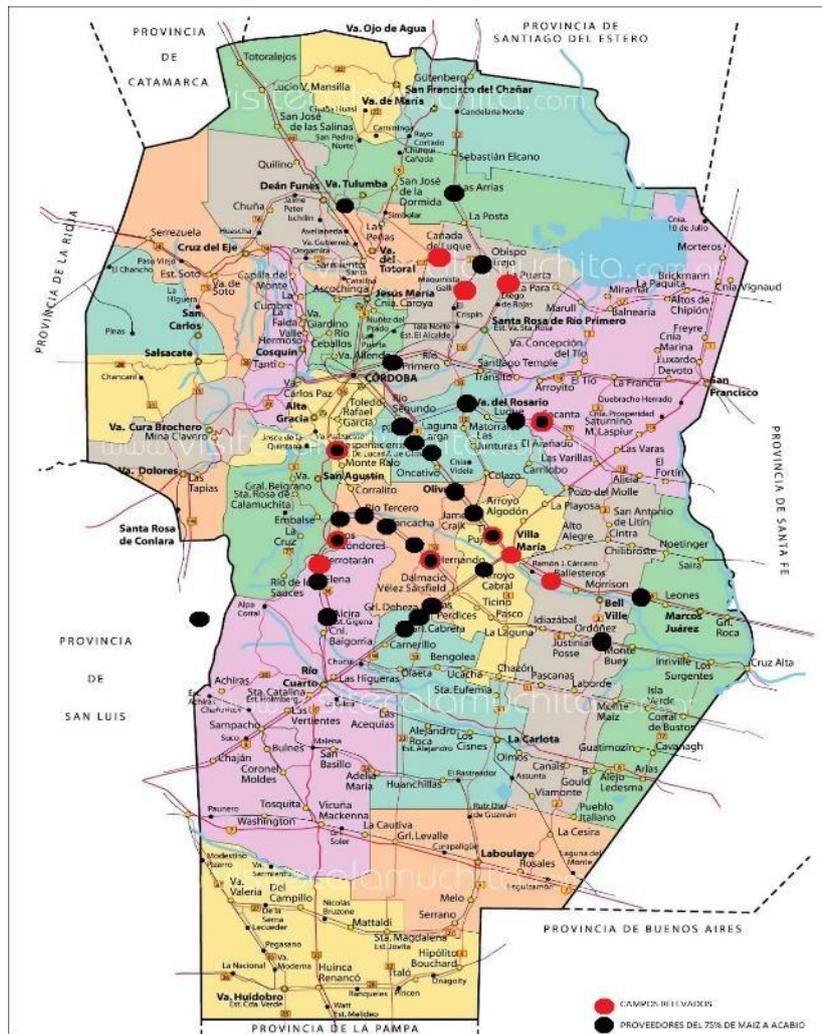


Figura 26 Campos relevados en relación con los proveedores de la empresa

Se utilizó cada campo relevado para modelizar el paquete tecnológico empleado considerándolo representativo de un grupo de localidades (especificadas en las cartas de porte).

A continuación, se detalla cada una de las fuentes consideradas y el esquema del calculador empleado:

RESIDUOS DE COSECHA

Se utilizó la metodología indicada en el Capítulo 11 - Volumen 4 de las Guías del IPCC 2006 - Nivel 1. Se incluyeron las fuentes de emisiones “Directas”, e “Indirectas por Lixiviación”. Para la estimación se realizaron los siguientes pasos:

- Paso 1: Cálculo del rendimiento del cultivo en Kg/Hectárea.
- Paso 2: Cálculo del N de residuos agrícolas, incluyendo cultivos fijadores de N y renovación de forraje/pasturas, devuelto a los suelos (F_{CR}) mediante la Ecuación 11.7.
- Paso 3: Cálculo de las emisiones Directas mediante el uso de la Ecuación 11.1 y del Cuadro 11.1.
- Paso 4: Cálculo de las emisiones Indirectas por Lixiviación por medio de la Ecuación 11.10 y del cuadro 11.3.

USO DE FERTILIZANTES

Se incluye en este concepto a las fuentes “Directas” e “Indirectas x Deposition Atmosférica y Lixiviación” asociadas a la aplicación de fertilizantes sintéticos, y las emisiones de CO_2 por uso de Urea y derivados, para lo cual se utiliza la metodología de Nivel 1 indicada Capítulo 11 - Volumen 4 de las Guías del IPCC 2006. Los pasos seguidos en el cálculo son:

- ✓ Paso 1: Cálculo de la cantidad de fertilizante sintético aplicado (FSN) mediante el fertilizante aplicado por tipo y la composición.
- ✓ Paso 2: Cálculo de las emisiones Directas mediante el uso de la Ecuación 11.1 y del Cuadro 11.1.
- ✓ Paso 3: Cálculo de las emisiones Indirectas por Deposition Atmosférica por medio de la Ecuación 11.09 y del cuadro 11.3.
- ✓ Paso 4: Cálculo de las emisiones Indirectas por Lixiviación por medio de la Ecuación 11.10 y del cuadro 11.3.
- ✓ Paso 5: Cálculo de la cantidad de Urea equivalente aplicada (FUREA).
- ✓ Paso 6: Cálculo de las emisiones CO_2 por uso de Urea mediante la ecuación 11.3.

Los datos utilizados para el cálculo son la “Cantidad”, “Tipo de fertilizante” y “Composición” de los fertilizantes sintéticos aplicados en promedio.

COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES

En este concepto se incluyen las emisiones de Gases de efecto invernadero (CO_2 - N_2O - CH_4) asociadas a la quema de Gas-Oil y Nafta para las actividades de preparación, siembra, cosecha, aplicación de fertilizantes y agroquímicos. Es decir las emisiones directas producidas a nivel de los campos proveedores de maíz.

A continuación se detallan los pasos para estimar las emisiones correspondientes Combustibles y Lubricantes:

- ✓ Paso 1: Estimación del consumo de combustibles y lubricantes, mediante la conversión de las actividades realizadas a litros de combustible y lubricantes. Es importante destacar que ACABIO como empresa no posee campos propios (si tiene socios con campo propio que pueden o no vender su producción a la empresa y por lo tanto la información está centrada en terceros. Por este motivo la conversión se realiza mediante los consumos promedios para cada actividad.

- ✓ Paso 2: Cálculo de las emisiones Directas multiplicando el consumo de cada combustible y lubricante por su factor de emisión correspondiente⁵.

PRODUCCIÓN DE FERTILIZANTES

Se incluye en este concepto, a las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la producción de los fertilizantes sintéticos utilizados. Para determinar dichas emisiones se utilizan los valores de emisiones indicados en el informe *“A Review of Greenhouse Gas Emission Factors for Fertiliser Production. Sam Wood and Annette Cowie Research and Development Division, State Forests of New South Wales. Cooperative Research Centre for Greenhouse Accounting - For IEA Bioenergy Task 38 - June 2004”*.

La estimación de las emisiones se realiza mediante la multiplicación de las cantidades utilizadas de cada fertilizante por el factor de emisión correspondiente.

PRODUCCIÓN DE AGROQUÍMICOS

Esta fuente de emisión se refiere a las emisiones de GEIs asociadas al ciclo de producción de los agroquímicos aplicados durante la producción de maíz. Para realizar la estimación se empleó la siguiente metodología:

- ✓ Paso 1: Estimación de los kilogramos de agroquímicos aplicados según datos estandarizados de producción de maíz.
- ✓ Paso 2: Cálculo de las emisiones multiplicando la cantidad de agroquímicos por el Factor de Emisión correspondiente de la base de datos de Biograce.

PRODUCCIÓN DE SEMILLA

Esta fuente de emisión se refiere a las emisiones de GEI asociadas al ciclo de producción de las semillas de maíz sembradas en los campos para la producción de maíz. Para realizar la estimación se empleó la siguiente metodología:

- ✓ Paso 1: Estimación de los kilogramos de maíz semilla aplicados.
- ✓ Paso 2: Cálculo de las emisiones multiplicando la cantidad de maíz semilla por el Factor de Emisión correspondiente tomado de la base de datos de biograce.

PRODUCCIÓN COMBUSTIBLE Y LUBRICANTES

En el caso de las emisiones asociadas a la producción de los combustibles y lubricantes, se utilizan los valores para las etapas de “Extracción” y “Refinería” indicados en la Metodología *“Approved consolidated baseline and monitoring methodology ACM0017 “Production of Bioetanol for use as fuel” - v.01.1 - UNFCCC - CDM Executive Board”*. En el caso de la nafta y los lubricantes al no contar con valores, se utilizan, en el primer caso, los mismos valores que para Gas-Oil, y en el segundo un 10% de las emisiones por combustión. La estimación de emisiones se realiza multiplicando los consumos de cada uno de los combustibles y lubricantes por el valor correspondiente.

ESTRUCTURA CAMPO

⁵ En el punto “Factores de Emisión” se detallan los coeficientes utilizados y la fuente de información utilizada.

En este ítem se incluyen las emisiones de los consumos de energéticos correspondientes a las actividades comunes para todo el campo y para el mantenimiento de los lotes que no tienen producción en la campaña de análisis, incluyendo la aplicación de fertilizantes y agroquímicos.

Las emisiones se calcularon sobre los consumos de actividades anexas a la producción de maíz.

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD RINDE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

Adicionalmente al cálculo de las emisiones de campo explicadas anteriormente, el calculador incluye un modelo para analizar las emisiones de la producción agrícola, ante distintos escenarios de rinde de campos. El modelo utilizado se basa en estimar el fertilizante en según el cálculo de requerimientos nutricionales del IPNI. Se utilizaron los datos de la “Planilla de cálculo para estimar la absorción y extracción de nutrientes, CEREALES, OLEAGINOSAS, INDUSTRIALES Y FORRAJERAS, Dr. Fernando O. García, Ing. Agr. Adrián A. Correndo, Última Revisión: 26/03/2013”. Este modelo adicionalmente es posible de ajustar según un nivel de reposición de nutrientes extraídos por grano. Para el resto de los datos de actividad se tomó el campo promedio de los relevados, usando los datos por hectárea. Dada la modelización realizada, una vez definido el Nivel de Reposición de nutrientes (directamente proporcionales al rinde), y como el mismo se basa en extracción, las emisiones por “Fertilización” y “Producción de Fertilizantes” no varía en términos numéricos, mientras que el resto de las emisiones si registran variaciones. Cabe destacar que este análisis de sensibilidad es para analizar el orden de magnitud del impacto del rinde en el total de las emisiones de la producción de bioetanol y si se detecta un cambio sustantivo de las emisiones por tonelada que impidan por ejemplo la exportación a la UE.

Este análisis no contempla el hecho que en muchos casos las adversidades que determinan bajas en los rendimientos y pérdidas ocurren luego que se tomaron las determinaciones de fertilización y aplicación de diferentes paquetes tecnológicos que insumen energía y emisiones. En estos casos la elevación del nivel de emisiones por unidad de producto cosechado es superior.

Por este motivo adicionalmente al cálculo de las emisiones de campo explicadas anteriormente, el calculador incluye un modelo para analizar las emisiones de la producción agrícola, ante distintos escenarios de rinde de campos. El modelo utilizado se basa en estimar utilizar el promedio simple de los insumos utilizados por hectárea en los campos relevados. Las emisiones correspondientes a residuos de cosecha se calculan de acuerdo al rinde evaluado. Finalmente se estiman las emisiones correspondientes a la producción agrícola y se suman al resto de las emisiones de las actividades de ACABIO.

Cabe destacar que este análisis de sensibilidad es para analizar el orden de magnitud del impacto del rinde en el total de las emisiones de la producción de bioetanol y si se detecta un cambio sustantivo de las emisiones por tonelada que impidan por ejemplo la exportación a la UE.

FLETES DE MATERIAS PRIMAS

En este concepto se incluyen todos los movimientos de granos desde la originación hasta la planta de proceso. En el caso de la zona de abastecimiento del grupo ACABIO el porcentaje de granos que se acondiciona (secado) es muy bajo por lo cual se consideran despreciables las emisiones de gases de efecto invernadero que se producen en los acopios. En el siguiente esquema se puede observar el esquema logístico modelado:

Módulo Fletes Materias Primas



Figura 27 Esquema del módulo fletes de ACABIO

Otra consideración importante es que, en todos los fletes, se consideran las emisiones del viaje ida y vuelta ⁶ según lo indicado en la Metodología “Approved consolidated baseline and monitoring methodology ACM0017 “Production of Bioetanol for use as fuel” - v.01.1 - UNFCCC - CDM Executive Board”.

TRANSPORTE POR CAMIÓN

En la siguiente tabla se puede apreciar el esquema de cálculo para determinar las emisiones por km recorrido para los trayectos realizados por camión:

⁶ ACM0017 - Página 14 – AVDm: Average distance travelled by vehicles transporting material m (km), **including the return** trip/s.

Tabla 13 Emisiones del transporte de referencia

Emisiones por km recorrido Camión Cerealero		Unidades	Ecuacion	Valor
	Consumo específico de Gas-Oil	Lt/ 100 Km	Dato de Logística ACABIO. Se toman maximos	38,00
FECO2 LTS	Factor de emision de CO2	KgsCO2/Lts	Ver Hoja Factores de emision Incluye LCA	2,67
CO2	Emisiones CO2 por Transporte por Km	KgsCO2/Km	Consumo x Km	1,02
FEN2O LTS	Factor de emision de N2O	mg N2O/Km	IPCC 2006 - Cuadro 3.2.5 - Pre-Euro Diesel - Autobus - Rural >16 t	30,00
N2O	Emisiones N2O por Gas-Oil Transporte	KgN2O/Km	Cambio de unidades	0,00
FECH4 Lts	Factor de emision de CH4	mg CH4/ km	IPCC 2006 - Cuadro 3.2.5 - Pre-Euro Diesel - Autobus - Rural > 16 t	80,00
CH4	Emisiones CH4 por Gas-Oil Transporte	KgCH4/km	Cambio de unidades	0,00
FE _{CO2eq} Unidad	Factor de emision x KM recorrido	KgsCO _{2eq} /Km	FE total x Km	1,03

Como paso siguiente es necesario estimar los kilómetros recorridos en camión por campaña, estos datos fueron extraídos del sistema de gestión de abastecimiento de materias primas en base a las cartas de porte. En el caso específico de este estudio dado que la empresa aportó un estimado consumo ponderado promedio de transporte de 38 litros cada 100 kilómetros.

Para el caso ACABIO se tomaron los km declarados por carta de porte y se multiplicaron por dos para considerar ida y vuelta.

PRODUCCIÓN DE BIOETANOL Y CO-PRODUCTOS

De acuerdo a la Directiva Europea en el Anexo V – Punto 11: “Las emisiones procedentes de la transformación, e_p , incluirán las emisiones procedentes de la transformación propiamente dicha, los residuos y pérdidas, y la producción de sustancias químicas o productos utilizados en la transformación”.

En el caso del modelo planteado, dentro del concepto y con el objetivo de asignar las emisiones entre los co-productos se ha subdividido el proceso en:

-  Recepción
-  Molienda y Fermentación
-  Destilación
-  Separación
-  Secado
-  Consumos Comunes
-  Planta de CO₂

A continuación se detallan las fuentes de emisión consideradas para la etapa de transformación:

Módulo Industrial (Planta ACABio)

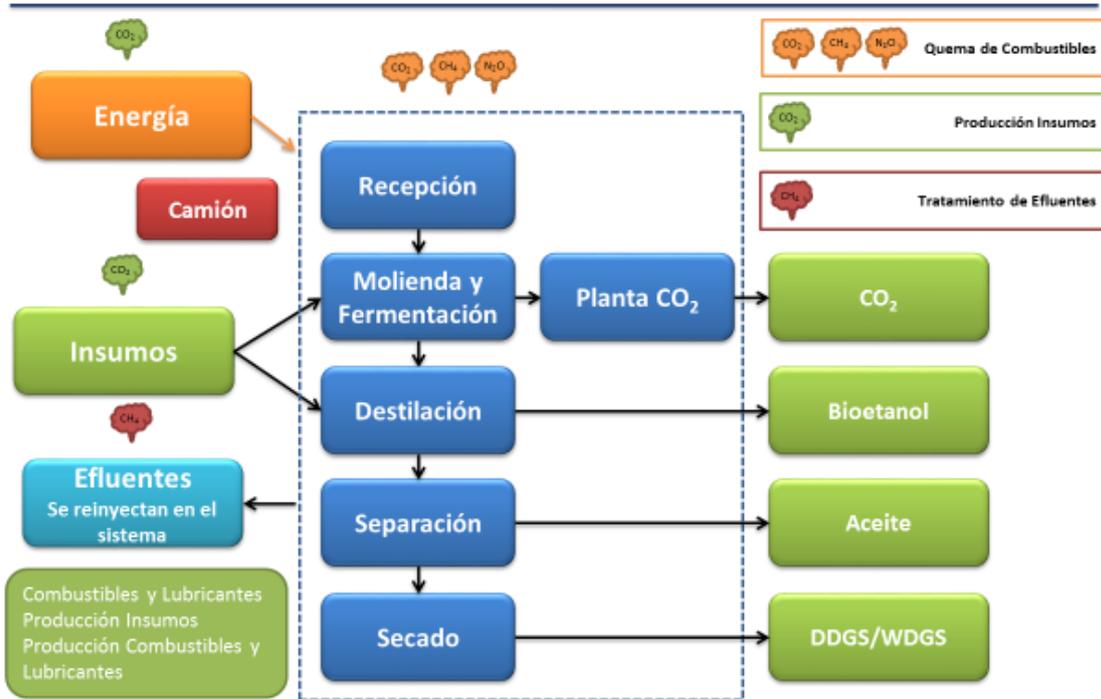


Figura 28 Esquema del módulo industrial

La apropiación de las emisiones entre los co-productos se realizan según los siguientes tres criterios:

- ✚ Balance de masas: Se apropian las emisiones de acuerdo al rendimiento real (% en peso) de cada etapa.
- ✚ Contenido Energético: De acuerdo a la Directiva Europea⁷ "Si en un proceso de producción de combustible se produce, de manera combinada, el combustible sobre el que se calculan las emisiones y uno o más productos diferentes (denominados «coproductos»), las emisiones de gases de efecto invernadero se repartirán entre el combustible o su producto intermedio y los coproductos, proporcionalmente a su contenido energético (determinado por el valor calorífico inferior en el caso de los coproductos distintos de la electricidad)".
- ✚ Precio Mercado: De acuerdo a la EB 50 – de la Junta ejecutiva del Mecanismo para un Desarrollo Limpio, para asignación de co-productos. Esta metodología se utiliza para proyectos que generan reducciones de emisiones certificadas.

Adicionalmente se realizó un análisis específico asignando los consumos según consumos y rendimientos del proceso lo cual redundó en una mejora en la precisión del cálculo.

⁷ Anexo V – Punto 17.

ENERGÍA

En este concepto se incluyen todas las fuentes de emisión asociadas al consumo de combustibles y lubricantes. Para todos los casos se toma como base el consumo total de la planta asignándose entre cada una de las etapas en función de los siguientes criterios:

-  Energía Eléctrica: Apropiación por potencia eléctrica instalada
-  Energía Térmica: Apropiación en función del consumo estimado de vapor de acuerdo a los datos de desempeño contractuales del proveedor de la tecnología.

Para todos los combustibles el esquema de cálculo es a partir del consumo global de la planta multiplicado por el factor de emisión correspondiente, y luego la apropiación para cada etapa.

TRANSPORTE INSUMOS:

Para el cálculo del transporte por insumo, el modelo es similar al modelo para materias primas por camión, la diferencia radica en que para cada insumo se ha determinado el origen, la distancia recorrida, y el aforo del transporte. En base a estos datos se estiman las emisiones por cada tn ó m³ consumido en planta.

Para el caso de los insumos de origen extranjero (EEUU, México, Brasil) se consideró únicamente la distancia de transporte desde Buenos Aires a Villa María por camión al no contar con información sobre las características del transporte empleado para la importación desde el país de origen (ruta, medio de transporte, tipo de combustible empleado). Finalmente de acuerdo al consumo de cada insumo se estiman las emisiones debidas al transporte de los mismos.

PRODUCCIÓN INSUMOS:

En el caso de las emisiones debidas a la producción de los insumos, debido a la falta de información disponible, se han considerado sólo las emisiones de alfa amilasa, gluco amilasa, ácido sulfúrico, agua amoniacal, urea e hidróxido de sodio.

EFLUENTES LÍQUIDOS:

Las emisiones debidas al tratamiento de efluentes líquidos se estimaron en base a la metodología indicada en el Capítulo 6 - Volumen 5 de las Guías del IPCC 2006. Dada la baja carga orgánica de los efluentes generados los resultados obtenidos no son significativos por lo cual no fueron considerados. La carga orgánica es la proveniente de instalaciones sanitarias del personal de la planta A continuación se detallan los pasos seguidos:

- ✓ Paso 1: Cálculo del volumen de agua residual en función de la producción.
- ✓ Paso 2: Estimación del Total de materia degradable (Ecuación 6.6)
- ✓ Paso 3: Determinación del factor de corrección de metano y Factor de emisión por sistema de tratamiento. (Cuadro 6.8 y Ecuación 6.5)
- ✓ Paso 3: Cálculo de las emisiones por efluentes líquidos (Ecuación 6.4).

Tabla 14 Unidades y factores empleados

Q _e	Efluente Total	M ³	Produccion x W
W	Generacion de aguas residuales	M3/Tn Aceite	Cuadro 6.9 - IPCC 2006
COD	Demanda quimica de oxigeno	kg/M3 Efluente	Cuadro 6.9 - IPCC 2006 - Se toma valor promedio
TOW	Total de materia degradable	Kg COD	Ecuacion 6.6
MCF	Factor de Correccion metano	Fraccion	Cuadro 6.8 - Laguna Anaerobica
Bo	Capacidad maxima de produccion Metano	KgCH4/KgCOD	Factor IPCC Default
EF	Factor de emision por Efluentes	KgCH4/KgCOD	Ecuacion 6.5
S	Componente orgánico separado como lodo	KgCOD	Se considera que no hay extraccion de lodos
R	Cantidad de metano recuperado	KgCH4	Se supone que no hay recuperacion

TASA DE RETORNO ENERGÉTICO (EROEI)

Se incluyó en el cálculo del EROEI el gasto energético de las actividades e insumos utilizados para producir bioetanol, desde la producción agrícola, fletes de MMPP, Planta Industrial ACABio, y los fletes de producto elaborado. Se tomaron los contenidos energéticos de los combustibles según los datos del MinEM (Balance Energético Nacional). En el caso de la producción de insumos se tomaron valores del BioGrace (V4), y en el de los insumos de planta valores de literatura (explicitados en la hoja “Cuadro F. FE Insumos Planta” del calculador). Finalmente se realizó la misma apropiación energética por etapas que para el “Análisis Apropiación Línea”.

Finalmente se realizaron las tres apropiaciones de los consumos comunes, y se calculó el EROI con apropiación por coproductos o como si el único producto fuera el bioetanol.

FACTORES DE EMISIÓN UTILIZADOS

A continuación, se detallan los factores de emisión utilizados en los cálculos de emisiones de gases de efecto invernadero:

POTENCIALES DE CALENTAMIENTO GLOBAL

Se utilizaron los valores indicados en la Directiva europea de biocombustibles - EU 2009/28/CE - Anexo 5 - Punto C. Metodología - Art. 5:

-  CO₂: 1
-  CH₄: 23
-  N₂O: 296

CONTENIDO ENERGÉTICO

A continuación, se detallan los contenidos energéticos utilizados tanto para los cambios de unidades como para la apropiación de emisiones entre co-productos.

Tabla 15 Contenidos energéticos empleados

Insumo	Humedad (%)	Contenido Energético (Kcal/Kg)	Contenido Energético (Mj/Kg)	Fuente
Alcohol etílico 95%	5%			
Alcohol etílico anhidro (Bioetanol)	0%	6.595,96	27,31	Análisis en Laboratorio Lantos. Muestra/Identificación: 2016-05-0207. Fecha de muestra: 13-05-2016 (Promedio valores máximos y mínimos)
DDGS	11%	3.592,00	15,04	Fuente ACABIO: Cálculo promedio calidad mensual periodo 01-01-2016 / 30-06-2016
WDGS	67%	1.293,00	5,41	Fuente ACABIO: Cálculo promedio calidad mensual periodo 01-01-2016 / 30-06-2016
Aceite vegetal	0,30%	9.132,27	38,24	Análisis en Laboratorio Lantos. Muestra/Identificación: 2016-05-0208. Fecha de muestra: 13-05-2016

FACTORES POR DEFECTO PARA LA ESTIMACIÓN DEL N AGREGADO A LOS SUELOS A PARTIR DE RESIDUOS AGRÍCOLAS

Para la estimación de las emisiones de N₂O se utilizaron los valores para Nivel 1 incluidos en el Cuadro 11.2 - Volumen 4 - Capítulo 11 - Página 19 - IPCC 2006.

FACTORES DE EMISIÓN DE N₂O (FUENTES DIRECTAS/INDIRECTAS)

Para la estimación de las emisiones de N₂O se utilizaron los coeficientes por default indicados en los cuadros 11.1 (Página 12) y 11.3 (Página 26) Volumen 4 - Capítulo 11 - IPCC 2006. A continuación se extraen los coeficientes utilizados:

Tabla 16 Factores de emisión de la producción primaria

Factor	Descripción	Unidad	Valor por Defecto	Rango de incertidumbre
EF ₁	Para reportes de N de fertilizantes minerales, abonos orgánicos y residuos agrícolas, y N mineralizado de suelos minerales a causa de pérdida de carbono del suelo	kg N ₂ O-N / kg N	0,01	0,003 a 0,03
Frac _{GASF}	Volatilización de fertilizante sintético	(kg NH ₃ -N + NOx-N) / (kg N aplicado)	0,10	0,03 a 0,3
EF ₄	Factor de volatilización y re-deposición de N	Kg. N ₂ O / (NH ₃ -N + Nox-N volatilizado)	0,01	0,002 a 0,05
Frac _{lixiviación-H}	Fracción pérdidas de N por lixiviación y escurrimiento	kg N lixiviado / kg N aplicado	0,30	0,1 a 0,8
EF ₅	Factor de lixiviación y escurrimiento	kg. N ₂ O-N / Kg. N lixiviación/escurrimiento	0,0075	0,0005 a 0,025

FACTORES DE EMISIÓN ENERGÉTICOS

Se utilizaron los factores de emisión locales, fundamentalmente incluidos en el inventario de Gases de Efecto Invernadero incluido en la Tercera Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático 2012 . A continuación se detallan los factores utilizados:

Tabla 17 Factores de emisión de los energéticos empleados

Factores de Emisión Energéticos				Nota 1						Nota 2	
Fuentes: Inventario de gases de efecto invernadero de la República Argentina – Año 2012 Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable Balance Energético Nacional - Secretaría de Energía de la Nación				Gas-Oil	Nafta	Lubricantes	G.L.P.	Gas Natural	Leña (dura)	Energía Eléctrica	Fuel-Oil
Tipo de Combustible/Energético	Variable	Descripción	Unidades	Lts	Lts	Lts	Kg	M ³	Kg	KwH	Kg
PCI	Poder Calorífico Inferior	Kcal/Unidad	Balance Energético Nacional - Metodología construcción BEN	8.619	7.607	8.503	10.950	8.300	2.300		9.800
D	Densidad	Kgs/Unidad	Inventario 2012 - Factores Generales	0,8450	0,7350	0,8850	0,5370	0,7190			0,9450
Frac Ox	Fracción de Carbono Oxidado	%	Inventario 2012 - Factores Generales	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000		1,000
C _c	Contenido de Carbono	TC/TJ	Inventario 2012 - Factores Generales	20,21	18,90	19,99	17,21	15,30	30,55		21,11
FE _{CO2} KCAL	Factor de emisión de CO ₂	KgsCO ₂ /Kcal	FE _{CO2} = C _c *Frac Ox * 44/12	0,0003102	0,0002901	0,0003069	0,0002642	0,0002349	0,0004689		0,0003241
FE _{CO2} UNIDAD	Factor de emisión de CO ₂	KgsCO ₂ /Unidad	FE x Unidad de consumo	2,67	2,21	2,61	2,89	1,95	1,08	0,392	3,18
FE _{N2O}	Factor de emisión de N ₂ O	KgsN ₂ O/TJ	Inventario 2012 - Factores Generales	0,6	0,6	0,6	0,1	0,1	4,0	-	0,6
FE _{N2O} KCAL	Factor de emisión de N ₂ O	KgsN ₂ O/Kcal	Cambio de Unidades	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,000
FE _{N2O} UNIDAD	Factor de emisión de N ₂ O	KgsCO ₂ /Unidad		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,000
FE _{CH4}	Factor de emisión de CH ₄	KgsCH ₄ /TJ	Inventario 2012 - Factores Generales	3,00	3,00	3,00	1,00	1,00	30,00	-	1,00
FE _{CH4} KCAL	Factor de emisión de CH ₄	KgsCH ₄ /Kcal	Cambio de Unidades	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,000
FE _{CH4} UNIDAD	Factor de emisión de CH ₄	KgsCO ₂ /Unidad		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,000
FE _{CO2+CH4} UNIDAD	Factor de emisión de CO ₂ +CH ₄	KgsCO ₂ /Unidad	FE total x Unidad	2,68	2,21	2,62	2,90	1,95	1,10	0,392	3,18
FE _{CO2+CH4} KCAL	Factor de emisión de CO ₂ +CH ₄	KgsCO ₂ /Kcal	FE total x Kcal	0,0003113	0,0002912	0,0003079	0,0002644	0,0002351	0,0004768		0,0003249

FACTORES DE EMISIÓN DE LOS INSUMOS EMPLEADOS EN LA PLANTA

El cuadro F del calculador agrupa a los principales insumos empleados por la empresa en sus etapas de procesamiento industrial. Dichos factores luego son los tomados en cuenta para efectuar las respectivas determinaciones.

Tabla 18 Factores de emisión de los principales empleados en la parte industrial

Insumo	Factor de emisión por KgsCO2eq/Kg	Energía fósil MJ/kg	Fuente
Alfa-amilasa	1,00	15,00	Nielsen, P.H., Oxenboll, K.M., Wenzel, H., 2007. Cradle-to-gate environmental assessment of enzyme products produced industrially in Denmark by Novozymes A/S. Int J LCA 12(6) 432-438.
Glucoamilasa	7,50	87,00	Nielsen, P.H., Oxenboll, K.M., Wenzel, H., 2007. Cradle-to-gate environmental assessment of enzyme products produced industrially in Denmark by Novozymes A/S. Int J LCA 12(6) 432-438.
Acido sulfurico 98%	0,21	3,90	JEC E3-database (version 31-7-2008) - BioGrace V4.d
Agua amoniacal 28%	2,66	44,39	JEC E3-database (version 31-7-2008) - BioGrace V4.d
Fermasure	-	-	No hay datos
Soda caustica 50%	0,47	10,22	JEC E3-database (version 31-7-2008) - BioGrace V4.d
Acido sulfamico	-	-	No hay datos
Levadura	-	-	No hay datos
Lactrol	-	-	No hay datos
Urea solida	0,61		Tabla 6 - Europe Average - Kongshaug (1998) - "A Review of Greenhouse Gas Emission Factors for Fertiliser Production" - Sam Wood and Annette Cowie - IEA Bioenergy Task 38 - Junio 2004.
Benzoato de denatonio	-	-	No hay datos
Soda caustica - Solvay	0,47	10,22	JEC E3-database (version 31-7-2008) - BioGrace V4.d
Carbonato de sodio	1,19	13,79	No hay datos
Monoetanolamina (MEA)			No hay datos
Amoniaco	2,66	44,39	JEC E3-database (version 31-7-2008) - BioGrace V4.d
Permanganato de potasio (KMnO4)			No hay datos
Silicagel			No hay datos
Carbon Activado			No hay datos

PRODUCCIÓN DE FERTILIZANTES, AGROQUÍMICOS Y SEMILLAS

Se estimaron las emisiones generadas en la producción de los tres fertilizantes estándar que se emplean en la producción de maíz, en función a los consumos relvados en los campos testigo empleados. Se emplearon los factores de emisión del informe "A Review of Greenhouse Gas Emission Factors for Fertiliser Production" y del BioGrace (2011). Se pueden encontrar en la "Tabla I. Fertilizantes" de la planilla Emisiones Producción Maíz.

Tabla 19 Factores de Emisión para la producción de fertilizante.

Nombre Fertilizante	U.M.	Categoria	Composicion (%)					UREA %	Kgs CO2eq/U.M.	Emisiones Ciclo de vida Fuente
			N	P2O5	K2O	S				
UREA	KG	Fertilizante	46,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100%	0,61	Tabla 6 - Europe Average - Kongshaug (1998) - "A Review of Greenhouse Gas Emission Factors for Fertiliser Production" - Sam Wood and Annette Cowie - IEA Bioenergy Task 38 - Junio 2004.	
DAP	KG	Fertilizante	18,0%	46,0%	0,0%	0,0%	0%	0,46	Tabla 7 - Europe Average - Kongshaug (1998) - "A Review of Greenhouse Gas Emission Factors for Fertiliser Production" - Sam Wood and Annette Cowie - IEA Bioenergy Task 38 - Junio 2004.	
SOLMIX	KG	Fertilizante	30,0%	0,0%	0,0%	2,6%	0%	1,31	Tabla 6 - Europe Average - Kongshaug (1998) - "A Review of Greenhouse Gas Emission Factors for Fertiliser Production" - Sam Wood and Annette Cowie - IEA Bioenergy Task 38 - Junio 2004.	
Cebador 14:34	KG	Fertilizante	14,0%	34,0%	0,0%	9,0%	0%	0,31	Tabla 7 - Europe Average - Kongshaug (1998) - "A Review of Greenhouse Gas Emission Factors for Fertiliser Production" - Sam Wood and Annette Cowie - IEA Bioenergy Task 38 - Junio 2004.	
Microessential SZ	KG	Fertilizante	12,0%	40,0%	0,0%	10,0%	0%	0,31	Tabla 7 - Europe Average - Kongshaug (1998) - "A Review of Greenhouse Gas Emission Factors for Fertiliser Production" - Sam Wood and Annette Cowie - IEA Bioenergy Task 38 - Junio 2004.	

Fuente: A Review of Greenhouse Gas Emission Factors for Fertilizer Production. Para IEA BioenergyTask 38, Junio 2004.

En cuanto a los factores de emisión para la producción de agroquímicos la bibliografía es variada y se considera apropiado emplear el valor propuesto por BioGrace (2011) como factor de emisión para pesticidas ya que es conservador y posee la aprobación del ISCC (*International Sustainability and Carbon fixation*) de la Unión Europea⁸. No se consideran emisiones de los coadyuvantes (aceites) ni de los inoculantes.

Se empleó el factor de emisión para la producción de semillas de maíz de Ecoinvent 2.2, 2010 que es propuesto por el ISCC⁹.

Tabla 20 Factores de emisión de agroquímicos y semillas

Variable	Unidad	Valor por Defecto
Factor de Emisión para producción de Agroquímicos	kg CO ₂ eq/kg	10,97
Factor de Emisión para producción de Semillas de Maíz	kg CO ₂ eq/kg	1,93

USO DE COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ

Para estimar la cantidad de combustible y lubricantes empleados en la producción de maíz se tuvieron en cuenta los consumos relevados en los campos testigo por cada zona. Se asumió que la pulverización es terrestre por 80 l y que la fertilización es líquida. A cada actividad de laboreo se le asignó un consumo promedio de combustible o lubricante por superficie como se puede ver a continuación. Salvo que se indique lo contrario, se supone que el consumo de lubricantes es un 12% del consumo de combustible.

Tabla 21 Consumo de combustibles y lubricantes por laboreo

Labores	Combustible	Lts/Ha (Gas Oil)	Lts/Ha Nafta	Lts/Ha (Lubricantes*)	Observaciones	Fuente de Información
SIEMBRA	Gas-Oil	7,63		0,92	No es posible distinguir tipo de siembra por lo cual se promedian S.D. Grano Fino/Grueso	Tabla: El costo de los labores agrícolas - 1/02/2011 - 42/43
PULVERIZACIÓN	Gas-Oil	1,65		0,20	Se toman valores de pulverización de arrastre	Tabla: El costo de los labores agrícolas - 1/02/2011 - 43
COSECHA	Gas-Oil	15,58		1,87		Estudio Huella de Carbono en los Exportables de la Provincia de Buenos Aires - CFI - 2011

DATOS DE ACTIVIDAD

EMISIONES DE CAMPO

Sobre la base de la información de campo relevada (25 campos) se estimaron los datos de actividad para cada zona. Se realizó el cálculo de las emisiones por tonelada de grano para cada uno de las regiones relevadas y en promedio. En el caso de las regiones con campos relevados se multiplicaron las toneladas recibidas por el valor correspondiente a dicha zona. Para aquellos campos que estaban en zonas sin campos relevados se utilizó la emisión de GEIs promedio (simple) de los campos relevados.

⁸El informe ISCC 205 GHG Emissions Calculation Methodology and GHG Audit (pág. 24) propone emplear el valor definido en BioGrace 2011 como Factor de Emisión para pesticidas.

⁹ El informe ISCC 205 GHG Emissions Calculation Methodology and GHG Audit (pág. 24) propone emplear como Factor de Emisión para producción de semillas el valor definido en Ecoinvent 2.2, 2010; maize seed IP, at regional storehouse (CH).

EMISIONES DE TRANSPORTE

Los movimientos desde los proveedores de maíz hasta la planta industrial se basaron en la información contenida en las “Cartas de Porte”.

EMISIONES DE PROCESO INDUSTRIAL

La información correspondiente a los insumos utilizados, los energéticos consumidos y los productos generados fueron aportados por la empresa.

CALCULADOR DE EMISIONES ACABIO

El calculador fue desarrollado mediante una serie de hojas de cálculo en planilla Excel versión 2016, con tablas dinámicas. El sistema completo contiene 34 paginas relacionadas, se cuenta con la totalidad de la información de referencia, planillas de ingreso y de sensibilidad y evaluaciones del para el mercado externo y nacional

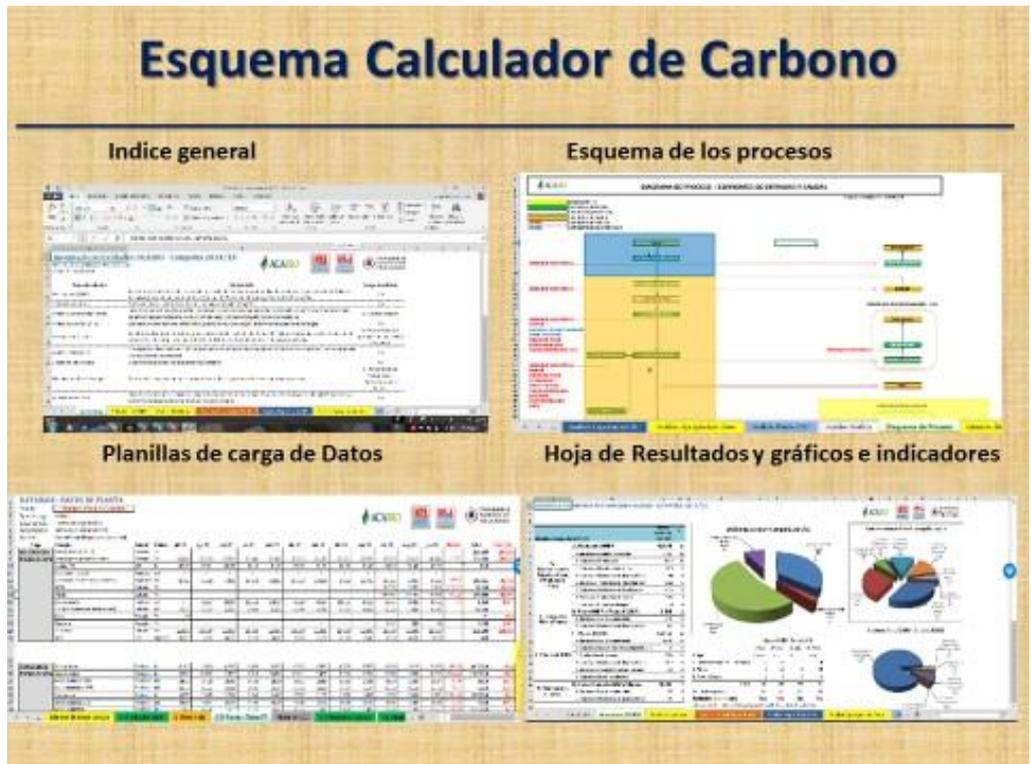


Figura 29 Modo de presentación del calculador

Tabla 22 Descripción e índice de las hojas contenidas en el calculador

Hoja de calculo	Contenido	Pagina
Emisiones ACABIO	Resumen de emisiones de la campaña y cálculo de emisiones por unidad de producto según criterio de Balance de masas (ajustado por contenido de humedad), Precio de Mercado, y Contenido Energético.	1
Grafico Inventario	Gráfico de barras por fuente de emisión para campaña 2015/16	2
Análisis Sensibilidad Rinde	Calculo de sensibilidad por rinde. Se toman las emisiones originales de la campaña 2014/15 y solo se recalculan las emisiones asociadas a la producción de maíz. Contiene los gráficos de comparativa.	3
Análisis Exportación UE	Estimación de emisiones BIOETANOL puesto en Europa, según directiva europea de Bioenergía.	4
Análisis Apropiación Línea	Cuadros y cálculos de emisiones por cada sector de la planta de etanol. Se incluye una comparativa en función de los criterios de apropiación por total de emisiones y discriminando las etapas productivas.	5
Balance Energético	Calculo del balance de energía por producto (Tasa de retorno energético)	6
Análisis Planta CO2	Estimación de las emisiones de los productos elaborados contemplando el "ahorro" de emisiones por no producir CO2 a partir de Gas Natural.	7
Auxiliar Grafico	Planilla auxiliar para realizar la representación gráfica	8
Diagrama de Flujo	Diagrama de proceso de la planta de Bioetanol	9
A. Producción Maíz	Calculo de emisiones asociadas a la producción de Maíz. Se toman los datos de los ingresos de MMPP por zona y se los multiplica por el valor promedio de los campos.	10
B. Fletes Maíz	Calculo de emisiones asociadas al transporte según recepciones de Cartas de Porte y cálculo de distancia desde campos a Acopio y ACABIO.	11
C-D Planta - Fletes PT	Calculo de emisiones asociadas a la planta de Bioetanol. Calculo de emisiones consumos de energía, fletes de insumos, emisiones producción de insumos, y flete a destino.	12
Planta de CO2	Consumos planta de CO2 a partir de Gas Natural y estimados de planta purificación de CO2 proyectada. Se utiliza para estimar el ahorro de emisiones por no producir CO2 a partir de GN natural.	13
A.A Resumen x Campo	Resumen de cálculo de emisiones campos de referencia y cálculo de promedio simple de emisiones por tonelada de maíz.	14
A.B Carga Campos	Ingreso de datos de gestión de los campos de referencia. También se pueden ingresar los datos para hacer el análisis de sensibilidad (el rinde se carga en Análisis Sensibilidad Rinde y el resto del planteo Agroquímicos/Fertilizantes en A.B. Carga Campos)	15
A.1 Residuos	Calculo de emisiones por residuos de cosecha según metodología IPCC 2006	16
A.2 Fertilización	Calculo de emisiones por fertilización sintética según metodología IPCC 2006. Se incluye cálculo de emisiones por producción de fertilizantes.	17
A.3 Combustibles y Lubricantes	Calculo de emisiones por uso de combustibles por laboreos. Se incluye cálculo de emisiones por producción de combustibles fósiles.	18
A.4 Agroquímicos	Calculo de emisiones por producción de agroquímicos según Directiva EU-RED	19
A.5 Semillas	Calculo de emisiones por producción de semilla según directiva EU-RED	20
A6. Estructura	Calculo de emisiones por la estructura operativa de los campos (combustibles no laboreos)	21
A7. N-P-K-S	Calculo de nutrientes aplicados	22
C.1 Efluentes	Calculo de emisiones por planta de efluentes según metodología IPCC 2006. Dado que se cuenta con una planta aeróbica las emisiones son cero.	23

Cuadro A. PCG	Potenciales de calentamiento global. Se utilizaron los valores de la Directiva EU-RED	24
Cuadro B. IPCC 11.2	Factores para la estimación del N agregado a los suelos a partir de residuos agrícolas. Valores del IPCC 2006	25
Cuadro C. Factores N2O	Factores de emisión emisiones directas e indirectas de N2O de los suelos gestionados. Valores del IPCC 2006	26
Cuadro D. FE Combustibles	Factores de emisión de los energéticos. Se tomaron los valores de la Tercera Comunicación Nacional (SAyDS), Balance Energético Nacional (SE) y Factor de Emisión de la Red Eléctrica (SE)	27
Cuadro E. Transporte x Camión	Calculo de las emisiones por kilómetro recorrido para Camión Cerealero y Cisterna.	28
Cuadro F. FE Insumos Planta	Factores de emisión estimados para la producción de los insumos de planta Bioetanol. Se tomaron valores de bibliografía y de proyecto BioGrace versión 4.d.	29
Cuadro G. Fertilizantes	Factores de emisión estimados para la producción de los fertilizantes utilizados en los campos de referencia. Se tomaron valores de bibliografía.	30
Cuadro H. Labores	Calculo del combustible por laboreos. Se tomaron valores de bibliografía.	31
Cuadro I. Agroquímicos	Características de los agroquímicos (densidad y tipo). Se tomaron valores de las hojas de seguridad.	32
Cuadro J. Caracterización PT	Características Co-productos elaborados para apropiación de emisiones según criterios. Se tomaron valores de bibliografía (humedad, densidad y contenido energético)	33
Cuadro K. GEIs MP x localidad	Cuadro de emisiones producción MMPP por localidad según campos relevados	34

BREVE DESCRIPCION DE LAS PRINCIPALES HOJAS DEL CALCULADOR

EMISIONES ACABIO

Esta hoja contiene un resumen de las emisiones generadas de la campaña y cálculo de emisiones por unidad de producto según criterio de Balance de masas (ajustado por contenido de humedad), Precio de Mercado, y Contenido. Presenta las emisiones generadas durante el periodo de estudio 2015 al 2016, y la alocaión de las mismas por tonelada de etanol y por tonelada de WDGS, DDGS dióxido de carbono y aceite producido.

En la hoja se incluye la sumatoria de las emisiones asociadas a las actividades de ACABIO, desde la Producción de las Materias Primas (Maíz), pasando por los transportes (de Materias Primas y Productos elaborados) y la etapa industrial. Se abarca hasta la entrega de los productos en los clientes. A su vez se detallan las fuentes de emisiones incluidas en cada etapa, junto con los valores obtenidos para la campaña 2015/16.

Por otra parte se realiza el cálculo de las emisiones asociadas a cada producto elaborado, es decir Alcohol etílico anhidro (Bioetanol), DDGS, WDGS y Aceite vegetal, según tres criterios, Apropiación por Balance de Masas, Precio de Mercado y Contenido Energético. En el caso de la apropiación por balance de masas se hicieron en “Base Seca” es decir descontando la humedad en el DDGS y el WDGS. Se acompaña la información numérica con gráficos comparativos y de porcentajes.

GRAFICO INVENTARIO

En esta hoja el calculador representa en una serie de barras horizontales la importancia relativa de las emisiones de cada una de las etapas analizadas en el proceso incluyendo la producción agrícola, transporte y fase industrial.

ANALISIS DE SENSIBILIDAD AL RINDE

El calculador incluye la posibilidad de analizar las emisiones de la producción de Etanol para distintos escenarios de rendimiento. En esta hoja se cargan los valores de rinde que se desean analizar y se recalculan sólo las emisiones asociadas a la producción de maíz, manteniendo el resto de las emisiones fijas. Contiene los gráficos comparativos para reducciones tomando como referencia el mercado local y la europea. La planilla contiene dos metodologías de cálculo una ajusta los valores de insumos de fertilizantes de acuerdo al rendimiento y otra los mantiene fijo.

ANÁLISIS DE EXPORTACIÓN A LA UNIÓN EUROPEA UE

Se ha incluido un ejercicio específico con referencia a la metodología de cálculo y a los valores de referencia contenidos en la directiva europea UE RED para la importación etanol.

Para desarrollarlo se simuló una exportación por barco al puerto de Rotterdam para lo cual se sumaron las emisiones del transporte terrestre y marítimo a las emisiones de base calculadas. Se compararon estos resultados con los valores por defecto y típicos que contiene la normativa, así como el porcentaje de reducciones respecto al valor fijo de referencia Adicionalmente se calculó el nivel de emisiones del etanol sin alocación por coproductos realizando también la determinación de la reducción total. Se realizaron por ultimo las comparaciones de reducción porcentual con los tres niveles ascendientes estipulados en el EU RED actual, 2017 y 2018 indicando el cumplimiento o no con las metas según los diferentes criterios de alocación.

ANALISIS “APROPIACIÓN X LINEA”

En la hoja se realizan los cálculos para apropiar las emisiones por etapas, teniendo en cuenta aquellos procesos comunes a todos los productos y los que son exclusivos. Este es un ejercicio para analizar qué impacto tiene una asignación más exhaustiva de las emisiones en las emisiones por tonelada de bioetanol.

Para poder apropiar las emisiones, se ha subdivido la planta en las siguientes siete etapas: 1. Recepción, 2. Molienda y Fermentación, 3. Destilación, 4. Separación, 5. Secado, 6. Consumos Comunes, y 7. Planta CO₂.

La energía eléctrica se apropió según los porcentajes de potencia instalada. Dado que la planta cuenta con una instalación de cogeneración, se han apropiado las emisiones asociadas a la energía eléctrica generada como un 30% de las emisiones totales de la caldera. El resto de las emisiones (70%) se asociaron a la producción de vapor que luego se apropió por etapa según los porcentajes de utilización.

Por otra parte, se han apropiado las emisiones asociadas a los insumos según la etapa en la cual se utilizan. Dado que los fletes se encontraban discriminados por línea, se han asociado las emisiones para cada producto.

Luego se sumaron las emisiones según los siguientes criterios: Etapas comunes a todos los co-productos, exclusivas DDGS/WDGS/Aceite, exclusivas DDGS/WDGS, Exclusiva Alcohol, Exclusiva WDGS, Exclusiva DDGS, Exclusiva Aceite Vegetal, y Exclusiva CO₂.

Por último, se han repetido los criterios de apropiación utilizados para el total de emisiones (hoja “Emisiones ACABIO”), es decir Apropiación por Balance de Masas, Precio de Mercado y Contenido Energético. Este análisis se hizo en forma alternativa al análisis de la cadena de valor completa.

Aclaración metodológica:

Se han efectuado según lo descripto dos análisis separados lo cual lleva a diferencias en los valores finales obtenidos. Dado que la directiva europea no es clara con la asignación por etapas entra planta, en la hoja “Emisiones ACABIO”, está la apropiación del total de las emisiones de la cadena de valor. En la hoja “Apropiación por emisiones” está discriminado por etapas como un análisis alternativo. La principal diferencia observada es que, si se distribuyen las emisiones totales de la planta entre todos los coproductos, se están asignando emisiones del secado del DDGS/WDGS al bioetanol, las cuales representan alrededor del 11% de las emisiones totales. A su vez si cambia la relación DDGS/WDGS suben o bajan las emisiones por secar más o menos cantidad, y esto no tiene relación con la producción de Bioetanol. En el ejercicio se han asignado las emisiones comunes según los tres criterios mencionados anteriormente. Se observa en todos los casos una baja de las emisiones por tonelada de bioetanol de entre 13% y 19%.

BALANCE ENERGÉTICO

Esta hoja realiza el cálculo de la energía utilizada para la producción del bioetanol. Se considera la misma apropiación por productos que se realiza en la “Apropiación por línea” Finalmente se calculan la tasa de retorno energético EROI tomando en cuenta la totalidad de coproductos o solo el bioetanol.

ANÁLISIS DE LA PLANTA DE DIÓXIDO DE CARBONO:

En esta hoja se realiza un cálculo sobre la base de reemplazo del CO₂ purificado en la planta y proveniente de biomasa, respecto de la producción de CO₂ a partir de la combustión de gas natural. Se asume que todo el CO₂ se libera, pero, en el caso de la combustión del gas natural (método habitual para la obtención de CO₂), es una emisión neta a la atmosfera, y en el caso de la fermentación del maíz, al provenir de una fuente renovable no se consideran emisiones de GEIs, excepto las utilizadas para purificar el CO₂.

La hoja contiene los cuadros de resultados con y sin recuperación de dióxido de carbono y representaciones gráficas que representan el impacto según diferentes criterios de alocaión respecto a las referencias tanto de la unión europea como del mercado interno.

AUXILIAR GRAFICO:

Esta hoja contiene un cuadro resumen con el total de emisiones por etapa analizada. Dichos valores son tomados para efectuar las diferentes representaciones gráficas.

DIAGRAMA FLUJO

Se presenta un esquema de flujo del proceso productivo elaborado por ACABio a partir del cual se identifican las entradas y salidas de cada etapa.

PRODUCCIÓN DE MAÍZ

Esta hoja presenta una tabla resumen de las emisiones generadas durante la producción agrícola, por periodo, por tonelada de maíz producido y total por zona, según las siguientes categorías:

- Residuos de cosecha
- Fertilización
- Uso de combustibles
- Producción de combustibles
- Producción de agroquímicos
- Producción de fertilizantes
- Producción de semilla
- Estructura campos

También se detallan los consumos de cada tipo de combustible, fertilizante, y agroquímico, total por cada zona recibida según carta de porte.

B FLETES MAIZ

En la hoja se calculan las emisiones asociadas al flete de las MMPP desde el campo a la planta ACABio. Se cargan los datos de base de las cartas de porte incluyendo las toneladas de maíz recibido, la cantidad de viajes y los kilómetros recorridos. Luego se calculan las emisiones por flete de MMPP. También se calculan los litros estimados de combustibles utilizados.

CD PLANTA FLETES PT

En esta hoja ingresaron los datos correspondientes a la producción y consumo de insumos y energía de la Planta Villa María elaborados por la empresa en una planilla completa que contiene los datos mensuales. También se incluye los fletes de producto terminado y de insumos. Posteriormente se realiza el cálculo de las emisiones asociadas, y los consumos energéticos necesarios para estimar el EROI. También se realiza el cálculo de los porcentajes de asignación por coproductos según los tres criterios utilizados. Se encuentran las siguientes hojas de información en forma anua

Datos industria y Carga datos: tablas elaboradas por ACABIO CD Planta con los datos mensuales correspondientes a la producción y consumo de insumos y energía de la Planta Villa María. En esta hoja se cargan los casilleros con la información mensual correspondiente a la producción y consumo de insumos y energía de la Planta Villa María, la misma se ingresa por etapa, excepto por los insumos para los equipos comunes y la energía. Los datos a ingresar son:

- Volúmenes producción
- Consumos producción
- Consumos energéticos
- Consumos químicos tratamiento de agua servicios

- Consumos efluentes
- Consumos agua potable
- Ingresos insumos
- Insumos
- Transporte despachos
- Consumos Energéticos:
 - Gas-Oil
 - Fuel-Oil
 - Gas natural
 - Energía eléctrica
 - Energía eléctrica externa
- Precios de Mercado
 - Etanol 95%
 - Etanol anhidro
 - Descarte
 - Scrap
 - WDGS
 - DDGS
 - jarabe proteico
 - Aceite vegetal
 - CO2

PLANTA DE CO2

Esta hoja contiene información descriptiva del proceso empleado en la planta de captura y purificación de dióxido de carbono. En la misma se encuentran todos los datos referentes a consumos y producción de la planta durante el período analizado. Se incluye la planta de purificación de CO2 proveniente de Bioetanol, y la de producción de CO2 a partir de gas natural. Se calculan las emisiones por tonelada en ambos procesos y por diferencia se estiman los “ahorros” de emisiones por tener la planta de purificación de CO2 proveniente de la fermentación.

A.A RESUMEN X CAMPO

Se resumen los resultados de los cálculos de las emisiones de la etapa agrícola por campo relevado y del análisis de sensibilidad. A.B Carga Campos Se cargan los datos de operación de los campos relevados. En las celdas marcadas en azul se cargan los datos correspondientes a la actividad en los campos individuales. Esta planilla puede extenderse en el futuro a medida que se integren en la cadena de información una mayor cantidad de campos. Debido a la falta de información propia se diseñó el calculador de manera que se puedan introducir datos reales de actividad o datos estandarizados por unidad de superficie a partir de los cuales se estima la actividad. También se incluye la carga del “Nivel de Reposición de Nutrientes” para el análisis de sensibilidad.

- Procedencia del Maíz
- Datos del Campo: superficie del campo, tipo de cultivo, producción de cultivo y rendimiento.
- Fertilización: cantidades de los diferentes tipos de fertilizantes empleados.
- Agroquímicos: consumo de los diferentes tipos de agroquímicos.

- Semilla: consumo de semillas.
- Labores: tipo de laboreo y superficie asociada.
- Combustión y Energía: consumo de combustible asociado a la administración del campo, excluye el combustible empleado en laboreos.

PLANILLAS DE CALCULO DE EMISIONES AGRICOLAS

Las siguientes planillas contienen los cálculos asociados a cada fuente de emisión de la etapa agrícola para los campos con información:

A.1 Residuos: Estimación de las emisiones directas e indirectas asociadas al nitrógeno de los residuos agrícolas.

A.2 Fertilización: Estimación de las emisiones directas e indirectas asociadas al nitrógeno aplicado a los suelos en forma de fertilizante sintético. Estimación de las emisiones asociadas a la producción de los fertilizantes aplicados.

A.3 Combustibles y Lubricantes: Estimación de las emisiones de CO₂, N₂O y CH₄ por la combustión y producción de gas-oil, nafta y lubricantes.

A.4 Agroquímicos: Estimación de las emisiones asociadas a la producción de los agroquímicos aplicados en los campos. Estimación de emisiones por producción de agroquímicos, siguiendo la clasificación por clase OMS.

A.5 Semillas: Estimación de las emisiones asociadas a la producción de las semillas de maíz sembradas.

A.6 Estructura: Estimación de emisiones asociadas al consumo de energéticos de la administración del campo, excluyendo los laboreos.

A.7 N-P-K-S: Planilla auxiliar a la estimación de emisiones por fertilización. En ella se calculan las cantidades de nitrógeno sintético, fósforo, potasio y azufre empleadas en la fertilización, según el tipo y cantidad de fertilizante aplicado.

C.1 EFLUENTES

En la planilla de efluentes se estima en base a la DQO y los volúmenes de efluentes líquidos, la cantidad de materia orgánica total degradable. En segunda instancia se selecciona de tabla el Factor de Corrección de metano según el tratamiento de efluente correspondiente, y finalmente se estiman las emisiones asociadas a la gestión de los efluentes líquidos. En el caso de ACABio al ser un tratamiento aeróbico, las emisiones se consideraron 0.

CUADROS CON PARÁMETROS DE CÁLCULO

El calculador se completa con las siguientes tablas que incluyen los parámetros utilizados para las estimaciones realizadas. Las siguientes hojas contienen toda la información parametrizada:

Cuadro A. PCG: Se incluyen los potenciales de calentamiento global utilizados. Si bien los cálculos y los resultados se hicieron utilizando los valores de la Directiva Europea para biocombustibles, estos valores

pueden ser cambiados según el uso del calculador. Cabe destacar que los valores de PCG de la Directiva son distintos a los utilizados por el país para informar sus emisiones a la CMNUCC.

Cuadro B. IPCC 11.2: Se incluyen los parámetros para el cálculo del contenido de nitrógeno de los residuos de cosecha según la metodología del IPCC 2006.

Cuadro C. Factores N₂O: Tabla con los factores de emisión por defecto para las emisiones directas e indirectas de N₂O provenientes del uso del suelo, según metodología IPCC 2006.

Cuadro D. FE Combustibles: Parámetros de los combustibles utilizados para calcular las emisiones por el uso de los mismos incluyendo la energía eléctrica comprada a la red. Las fuentes de información son el Balance Energético Nacional (MinEM), y la Tercera Comunicación Nacional (MAyDS), y el factor de emisión de la red eléctrica (MinEM).

Cuadro E. Transporte x Camión: Se estiman las emisiones para los camiones tanto cerealeros como cisterna. Se asumieron parámetros de consumo específico por cada 100 km que luego se convierten en emisiones por cada km de acuerdo a los factores de emisión del gasoil (CO₂, CH₄, y N₂O).

Cuadro F. FE Insumos Planta: Parámetros de consumos de energéticos y emisiones de GEIs para la producción de los principales insumos utilizados en la planta ACABio. Se incluyen las referencias y las fuentes de información utilizadas para cada uno.

Cuadro G. Fertilizantes: Composición y emisiones de GEIs para la producción de los Fertilizantes utilizados en los campos con información. Se incluyen las referencias y las fuentes de información utilizadas para cada uno.

Cuadro H. Labores: Consumo específico de la maquinaria agrícola. Se incluyen las referencias y las fuentes de información utilizadas para cada uno.

Cuadro I. Agroquímicos: Categorización de los insumos utilizados, incluyendo la densidad para pasar de la unidad de consumo (lts/ha) a kgs para poder estimar las emisiones (Factor de emisión expresado en KgCO₂/kg Agroquímico). Se incluyen las referencias y las fuentes de información utilizadas para cada uno.

Cuadro J. Caracterización PT: Tabla con el contenido energético de los productos elaborados por ACABio incluyendo las referencias y fuentes de información utilizadas.

Cuadro K. GEIs MP x localidad: Tabla resumen con la asignación de las localidades a las zonas representativas de los campos relevados. Se detalla para cada localidad recibida si se asigna un campo relevado o se encuentra en la zona sin campos a relevar. También se incluye la tabla resumen con las emisiones estimada para cada campo relevado, de la cual se toman los valores en la planilla de cálculo de emisiones agrícolas (A. Producción Maíz). Adicionalmente se tabulan los valores de consumos de combustibles, fertilizantes y agroquímicos para el cálculo del EROI.

RESULTADOS PERIODO JUNIO 2016- JULIO 2017:

A continuación se detallan las emisiones estimadas para el periodo julio 2016- junio 2017 en base al modelo elaborado para ACABIO, y la información correspondiente.

EMISIONES PRODUCCIÓN DE MAÍZ

Durante el periodo se recibieron en la planta de Villa María 352.844 Toneladas de maíz (peso neto) provenientes de un total de 158 proveedores de las provincias de Córdoba y San Luis. Los proveedores más influyentes del periodo considerado fueron san Antonio de litin, Morrison pilar y cintra.

Se realizó una estimación de rinde promedio de la provincia tomando según dos metodologías en el calculador se tomaron los rindes promedio por localidad ponderados por el ingreso desde dichas zonas a la planta. Cuadro K MP por localidad en el calculador. Existen dos localidades cuyo volumen producido es superior al que ingreso de dichas zonas a la empresa. Realizando una comparativa entre kg relevados y recibidos resulta una representatividad del 6 %. El promedio final del relevamiento fue de 8.824 kg/ha

Lo ideal en estos casos dado el peso significativo del componente de producción primaria sería contar con los rindes individuales de cada lote de maíz comprado por la empresa y que dichos campos relevados representen un significativo porcentaje del material ingresado a planta. Este proceso implica organizar la toma de información de cada proveedor en forma individual con la debida trazabilidad de los datos en el sistema

Este objetivo es muy importante en particular para el hemisferio sur ya que la zona de producción se ve gravemente afectada por fenómenos niña/niño. Esta variación tampoco es homogénea en toda la cuenca de abastecimiento de la empresa por lo tanto incrementar la cantidad de información obtenida tiene suma importancia.

Sumada a la variación de rinde de los factores claves que se han identificado que intervienen en el rinde de los maíces (precipitación, genética adaptada a los diferentes ambientes de suelos, manejo de fertilizantes y herbicidas, ajuste de densidad de siembra, rotaciones, etc) se ha probado que la mayor variabilidad esta explicada por el clima local presente en cada campañas.

Los techos que pueden alcanzarse en los cultivos de siembra temprana son más altos pero la dispersión por razones climáticas entre campañas es mucho más alta. Adicionalmente los cultivos de siembra tardía presentan rindes más estables entre campañas. Las diferencias citadas pueden también influir en el paquete tecnológico finalmente aplicado en cada establecimiento y por ende esto tiene impacto sobre el total de energía empleado así como el nivel de emisiones totales producidas. Los paquetes tecnológicos por zonas son diferentes de acuerdo al riesgo en la variación de rendimientos y a las expectativas de lluvia del año considerado y esto también afecta el cálculo total de emisiones.

La ubicación de la empresa se constituye en estratégica para el aprovisionamiento de materia prima dada la incidencia creciente del flete en el ingreso bruto de los productores. En el caso del maíz el flete constituye el

40% del costo. El transporte del grano se realiza tanto en corta como larga distancia con camión, ajustándose el tonelaje transportado a lo establecido en la reglamentación vigente: carga máxima 30 Tn, volumen que se respeta ante los mayores controles (mayor número de básculas).

Esto genera un incentivo para los productores alejados de puerto para la búsqueda de otros destinos para la transformación y agregado de valor local de sus cosechas. La planta obtiene el mayor volumen de materia prima en un radio del orden de los 200Km.

A fin de lograr una representación gráfica del ajuste de rendimientos y superficies afectadas por la producción de maíz correspondientes al volumen llegado a planta durante el periodo julio 2016- junio 2017 se generó un mapa georreferenciado en base a un sistema de información geográfico SIG en programa ARCGIS localizando los lugares de aprovisionamiento especificando el volumen procedente de cada uno de ellos utilizando como insumo la: planilla con información de ingreso de materia prima suministrada por ACABIO

Las emisiones asociadas a la producción de maíz en el periodo suman un total de 55.167 toneladas de CO₂eq para la totalidad de los campos asociados. En el grafico 21 se puede observar la participación porcentual de cada concepto:

Como se puede observar el concepto de “Residuos de Cosecha” (33%) es el más influyente seguido por “Fertilización” sumando la fertilización y la producción es la categoría que más contribuye (37 %), seguida por la producción de los agroquímicos y en cuarto lugar los combustibles empleados en las diferentes actividades del cultivo (7 %). Por último la producción de semillas registra el menor impacto llegando a un (3 %).

Si analizamos las emisiones de GEIs por tonelada de maíz producida, se obtiene un valor de 110 gm CO₂eq/t de maíz, mientras que las emisiones por hectárea sembrada tienen un valor de 858 gm CO₂eq/ha.

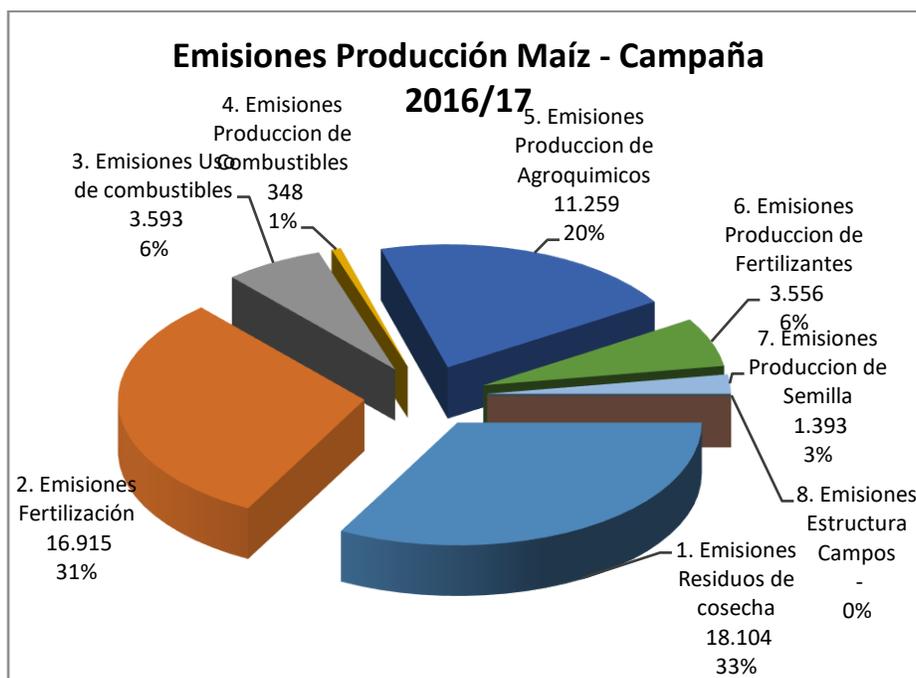


Figura 30 Distribución de las emisiones

FLETES DE MATERIAS PRIMAS

En el caso de los fletes de maíz se empleó la información proveniente de origenación con las cartas de porte asociadas al periodo correspondiente a partir de las cuales se determinó una distancia recorrida de los campos a acopios y de acopios a planta. Esta distancia se duplicó para considerar el viaje de vuelta alcanzando un valor total de 2.775.604 km. La emisión se estimó en 3.123 TnCO₂ eq según el cuadro emisión transporte x tipo de camión. con la que se calcula los KgsCO₂eq /Km lo cual representa un promedio de 8,85 kg CO₂eq por tonelada de maíz recibida en Villa María

EMISIONES INDUSTRIA (PLANTA VILLA MARÍA)

Para el siguiente análisis se tomaron los valores de procesamiento y consumos de la planta Villa María durante el periodo julio 2016 a junio 2017.

Durante dicho periodo se procesaron 352.844 T de granos de maíz secos, y se obtuvieron 113.714 t de Alcohol 99,5 y 188.899 t de Burlanda (WDGS) y 39.309 toneladas de DDGS así como 5.371 toneladas de aceite, 3944 de scrap y 118.481 metros cúbicos de dióxido de carbono. Las emisiones estimadas de GEIs alcanzaron en planta las 66.911 t CO₂eq. En la figura siguiente se puede observar la participación de cada etapa del proceso para la producción industrial.

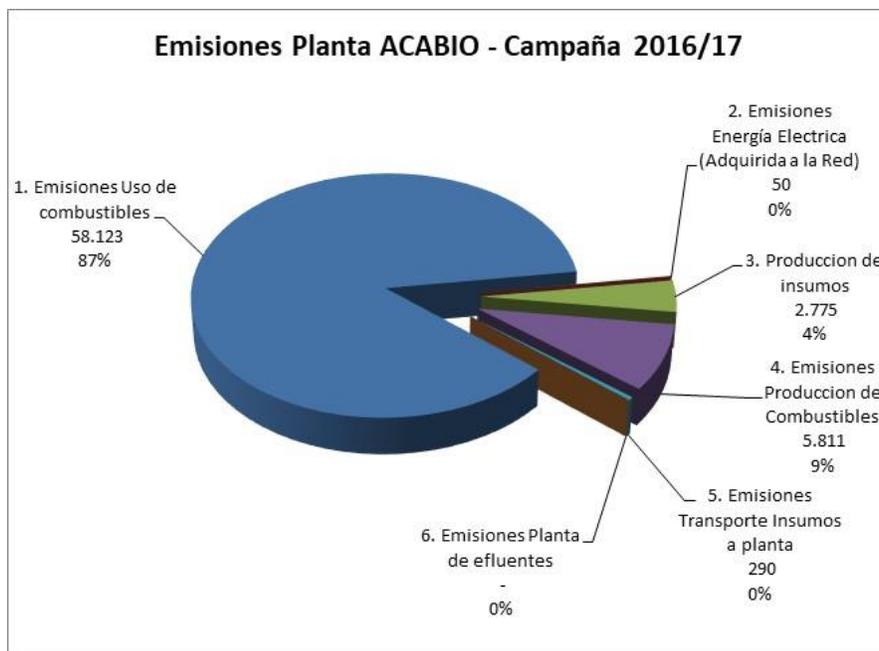


Figura 31 Distribución de las emisiones en la industria

Las emisiones asociadas al consumo energético alcanzan el 87 % del total, seguida por las emisiones de la producción de dichos combustibles. Para analizar las emisiones por tonelada producida de etanol se trabajó con las contribuciones por peso precio de cada producto y contenido energético

El análisis de las emisiones por tonelada producida de etanol se ajustó asignando las emisiones de los procesos comunes a la producción de etanol y burlanda en función del rendimiento de cada etapa productiva.

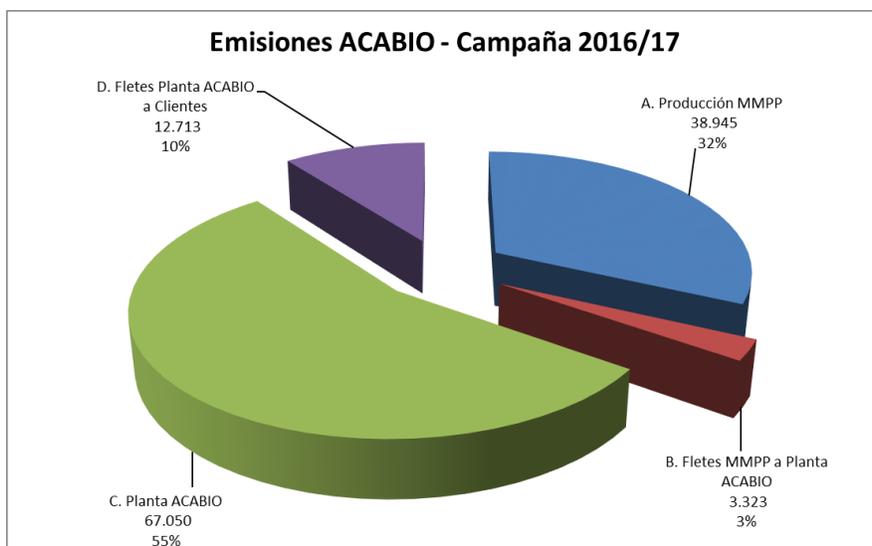
EMISIONES TRANSPORTE A CLIENTES

Se incluyeron en el cálculo las emisiones asociadas al transporte a clientes. Para el periodo analizado se estimaron en 12.675.411 km recorridos (ida y vuelta) por camión para los productos despachados. El total de emisiones estimadas para el periodo 2016/17 asciende a 13.120t CO₂eq (10 % de las emisiones totales). Cabe destacar que para realizar un análisis más detallado de las emisiones de las actividades de ACABio debiera estudiarse como contabilizar dichas emisiones ya que se puede estar castigando algún producto con fletes más cortos y beneficiando otros con flete más largo.

RESUMEN CADENA MAÍZ

Si analizamos las emisiones asociadas a toda la cadena de producción de Bioetanol de Maíz y co-productos de ACABIO durante el periodo julio 2016-junio 2017 obtenemos una estimación de 138.321 t CO₂eq.

Del total de las emisiones, el 48 % aproximadamente corresponde a emisiones de la etapa Industrial, 40 % a la producción de Maíz en campos, 2 % a los fletes de materias primas y 10 % al transporte y distribución de productos elaborados. En el siguiente grafico se puede observar el inventario de gases estimado para todas las actividades incluidas en la operatoria de ACABIO.



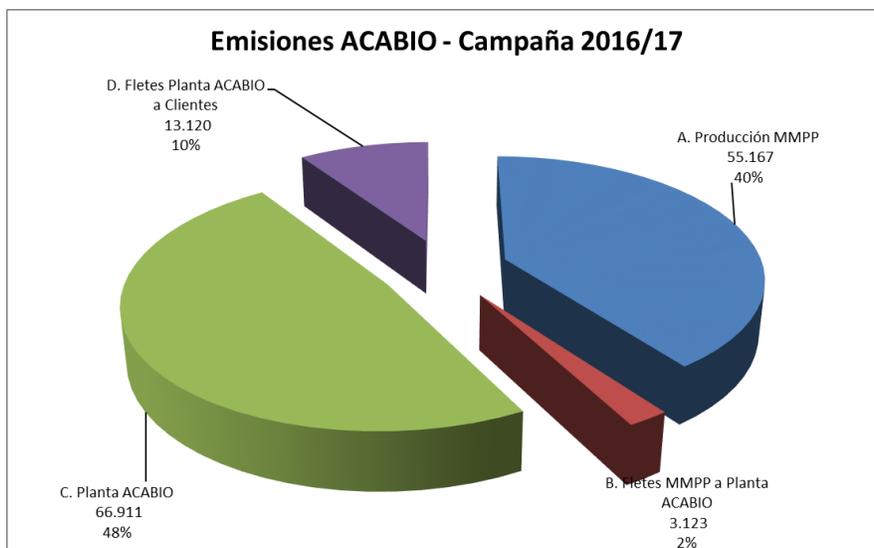


Figura 32 Emisiones por proceso productivo

En cuanto a la huella de carbono por línea de producto, se realizó la asignación de las emisiones por co-producto. Para ello se utilizó la información correspondiente a los rendimientos reales del proceso productivo y el consumo energético.

Si se asignara la totalidad de las emisiones relevada durante todas las etapas relevadas (campo + transporte + industria) 138.321 T CO₂ obtenidos en la hoja apropiación por línea a la totalidad de etanol producido (113.714 Toneladas), sin considerar a la producción de burlanda, DDGS, aceite y dióxido de carbono, se obtendría un valor sobredimensionado de 1.21 kg CO₂eq por tonelada de etanol generado o 45 grsCO₂/Mj con el cambio de unidades. Estos valores se corresponden con los datos encontrados en gran parte de la bibliografía de los Estados Unidos.

A continuación, se presenta la estimación de emisiones asociadas por tonelada de cada uno de los productos producidos. Expresado por unidad de energía en MJ de acuerdo a tres criterios: de asignación balance de masas, por precios de mercado y por contenido energético.

Tabla 23 Apropriación de emisiones por diferentes criterios
REDUCCIÓN DE EMISIONES:

La reducción de emisiones es calculada con referencia al valor del petróleo considerado en el anexo V de la Unión Europea en su artículo 19. Esto se establece como un porcentaje

la misma. Para el caso ACABIO considerando una alocaión de todos los co productos de acuerdo a su contenido energético el porcentaje de reducción de emisiones estaría en un 62 % con respecto al testigo europeo. Este valor estaría dentro de los límites comprendidos en Directiva Europea de Biocombustibles - EU 2009/28/CE - Art. 17 - Párrafo 2 con fecha de vigencia a partir de enero del año 2018

Apropiacion por Balance de Masas					
Producto	Produccion		Emisiones		Emisiones x
	Tn	%	TnCO2eq	kgCO2eq/Tn	Unidad
					grsCO2eq/Mj
Alcohol etilico anhidro (Bioetanol)	113.714	47%	65.216	574	21,00
DDGS	39.309	15%	20.064	510	
WDGS	188.899	26%	35.751	189	
Aceite vegetal	5.371	2%	3.071	572	
CO2	24.793	10%	14.219	574	
Total	372.086	100%	138.321	372	

Apropiacion por Precio de Mercado					
Producto	Produccion		Emisiones		Emisiones x
	Tn	%	TnCO2eq	kgCO2eq/Tn	Unidad
					grsCO2eq/Mj
Alcohol etilico anhidro (Bioetanol)	113.714	88%	121.217	1.066	39,03
DDGS	39.309	5%	7.005	178	
WDGS	188.899	6%	7.939	42	
Aceite vegetal	5.371	2%	2.159	402	
CO2	24.793	0%	-	-	
Total	372.086	100%	138.321	372	

Apropiacion por Contenido Energético					
Producto	Produccion		Emisiones		Emisiones x
	Tn	%	TnCO2eq	kgCO2eq/Tn	Unidad
					grsCO2eq/Mj
Alcohol etilico anhidro (Bioetanol)	113.714	63%	87.226	767	28,09
DDGS	39.309	12%	16.604	422	
WDGS	188.899	21%	28.722	152	
Aceite vegetal	5.371	4%	5.768	1.074	
CO2	24.793	0%	-	-	
Total	372.086	100%	138.321	372	

Tabla 24 Cumplimiento de la reducción de emisiones

ANÁLISIS EXPORTACION ETANOL A UE - CAMPAÑA 2016/17



RETORNO AL MENU INICIAL		Valores ACABIO - Campaña 16/17				EU-RED		Observaciones
Emisiones (Grs CO2eq/MJ)		x Masa	x Precio	x Energia	Sin Alocar	Valores Default	Valores Típicos	
e _{cc}	A. Producción MMPP/B. Fletes MMPP	9	16	12	19	20	20	
e _p	C. Planta	10	19	14	22	21	15	
e _{td}	D. Fletes PT	2	4	3	4	2	2	
e _{td2}	E. Transporte marítimo a Rotterdam	4	4	4	4	-	-	Se asume que el trayecto en camión al puerto está incluido en el punto D. Fletes PT
E _a	Emisiones procedentes de la producción (g CO2eq/Mj)	25	43	32	48	43	37	
E _f	Emisiones	83,8	83,8	83,8	83,8	83,8	83,8	Directiva Europea - Anexo V - Art. 19
RED	Reduccion =(E _f -E _a)/E _f	71%	49%	62%	43%	49%	56%	
	Limite hasta 31 de Diciembre de 2016	35%	35%	35%	35%	35%	35%	Directiva Europea de Biocombustibles - EU 2009/28/CE - Art. 17 - Párrafo 2
	Cumplimiento	Si	Si	Si	Si	Si	Si	
	Limite hasta 31 de Diciembre de 2017	50%	50%	50%	50%	50%	50%	Directiva Europea de Biocombustibles - EU 2009/28/CE - Art. 17 - Párrafo 2
	Cumplimiento	Si	No	Si	No	No	Si	
	Limite despues del 1 de Enero de 2018	60%	60%	60%	60%	60%	60%	Directiva Europea de Biocombustibles - EU 2009/28/CE - Art. 17 - Párrafo 2
	Cumplimiento	Si	No	Si	No	No	No	

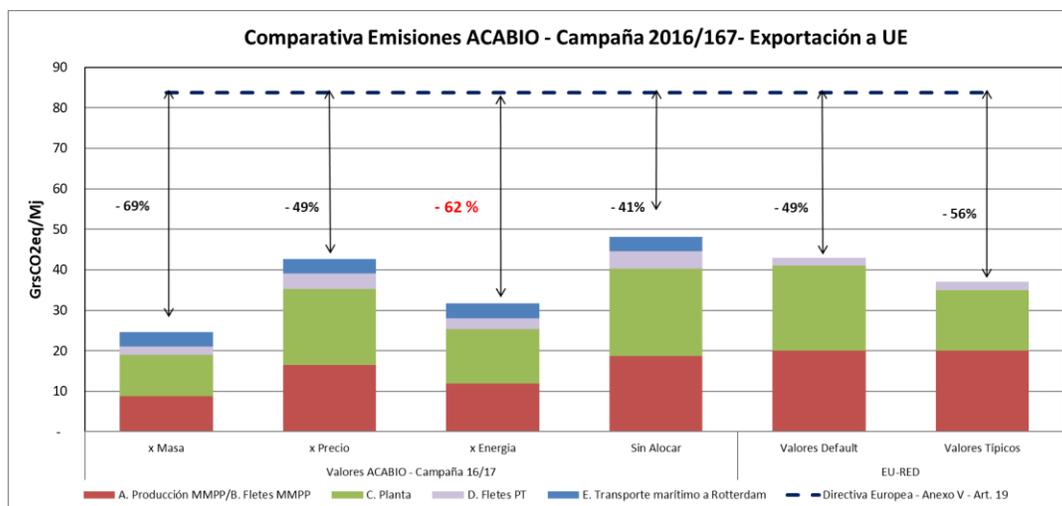


Figura 33 Reducción de emisiones respecto a la normativa Europea

Si bien se exponen las reducciones obtenidas de acuerdo a los diferentes criterios de asignación energética es la única válida para la Unión Europea. El anexo V fija como valor típico para el bioetanol de maíz con cogeneración usando como combustible gas natural un 56% de reducciones y como valor típico el 49%. Lo cual implicaría que a partir del año 2017 se debe demostrar la reducción ya que el valor típico quedó fuera de rango.

En el caso de tomar como referencia el valor de la nafta según valores Balance Energético Nacional - Informe Bial de Actualización 2014 MAYDS. Incluye Emisiones Extracción y Refinación. (77 grsCO2eq/Mj) la reducción de emisiones alcanzaría al 63 % por el criterio energético. La figura siguiente se grafican las reducciones con el valor de referencia argentinos según los diferentes criterios de asignación empleados. En estos casos solo se considera el transporte al punto de mezcla por parte de las petroleras locales.

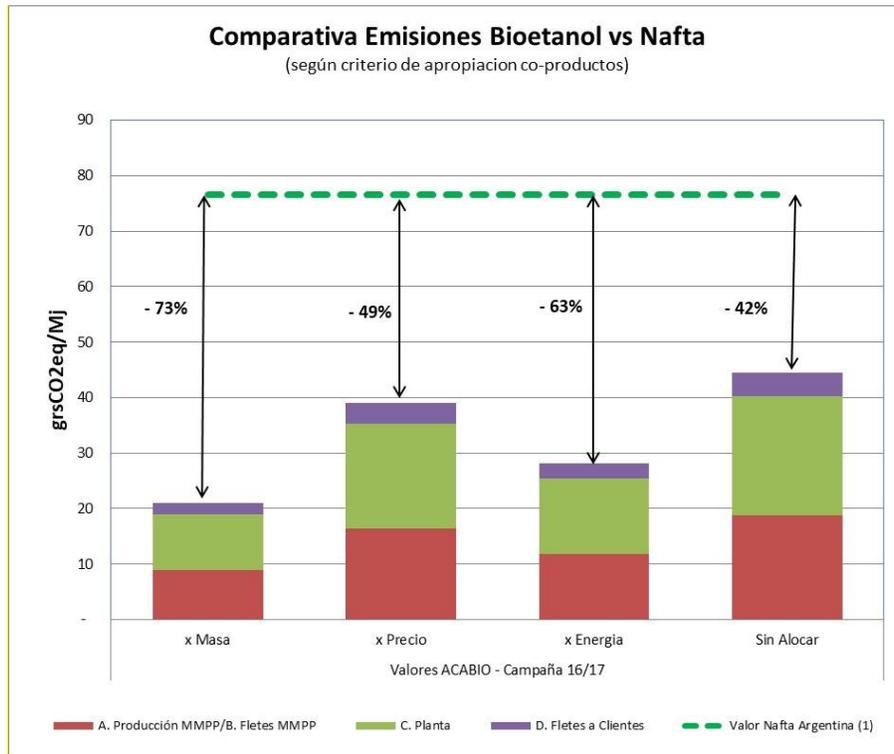


Figura 34 Alocación de las emisiones por diferentes criterios y porcentaje de reducción con respecto a la nafta en Argentina III comunicación.

SENSIBILIDAD AL RINDE

La cuenca de abastecimiento de la empresa permanece concentrada en un radio del orden de 200km alrededor de la planta de procesamiento. Por su localización estratégica, alejada del puerto, ofrece un incentivo para los productores y acopios que abastecen a la misma ya que les genera un ahorro por costos de flete considerable y permite el agregado de valor local de sus cosechas ,con un impacto favorable en la economía regional.

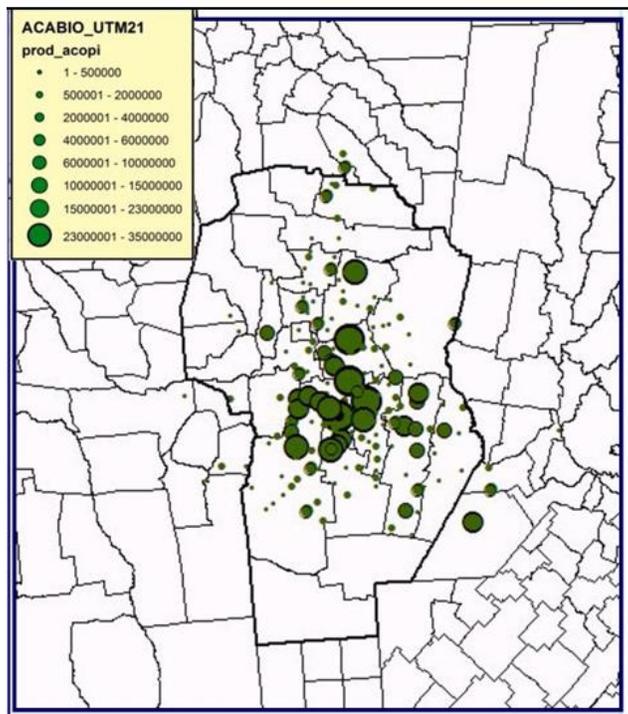


Figura 35 Procedencia del maíz procesado en la planta graduado por volumen.

Teniendo en cuenta la importancia fundamental del clima en cada campaña agrícola y su estrecha vinculación con las diferentes aptitudes edáficas predominantes en la zona de aporte, sumado al manejo tecnológico del cultivo (genética adaptada a los diferentes ambientes de suelos, manejo de fertilizantes y herbicidas, ajuste de densidad de siembra, rotaciones, etc), cada campaña ofrecerá un mosaico de situaciones respecto a superficie implantada, ya sea de cultivares tempranos o tardíos, pérdidas sufridas en superficies cosechadas por sequía o inundación, disminución de rindes, etc.

El desarrollo en los últimos años de nuevas variedades genéticas que admiten siembras tardías con buen desempeño de rindes y baja incidencia de enfermedades, ha determinado un aumento marcado y sostenido del porcentaje de lotes dedicados a estas variedades, especialmente en ambientes de menor aptitud de suelos (hacia el sur sobre suelo más arenosos y hacia el oeste sobre suelos de mayor variabilidad interanual en las lluvias en diciembre -enero, coincidentes con la floración de las variedades tempranas de maíz, y mayor disponibilidad en marzo, abril coincidente con la demanda de los cultivos tardíos).

Las variedades tardías superan en la actualidad el 50 % del maíz a nivel nacional. Dentro del área de procedencia del maíz que llega a la planta en los departamentos ubicados más al norte (con suelos de menor aptitud) la relación puede llegar hasta 10-90 entre los cultivos tempranos y tardíos. Hacia el centro la relación es 25-75. Hacia el este y sureste 35-65. Las variedades tempranas son predominantes sobre los suelos de mayor aptitud (argiudoles típicos) hacia el este de la zona núcleo maicera.

Las posibilidades teóricas de mayores rindes con variedades de siembra temprana se ven afectadas cada año a circunstancias deficiencias de lluvias y humedad de suelo al momento de la siembra lo cual puede generar

desplazamientos de la fecha óptima de siembra en cada localidad y por ende esto modifica el rendimiento máximo potencial del híbrido seleccionado. En relación a las siembras tardías el mayor problema se presenta los años con lluvias extraordinarias en los meses de otoño generando pérdida de superficies implantadas por anegamiento o retraso en la cosecha con afectación de los rindes.

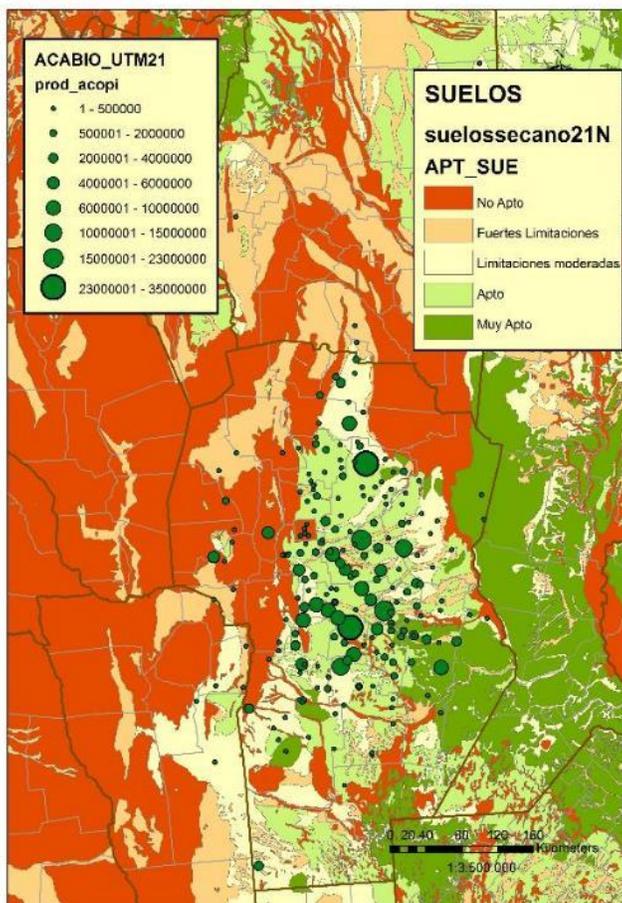


Figura 36 Ambientes con potencialidad de rindes y riesgo diferencial para la producción de maíz

Los rindes para la provincia de Córdoba de las últimas campañas han sido tomados de la Bolsa de Cereales de Córdoba

Tabla 25 Rindes maíces . Los departamentos del E-SE que presentan los mejores suelos y régimen de lluvias se destacan por sus rindes (Marcos Juárez, Union)

DEPARTAMENTO	CAMPAÑA						
	2009/2010	2010/2011	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016
CALAMUCHITA	s/d	46	47	62	71	75	77

CAPITAL	s/d	59	62	60	59	84	73
COLON	73	59	67	64	70	87	69
CRUZ DEL EJE	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d		
GRAL ROCA	66	50	46	51	53	68	74
GRAL SAN MARTIN	83	60	48	73	82	79	84
ISCHILIN	s/d	61	47	51	75	70	73
JUAREZ CELMAN	68	55	50	71	78	79	86
MARCOS JUAREZ	110	91	55	90	97	104	99
MINAS	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d		71
POCHO	s/d	100	85	44	60	73	71
PTE. R. S. PEÑA	79	68	36	70	60	73	79
PUNILLA	s/d	69	82	72	59	75	70
RIO CUARTO	64	62	39	62	76	75	79
RIO PRIMERO	73	52	53	60	72	70	70
RIO SECO	57	63	63	52	79	84	73
RIO SEGUNDO	68	50	51	72	83	78	79
SAN ALBERTO (*)	78	98	86	80	57	78	75
SAN JAVIER (*)	s/d	96	88	95	57	82	85
SAN JUSTO	82	66	49	72	77	72	74
SANTA MARIA	43	50	63	69	67	84	79
SOBREMORTE	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d		
TERCERO ARRIBA	60	54	45	66	78	79	84
TOTAL	80	55	60	61	79	83	73

TULUMBA	45	54	67	65	80	77	75
UNION	103	78	53	89	88	96	92
TOTAL PROVINCIAL	75	64	51	70	76	79	79

Los rindes para la campaña 2015-2016 para los departamentos de Santiago del Estero y San Luis de donde proviene maíz que llega a planta han sido tomados de información suministrada por el Ministerio de Agricultura de la Nación a través del servicio de información agropecuaria (SIIA). Los rindes para dicha campaña resultaron acordes a la marginalidad de la zona.

Tabla 26 Superficie sembrada y cosechada y rindes de Departamentos de Santiago de Estero y San Luis- Campaña 2014-15 (Fuente SIIA)

Santiago del Estero	Sembrado 2015-16	Cosechado 2015-16	Rinde qq
Ojo de Agua	S/D	S/D	7300
Belgrano	73500	66480	7300
Quebracho	S/D	S/D	7300
Moreno	200000	178360	7300
Santa Fe	Sembrado 2015-16	Cosechado 2015-16	Rinde qq
General Lopez	134900	121900	10300
Caseros	32300	31950	8700
San Lorenzo	17100	16910	8700

San Luis

Cultivo	Campaña	Departamento	Sup. Sembrada	Sup. Cosechada	Rind. 15-16	Rind 11-12
Maiz	2015/16	AYACUCHO	3.500	2.500	11.800	10080
	2015/16	CHACABUCO	14.000	12.200	5.800	3600
	2015/16	CORONEL PRINGLES	56.200	53.630	6.600	4500
	2015/16	GENERAL PEDERNEIRA	166.000	157.400	7.000	4100
	2015/16	GOBERNADOR DUPUY	41.400	32.480	4.500	3100

	2015/16	JUAN MARTIN DE PUEYRREDON (CAPITAL)	18.000	14.270	7.300	3800
	2015/16	JUNIN	600	400	10.800	6200
	2015/16	LIBERTADOR GENERAL SAN MARTIN	600	420	5.400	3800

Tabla 27 Superficie sembrada y cosechada en las 5 últimas campañas. Se observa una reducción en el diferencial entre ambas superficies.

	CAMPAÑA		CAMPAÑA		CAMPAÑA		CAMPAÑA		CAMPAÑA	
	2011/ 2012		2012/2013		2013/2014		2014/2015		2015/2016	
	Hectáreas		Hectáreas		Hectáreas		Hectáreas		Hectareas	
DEPARTAM ENTO	Sembradas	Cosechadas	Sembradas	Cosechadas	Sembradas	Cosechadas	Sembradas	Cosechadas	Sembradas	Cosechadas
CALAMUCH ITA	19.488	15.694	12.313	12.313	15.714	14.693	14.025	13.464	13.630	12.400
CAPITAL	2.635	2.566	1.117	1.107	2.283	2.283	1.383	1.338	481	449
COLON	42.003	38.629	33.623	32.216	45.515	44.839	35.270	33.708	36.441	34.455
CRUZ DEL EJE	s/d									
GRAL ROCA	179.996	127.735	125.372	108.331	159.023	125.787	197.259	164.573	194.286	155.243
GRAL SAN MARTIN	69.978	44.929	52.970	39.994	80.002	71.821	57.486	51.311	57.775	44.893
ISCHILIN	3.052	2.538	3.330	3.258	3.016	3.016	3.536	2.881	4.308	3.205
JUAREZ CEL MAN	107.021	74.329	93.322	86.150	160.834	134.939	148.627	114.744	133.943	113.296
MARCOS JUAREZ	237.222	209.553	165.067	156.263	140.922	129.126	123.512	112.322	91.126	75.658
MINAS	s/d									
POCHO	210	200	2.462	2.125	4.341	4.215	4.067	3.294	4.360	2.485
PTE. R. S. PEÑA	123.882	79.115	33.652	28.746	122.947	104.259	101.329	85.978	72.064	49.101
PUNILLA	121	115	565	540	367	367	668	655	379	361
RIO CUARTO	243.921	153.273	272.209	227.214	322.937	303.665	343.928	320.722	298.954	230.733
RIO PRIMERO	138.344	117.157	118.386	102.639	181.957	171.518	96.477	89.607	123.813	106.120
RIO SECO	41.565	37.311	45.731	44.187	49.977	49.187	38.030	34.554	43.492	37.938
RIO SEGUNDO	67.230	53.892	99.547	88.354	105.887	97.990	79.568	68.554	79.744	63.063
SAN ALBERTO (*)	1.268	1.204	4.073	3.736	3.859	3.803	3.668	3.107	4.940	2.957
SAN JAVIER (*)	1.110	1.054	1.321	1.265	1.162	1.162	360	338	227	128
SAN JUSTO	119.311	65.986	170.014	111.565	200.650	142.952	143.732	93.535	124.181	71.003
SANTA MARIA	31.771	30.998	40.516	40.331	33.740	30.724	36.458	35.564	31.577	29.061
SOBREMOM ONTE	s/d									
TERCERO ARRIBA	83.379	61.591	79.286	66.138	95.703	88.755	94.313	86.740	79.543	68.473
TOTAL	78.522	71.071	67.187	64.191	78.470	77.825	52.818	51.789	63.227	53.185
TULUMBA	37.352	36.464	49.724	47.490	63.418	61.573	36.985	35.158	48.967	40.632
UNION	184.097	134.664	157.940	146.700	176.516	158.127	120.798	109.926	92.335	72.786
TOTAL PROVINCIAL	1.813.500	1.360.100	1.629.700	1.414.900	2.049.200	1.822.600	1.734.300	1.513.900	1.599.794	1.267.628
		1,333		1,152		1,124		1,146		1,262

Las diferencias en clima y suelos influyen en el paquete tecnológico finalmente aplicado en cada establecimiento y por ende esto tiene impacto sobre el total de energía empleada (ya sea por necesidad de riego complementario en ambientes con déficit hídrico o por necesidad de secado de granos, en ambientes con alto riesgo de encharcamiento, etc) así como el nivel de emisiones totales producidas por aplicación de fertilizantes que deben adecuarse a las necesidades en los diferentes ambientes . Del mismo modo la reducción del diferencial entre superficie sembrada y cosechada también influye en el nivel de emisiones totales necesarias para conformar el suministro total de maíz a la planta ya que las emisiones generadas por las Has perdidas deberán ser prorrateadas entre las que pudieron ser levantadas en cada campaña.

Calculo de superficie utilizada en la producción del volumen de materia prima ingresado a planta en el periodo julio 2015-junio2016.

El volumen ingresado a planta en el periodo julio 2016-junio 2017 fue de 374.784 Tn, proveniente de diferentes departamentos de la provincia de Córdoba y provincias vecinas. Para el cálculo de has cultivadas correspondientes al volumen llegado a planta durante el periodo julio 2016- junio 2017 se ha seguido la siguiente metodología:

- Se generó un mapa georreferenciado localizando los lugares de aprovisionamiento especificando el volumen proveniente de cada uno de ellos Figura 1. (fuente: planilla con información de ingreso de materia prima suministrada por la empresa)
- Se generó un mapa con los rindes por departamento para la campaña 2015-2016 atento a lo informado por la Bolsa de Cereales de Córdoba.(Fig.2) y por el SIIA (Fig 3). Se los incluyo en el SIG (Figura 5)
- Se calculó la superficie implantada con maíz en las áreas relacionadas con los puntos de procedencia.

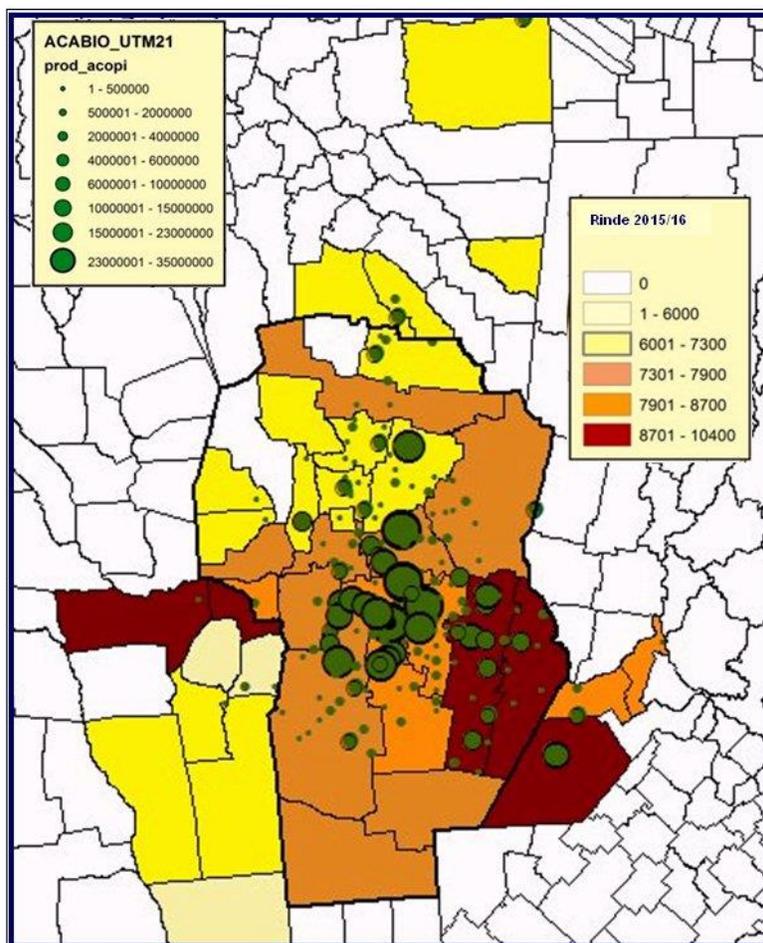


Figura 37 Rindes a nivel partido en la campaña 2014-2015

Desempeño climático campaña 2015-2016

Durante esa campaña las lluvias en los momentos críticos del desarrollo fenológico de los maíces favorecieron tanto a los maíces tempranos como a los tardíos.

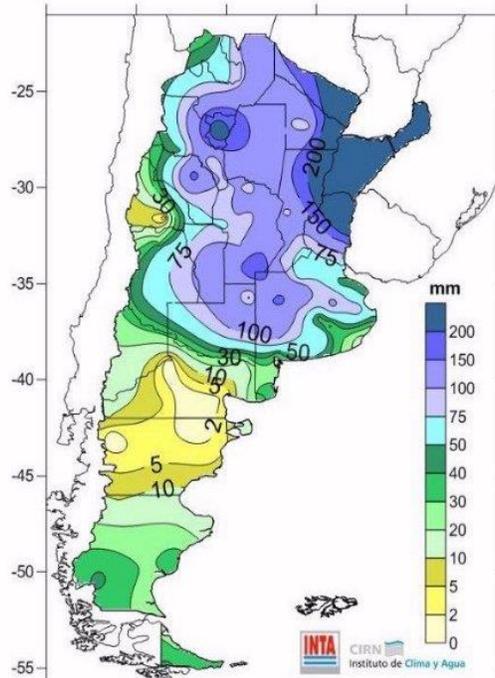


Figura 38 Lluvias diciembre 2015

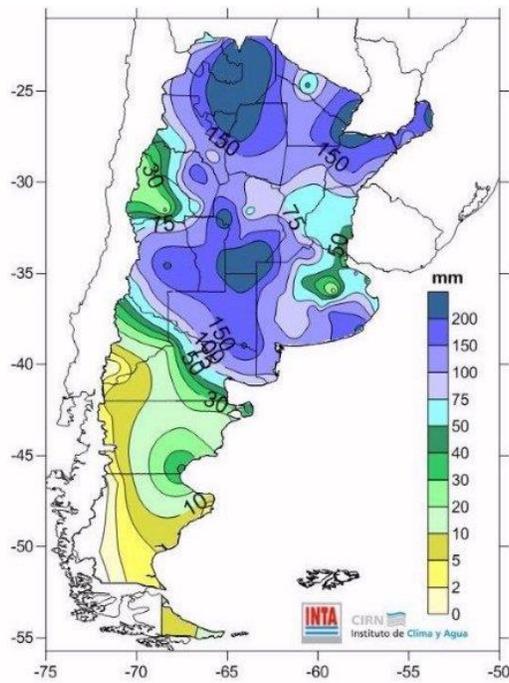


Figura 39 Lluvias enero 2016

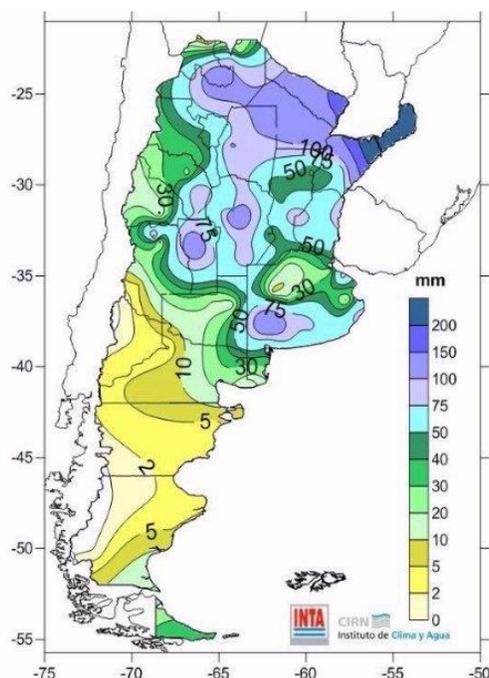


Figura 40 Lluvias marzo 2016

Los departamentos hacia el E-SE, que tienen mejores suelos y donde se cultiva la mayor proporción de cultivos de maíz de siembra temprana presentaron los mayores rindes (figura 5) los que disminuyeron hacia el oeste por el gradiente de lluvias y menor aptitud de los suelos y hacia el sur por cambio de textura de los suelos y mayor riesgo de pérdidas por encharcamiento de lotes debido a los fuertes excesos de abril y mayo del 2016, en época de cosecha.

El volumen procedente de los diversos puntos de suministro fue dividido por el rinde promedio del partido al que pertenecen obteniendo la superficie estimada en Has que fueron implantadas para el logro de los volúmenes recibidos en la planta. Esa información permite calcular las emisiones en la fase de producción de la materia prima.

La superficie teórica calculada para la producción del volumen de maíz ingresado a planta fue de 45732 Has. -El rendimiento por hectárea ponderado para la campaña 2016- 2017 sobre el volumen total ingresado para su transformación fue de 8824 Kg/Has.

Dada la pérdida registrada del orden del 26% sobre la superficie implantada, en gran medida provocada por los anegamientos en época de cosecha, el cálculo de emisiones por las labores de implantación y uso de fertilizantes, agroquímicos, y semillas utilizados deben calcularse sobre una superficie de 57622 Has.

.

Calculo de la variabilidad de rindes entre campañas para el cálculo de sensibilidad.

Se tomaron para cada departamento los rindes máximos y mínimos de las últimas campañas (figura 4) para el cálculo del % de diferencia entre rindes de modo tal que $\text{Rinde Min} + x\% \text{ Min} = \text{Rinde Max}$. La Figura 9 muestra que los departamentos hacia el E-SE que tienen mejores suelos y mayor proporción de cultivos de siembra temprana presentan el mayor porcentaje de diferencia entre rindes, ya que estos cultivos ofrecen mayores techos de rinde pero sufren un fuerte impacto en los rindes en años secos. Hacia el oeste provincial los diferenciales entre campañas también son altos por presentar suelos de menor aptitud agrícola, mayor riesgo de granizo y mayor riesgo de déficit hídrico.

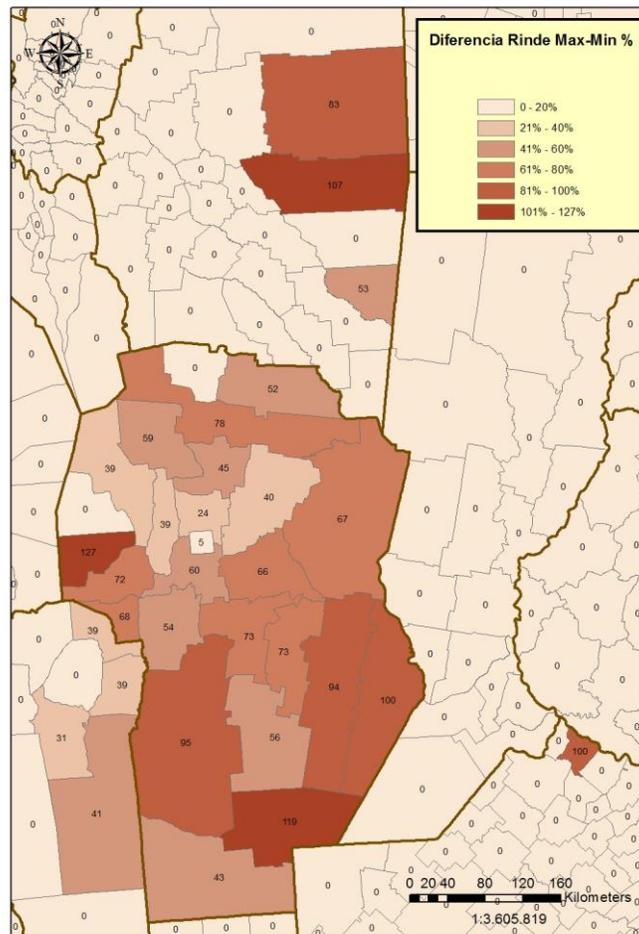


Figura 41- Diferencia de rindes entre campañas. Máximo – mínimo en %

En la zona de procedencia del mayor volumen de la materia prima se observa una variación entre campañas (adjudicable a razones climáticas) del orden del 65 al 75 %.

- La relación entre la superficie necesaria para el aprovisionamiento de la planta en la campaña 2015-2016 :45742Has y el que se hubiese necesitado en 2011-2012 (mínimo rinde de la serie de los últimos 7 años) se hubiese incrementado en ese orden por diferencia de rindes, a lo que debería sumarse las pérdidas por superficie implantada que nunca se cosecharon (en el 2011-12 en el orden del 33 %). El aumento de emisiones en años con inclemencias climáticas extraordinarias influye fuertemente

en el nivel de emisiones del maíz procesado en la planta y demuestra el fuerte componente sitio-específico que tienen las emisiones de la fase agrícola en la huella de carbono.

Resulta evidente que dentro de los riesgos climáticos la sequía provoca mucho más costo en emisiones que las campañas signadas por los excesos. Buscando atenuar los efectos de este fenómeno se ha incrementado en los últimos años la proporción de maíces tardíos y ajustes en el manejo (incorporación de variedades genéticas resistentes, ajustes en densidades y fertilización, etc).

Tomando en cuenta el volumen total recibido de las diferentes procedencias el cálculo de la variación de rindes máximos y mínimos de las últimas seis campañas, ponderados, resulta del orden del 68 %, La relación entre los rindes de la campaña 2015-2016 y el mínimo valor de la serie de los últimos 6 años resultó del 62% (ponderado dentro del área de aprovisionamiento de la planta).

Teniendo en cuenta estos resultados se realizó un ejercicio calculando el rinde mínimo a partir del cual la reducción de emisiones quedaría por fuera de lo establecido por la Unión Europea. El calculador permite variar fácilmente este parámetro que es muy sensible.

En el caso bajo estudio el máximo de merma global de la producción de maíz en la cuenca de abastecimiento para seguir cumpliendo con lo especificado para la Unión Europea para el año 2018 sería del 70 % o sea un rendimiento ponderado de 2750 kg/ha con ajuste de paquete técnico e insumos empleados en el cultivo. Si se considera como fijo el paquete tecnológico la máxima merma ponderada global en toda la cuenca de abastecimiento para seguir cumpliendo sería del 40 % con un rinde de 5300 kg/ha. Para este cálculo se tomaron como referencia la columna de insumos fijos y variables. Cuando se toma la primera se considera que la merma del rinde se produjo una vez definido el paquete tecnológico y por ende todos los insumos como agroquímicos y fertilizantes se mantuvieron constantes en forma independiente del rinde.

Puede también verse la utilidad de estos cálculos como una estrategia empresarial de manera de seleccionar en la cuenca de abastecimiento áreas con mayores rindes y menores pérdidas en cada campaña si se desea mantener estos niveles de reducción de emisiones.

Tabla 28 Cálculo de las emisiones de la producción de maíz a campo

ANALISIS SENSIBILIDAD SEGÚN RINDE ACTIVIDADES ACABIO - CAMPAÑA 2016/17

	Rinde (Kgs/Ha)	2.750	% merma rendimiento	68,8%	Campaña 2016/17	8.824	Promedio Campañas
	Sensibilidad con Reposición		Sensibilidad Insumos Fijos				
	TOTAL (TnCO ₂ eq)	%	TOTAL (TnCO ₂ eq)	%	TOTAL (TnCO ₂ eq)	%	
Emisiones Campaña 2016/17	235.516		160.079		138.321		
A. Producción MMPP	152.361	65%	76.925	48%	55.167	40%	
1. Emisiones Residuos de cosecha	59.799	25%	37.555	23%	18.104	13%	
2. Emisiones Fertilización	58.358	25%	-	0%	16.915	12%	
3. Emisiones Uso de combustibles	10.830	5%	10.830	7%	3.593	3%	
A. Abastecimiento Materias Primas (Produccion Maiz)							
4. Emisiones Producción de Combustib	1.048	0%	1.048	1%	348	0%	
5. Emisiones Produccion de Agroquimi	10.772	5%	20.916	13%	11.259	8%	
6. Emisiones Produccion de Fertilizant	9.976	4%	-	0%	3.556	3%	
7. Emisiones Produccion de Semilla	1.578	1%	6.576	4%	1.393	1%	
8. Emisiones Estructura Campos	-	0%	-	0%	-	0%	
B. Fletes MMPP a Planta ACABIO	3.123	1%	3.123	2%	3.123	2%	
1. Emisiones Uso de combustibles	2.850	1%	2.850	2%	2.850	2%	
2. Emisiones Produccion de Combustib	273	0%	273	0%	273	0%	
B. Transporte Maiz a Planta							
C. Planta ACABIO	66.911	28%	66.911	42%	66.911	48%	
1. Emisiones Uso de combustibles	58.123	25%	58.123	36%	58.123	42%	
2. Emisiones Energía Electrica (Adquirir	50	0%	50	0%	50	0%	
3. Produccion de insumos	2.775	1%	2.775	2%	2.775	2%	
4. Emisiones Produccion de Combustib	5.811	2%	5.811	4%	5.811	4%	
5. Emisiones Transporte Insumos a pla	152	0%	152	0%	152	0%	
6. Emisiones Planta de efluentes	-	0%	-	0%	-	0%	
D. Fletes Planta ACABIO a Cliente	13.120	6%	13.120	8%	13.120	9%	
1. Emisiones Uso de combustibles (Ind	11.975	5%	11.975	7%	11.975	9%	
2. Emisiones Produccion de Combustib	1.145	0%	1.145	1%	1.145	1%	
D. Transporte a Clientes							

grsCO2eq/MJ

Tabla 29 Calculo de la reducción de emisiones límite para la Unión Europea 2018

Apropiación por energía de acuerdo a la UE			
Etapa	Sensibilidad c/reposicion	Sensibilidad Insumos Fijos	Campaña 15/16
A. Producción MMPP/B. Fletes MMPP	30	15	9
C. Planta	14	14	14
D. Fletes a Clientes	3	3	3
Total	46	31	25
Valor Nafta Argentina (1)	77	77	77
Reduccion de emisiones	40%	59%	68%
Valor referencia Union Europea(2)	84	84	84
Reduccion de emisiones	44%	61%	69%

(1) Valores según Balance Energético Nacional - SE y Tercera Comunicación Nacional - SAyDS. Incluye Emisiones Extracción y Refinación
 (2) Directiva Europea - Anexo V - Art. 19

Apropiacion por energía			
Etapa	Campaña 15/16	Ins fijos	Insumo variable
A. Producción MMPP/B. Fletes	16	32	16
C. Planta	19	14	14
D. Fletes a Clientes	4	3	3
Total	39	48	33
Valor Nafta Argentina (1)	77	77	77
Reduccion de emisiones	49%	38%	58%
E. Transporte marítimo a Rotte	4	1	1
TOTAL Union Europea	43	49	34
Valor referencia Union Europe	83,8	83,8	83,8
Reduccion de emisiones	49%	42%	60,0%

(1) Valores según Balance Energético Nacional - SE y Tercera Comunicación Nacional - SAyDS. Incluye Emisiones Extracción y Refinación
 (2) Directiva Europea - Anexo V - Art. 19

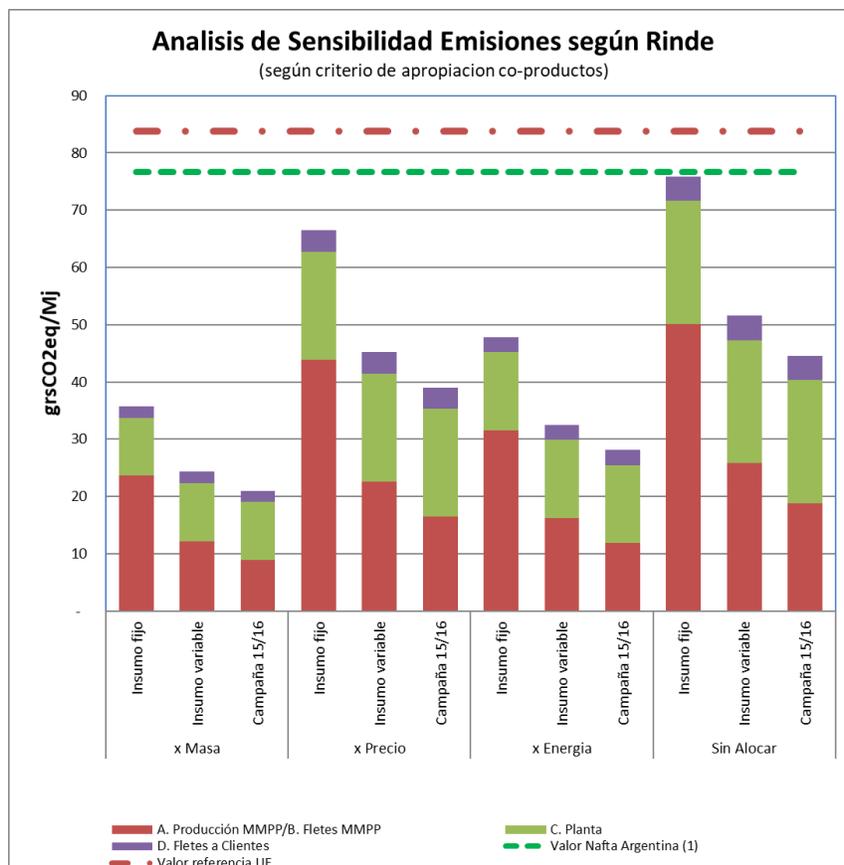


Figura 42 Grafico comparativo del efecto sobre la emisión global y la reducción de GHG en comparación con el valor default de la UE tomando un rendimiento ponderado promedio de 4070 kg/ha

ANÁLISIS DE LA PLANTA DE DIÓXIDO DE CARBONO:

El análisis se basa en el reemplazo del CO2 purificado en la planta y proveniente de biomasa, respecto de la producción de CO2 a partir de la combustión de gas natural. Se asume que todo el CO2 se libera pero, en el caso de la combustión del gas natural (método habitual para la obtención de CO2), es una emisión neta a la atmosfera, y en el caso de la fermentación del maíz, al provenir de una fuente renovable no se consideran emisiones de GEIs, excepto las utilizadas para purificar el CO2.

Para estimar las emisiones de la planta que combustiona Gas Natural, se han utilizado las producciones anuales, y los consumos de gas natural y energía eléctrica. En el caso de la electricidad generada por la turbina, no se han contemplado emisiones, ya que las mismas se encuentran calculadas en la quema del gas natural, y en el caso de la energía eléctrica comprada a la red se contempla el factor de emisión correspondiente. Respecto a los insumos utilizados para purificar el CO2, no se han encontrado factores de emisión para la producción de los mismos, por lo cual se consideraron 0. Igualmente, el orden de magnitud de la producción de los insumos sería sensiblemente bajo respecto a la quema del gas natural (0,3 %). La planta de tratamiento

se consideró “aeróbica” con lo cual no tiene emisiones de GEIs. Con los datos de operación se calculó la emisión de GEIs por unidad de CO2 producido en la planta de Gas Natural. Para el periodo julio 2015 a junio 2016, se produjeron 5.000 tn de CO2 con una emisión estimada de 6.792 tn CO2eq, lo cual da un promedio de 1,36 kgCO2eq/kgCO2 producido.

Luego se procedió a estimar las emisiones de la planta de purificación del CO2 proveniente de la fermentación del maíz. Dado que la planta ya está en operación se utilizaron los consumos provistos por la empresa. Se consideró que la energía eléctrica se genera en ACABIO a partir de la misma planta de Co-generación. La planta despacho 24.793 tn CO2 purificado

Finalmente las emisiones “evitadas” por no producir CO2 a partir de Gas Natural y reemplazarlo con el CO2 proveniente de la fermentación de maíz son de 1,49 kgCO2eq/Kg CO2 purificado, lo cual multiplicado por el despacho del periodo considerado de 24.793 Tn CO2 purificado, da un “ahorro” estimado de 37.033 tnCO2eq. Esto representa aproximadamente el 30 % de las emisiones estimadas para todas las operaciones de ACABIO.

Si se apropian las emisiones “evitadas” a los productos producidos por ACABIO, se observa una baja del orden de entre el 2% y el 4% según el criterio de apropiación utilizado. De acuerdo al criterio de alocación energético la reducción de emisiones alcanzada respecto a la nafta en la Argentina sería del 77 % y con respecto al valor de referencia de la Unión Europea se alcanzaría el 75 %.

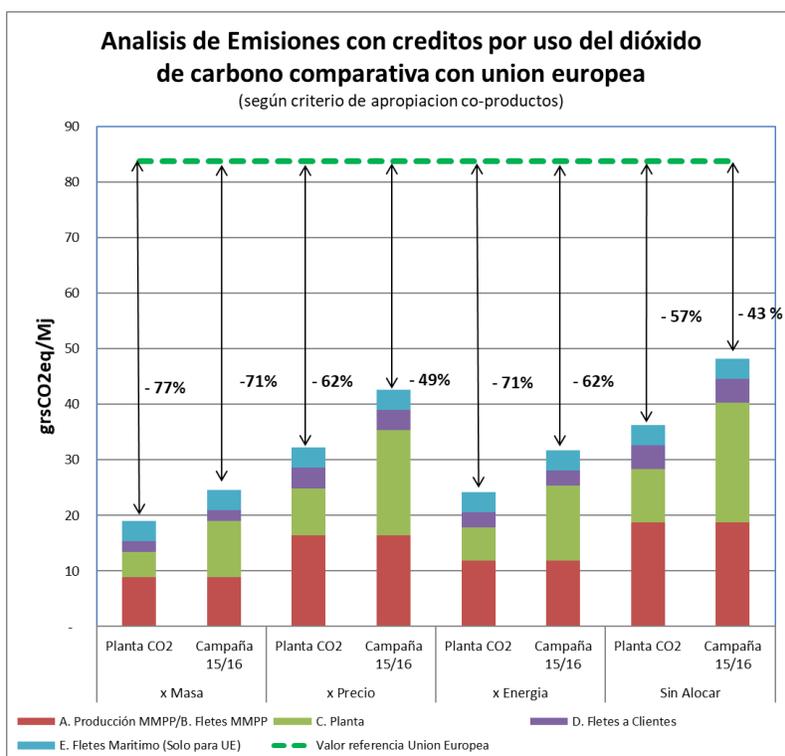


Figura 43 Análisis de emisiones y porcentajes de reducción en función de los valores de referencia de la Unión Europea Anexo V

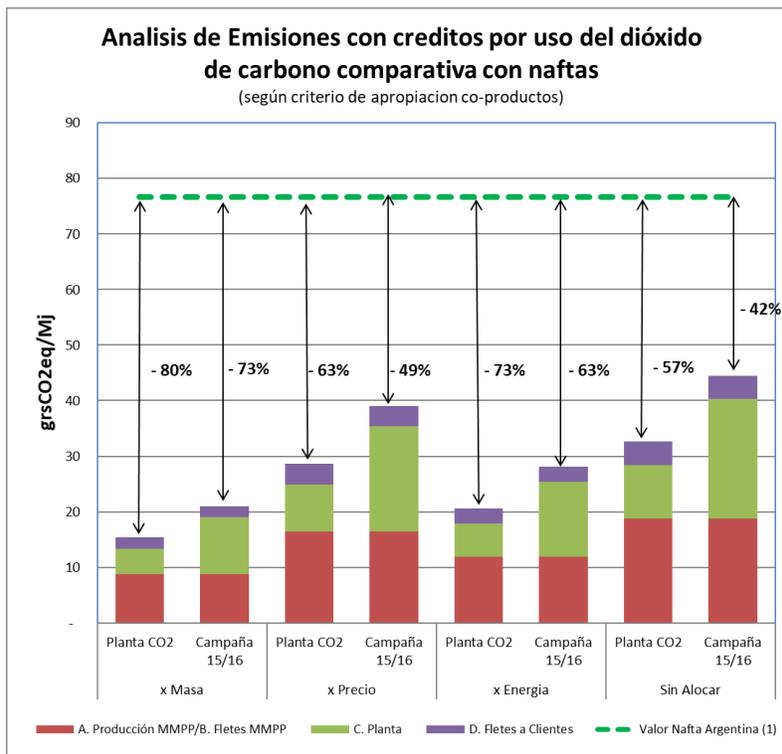


Figura 44 Análisis de emisiones y porcentajes de reducción en función de los valores de referencia argentinos de referencia de naftas

MODELIZACIÓN EN SIMAPRO:

El Software SimaPro LCA adquirido bajo licencia por el INTA ayuda a convertir resultados de los análisis de ciclo de vida completos de productos en el valor del negocio: para potenciar la toma de decisiones y cambiar los ciclos de vida de sus productos 'para mejor, y mejorar el impacto positivo de la empresa.

SimaPro es la herramienta profesional que se necesita para reunir, analizar y supervisar los datos de rendimiento de la sostenibilidad de los productos y servicios de la empresa. El software puede ser utilizado para la evaluación del ciclo de vida y una variedad de otras aplicaciones, como los informes de sostenibilidad, el carbono y la huella de agua, diseño de productos, la generación de declaraciones ambientales de producto y la determinación de los indicadores clave de rendimiento. El programa fue desarrollado para abarcar una multiplicidad de impactos ambientales en forma específica y constituye el paquete de software LCA más importantes del mundo durante los últimos 25 años.

Los resultados obtenidos usando esta herramienta permiten hacer elecciones conscientes, hacer cálculos avanzados y evitar suposiciones ocultas. Es una herramienta basada en la ciencia económica que ofrece

soluciones para cualquier usuario. La aplicación de esta herramienta para los nuevos estudios de ACABIO nos condujo al desarrollo de diferentes modelos así como ajuste de variables específicas.

Si bien la herramienta es muy poderosa presenta como desventaja que sus bases de datos han sido desarrolladas para el contexto Europeo con énfasis en Suiza. Esto requiere una continua revisión y chequeo del procesamiento seguido en cada punto del inventario para asegurar que el resultado obtenido se aproxime a la realidad Argentina.

A fin de realizar un perfil ambiental de la producción de la biorefinería de maíz de ACABIO, en una primera etapa se consolidó un inventario de ciclo de vida (ICV) de la producción de grano de maíz, como insumo principal del proceso por el que se obtiene bioetanol junto a DDGS, DGS, dióxido de carbono y aceite.

A lo largo de la última década, el enfoque de ciclo de vida se ha consolidado como una herramienta completa y poderosa para cuantificar y evaluar cargas ambientales potenciales de la actividad agroindustrial (Martínez Blanco et al., 2013). Sin embargo, el ACV puede verse afectado por la falta de representatividad de los inventarios, especialmente en el sector agrícola. La utilización de datos generales para un caso de estudio particular es una práctica común en los ACV debido a la falta de datos específicos del sitio, pero esto puede inducir desvíos en los resultados de los impactos ambientales producidos (Boone et al., 2016).

En este contexto, cabe destacar la importancia de la territorialidad de los sistemas agrícolas en cuanto a la variabilidad de los datos, ya que los mismos pueden ser influenciados por el clima, tipo de suelo, manejo etc. Este concepto constituye un factor clave a tener en cuenta cuando se realizan los inventarios para este tipo de estudios. Vincular metodología de ACV con herramientas de sistema de información geográfico (SIG) facilitó la especialización de los datos de entrada del inventario (Xue, X. et al. 2012).

Los antecedentes regionales para representar la producción de maíz de la provincia de Córdoba, como área de influencia y aprovisionamiento de la empresa en evaluación; así como la notable calidad, en términos de representatividad geográfica de los datos de producción de maíz, permitieron avanzar hacia el desarrollo de un ICV de la producción de maíz en esta región de Argentina.

Entre los objetivos particulares y alcances de la realización de este inventario y su correspondiente perfil ambiental, se destacaron:

- Desarrollar el ACV del cultivo de maíz desde la cuna al portal ;
- Establecer un abordaje sistemático de calidad y representatividad geográfica de la información modelada;
- Definir y registrar consideraciones relevantes para el modelado del ICV del proceso de producción de Maíz en la Provincia de Córdoba

Basada en un modelo desarrollado por el grupo de trabajo se generó una planilla de interfaz de datos. La información procesada permitió modelar el ciclo de vida de la producción de 1 Kg de maíz en la provincia de Córdoba. Finalmente, el ICV consolidado se modeló en SimaPro 8.3, utilizando como base de datos secundarios Ecoinvent 3.0, con algunas adaptaciones y se calculó el perfil ambiental a partir de la aplicación del método de evaluación de impactos (EICV) Recipe midpoint (H).

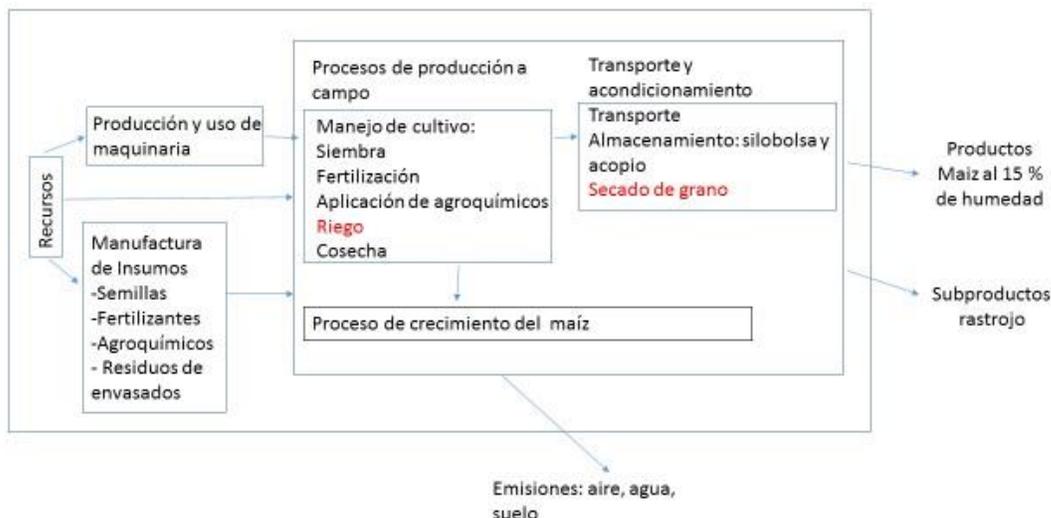


Figura 45 Modelo desarrollado para su ingreso en el SIMAPRO adaptado de Boone et al.

Mediante la planilla de recolección de datos parametrizados usada para poder transmitir a los diferentes actores referentes, se buscó lograr aumentar la escala de recolección de datos, y analizar el impacto de la variabilidad territorial de los mismos por cultivo. Se perseguirá en futuras aproximaciones avanzar hacia la consolidación de inventarios de sector agrícola/agroindustrial. Este enfoque territorial tendrá en consideración la matriz de pedigree de calidad de datos y su corolario en el análisis estadístico de calidad de los mismos. Como objetivo final se plantea la incorporación de los criterios y lineamientos de las guías Shonnan y de las product category rules (PCRs) vigentes como marcos de referencia para el desarrollo de futuras ACV de la empresa aplicables a todo el sector.

Se asumió en la modelización una diferencia entre hectáreas cosechadas y sembradas del 15 por ciento para la cuenca de abastecimiento de la empresa teniendo en cuenta los resultados de los estudios de relevamiento realizados en la provincia de Córdoba realizados por la Bolsa de cereales de Córdoba, (ver capítulo específico de estudios de rendimientos).

Se asumió que se fertiliza del total de hectáreas afectadas al cultivo un 94 % de acuerdo a los últimos datos de referencia para la provincia suministrados por la Asociación Fertilizar. <http://www.fertilizar.org.ar/subida/Estadistica/Detalle%20de%20Consumo%20de%20Fertilizantes%20Externos/Consumo%20Fertilizantes%20Campa%C3%B1a%202014-2015.pdf>

La aplicación de nitrógeno fue dividida entre los diferentes tipos de producto, de acuerdo a la información relevada por ACABIO para la presente campaña asumiendo una distribución porcentual uniforme en toda la superficie afectada al cultivo.

Se procedió a construir un modelo representativo para las etapas de transporte y procesamiento industrial de manera de integrarlos a la generación de materia prima ya descrita.

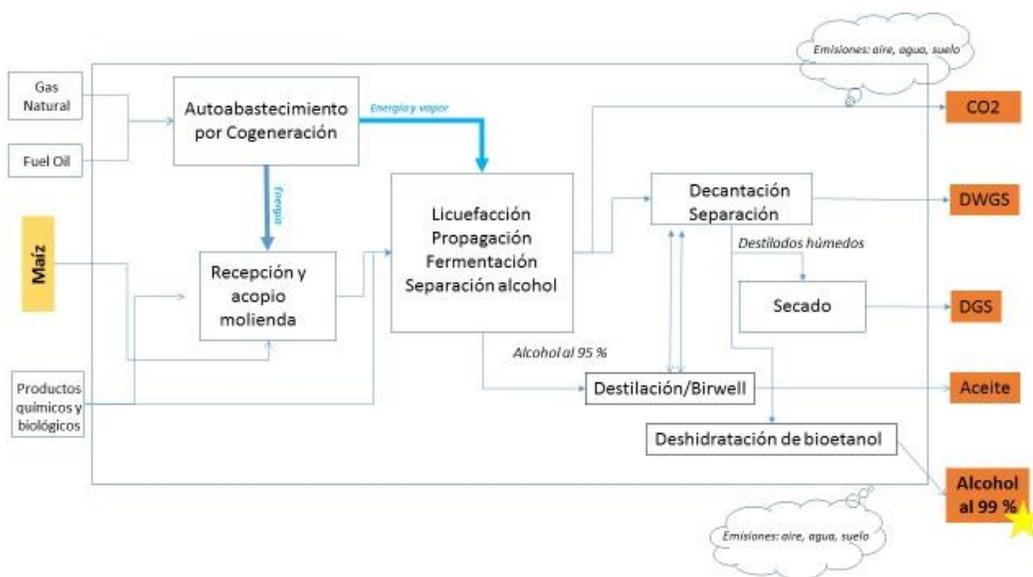


Figura 46 Modelo industrial desarrollado para su ingreso en el SIMAPRO adaptado de Boone et al

Se realizaron los cálculos y determinaciones para lograr los inventarios de cada modelo para luego efectuar diversas corridas re verificando las fuentes de información y bases de datos empleadas por el programa a fin de no alejarse de la realidad productiva local.

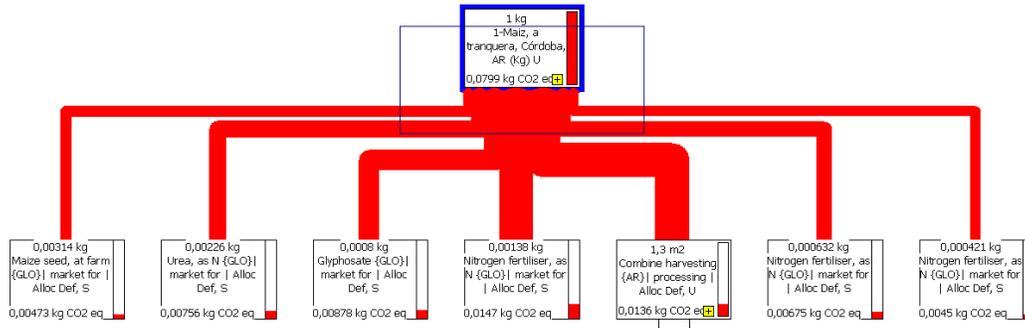


Figura 47 Representación gráfica de las contribuciones de impacto de cada factor del inventario en el producto final para el caso de la producción de maíz en Córdoba

Se empleó el modelo RECIPE para evaluar las categorías de impacto y se verificó para el caso de la producción de maíz la correspondencia con resultados de emisiones de gases efecto invernadero por método IPCC. Los valores obtenidos mediante el software deben ser superiores ya que el mismo tiene en cuenta el arrastre en el ciclo de vida de cada una de las maquinarias e infraestructura involucrada en el proceso. A continuación se expone una salida del programa en donde quedan representadas las contribuciones porcentuales para cada indicador de impacto.

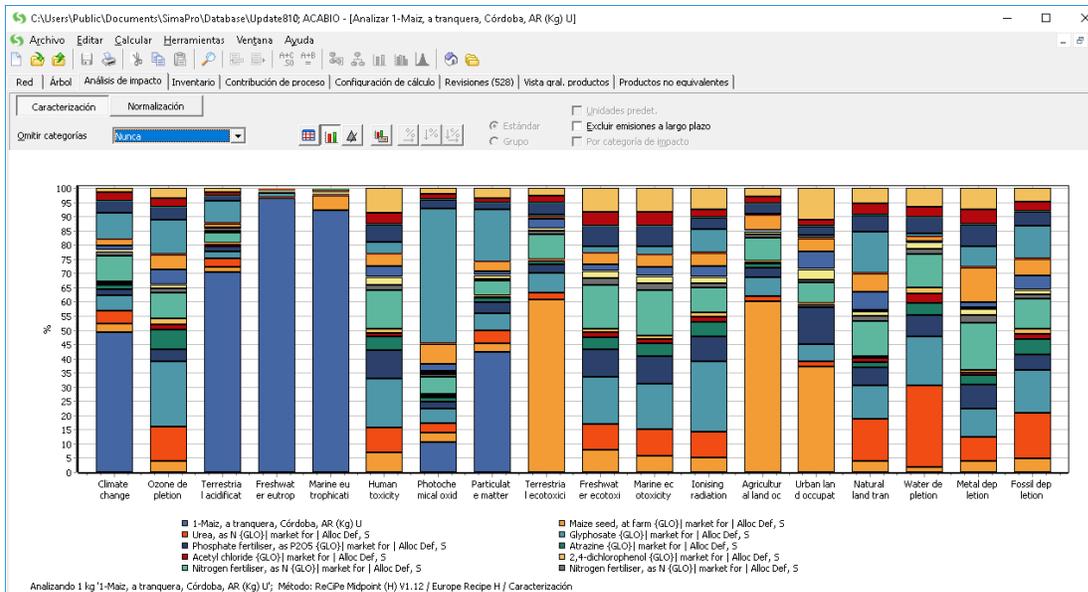


Figura 48 Representación gráfica de la contribución de cada factor por indicador de impacto.

Los resultados preliminares de la producción agrícola arrojaron un valor de 44.437 Tn Co2 equivalentes lo cual representa un nivel de 0,139 por kilo de maíz ingresado a planta. Estos valores tienen correspondencia con los realizados por el calculador ACABIO con valores de 55167 y 0,156 respectivamente. Es de esperar que los valores de SIMAPRO sean superiores a los calculados ya que este programa incorpora las emisiones procedentes de los ciclos de vida de todas las maquinas e instalaciones involucradas en el proceso.

BALANCE ENERGÉTICO:

El balance energético se construyó por etapas convirtiendo el empleo de insumos en su equivalente energético de acuerdo a bases de datos y modelos reconocidos a nivel mundial. La etapa agrícola tuvo en cuenta el consumo directo de combustibles y lubricantes así como los demás insumos con su correspondiente equivalencia energética para producirlos.

Tabla 30 Calculo de la Energía invertida en la etapa agrícola de producción de maíz

Etapa Agrícola			
	Produccion (TN)		Energia (Gj)
Produccion Maiz (TN) (=recepcion en planta)	374.784		297.460
Insumos/combustibles	Cantidad (Lts o Kgs)	Contenido Energetico (Kcal/Lt o kg) - Mj/kg	Energia (Gj)
Consumo Gasoil (Laboreos)	845.747	8.619	30.520 Poder calorifico inferior según datos del MinEM
Consumo Nafta (Laboreos)	-	7.607	- Poder calorifico inferior según datos del MinEM
Consumo Lubricantes (Laboreos)	101.490	8.503	3.613 Poder calorifico inferior según datos del MinEM
Produccion de combustibles (Laboreos) (Energia Fossil Produccion)			3.290 Se asume el mismo porcentaje que para emisiones según metodología Metod
N aplicado (Kg N) (Energia Fossil Produccion)	1.592.111	49	77.998 JEC E3-database (version 31-7-2008) - Biograce V4d - Standard Values
P205 aplicado (Kg P205) (Energia Fossil Produccion)	597.993	15	9.109 JEC E3-database (version 31-7-2008) - Biograce V4d - Standard Values
K20 aplicado (Kg K2O) (Energia Fossil Produccion)	-	10	- JEC E3-database (version 31-7-2008) - Biograce V4d - Standard Values
S aplicado (Kg S) (Energia Fossil Produccion)	111.718		- No hay dato
Agroquímicos (todos) (Energia Fossil Produccion)	644.297	268	172.929 JEC E3-database (version 31-7-2008) - Biograce V4d - Standard Values

La etapa de fletes consideró sobre la base de las declaraciones de transportes y kilómetros recorridos la inversión total realizada para proveer a la empresa.

Tabla 31 Calculo de la inversión energética en transporte

Transporte MMPP			
	Produccion (TN)		Energia (Gj)
Produccion Maiz (TN) (=recepcion en planta)	374.784		41.729
Consumo Gasoil (Transporte a planta)	1.054.730	8.619	38.061 Poder calorifico inferior según datos del MinEM
Produccion de combustibles (Transporte a planta) (Energia Fossil Produccion)			3.668 Se asume el mismo porcentaje que para emisiones (10% según metodología M

La etapa industrial fue dividida en siete partes: recepción, molienda y fermentación, destilación, secado, consumos comunes y planta recuperadora y procesadora de dióxido de carbono. Se asignó de acuerdo con la

información suministrada por la empresa entre las diferentes etapas el vapor y la energía eléctrica. De acuerdo a los datos de referencia se convirtieron los consumos energéticos en su equivalencia ente los diferentes combustibles empleados.

Tabla 32 Analisis de cada una de las etapas de la planta de procesamiento y transformación de maíz.

Planta ACABIO								
Tabla de asignación energía	1. RECEPCION	2. MOLIENDA Y FERMENTACION	3. DESTILACION	4. SEPARACION	5. SECADO	6. CONSUMOS COMUNES	7. PLANTA CO2	Control
Vapor	0,00%	15,83%	84,17%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100%
Energía Eléctrica	8,60%	20,40%	6,30%	9,00%	8,70%	34,90%	12,10%	100%
Asignación Energía Eléctrica / Vapor / Secado	Energía (Gj)	Asignación a Generación	Energía (Gj)	% asignado EE	Energía (Gj)	% asignado Vapor	Energía (Gj)	Asignación a Secado
Emisiones Energía Eléctrica Comprada a la Red	519	100%	519	100%	519	-	-	-
Fuel-Oil (Incluye transporte)	56	100%	56	30%	17	70%	39	-
Gas natural	1.133.794	76%	861.683	30%	258.505	70%	603.178	24%
Total (Gj)	1.134.368		862.258		259.040		603.217	
Emisiones Energía x Sector (Gj)	1. RECEPCION	2. MOLIENDA Y FERMENTACION	3. DESTILACION	4. SEPARACION	5. SECADO	6. CONSUMOS COMUNES	7. PLANTA CO2	Total
Vapor	-	95.489	507.728	-	-	-	-	603.217
Gas Natural (No cogeneración)	-	-	-	-	272.111	-	-	272.111
Energía Eléctrica	22.277	52.844	16.320	23.314	22.537	90.405	31.344	259.040
Gas-Oil	-	-	-	-	-	3.576	-	3.576
Energía (Gj)	22.277	148.334	524.048	23.314	294.647	93.981	31.344	1.137.944

Con la totalidad de la información se construyó una tabla resumen donde se incluyeron los consumos totales invertidos en energía en cada una de las etapas.

Tabla 33 integradora de consumos energéticos

Energía (Gj) x Sector/Etapa	Energía	Insumos ⁽¹⁾	Otras Fuentes ⁽²⁾	Total x Sector/Etapa	%
A. Abastecimiento Materias Primas (Producción Maíz)	37.422	260.037	-	297.460	17%
B. Transporte Maíz a Planta	44.411	-	-	44.411	3%
C. Planta ACABIO - 1. RECEPCION	22.307	-	-	22.307	1%
C. Planta ACABIO - 2. MOLIENDA Y FERMENTACION	148.530	53.996	-	202.526	12%
C. Planta ACABIO - 3. DESTILACION	524.743	-	-	524.743	31%
C. Planta ACABIO - 4. SEPARACION	23.344	-	-	23.344	1%
C. Planta ACABIO - 5. SECADO	294.677	-	-	294.677	17%
C. Planta ACABIO - 6. CONSUMOS COMUNES	94.100	-	240	94.340	6%
C. Planta ACABIO - 7. PLANTA CO2	31.385	-	-	31.385	2%
D. Transporte a Clientes - Alcohol	111.578	-	-	111.578	7%
D. Transporte a Clientes - WDGS	30.346	-	-	30.346	2%
D. Transporte a Clientes - DDGS	14.130	-	-	14.130	1%
D. Transporte a Clientes - Aceite Vegetal	771	-	-	771	0%
D. Transporte a Clientes - CO2	13.232	-	-	13.232	1%
Total (Gj)	1.390.977	314.033	240	1.705.250	

⁽¹⁾ Incluye Transporte de insumos a la planta

⁽²⁾ Incluye Transporte de descartes

⁽¹⁾ Incluye Transporte de insumos a la planta

⁽²⁾ Incluye Transporte de descartes

Finalmente se alocó la energía de acuerdo a los procesos involucrados en cada uno de los productos separando los exclusivos y distribuyendo los comunes en cada una de las etapas involucradas

Tabla 34 Distribución de la Energía entre los diferentes productos generados en la empresa

Energía (Gj) x línea	Energía	Insumos ⁽¹⁾	Otras Fuentes	Total x Sector/Etapa	
Etapas comunes a todos los co-productos	906.724	421.788	-	1.328.512	74%
Etapas exclusivas DDGS/WDGS/Aceite	-	-	-	-	0%
Etapas exclusivas DDGS/WDGS	294.647	-	-	294.647	16%
Etapas Exclusivas CO2	31.344	-	-	31.344	2%
Etapa Exclusiva Alcohol	111.793	-	-	111.793	6%
Etapa Exclusiva WDGS	14.130	-	-	14.130	1%
Etapa Exclusiva DDGS	-	-	-	-	0%
Etapa Exclusiva Aceite Vegetal	13.232	-	-	13.232	1%
Etapa Exclusiva CO2	5.480	-	-	5.480	0%
Total	1.377.350	421.788	-	1.799.137	

La tabla 35 contiene los resultados obtenidos, se tiene en cuenta la energía invertida en cada una de las etapas según la apropiación por línea realizada el bioetanol alcanzaría un número de 3,27 unidades de energía obtenida por cada unidad de energía invertida. El promedio general de todos los productos considerados fue de 2,74.

Si todos los consumos se adjudicaran solamente al bioetanol, es decir que no se realizara ninguna asignación energética por producto el valor se reduciría a 1,73 el cual se compara con los valores encontrados en la bibliografía reciente para plantas de este tipo.

Tabla 35 Resultados del balance energético

Apropiación por Energía	Alcohol	DDGS	WDGS	Aceite vegetal	CO2	Total
Producción (TN)	113.714	39.309	188.899	5.371	24.793	372.086
Energía Invertida x línea (Gj)	949.562	267.411	476.707	68.634	36.824	1.799.137
Energía x Producto terminado (Gj)	3.105.539	591.162	1.022.611	205.370	-	4.924.681
Balance de energía x línea (Gj)	2.155.977	323.750	545.904	136.737	-36.824	3.125.544
Tasa de retorno energético (EROEI)	3,27	2,21	2,15	2,99	-	2,74
Si tomo a la energía SOLO del Bioetanol y todos los consumos la Tasa de retorno energético (EROEI) sería						1,73

A fines comparativos se incluyen valores de referencia internacionales para el bioetanol

Tabla 36 Valores internacionales de referencia EROI

Referencias	TRE s/créditos	TRE c/créditos
USDA - Autor Gallagher	1,52	2,15 - 2,30
Christianson & Assoc.	1,73	2,60 - 2,80
Mueller & Kwik	1,71	2,60 - 2,80
ACABIO	1,73	2,74

BIOGRACE:

Se empleó paralelamente el sistema de cálculo biograce dado que se encuentra en línea con los criterios de sostenibilidad de la Directiva de Energía Renovable (2009/28 / CE, RED), que están igualmente manifestado en la Directiva sobre calidad de los combustibles (2009/30 / CE). El reconocimiento se basa en el artículo 18 y se refiere a demostrar el cumplimiento del artículo 17 y RED Anexo V de reducción de emisión de gases de efecto invernadero.

Cuando un proveedor utiliza un sistema voluntario aprobado para demostrar la sostenibilidad de los biocombustibles, un Estado miembro no debe obligar al proveedor a proporcionar otras pruebas del cumplimiento de los criterios de sostenibilidad.

El sistema voluntario de BioGrace es una calculadora completa, fácil de usar GEI basado en Excel, con valores definidos por unanimidad estándares, reglas de cálculo detalladas, y un manual de usuario. Está disponible como una postal-paquete que contiene

- BioGrace herramienta Excel - Versión 4d.xls
- reglas de cálculo BioGrace - Versión 4d.pdf
- BioGrace manual de usuario - Versión 4d.pdf
- BioGrace valores estándar adicional - Versión 4d.xls.

La herramienta de BioGrace está destinado a ser utilizado en combinación con otros planes, ya sea nacionales o voluntarios, que cubren el origen de las materias primas y proporcionan un sistema de balance de masa, así como los requisitos para la verificación. Muchos de los otros esquemas voluntarios reconocidos permiten el uso de BioGrace como un add-on para el cálculo de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

La versión actualizada 4d empleada para ACABIO posee una actualización de sus bases así como nuevos sistemas de cálculo satélites. Estas vías no están integrados en la herramienta principal BioGrace I, pero publicados como archivos separados. Sin embargo, son parte de BioGrace I como una herramienta reconocida, lo que significa que la base de todas las reglas de cálculo BioGrace I y que se pueden utilizar en combinación con otros esquemas. Las modificaciones no deben ser verificadas por los auditores ya que sistema asegurará de que todas las modificaciones son correctas. Actualmente, el sistema voluntario de BioGrace es

administrado por el Instituto de Investigación de la Energía y del Medio Ambiente (IFEU), uno de los ex socios del proyecto. El reconocimiento es válido por un período de 5 años, es decir hasta junio de 2018.

Los resultados obtenidos empleando este modelo ajustándolos datos de entrada a los valores aportados por la empresa

Tabla 37 Planilla de salida de resultados de la última versión del biograce empleado.

The screenshot shows the 'Production of Ethanol from Corn (Community produced) (steam from natural gas CHP)' interface. It includes a navigation bar with 'About' and 'Directory' links, and a version indicator 'Version 4d for Compliance'. The main content is an 'Overview Results' table and several summary boxes.

All results in g CO _{2,eq} / MJ Ethanol	Non-allocated results	Allocation factor	Allocated results	Total	Actual/Default	Default values RED Annex V.D
Cultivation e_{cc}				9,8	A	20
Cultivation of corn	16,68	58,9%	9,82			20,18
Processing e_p				12,6	A	21
Ethanol plant	21,32	58,9%	12,56			20,96
Transport e_{td}				2,9	A	2
Transport of corn	1,54	58,9%	0,91			0,28
Transport of ethanol to depx	0,60	100,0%	0,60			1,10
Transport to filling station	1,43	100,0%	1,43			0,44
Land use change e_l				0,0		0
Land use change	0,0	58,9%	0,0			0
Bonus or e_{sca}				0,0		0
Bonus or e _{sca}	0,0	100,0%	0,0			0
e_{ccr} + e_{ccs}				0,0		0
e _{ccr} + e _{ccs}	0,0	100,0%	0,0			0
Totals	41,6			25,3		43

Allocation factors
Ethanol plant: 58.9% to ethanol, 41.1% to DDGS

Emission reduction
Fossil fuel reference (petrol): 83.8 g CO_{2,eq}/MJ
GHG emission reduction: 70%

Calculations in this Excel sheet.....
 strictly follow the methodology as given in Directives 2009/28/EC and 2009/30/EC
 follow JRC calculations by using GWT values 25 for CH4 and 208 for N2O
As explained in 'About' under 'Inconsistent use of GWT's'

El resultado final alcanzado mediante este calculador fue de 41,6 gCO₂eq/MJ de etanol y este número se reduce a 25,3 con la correspondiente asignación por defecto que efectúa el programa. El mismo no permite introducir el flete del producto final como se realizó en el calculador ACABIO. Si se tiene en cuenta que la contribución de esta actividad para nuestro caso fue cercano a cinco los resultados serían equivalentes entre ambos métodos (41,6 versus 42,6) ya que se debe tener en cuenta que este tipo de calculadores genéricos toman para varias etapas valores internacionales y no locales.

CALCULO DE HUELLA HIDRICA

Nicole Michard

Previo a ingresar a la fase de contabilidad de la huella hídrica se debe dejar en claro el alcance espacio temporal del análisis. Así, se establece tanto el alcance geográfico como el periodo de datos climáticos a evaluar. Es importante destacar que la huella hídrica evalúa el agua que no retorna a la misma cuenca y en el mismo periodo de tiempo. En el caso de la huella hídrica verde, debe tenerse en cuenta el principio básico de que la entrada de agua al sistema es la precipitación, no obstante, no toda la precipitación que cae es utilizable por parte del cultivo. Por esta razón, hay una proporción de precipitación (la efectiva) que es aquella realmente capaz de suplir la necesidad hídrica del cultivo. En general, los estudios relacionados con la disponibilidad de agua dulce están orientados a la cuantificación del agua azul mientras que ignoran el agua verde como parte de los recursos hídricos (Morábito et al 2015).

Datos climáticos

Un primer paso en el cálculo de la huella hídrica verde consiste en calcular la evapotranspiración del cultivo. Para ello se utilizaron los datos climáticos del período 2008-2016 correspondientes a las estaciones meteorológica de Manfredi, Córdoba y Pilar de la Provincia de Córdoba. A continuación se presenta una tabla con las precipitaciones anuales:

Tabla 38 Precipitaciones anuales

Año	PPT
	mm
2008	736
2009	655
2010	690
2011	860
2012	923
2013	754
2014	955
2015	787
2016	996

Tabla 39 Disponibilidad hídrica.

Siembra temprana- meses críticos	
Noviembre-Diciembre-Enero	PPT(mm)
2008-2009	225,30
2009-2010	440,00
2010-2011	305,00
2011-2012	307,00
2012-2013	361,00
2013-2014	382,00
2014-2015	343,00
2015-2016	307,50

Si se considera las precipitaciones anuales, el 2009 resulta ser el año más seco (655mm) mientras que el 2016 el año más húmedo (995,5 mm). En un principio, iban a considerarse estos dos años para evaluar la respuesta del cultivo frente a importantes variaciones en las precipitaciones.

No obstante, al estudiar en detalle el ciclo del cultivo de maíz y los periodos críticos del desarrollo en cuanto a sucesos de déficit hídrico, pudo determinarse que en verdad, la campaña con mayor sequía en los primeros tres meses (que resultan ser los cruciales en reducción de granos y rendimiento) en siembra temprana fue la del 2008-2009 con un valor de 225,30 mm. En contraste, la campaña más húmeda para el mismo periodo fue la de 2009-2010 con un valor de 440 mm.

En el caso de la siembra tardía, el ciclo más seco también corresponde a 2008-2009 (245,5 mm) mientras que el más húmedo corresponde a la campaña del 2014-2015 (494,3 mm).

Tabla 40 Meses críticos siembra tardía

Siembra tardía- meses críticos	
Enero- Febrero-Marzo	PPT(mm)
2008-2009	245,50
2009-2010	351,00
2010-2011	346,00
2011-2012	381,50
2012-2013	290,50
2013-2014	447,00
2014-2015	494,30
2015-2016	449,50

La importancia de realizar el análisis de huella hídrica verde en años con situaciones climáticas extremas, como ser un año seco vs. un año húmedo, radica fundamentalmente en las variaciones de la evapotranspiración inducida por los factores climáticos.

Huella Hídrica de la etapa agrícola

Huella hídrica verde. De acuerdo a los resultados obtenidos en el software CROPWAT 8.0, se observa que por lo general, tanto los requerimientos hídricos como las precipitaciones son mayores en la siembra temprana que en la tardía. En el primer caso pueden observarse valores de 718,2 mm en siembra temprana y de 553,7 mm en siembra tardía. En ambos manejos, los valores suelen ser mayores que la precipitación efectiva, es

decir, no se llegan a suplir las necesidades hídricas del cultivo, a excepción de la siembra tardía del 2014-15 y la campaña 2015-16 donde se invierte la situación, siendo las precipitaciones efectivas mayores que el requerimiento hídrico.

El otro componente de la huella hídrica verde, la deficiencia de humedad, ha descendido drásticamente en las últimas dos campañas (el promedio de la deficiencia de humedad fue de 271 mm entre 2008/9 y 2013/14 y descendió a 101 mm en entre 2014/15 y 2015/16). Esto último ha contribuido notablemente a reducir la evapotranspiración verde en los últimos años .

Al llevar el cálculo de la evapotranspiración verde a la unidad de producción (hectáreas) obtenemos la huella hídrica verde, arroja un promedio de 7.821 y 7.426 m³ de agua verde para la siembra temprana y tardía, respectivamente. La misma alcanza un mínimo de 5.336 m³/ha en la siembra tardía de 2014/15 y un máximo de 8.686 en la siembra temprana de 2013/14. Más allá de estas oscilaciones, la misma resulta relativamente estable a lo largo de la serie analizada.

Por otro lado, la huella hídrica verde por tonelada de maíz es en promedio de 990 y 1.063 m³/tn para la siembra temprana y tardía, respectivamente. Ésta presenta un mínimo de 675 m³/tn en la siembra tardía 2014/15 y un máximo de 1.701 m³/tn en la siembra tardía 2011/12.

La menor huella hídrica registrada (5.336 m³/ha y 675 m³/tn) es en la siembra tardía de la campaña 2014/15 donde se observa el menor requerimiento hídrico por parte del cultivo (495,8 mm), una de las mayores precipitaciones efectivas (640 mm), la menor deficiencia de humedad (37,8 mm) y uno de los más altos rendimientos (7,9 tn/ha), todos estos constituyen los factores determinantes de la huella hídrica verde. En el caso de la siembra temprana del 2015/16, si bien se observa la mayor precipitación efectiva también se aprecia un requerimiento hídrico mayor, por lo tanto el consumo de agua vuelve a aumentar reflejando un incremento en la huella hídrica verde.

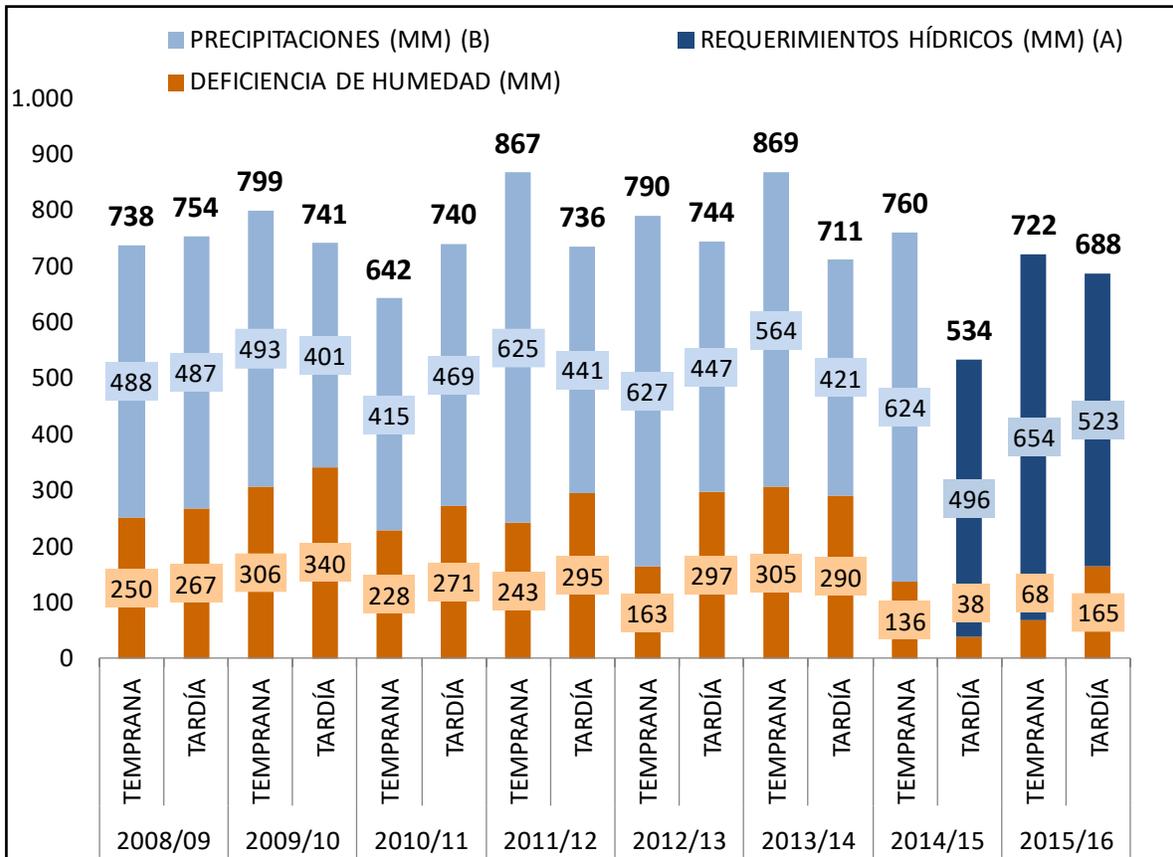


Figura 49 estimación de la evapotranspiración verde (en mm)

Tabla 41 Estimación de la hh verde

CAMPAÑA	SIEMBRA	CWR	PTT EFECTIVA (MM) (B)	MÍNIMO (A;B) (MM)	DEFICIENCIA HUMEDAD (MM)	ETc (MM)	RENDIM. BCCBA (TN/HA)	HH VERDE (M3/HA)	HH VERDE (M3/TN)
		(MM) (A)							
2008/09	TEMP.	752,4	487,5	487,5	250,2	737,7	6,5	7.377	1.135
	TARDÍA	572,4	486,5	486,5	267,1	753,6		7.536	1.159
2009/10	TEMP.	751,1	493,3	493,3	306,1	799,4	7,5	7.994	1.066
	TARDÍA	655,7	401,0	401,0	340,4	741,4		7.414	989
2010/11	TEMP.	762,3	414,7	414,7	227,6	642,3	6,4	6.423	1.004
	TARDÍA	588,4	468,9	468,9	271,2	740,1		7.401	1.156
2011/12	TEMP.	705,0	624,7	624,7	242,6	867,3	5,1	8.673	1.701
	TARDÍA	588,4	440,8	440,8	295,2	736,0		7.360	1.443
2012/13	TEMP.	737,2	626,5	626,5	163,3	789,8	7,0	7.898	1.128
	TARDÍA	575,8	446,5	446,5	297,1	743,6		7.436	1.062
2013/14	TEMP.	745,8	563,5	563,5	305,1	868,6	7,6	8.686	1.143
	TARDÍA	543,0	421,1	421,1	290,1	711,2		7.112	936
2014/15	TEMP.	725,1	624,2	624,2	135,7	759,9	7,9	7.599	962
	TARDÍA	495,8	640,0	495,8	37,8	533,6		5.336	675
2015/16	TEMP.	654,4	669,3	654,4	67,6	722,0	7,9	7.220	914
	TARDÍA	523,3	536,8	523,3	164,6	687,9		6.879	871
PROMEDIO	TEMP.	717,9	576,8	576,8	205,2	782,0	7,0	7.820	990
2008-2016	TARDÍA	553,8	507,8	507,8	235,0	742,8		7.428	1.063

Fuente: elaboración propia en base a datos de BCCBA y CROPWAT.

A su vez, se observa un fuerte incremento de la demanda de agua verde por tonelada (1.701m³/ton) en la siembra temprana 2011/12 producto de una relativamente alta evapotranspiración pero sobretodo por un muy bajo rendimiento (5,1 tn/ha). Desde entonces las necesidades de agua verde por unidad de producto disminuyen fuertemente por debajo del promedio, alcanzando los 675 m³/ton en la siembra tardía de 2014/15.

Otro factor determinante es la deficiencia de humedad, la cual ha disminuido en los últimos años debido al mejor aprovechamiento de las precipitaciones en la siembra tardía del 2014/15 y en la campaña del 2015/16, superando la precipitación efectiva a la deficiencia de humedad.

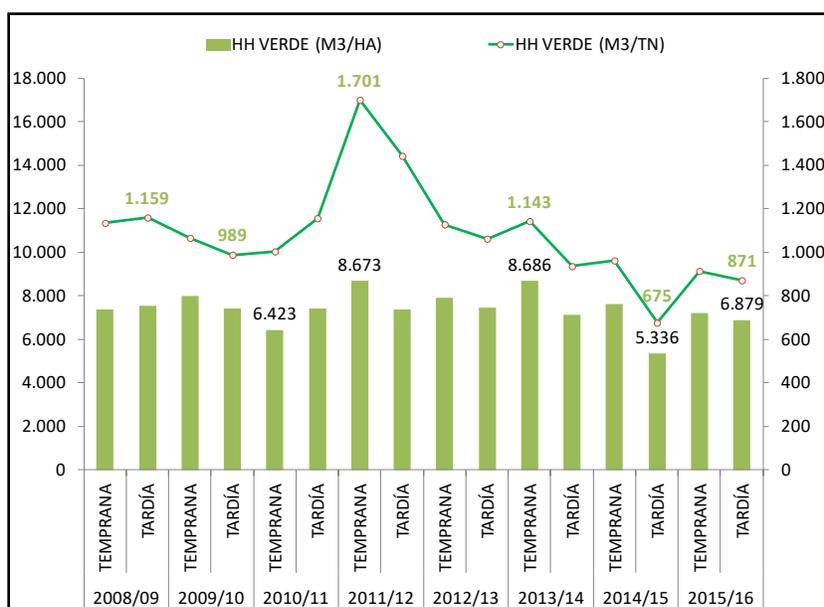


Figura 50 Estimación de la huella hídrica verde

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, si se observa la evapotranspiración de los distintos años, podemos ver que el año seco (2009) presenta la ETO más elevada y el año húmedo (2016) la ETO más baja .

Tabla 42 ETO 2008-2016

Año	ETO
2008	3,94
2009	4,29
2010	3,81
2011	3,69
2012	3,71
2013	3,85
2014	3,69
2015	3,57
2016	3,48

Huella hídrica gris. A los fines del cálculo de la huella gris del producto es necesario tomar la huella máxima entre los agroquímicos utilizados. En este caso, el valor máximo corresponde a Dicamba, el cual precisa 31.400 m³/ha y 4.494 m³/tn para ser absorbido.

En cuanto a los fertilizantes, se obtuvo una huella hídrica gris del nitrógeno de 137m³/tn, es decir un valor inferior al promedio mundial obtenido por Hoekstra et al 2010 de 187m³/tn.

Tabla 43. Huella Hídrica gris de los plaguicidas utilizados en el cultivo de maíz.

Agroquímico	Total aplicado (l/ha)	% P. activo	Densidad (kg/l)	Masa (kg/ha)	Masa (mg/ha)	HH (m ³ /ha)	HH (m ³ /tn)
Glifosato 58%	2,0	58%	1,70	1,98	1.976.640	28	4
2,4D Sal amina	0,7	100%	1,42	0,99	994.000	331	47
Dicamba	0,2	100%	1,57	0,31	314.000	31.400	4.494
Atrazina 50	3,0	50%	1,19	1,79	1.785.000	29.750	4.258
Metolachlor	1,0	100%	1,12	1,12	1.120.000	1.400	200

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 44 Huella Hídrica gris del fertilizante nitrogenado utilizado en el cultivo de maíz.

Agroquímico	Total aplicado (kg/ha)	% P. activo	Masa (kg/ha)	Masa (mg/ha)	HH (m3/ha)	HH (m3/tn)
SOLMIX	385,0	N 32%	123,00	123.000.000	955	137

Fuente: Elaboración propia

Huella hídrica total etapa agrícola. La huella hídrica del maíz muestra importantes diferencias según si se analiza la utilización de fertilizantes y/o plaguicidas. En el caso de considerar solamente fertilizantes nitrogenados obtenemos una huella hídrica total de 1.127 m3/tn. Si analizamos el uso de plaguicidas, en este caso Dicamba, podemos observar cómo la huella gris aumenta notablemente a 5.484 m3/tn .

Tabla 45 Impacto de fertilizantes y plaguicidas

HH agrícola (m3/tn)	HH FERTILIZANTES		HH PLAGUICIDAS	
	HH VERDE (m3/tn)	HH GRIS nitrógeno (m3/tn)	HH VERDE (m3/tn)	HH GRIS Dicamba (m3/tn)
	990	137	990	4.494
	1.127		5.484	

Huella Hídrica de la etapa industrial

De acuerdo a la información generada por la empresa para el período junio 2016 a julio de 2017 se consumieron 353 mil toneladas de maíz para producir cerca de 144 mil m3 de bioetanol. Como coproductos del proceso se obtuvieron 2,3 mil m3 de aceite vegetal y cerca de 218 mil toneladas de burlanda húmeda y seca.

Tabla 46 Datos de producción de acabio

CONCEPTO	UNIDAD	JULIO 16 / JUNIO 17
Maíz (Ingreso granos a planta)	Tn	352.844
Alcohol etílico anhidro (Bioetanol)	m3	143.960
DDGS	Tn	40.534
WDGS	Tn	177.444
Aceite vegetal	m3	2.303
Humedad Maíz	%	14,0
Humedad WDGS	%	67,3
Humedad DDGS	%	10,9
Humedad Aceite vegetal	% p/p	0,6
Humedad Alcohol etílico	% v/v	0,1

Fuente: elaboración propia en base a datos de ACABIO.

El maíz ingresado contó con una humedad promedio del 14% lo que implicó un ingreso de agua en maíz de 49 mil m3. Otras fuentes de ingreso de agua fueron los pozos 1 a 4 que totalizaron 770 mil m3 del efluente. De este modo, el balance de agua arroja un volumen total de 819.425 m3 anuales.

Tabla 47 Ingreso de agua por fuente

CONCEPTO	UNIDAD	JULIO 16 / JUNIO 17
Ingreso de agua en Maíz	m3	49.163
Ingreso de agua a planta (pozos)	m3	770.262
Total ingreso de agua	m3	819.425

Fuente: elaboración propia en base a datos de ACABIO.

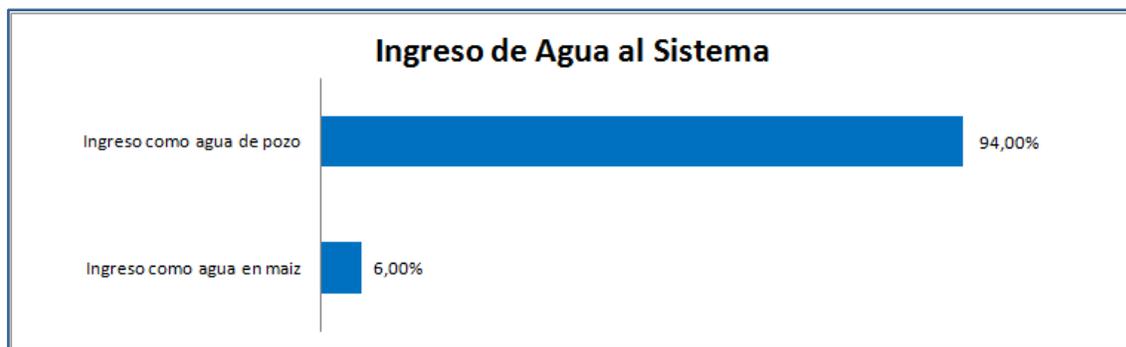


Figura 51 Ingreso de agua ACABIO Fuente: ACABIO

Por su parte, entre las salidas de agua se contabilizaron 306 mil m3 de efluentes líquidos que de una manera u otra regresaron a la cuenca de origen, mientras que 124 mil m3 fueron incorporados en el bioetanol y sus coproductos, y otros 389 mil se evaporaron.

Tabla 48 Salidas de agua por fuente

CONCEPTO	UNIDAD	JULIO 16 / JUNIO 17
Salida efluente líquido - Laguna Trat.	m3	257.172
Salida de efluente líquido - Torre turbina	m3	36.934
Salida de efluente riego (cisterna)	m3	11.851
Salida de agua en producto WDGS	m3	119.519
Salida de agua en producto DDGS	m3	4.393
Salida de agua en producto Aceite vegetal	m3	13
Salida de agua en Alcohol anhidro	m3	79
Salida agua vapor - Evaporación gral.	m3	389.465
Total salida de agua	m3	819.425

Fuente: elaboración propia en base a datos de ACABIO.

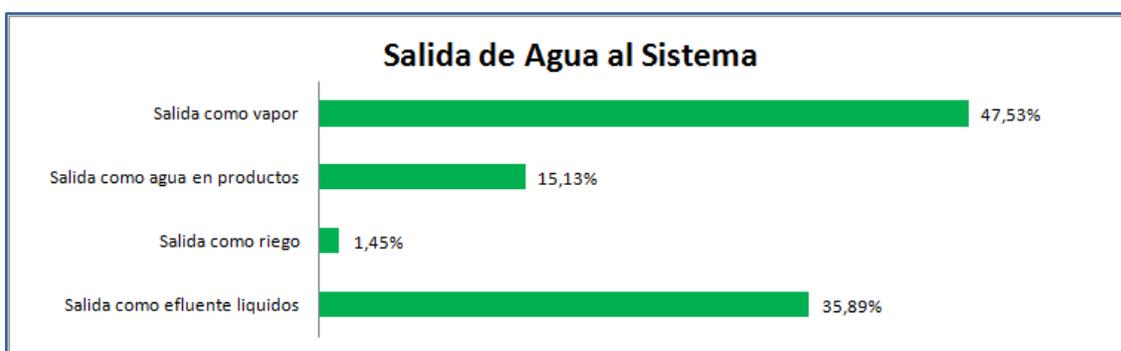


Figura 52 Salida de agua ACABIO

Fuente: ACABIO

Cálculo de la huella hídrica azul

La huella hídrica azul de la etapa industrial posee un valor de 464.306 m³/año. De este análisis surge que más de la mitad de la huella hídrica azul se debe a los procesos de evaporación. En cuanto a los coproductos obtenidos, la burlanda húmeda (WDGS) es quien se lleva el mayor volumen de agua.

Tabla 49 Cálculo de la huella hídrica azul

CONCEPTO	VOLUMEN (M3/AÑO)
Salida de agua en producto WDGS	119.519
Salida de agua en producto DDGS	4.393
Salida de agua en producto Aceite vegetal	13
Salida de agua en Alcohol anhidro	79
Salida agua vapor - Evaporación gral	389.465
-Ingreso de agua en Maíz	49.163
HUELLA HÍDRICA AZUL	464.306

Fuente: elaboración propia en base a datos de ACABIO.

Si realizamos una asignación del uso del agua según lo explicado en la metodología obtenemos que, siguiendo un criterio de masa se requiere aproximadamente 1 litro de agua por cada litro de bioetanol, lo que significa prácticamente una relación 1:1. Este criterio indica que el mayor usuario de agua en el proceso de producción corresponde a la burlanda húmeda (53%), producto comercializado en el mercado como alimento para rumiantes

Por otro lado, si adquirimos un enfoque económico observamos que se requieren 2,83m³ de agua por m³ de bioetanol producido, llevándose el 88% de la huella hídrica azul. Esto se debe a que, si bien los precios de mercado del bioetanol son muy similares a los del aceite vegetal, este último se produce en bajas cantidades (2%). Finalmente, el enfoque energético indica que se requieren 2,11 m³ de agua por cada m³ de bioetanol (65% de la huella hídrica). En este caso observamos que el mayor contenido energético le corresponde al aceite vegetal, pero al igual que en el caso anterior, posee una menor huella hídrica porque es el coproducto que se obtiene en menores proporciones.

Tabla 50 Asignación de la huella hídrica azul por el criterio de masa¹⁰

¹⁰ Densidad del bioetanol= 0,79gr/cm³

PRODUCTO	MASA (TN)	PONDERADOR	HH AZUL (M3)
Burlanda húmeda	177.444	53%	246.820
Bioetanol	113.714	34%	158.174
Burlanda seca	40.534	12%	56.381
Aceite vegetal	2.108	1%	2.931
TOTAL GENERAL	333.799	100%	464.306

Tabla 51 Asignación de la huella hídrica azul por el criterio de económico²

PRODUCTO	VALOR (\$)	PONDERADOR	HH AZUL (M3)
Burlanda húmeda	127.156.072	6%	27.738
Bioetanol	1.868.914.297	88%	407.683
Burlanda seca	100.071.909	5%	21.830
Aceite vegetal	32.344.872	2%	7.056
TOTAL GENERAL	2.128.487.150	100%	464.306

Tabla 52 Asignación de la huella hídrica azul por el criterio de energético³

PRODUCTO	ENERGÍA (MJ)	PONDERADOR	HH AZUL (M3)
Burlanda húmeda	954.648.144	20%	93.459
Bioetanol	3.105.538.725	65%	304.030
Burlanda seca	601.925.222	13%	58.928
Aceite vegetal	80.580.903	2%	7.889
TOTAL GENERAL	4.742.692.995	100%	464.306

² Precio de mercado del bioetanol en el año 2017= \$16,4 (Ministerio de Energía y Minería)

³ Contenido energético del bioetanol= 27,31mj/kg

Tabla 53 Huella Hídrica azul del bioetanol según tipo de asignación

Criterio	HH azul unitaria
Masa	1,1
Económico	2,83
Energético	2,11

Fuente: Elaboración propia.

De todos estos criterios, se decidió seleccionar el energético para el posterior cálculo de la huella hídrica total. Esta elección se consideró la más adecuada al tratarse de un producto energético y, a su vez, para poder obtener resultados comparables con la bibliografía existente. Un argumento adicional esta basado en que este es el criterio adoptado por la Unión Europea para evaluar la sustentabilidad de los biocombustiles que ingresan al boque.

Huella Hídrica total del bioetanol

Al aplicar el coeficiente de 2,45 tn/m³ obtenemos una huella hídrica verde del bioetanol de 2.426m³/m³ y una huella hídrica gris de 335 m³/m³. Luego de adicionar la huella hídrica azul (2,11 m³/m³) obtenemos una huella hídrica total de 2.764 m³/m³ o bien de 128 m³/Gj .

Tabla 54Huella hídrica total del maíz

HH MAIZ		
M3 agua/Tn maíz		
HH VERDE	HH GRIS	HH AZUL
990	137	0
1.127		

Tabla 55Huella hídrica total del bioetanol

HH BIOETANOL		
M3 agua /m3 bioetanol		
HH VERDE	HH GRIS	HH AZUL
2.426	335	2,11
2.764		

Tabla 56 Huella hídrica total del bioetanol

Criterio energético (m3 / GJ bioetanol)		
HH VERDE	HH GRIS	HH AZUL
112,5	15,5	0,1
TOTAL		128

Conclusiones

Los promedios mundiales de huella hídrica verde y gris del maíz para el período 1996-2005 en cultivos a secano (Hoekstra 2010) fueron de 1.082 m³/tn y de 187 m³/tn, respectivamente. Los valores de huella hídrica verde alcanzados en el presente estudio fueron un 8,5% menor al promedio mundial en siembra temprana (990 m³/tn) y un 1,8 % menor en siembra tardía (1.063 m³/tn). La huella hídrica gris, por su parte, arroja valores inferiores al promedio mundial, ubicándose un 27% por debajo del mismo en el caso de los fertilizantes nitrogenados. Esto último se explica por el impacto del mayor rendimiento obtenido en la provincia de Córdoba, ya que se aplicaron prácticamente las mismas cantidades de nitrógeno por hectárea que en el estudio mencionado.

A modo de resumen, podemos concluir que en un año seco la evapotranspiración es mayor y consecuentemente su huella hídrica verde. A su vez, el rendimiento suele ser menor por lo que también influye en el incremento observado en dicha huella hídrica. En un año húmedo en cambio, el fenómeno se invierte, siendo menor la huella hídrica dada la baja evapotranspiración y los mayores rendimientos.

Este comportamiento demuestra que el factor más determinante en la huella hídrica verde por tonelada es el rendimiento, el cual se ha incrementado considerablemente en las tres últimas campañas. De esta manera, la huella hídrica verde por hectárea resulta relativamente constante, mientras que por tonelada se encuentra fuertemente relacionada a la evolución de los rendimientos, observando incrementos del 15,4% en la siembra tardía del 2009/10 y del 21,5% en la del 2014/15.

Por otro lado, la huella hídrica gris de la etapa agrícola nos permite conocer qué agroquímicos son los más perjudiciales ambientalmente, en términos de consumo de agua. En cuanto a los agroquímicos el Dicamba es el que requiere de una mayor utilización de este recurso para ser diluido, y luego, no muy lejos, se encuentra la Atrazina. Es importante hacer hincapié en las diferencias observadas entre la aplicación de fertilizantes nitrogenados y plaguicidas, ya que estos últimos son los responsables de incrementar significativamente la huella hídrica gris. No obstante, la mayor parte de los trabajos publicados analizan solamente la aplicación de fertilizantes, ignorando por completo a los plaguicidas, generalmente por falta de datos locales.

En cuanto a la huella hídrica azul de la etapa industrial, la misma representa un valor menor en comparación a la etapa agrícola para cualquiera de los criterios analizados, lo que demuestra que el mayor consumo de agua del proceso productivo corresponde a la etapa agrícola. Respecto a la huella hídrica total del bioetanol,

los resultados obtenidos resultan similares a la comparativa internacional aunque algo inferiores. El estudio de Hoekstra et al 2010 obtuvo un valor de huella hídrica de 2855m³/m³ de bioetanol y 121 m³/Gj.

DISCUSIÓN:

La metodología seguida en este estudio fue la atribucional donde se han identificado los diferentes procesos realizando una alocaión de acuerdo a los productos generados. Uno de los factores variables claves está dado por la producción primaria donde la tecnología de cultivo y rindes tienen un impacto significativo en los resultados finales.

Un enfoque alternativo puede realizarse aplicando el método de análisis de ciclo de vida consecencial o de consecuencia (consequential) que toma en cuenta todos los efectos directos de la transformación y generación de los diferentes productos y le agrega a estos resultados aquellos provenientes de los secundarios y terciarios provocada por la introducción de cada uno de los productos en el mercado. Para ello se basan en modelos econométricos a escala nacional y global. Esto ha sido tomado por la EPA (2010) para fundamentar el desarrollo de los estándares de regulación de los biocombustibles de los Estados Unidos (RFS2). Para ello se emplearon los modelos FASOM para modelizar el mercado interno y el FAPRI para el global.

El método por desplazamiento toma en consideración el producto que ha sido substituido por el nuevo producto generado en la planta de transformación. Se calcula luego las emisiones evitadas al no producirse ese producto que ha sido reemplazado entrando como crédito en la cuenta final. En la Argentina el mercado del DDGS y DGS es incipiente y no existen datos históricos que permitan modelar con cierto nivel de confianza los montos ni tipo de otros productos que han sido desplazados.

Las incertidumbres se magnifican en los casos como el del bioetanol de almidón de maíz dado que los coproductos tienen un peso en volumen, peso y energía muy superiores a la fracción combustible obtenida del procesamiento del grano en la planta. Este no es el caso del dióxido de carbono ya que para este producto son objetivamente verificable las cantidades y tipo de combustible que se evita utilizar para generar este gas.

No hay un consenso sobre las metodologías a seguir para valorar los diferentes productos y ello puede hacer variar muy significativamente los resultados finales. De los potenciales cinco métodos de caracterización de productos se han tomado en este trabajo los tres más significativos (energía, masa y valor económico) basándose en su extendido uso en regulaciones y normativas tanto Europeas como Norteamericanas.

Dentro del método de alocaión por energía se ha mejorado la estimación usando un cuarto método denominado el de propósito de proceso donde se individualizan procesos específicos para determinado producto como el secado del DGS y solo se asigna el total de emisiones y energía al mismo. Para el resto del proceso en común como ser la producción a campo del maíz se realiza una división por participación energética final.

La inclusión de la planta de recuperación de dióxido de carbono implica un beneficioso impacto en toda la operación de la planta reduciendo las emisiones netas de todos los productos de la misma.

El ajuste de estos modelos para la huella de carbono en primer lugar permitirá avanzar en otro tipo de determinaciones en huella hídrica de los diferentes productos.

CONSIDERACIONES FINALES

- Para una mejor asignación de las emisiones de energía eléctrica a las diversas etapas del proceso es necesario saber cuál es el consumo real involucrado de manera que las cifras sean verificables y auditables. A tal propósito, la implementación por parte de ACABIO de sistemas de medición y registro de energía para sus actividades por unidades principales, podrían ser incorporados en los calculadores de los próximos ejercicios.
- Si bien las reducciones porcentuales son suficientes para el actual límite de la norma Europea se debería trabajar en mejoras para lograr alcanzar las futuras metas de mayores niveles de reducción de emisiones ante eventuales reducciones de rendimientos en la cuenca de abastecimiento.
- Entre las líneas de mejora inmediata se detecta la posible alimentación energética con residuos del mismo cultivo de maíz.
- La inclusión de la territorialidad y temporalidad en este tipo de estudios marca una nueva tendencia a nivel nacional y mundial y se pretende continuar en esta línea profundizando los estudios e incorporando los aspectos metodológicos a los PCR y EPD.
- El cálculo de la línea de base le permite a ACA Bio conocer su situación actual, compararse con el resto de las industrias Nacionales e Internacionales, y a partir de la misma plantearse objetivos de mejoras que le permitan dar cumplimiento a las normativas más exigentes del mercado Europeo principalmente y del resto del mundo.
- La consolidación de los inventarios y modelos empleados en el programa SIMAPRO permitirá en el próximo ejercicio obtener un informe pormenorizado por categoría de impacto en cada uno de los productos producidos.
- Con la consolidación de la metodología y criterios empleados se plantea el desarrollo de reglas de categorías de producto y declaraciones ambientales de producto de manera de fijar los criterios a nivel internacional mediante el sistema PCR y EPD basados en la ISO 14025.
- Se plantea la continuación de los estudios a fin de ajustar la información de origen de materia prima tomando como referencia el sistema de relevamiento de paquetes tecnológicos RETAA desarrollado por la Bolsa de cereales de Buenos Aires.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el compromiso y el trabajo realizado por todos los equipos gerenciales de la empresa sin cuyo aporte hubiese sido imposible arribar a un estudio de la profundidad y calidad logrado. Especialmente una mención especial al coordinador por parte de ACABIO Lic. Mario Alejo Dantur por su empuje y liderazgo en el tema lo cual permitió contar con el apoyo y la participación de la Universidad de Villa María.

Agradecemos los aportes de un equipo multidisciplinario que involucro a técnicos de diferentes Institutos del INTA, consultores externos y Leila Schein de la Universidad de Lujan.

BIBLIOGRAFÍA

A Review of Greenhouse Gas Emission Factors for Fertilizer Production. Sam Wood and Annette Cowie Research and Development Division, State Forests of New South Wales. Cooperative Research Centre for Greenhouse Accounting - For IEA Bioenergy Task 38 - June 2004. http://www.ieabioenergy-task38.org/publications/GHG_Emission_Fertilizer%20Production_July2004.pdf

AIPE, (1998) *EPS Il polistirene e l'impatto ambientale*, Ed. BE-MA, Milán, mayo

Análisis de Ciclo de vida (ACV) de la producción de Bioetanol (B100) en Argentina - Ing. Amb. Luis Panicheli – Año 2006. <http://www.inta.gov.ar/iir/info/documentos/energia/panichelli2006.pdf>

Approved consolidated baseline and monitoring methodology ACM0017 "Production of Bioetanol for use as fuel" - v.01.1 - UNFCCC - CDM Executive Board. <http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/WENY1VXSSZHD73WYG3RXX8KNAICCAT>

Arena, A.P. (1998) The allocation problem in Life cycle Assessment. Presentado en la "School of Environmental Science and Technology"(EdEA), Centro Atómico Constituyentes, Buenos Aires (Argentina), del 24 al 28 de agosto.

Arena, A.P. (2006). Impactos ambientales de las construcciones e infraestructuras urbanas durante el ciclo de vida. Jornadas de Urbanismo "Piensa urbana Mendoza". Colegio de Arquitectos de Mendoza. 10-11 de Noviembre de 2006. Mendoza (Argentina).

Arena, A.P., Civit, B. (2004). ESTUDIO PRELIMINAR SOBRE LA APLICABILIDAD DE LOS FACTORES DE IMPACTO DEL ECOINDICADOR 95 EN EL CONTEXTO DE LA PROVINCIA DE MENDOZA, ARGENTINA Avances en Energías Renovables y Ambiente. Volumen 8. Comunicación. Comisión de Publicaciones de ASADES. INENCO, Salta. 0329-5184

B. Civit, A P. Arena, E. Puliafito (2006) EVALUACIÓN DE IMPACTOS DEL CICLO DE VIDA. CASO DE ESTUDIO: EUTROFIZACIÓN TERRESTRE EN LA REGIÓN CENTRO OESTE ARIDA ARGENTINA. Revista Avances en Energías Renovables y Ambiente. INENCO, Salta. Volumen 10. Comisión de Publicaciones de ASADES. INENCO, Salta. 0329-5184

Badino, V., Baldo, G.L. (1998). *LCA. Istruzioni per l'uso*. Progetto Leonardo. Bologna (Italia)

Balances Energéticos de la Producción Argentina de Bioetanol con datos locales de la etapa industrial, I Huerga; J.A.Hilbert; L.Donato - INTA - IIR-BC-INF-03-09 http://www.inta.gov.ar/info/bioenergia/balancesenergia_procproduccionBioetanol.pdf

Bare, J., Pennington, D., Udo de Haes, H. (1999). *Life Cycle Impact Assessment Sophistication*. International Workshop. Int. Journal of LCA, Vol 4, N° 5, pag. 299-306.

Bengtsson, G. (1995). *Working environment in LCA*. 2nd SETAC World Congress, Vancouver, November 5-9 1995. Molndal: IVF Swedish Institute of Production Engineering Research.

Bengtsson, G., Berglund, R. (1996). *Life Cycle Assessments including the Working environment. Summary of methods and case studies*. Molndal: IVF Swedish Institute of Production Engineering Research. (IVF Research Publication N° 95859). Boustead, J., Hancock, (1979). *Handbook of industrial analysis*.

Chapman and Hall. Heijungs R., Guinée J.B., Huppes, G., Lankreijer R.M., Udo de Haes, H., Sleswijk A., Ansems, A., Eggels, P., van Duin R., de Goede, H. (1992). *Environmental Life Cycle Assessment of products. I. Guide. II. Backgrounds*. Leiden, CML.

Civit B., Arena, A.P, Puliafito, E. (2005) SITE-DEPENDENT ACIDIFICATION FACTORS FOR ARGENTINEAN WESTERN ARID REGION. Life cycle management international conference. Barcelona, 5 al 7 de septiembre de 2005.

Civit, B., Arena, A.P. (2006). Consideraciones sobre el impacto del uso del suelo en estudios de Análisis de Ciclo de Vida conducentes a la definición de indicadores. Actas del Encuentro de Investigadores y Docentes de Ingeniería ENIDI 2006, organizado por la Facultad Regional Mendoza de la Universidad Tecnológica Nacional, y la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza, 10-12 de Octubre de 2006.

Civit, B., Arena, A.P. (2007). Avances en el desarrollo de factores de equivalencia para ser aplicados en estudios de Análisis de ciclo de vida. Región centro oeste árida andina. Conferencia Internacional de Evaluación de Ciclo de Vida, CILCA 2007, Sao Paulo –Brasil, del 26 al 28 de febrero de 2007.

Civit, B., Arena, A.P. Terrestrial acidification: is it an impact category or relevance for ACV studies in the Argentinean western arid region?. 2nd International Conference on Quantified Eco-Efficiency Analysis for Sustainability. 28 - 30 June, 2006. Egmond aan Zee – The Netherlands

Civit, B., Arena, A.P., Puliafito, E. (2005). Factores de acidificación para la región árida centro-oeste argentina. Publicado en “Desarrollos e Investigaciones Científico- Tecnológicas en Ingenierías”. Selección de los trabajos presentados en el Encuentro de Investigadores y Docentes de Ingeniería ENIDI 2005, organizado por la Facultad Regional Mendoza de la Universidad Tecnológica Nacional, y la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, 3-5 de octubre de 2005.

Civit, B., Arena, AP (2006). Towards the identification and calculation of characterization factors for land use in western Argentina. Expert Workshop: definition of best indicators for land use impacts in Life Cycle Assessment”. University of Surrey, Guildford, 12-13 Jun 2006.

Dessy P., Morfini L., Nironi L. (1996), *Dalla fabbrica alla discarica*, revista Modulo, n. 223, pp. 606-610, julio-agosto

DIRECTIVA 2009/28/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 23 de abril de 2009 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:es:PDF>

Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996 - Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambios Climáticos (IPCC), Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) y Agencia Internacional de la Energía (AIE), 1997. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/spanish.html>

Erlandsson, M., Levin, P., Myhre, L. (1997). *Energy and Environmental consequences of an Additional Wall Insulation of a Dwelling*. Building and Environment, Vol 32, N. 2

Estudio Evolución anual de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en la República Argentina en el período 1990 - 2005 - Fundación Bariloche - Año 2008
<http://www.endesacemsa.com/interactivo/descarga/Capitulo1.pdf>

Finnveden, G. (1996). *Part III: Resources and related impact categories*. In: Udo de Haes (ed). *Towards a methodology for life cycle impact assessment*. SETAC-Europe.Brussels.

Finnveden, G., Andersson-Skold, Y., Samuelsson, M-O, Zetterberg, L., Lindfors L-G (1992). *Classification (impact analysis) in connection with life cycle assessments – a preliminary study*. In Product life cycle assessment – principles and methodology. Nord1992:9. Copenhagen: Nordic Council of Ministers.

Fornaro M., (1998). *Elementi per la valutazione dell'impatto ambientale di un sistema edilizio*, Tesi di Laurea, Politecnico di Torino, Facoltà di Architettura, relatore: prof. Marco Filippi, Año académico 1997/98

Fullana, P., Puig, R. (1997). *Análisis del ciclo de vida*. Rubes editorial, S.L. España.

Goedkoop , M. (1995). *Eco-Indicator 95, weighting method for environmental effects that damage ecosystems or human health on a European scale, Final report*. RIVM.

Goedkoop , M. (1997). *The Eco-Indicator 97 Explained*. Proceedings of Eco-Indicators for products and materials. State of Play'97. An International Workshop. Toronto, Ontario, November 25 1997.

Goedkoop , M., Spriensma, R. (1999). *Eco-Indicator 99, A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment. Methodology report and appendix*. Pré Consultants, Netherlands.
[http://www..pre.nl\(ecoindicator99/index.html](http://www..pre.nl(ecoindicator99/index.html) .

Guidelines on apportioning emissions from production processes between main product and co- and by-products (Version 01) - UNFCCC - EB 50 - CDM - Executive Board.
http://cdm.unfccc.int/EB/050/eb50_repan12.pdf

Guinée, J., Heijungs, R. (1993). *A proposal for the classification of toxic substances within the framework of LCA of products*. Chemosphere

Guinée, J., Heijungs, R., van Oers, L., van de Meent, D., Vermeire, T., Rikken, M (1996). *LCA impact assessment of toxic releases. Generic modelling of fate, exposure and effect for ecosystems and human beings with data for 100 chemicals*. RIVM report n.1996/21.

Hauschild M., Wenzel, H. (1997). *Global warming as assessment criteria in the EDIPmethod*. In Hauschild M., Wenzel, H. (eds). Environmental assessment of products. Vol II: Scientific background. London:

Hertwich, E., Pease, W., Koshland, C. (1997). *Evaluating the environmental impact of products and production processes: a comparison of six methods*. The science of the Total environment, Vol 196, (1997), pp. 13-29. Elsevier.

Hertwich, E., Pease, W., McKone, T. (1998). *Evaluating toxic impact assessment methods. What works best?*. Environmental science & Technology, Vol 32, N° 5. American Chemical Society.

Improvements in Life Cycle Energy Efficiency and Greenhouse Gas Emissions of Corn-Ethanol Adam J. Liska¹, Haishun S. Yang Virgil R. BremerTerry J. Klopfenstein et al **Journal of Industrial Ecology** Volume 13, Issue 1, pages 58–74, February 2009 <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1530-9290.2008.00105.x/full>

Water footprints of nations. Chapagain, a. K.; Hoekstra, a. Y. 2004. Volume 1: Main Report. Research Report Series No. 16.

Informe de resultados del ACV del proceso. ECORAE. 2013.

Fundamentos de la Huella Hídrica en el sector agrícola en un contexto de Cambio Climático. EUROCLIMA – IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2016.

A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level. First edition (revised) Report I: Characterisation. Goedkoop, m.; Heijungs, r.; Huijbregts, m.; Schryver, a.; Struijs, j.; Zelm, r. 2013. ReCiPe 2008.

Huella Hídrica: Water Footprint Network. On line: www.uvic.cat. Jorda, J. 2015.

Huella Hídrica: La nueva norma internacional ISO 14046:2014 y su implementación. Congreso Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). Montserrat, F. 2014.

Tercera Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático – Año 2015 - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. <http://ambiente.gob.ar/tercera-comunicacion-nacional/>

IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. y Tanabe K. (eds). Publicado por: IGES, Japón. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>

ISCC 205 GHG Emissions Calculation Methodology and GHG Audit <http://www.iscc-system.org/uploads/media/ISCC205GHGEmissionCalculationMethodologyandGHGAudit.pdf>

ISO (1997) - *Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework* - EN ISO 14040.

Jensen, A., Elkington, J., Christiansen, K., Hoffmann, L., Moller, B., Schmidt, A., van Dijk, F. (1997). *Life cycle Assessment (LCA). A guide to approaches, experiences and information sources. Final Report*. Report to the European Environment Agency, Copenhagen. Dk-TEKNIK Energy & Environment.

Jolliet, O., Crettaz, P. (1996). *Critical surface-time 95 (CST 95). A Life cycle impact Assessment methodology including exposure and fate*. Laussane: EPFL Swiss Federal Institute of Technology, AITE-HYDRAM Institute of Soil and water management.

Krewitt, W., Mayerhofer, P., Trukenmüller, A., Friedrich, R. (1998). *Application fo the impact pathway analysis in the context of LCA. The long way from burden to impact*. Int. J. of LCA, Vol, 3, N° 2 (1998). Pp. 86-94. Ecomed publishers, Germany.

Lippiatt B., (1997) *BEES*, in “Environmental and Economic Balance: The 21st Century Outlook” Conference, Miami, Florida, november.

Llorenç Milà i Canals, Roland Clift, Lauren Basson, Yvonne Hansen and Miguel Brandão. Con contribuciones de Alejandro Pablo Arena, Christian Bauer, Christel Cederberg, John Gardner, Wanja Margaret Kinuthia, Jesper Kløverpris, Constantinos Kosmas, Pascal Lesage, Jim Lynch, Ottar Michelsen, Ruedi Müller-Wenk, Joan Romanyà, Alexandre Rosado, Bernt Rydgren, Rita Schenck, James Schepers, Jo Treweek, Sonia Valdivia, Hayo van der Werf, Elena Vanguelova (2006). State-of-the-Art: Land Use in LCA. Expert

Odum, Howard (1980). *Ambiente, energía y sociedad*. Editorial Blume, Barcelona 1980.

Powell, J., Pearce, D., Craighill, A. (1997). *Approaches to valuation in LCA impact assessment*. Int. J. LCA, Vol 2., N. 1 (11-15)

Roveda L. (1997) *Valutazione della qualità ambientale di alcune soluzioni tecnologiche*. Le pareti perimetrali verticali in laterizio, Tesi di Laurea in Architettura, Politecnico di Milano, relatore: S. Piardi, Año académico 96/97

Sistema de Indicadores de Desarrollo Sostenible – Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación – 2010.
http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/Indicadores/file/publicaciones/2010_indicadores.pdf

Weidema B (1999), System expansions to handle co-products of renewable materials. Pp 45-48 in Presentation Summaries of the 7th LCA Case Studies Symposium SETACEurope, 1999

Weidema B (2003), Market information in life cycle assessment. Environmental Project No. 863 2003. Danish Environmental Protection Agency, Copenhagen

Weidema B P, A M Nielsen, K Christiansen, G Norris, P Notten, S Suh and J Madsen (2005a), Prioritisation within the Integrated Product Policy. Environmental Project No. 980 2005, Danish Environmental Protection Agency, Copenhagen

Weidema B, Hauschild M and Jolliet O (2007), Stepwise 2006 – a new environmental impact assessment method. International Journal of Life Cycle Assessment (In prep.).Ecomed Publishers, Landsberg

Weidema B, N Frees, E H Petersen and H Ølgaard (2003), Reducing Uncertainty in LCI Developing a Data Collection Strategy. Environmental Project No. 862 2003. Danish Environmental Protection Agency, Copenhagen

Weidema, B., Mortensen, B., Nielsen, P. (1996). *Characterization of resource depletion*. Section 3 en Elements of an impact assessment of wheat production. Lyngby: Institute for product development.

Wenzel, H., Hauschild, M., Alting, L.(1997). Environmental assessment of products. Vol 1: Methodology, tools, techniques and case studies in product development. Chapman & Hall. London.

Workshop on Land Use Impacts in Life Cycle Assessment (LCA). International Journal of LCA 11 (5) 363 – 368 (2006)