



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 2017-Junio 2018).

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)

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..... 6

Introducción..... 8

Emisiones de gases efecto invernadero 12

Marco internacional, Conferencia de las Partes y Acuerdo de París 15

Huella hídrica ASPECTOS DESCRIPTIVOS Y METODOLÓGICOS 16

Tasa de retorno energético 25

Ubicación de la planta 26

Descripción de los procesos de planta 26

Fundamentos del análisis de ciclo de vida 27

Modelo de estimación de emisiones de gases de efecto invernadero..... 28

Producción Agrícola NUEVO SISTEMA DE RELEVAMIENTO RETAA 29

Fletes de Materias Primas 46

Producción de Bioetanol y Co-productos..... 48

Factores de emisión utilizados..... 52

Datos de Actividad 55

Calculador de Emisiones ACABIO 57

Breve descripción de las principales hojas del calculador..... 59

Emisiones ACABIO 59

Grafico inventario..... 60

análisis de sensibilidad al rinde 60

Análisis de exportación a la Unión Europea UE..... 60

Análisis “apropiación x línea” 60

Balance energético 61

Análisis de la planta de dióxido de carbono: 61

Auxiliar grafico: 61

Diagrama Flujo..... 61

Producción de maíz 62

B Fletes Maiz..... 62

CD Planta fletes pt	62
planta de co2	63
A.A Resumen x Campo	63
Planillas de calculo de emisiones agricolas	64
C.1 Efluentes	64
Cuadros con parámetros de cálculo	64
Resultados Periodo Junio 2017- Julio 2018:	66
Emisiones Producción de Maíz	66
Fletes de Materias Primas	68
Emisiones Industria (Planta Villa María)	68
Resumen Cadena Maíz	69
Reducción de emisiones:	71
Sensibilidad al rinde	73
Análisis de la planta de dióxido de carbono:	76
Modelización en simapro:	78
Balance energético:	83
Biograce:	86
Calculo de huella hidrica	88
Discusión:	100
Consideraciones finales	101
Agradecimientos	102
Bibliografía	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Mercado de fertilizantes Fuente Fertilizar http://www.fertilizar.org.ar/subida/Estadistica	10
Tabla 2 Análisis FODA de la cadena del maíz en la Argentina	11
Tabla 3 Datos referenciales de Estados Unidos	25
Tabla 4 Mejoras en la eficiencia energética de proceso a lo largo del tiempo en Estados Unidos.....	26
Tabla 5 Emisiones incluidas en el estudio	28
Tabla 6 Emisiones del transporte de referencia	48
Tabla 7 Unidades y factores empleados.....	51
Tabla 8 Contenidos energéticos empleados.....	52
Tabla 9 Factores de emisión de la producción primaria	52
Tabla 10 Factores de emisión de los energéticos empleados	53

Tabla 11 Factores de emisión de los principales empleados en la parte industrial	54
Tabla 12 Factores de Emisión para la producción de fertilizante.....	54
Tabla 13 Factores de emisión de agroquímicos y semillas	55
Tabla 14 Consumo de combustibles y lubricantes por laboreo.....	55
Tabla 15 Descripción e índice de las hojas contenidas en el calculador	58
Tabla 16 Apropiación de emisiones por diferentes criterios.....	70
Tabla 17 Cumplimiento de la reducción de emisiones	71
Tabla 18 Calculo de la Energía invertida en la etapa agrícola de producción de maíz	83
Tabla 19 Calculo de la inversión energética en transporte	83
Tabla 20 Analisis de cada una de las etapas de la planta de procesamiento y transformación de maíz.....	84
Tabla 21 integradora de consumos energéticos	84
Tabla 22 Distribución de la Energía entre los diferentes productos generados en la empresa.....	85
Tabla 23 Resultados del balance energético	86
Tabla 24 Valores internacionales de referencia EROI	86
Tabla 25 Planilla de salida de resultados de la última versión del biograce empleado.....	87
Tabla 26 Precipitaciones anuales	88
Tabla 27 Disponibilidad hídrica	89
Tabla 28 Meses críticos siembra tardía	89
Tabla 29 Estimación de la hh verde	92
Tabla 30 ET0 2008-2016	93
Tabla 31. Huella Hídrica gris de los plaguicidas utilizados en el cultivo de maíz.....	94
Tabla 32 Huella Hídrica gris del fertilizante nitrogenado utilizado en el cultivo de maíz.....	95
Tabla 34 Datos de producción de acabio.....	95
Tabla 35 Ingreso de agua por fuente.....	96
Tabla 36 Salidas de agua por fuente	97
Tabla 37 Cálculo de la huella hídrica azul	98
Tabla 38 Asignación de la huella hídrica azul por el criterio de masa	98
Tabla 41 Huella Hídrica azul del bioetanol según tipo de asignación	99
Tabla 42Huella hídrica total	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Evolución del maíz en las últimas campañas.....	9
Figura 2 Regulaciones que afectan a los biocombustibles en Argentina	14
Figura 3 Metodologías de Huella Hídrica.....	16
Figura 4 Diferencias entre las dos vertientes de evaluación de Huella Hídrica.....	17
Figura 5 Fases de la evaluación de la Huella Hídrica según WFN.	18
Figura 6 Fórmula de cálculo de la Huella Hídrica según WFN.	19
Figura 7 Fases de la evaluación de Huella Hídrica según ISO.	20
Figura 8 Alcance del estudio.	20
Figura 9 Obtención de ET verde con Cropwat 8.0	22
Figura 10 Zonas del Sistema ReTAA	34
Figura 11 Correspondencia con la adopción de siembra directa en diferentes cultivos	41
Figura 12 Correspondencia de aplicación de macronutrientes por fertilización	42
Figura 13 Aplicación agregada de diferentes tipos de agroquímicos	42
Figura 14 Componentes del Sistema en la actualidad.....	43
Figura 15 Correspondencia entre areas RETAA y originación de materia prima	43
Figura 16 Esquema del módulo fletes de ACABIO	47
Figura 17 Esquema del módulo industrial	49
Figura 18 Modo de presentación del calculador	57
Figura 19 Distribución de las emisiones	68
Figura 20 Distribución de las emisiones en la industria	69
Figura 21 Emisiones por proceso productivo	70
Figura 22 Reducción de emisiones respecto a la normativa Europea	72
Figura 23 Alocación de las emisiones por diferentes criterios y porcentaje de reducción con respecto a la nafta en Argentina III comunicación.	73
Figura 24 Procedencia del maíz procesado en la planta graduado por volumen.....	74
Figura 25 Ambientes con potencialidad de rindes y riesgo diferencial para la producción de maíz	75
Figura 26 Análisis de emisiones y porcentajes de reducción en función de los valores de referencia de la Unión Europea Anexo V.....	77
Figura 27 Análisis de emisiones y porcentajes de reducción en función de los valores de referencia argentinos de referencia de naftas	78

Figura 28 Modelo desarrollado para su ingreso en el SIMAPRO adaptado de Boone et al. 80

Figura 29 Modelo industrial desarrollado para su ingreso en el SIMAPRO adaptado de Boone et al 81

Figura 30 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 81

Figura 31 Representación gráfica de la contribución de cada factor por indicador de impacto. 82

Figura 32 estimación de la evapotranspiración verde (en mm) 91

Figura 33 Estimación de la huella hídrica verde 93

Figura 34 Ingreso de agua ACABIO Fuente: ACABIO 96

Figura 35 Salida de agua ACABIO 97

INTRODUCCIÓN

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.

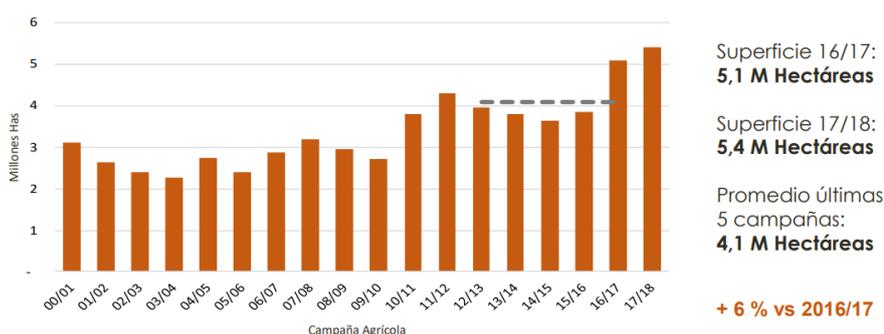
A nivel nacional, a partir del 2010 se acentuó un déficit crónico de energía provocado por el creciente agotamiento de las fuentes fósiles en explotación unido a un crecimiento sostenido de los consumos. Esto provocó una creciente dependencia de importaciones de combustibles líquidos y gaseosos con la 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.

EVOLUCIÓN DE LA SUPERFICIE SEMBRADA EN LA ARGENTINA



Depto. Estimaciones Agrícolas, Bolsa de Cereales

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.

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.

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 Fuente Fertilizar <http://www.fertilizar.org.ar/subida/Estadistica>

Consumo de Fertilizantes - Campaña 2016/2017 Total País

Tabla. Composición del Consumo de Fertilizantes 2016

Grupos Químicos	Trigo	Cebada	Maíz	Sorgo	Soja	Girasol	Pasururas	Otros	Total
Mercado Nitrogenados	586.240	118.013	702.160	30.778	-	52.410	146.016	207.385	1.843.001
Mercado Fosfatados	345.529	60.271	349.669	32.655	476.042	40.724	105.399	83.083	1.493.372
Mercado Azufrado	44.103	3.400	47.481	1.621	24.663	1.388	2.702	7.573	132.932
Mercado Potasicos	-	-	-	-	-	-	-	61.000	61.000
Otros ¹	1.490	-	1.664	-	2.715	766	-	72.144	78.779
Total x Cultivo	977.363	181.683	1.100.974	65.055	503.420	95.288	254.117	431.185	3.609.084
Participacion Cultivo	27%	5%	31%	2%	14%	3%	7%	12%	

Apertura del Grupo Otros Cultivos

Grupos Químicos	Frutales	Citricos	Vid + Uba	Papa	Caña	Tabaco	Arroz	Otros ²
Mercado Nitrogenados	9.464	18.466	21.823	19.311	62.705	16.679	22.516	36.422
Mercado Fosforados	2.460	1.992	8.819	22.701	4.293	10.227	19.261	13.331
Mercado Potasicos	-	21	3.198	1.269	227	259	203	2.397
Mercado Azufrado	3.718	3.349	3.406	2.230	-	21.849	10.869	15.581
Otros	7.223	10.863	9.449	6.437	9.336	7.199	9.123	12.513
Total x Cultivo	22.864	34.690	46.693	51.948	76.561	56.213	61.972	80.243
Participacion Cultivo	1%	1%	1%	1%	2%	2%	2%	2%

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 2 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.

El Acuerdo de París y el texto de decisión que lo acompaña invitan a los países a comunicar estrategias de desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero a largo plazo para 2020. Estas estrategias tienen un gran potencial para guiar a los países en el camino para limitar el calentamiento a 1,5 °C a 2 °C para fines de siglo y asegurar que los planes climáticos se alineen con los esfuerzos para lograr un crecimiento fuerte, sostenible, equilibrado y equitativo. Las estrategias también comienzan a revelar la escala de cambio necesaria para alinear la acción climática nacional con la ambición global del Acuerdo de París. Las promesas actuales a través de las contribuciones determinadas a nivel nacional (NDCs) no son lo suficientemente ambiciosas como para limitar el calentamiento por debajo de 1,5 °C a 2 °C. Se necesitarán inversiones significativas y sostenidas y nuevos mecanismos de política en las principales áreas de oportunidad.

Hasta junio de 2018, ocho países (Benín, Canadá, República Checa, Francia, Alemania, México, el Reino Unido y Estados Unidos) han comunicado oficialmente sus estrategias a largo plazo a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).² Las estrategias a largo plazo ofrecen a los países una oportunidad única para desarrollar un enfoque de visión a futuro para el desarrollo y el clima, que se base en los logros desarrollados de las décadas anteriores y las aspiraciones para las próximas. Estas estrategias pueden respaldar una gama de objetivos y beneficios para los miembros del G20, incluidos los siguientes:

- Proporcionar una señal clara al mundo de que se puede lograr un camino hacia los objetivos de temperatura establecidos en el Acuerdo de París y que las principales economías se comprometen a alcanzarlos.
- Demostrar que los países pueden perseguir objetivos ambiciosos de desarrollo y acción climática simultáneamente.
- Establecer un programa de más largo plazo para orientar la acción y la planificación de corto y mediano plazo, evitar el bloqueo y desuso de activos y contribuir a orientar la implementación y formulación de contribuciones determinadas a nivel nacional (NDCs)

al proporcionar una vía para el país, que incluya la identificación de sectores prioritarios que requieren atención o podrían ofrecer reducciones de emisiones "sin arrepentimiento", así como áreas donde puede ser necesaria

- Involucrar y catalizar a las partes interesadas, mediante el apoyo al progreso de la política en una serie de cuestiones más allá de los aspectos climáticos.
- Fomentar la coherencia y la coordinación, mediante la búsqueda de oportunidades de mitigación en toda la economía.
- Ayudar a los países a planificar tendencias de tecnología e innovación, y diseñar políticas económicas de una manera que les permita aprovechar al máximo las oportunidades.
- Revelar los beneficios económicos y otros impactos al invertir en acciones climáticas a largo plazo.
- Arrojar luz sobre las elecciones y compensaciones que un país puede encontrar en la transición hacia una trayectoria de desarrollo "compatible con París".

Los países tienen la flexibilidad para desarrollar sus estrategias a largo plazo como mejor les parezca. Las estrategias se pueden adaptar a los contextos nacionales. Estas estrategias no son un objetivo final, sino un proceso que debe actualizarse y mejorarse a medida que cambian las circunstancias nacionales, la tecnología evoluciona y se produce un nuevo aprendizaje. Las estrategias a largo plazo son fundamentalmente diferentes de las NDCs porque no se centran en medir el progreso en la mitigación, sino que permiten a los países entablar un debate abierto sobre trayectorias para el

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.

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 al 12%.

Un conjunto de reglamentaciones se ha 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 2 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 les ha dado prioridad a las plantas regionales y de menor tamaño con la idea de

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 sector energético desempeña una función única y central en el éxito de las estrategias a largo plazo. La producción y el uso de energía representan la mayor parte de las emisiones actuales de gases de efecto invernadero y posibles reducciones. El sector también es la fuente potencial de reducciones profundas de gases de efecto invernadero para otros usos de energía a través de estrategias de electrificación des carbonizada. La planificación de la energía que da cuenta de la durabilidad de los activos energéticos aumenta la probabilidad de evitar el "bloqueo" de la tecnología y el desuso de activos.

Las promesas actuales de las NDCs para energía y otros sectores no son lo suficientemente ambiciosas como para alcanzar los objetivos de 1,5 °C a 2 °C establecidos en el Acuerdo de Paris. El logro de estos objetivos requerirá importantes inversiones y nuevos mecanismos de políticas en materia de eficiencia energética y conservación; descarbonización de la energía eléctrica combinada con electrificación; uso optimizado de combustibles fósiles; y captura y almacenamiento de carbono (CCS por sus siglas en ingles). La producción y el uso de energía representan aproximadamente dos tercios de las emisiones globales de gases de efecto invernadero. Los países del G20 representan más del 80 % de las emisiones de

CO2 relacionadas con la energía (IEA e IRENA 2017). Por lo tanto, el sector desempeña una función importante en los esfuerzos de los países del G20 y la comunidad internacional en general para desarrollar e implementar estrategias a largo plazo. Debido a que los ciclos de inversión para la infraestructura energética son largos, las decisiones que se toman hoy tienen implicancias a largo plazo tanto para el clima como para los objetivos de desarrollo.

La planificación energética que da cuenta de la vida útil prolongada de los activos energéticos aumenta la probabilidad de cumplir con los objetivos climáticos y evitar el "bloqueo" tecnológico, lo que puede resultar en activos sustanciales en desuso y actuar como un freno para el crecimiento económico.

La estimación de ONU Medio Ambiente de trayectorias energéticas viables para limitar el calentamiento 2 °C implicaría varar alrededor de 1.500 GW de centrales eléctricas de carbón y gas natural en todo el mundo después de 2030 (ONU Medio Ambiente 2017). Si no se reducen significativamente las emisiones derivadas de la producción y el uso de la energía, se incrementaría la necesidad de inversiones futuras, lo cual, según algunas estimaciones, podría duplicar la cantidad de activos en desuso (DDPP 2015).

HUELLA HÍDRICA ASPECTOS DESCRIPTIVOS Y METODOLÓGICOS

Nicole Michard

METODOLOGÍA Y FUENTES DE DATOS

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 3 Metodologías de Huella Hídrica

Fuente: Proyecto EUROCLIMA – IICA

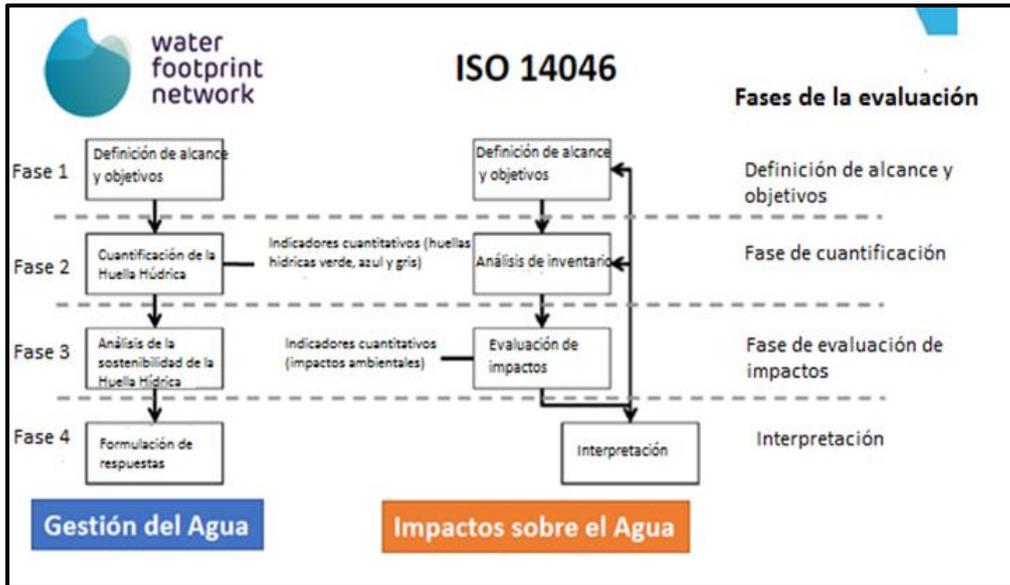


Figura 4 Diferencias entre las dos vertientes de evaluación de Huella Hídrica.

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 5 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 (Mojonen & 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 6 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.

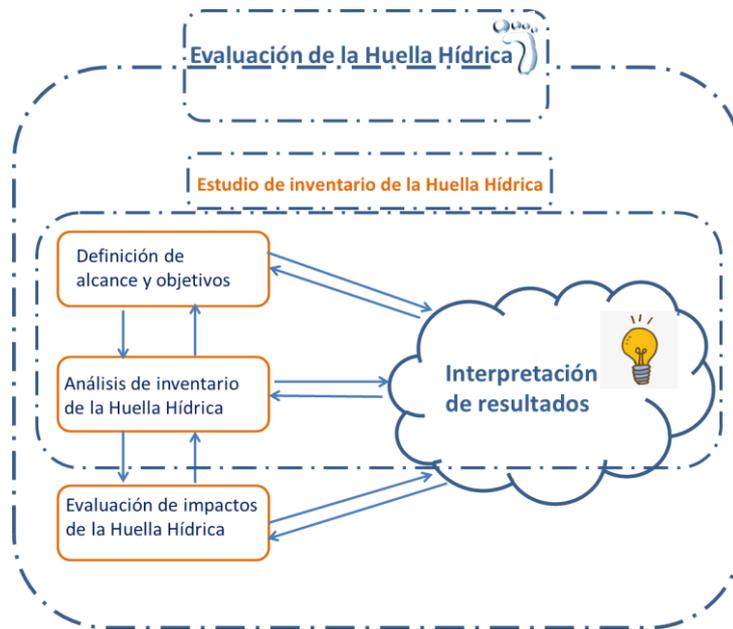
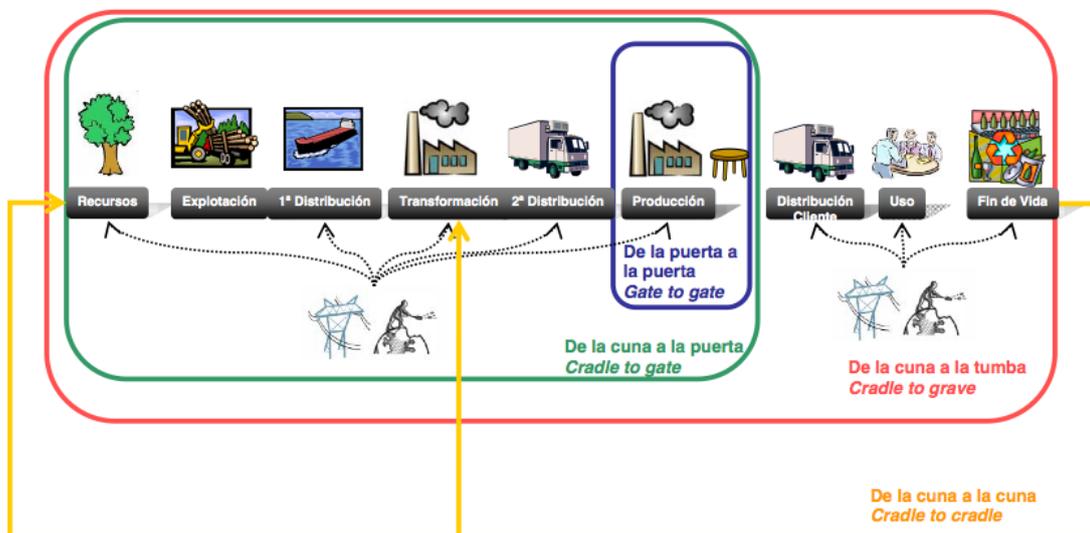


Figura 7 Fases de la evaluación de Huella Hídrica según ISO.

Fuente: Elaboración propia.



Terminología relacionada con el alcance de un ACV

Figura 8 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).

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).

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:

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

ET_o: 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 9 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 relevados 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).

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 :

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

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.

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

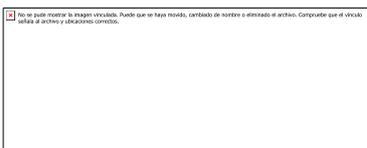
Como última instancia de esta investigación se efectuó el cálculo de la huella hídrica total del bioetanol, abarcando las dos etapas primordiales implicadas en el proceso de producción.

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).

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:



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.

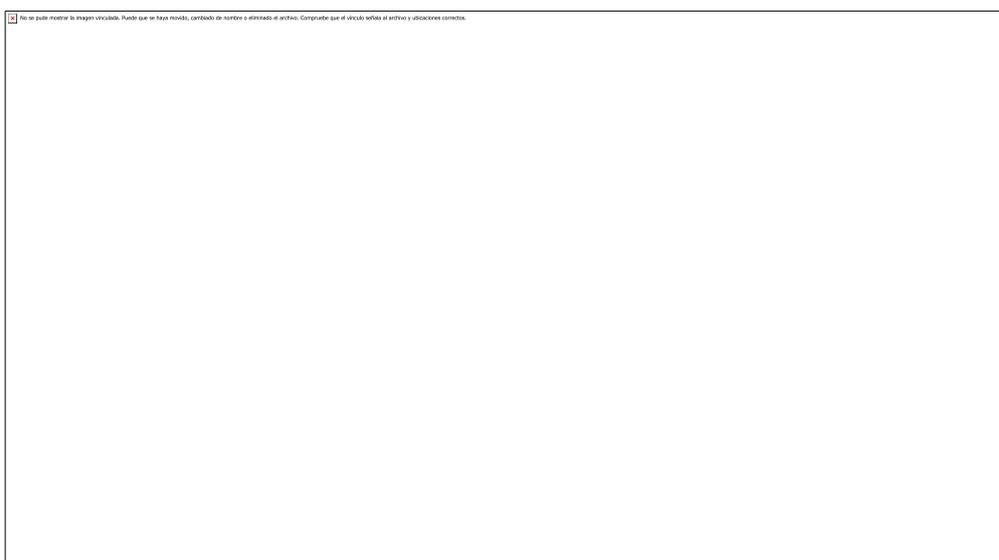
Tabla 3 Datos referenciales de Estados Unidos

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



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 han descrito detalladamente en los anteriores informes

FUNDAMENTOS DEL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

Un **análisis de ciclo de vida (ACV)** (*Life Cycle Assessment* (LCA) en [inglés](#)), también conocido como *análisis de la cuna a la tumba*, balance ambiental o evaluación del ciclo de vida (ECV), es una herramienta de diseño que investiga y evalúa los impactos ambientales de un producto o servicio durante todas las etapas de su existencia: [extracción](#), [producción](#), [distribución](#), uso y fin de vida ([reutilización](#), [reciclaje](#), valorización y eliminación/disposición de los [residuos/desecho](#)).

El ACV es por tanto una metodología empleada en el estudio del [ciclo de vida de un producto](#) y de su proceso de producción, con el fin de evaluar el [impacto potencial sobre el ambiente](#) de un producto, proceso o actividad a lo largo de todo su ciclo de vida mediante la **cuantificación** del uso de recursos ("entradas" como [energía](#), [materias primas](#), [agua](#)) y emisiones ambientales ("salidas" al [aire](#), [agua](#) y [suelo](#)) asociados con el sistema que se está evaluando. Con el auge del [ecodiseño](#), este enfoque ha ido integrando con más frecuencia diferentes criterios y parámetros de evaluación del [impacto ambiental](#).

Los documentos marco para la realización de un análisis de ciclo de vida son las normas internacionales ISO 14040 (principios y marco de referencia para el ACV) e ISO 14044 (requisitos y directrices para el ACV), adoptadas en español por [AENOR](#) como UNE-EN ISO 14040 y UNE-EN ISO 14040.

El ACV de un producto típico tiene en cuenta el suministro de las materias primas necesarias para fabricarlo, transporte de materias primas hasta el centro de producción, la fabricación de intermedios y, por último, el propio producto, incluyendo [envase](#), la utilización del producto y los residuos generados por su uso, y su fin de vida (posibilidad de reutilización o reciclaje, etc.). El ciclo de vida de un producto (como un [ladrillo](#)) o una actividad (hormigonar una estructura) está formado por dos tipos de sistemas, que revisten un interés especial para los evaluadores ambientales.

Dado que un producto no puede ser diseñado, manufacturado, promocionado y utilizado sin involucrar el uso de múltiples materias primas, energía, transportación y disposición, la identificación de los aspectos ambientales clave a lo largo de su ciclo de vida se vuelve un proceso complicado y complejo¹. Es por ello, que nace la necesidad de contar con una herramienta sistemática que permita realizar una evaluación integral de los aspectos ambientales clave de un [producto](#) a lo largo de su ciclo de vida; una de esas herramientas es el Análisis de ciclo de vida (ACV).

El ACV es una metodología que se diferencia por el uso de métodos cuantitativos y por su particularidad de identificar los aspectos ambientales clave de un producto, proceso o servicio y cuantificar sus [impactos ambientales](#) potenciales a lo largo de su ciclo de vida, comenzando por la extracción de materias primas y la producción de energía utilizada para fabricar el producto, uso del mismo y disposición final.

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

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 Anexos¹, 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 5 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

¹ 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

	No se utiliza biomasa del proceso para sustitución de combustibles fósiles.
$e_{ee} =$	Reducción de emisiones procedente de la electricidad excedentaria de la cogeneración.
	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 biocarburante 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 Primas²: 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 NUEVO SISTEMA DE RELEVAMIENTO RETAA

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.”

² 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.

Paquetes tecnológicos:

Uno de los insumos principales del cálculo de emisiones a nivel de producción primaria está constituida por la definición de los paquetes tecnológicos empleados en las diferentes agro eco regiones del país. Esta información debe tener una amplia representatividad del universo de productores y regiones al mismo que estar disponible en forma pública.

Se realizó a nivel nacional una revisión de diferentes sistemas de relevamiento y estudio de paquetes tecnológicos que respondieran a las premisas descriptas. Se trabajó con modelos INTA y CREA en una primera fase optando finalmente por el sistema implementado por la Bolsa de cereales de Buenos Aires.

La Bolsa de Cereales para la campaña agrícola 2010/11 elaboró un trabajo de investigación denominado “Relevamiento de Tecnología Agrícola Aplicada”, cuyo principal objetivo fue caracterizar la situación tecnológica-productiva de los cultivos extensivos de grano más relevantes en la Argentina. Con el tiempo, se constituyó en un sistema nacional de relevamiento con actualizaciones permanentes. A la fecha el ReTAA cuenta con cinco campañas no consecutivas relevadas: 2010/11, 2012/13, 2014/15, 2016/17 y 2017/2018

Considerando que la producción de cultivos extensivos varía principalmente en función de las condiciones climáticas de cada año y que además fluctúa ante innovaciones tecnológicas, se torna evidente la necesidad de realizar este tipo de trabajo de manera periódica. De esta forma, se pueden identificar no sólo los planteos productivos por cultivo y por región, sino también los cambios que surgen con el transcurso del tiempo. Al tratarse de un estudio íntimamente relacionado a las tecnologías aplicadas en la producción agrícola, y teniendo en cuenta la dinámica de las mejoras e innovaciones en este sector y su rápida adopción, el trabajo debe mantenerse actualizado para captar toda la información relevante del ciclo bajo estudio. Es así como desde el primer relevamiento de la campaña 2010/11 hasta la fecha la metodología ReTAA ha incorporado numerosas mejoras.

Este objetivo parte de la base de realizar una estimación de las cantidades de insumos utilizados durante esa campaña, tanto a nivel zonal como a escala nacional, y a su vez obtener esta información desagregada por cultivo. Todo esto luego fue utilizado en líneas de investigación posteriores que desarrolla la Bolsa de Cereales, como por ejemplo el cálculo del Valor Agregado de las distintas cadenas. Diversas publicaciones se han realizado referidas al cálculo del Valor Agregado (Costa Et Al 2010, entre otras publicaciones).

La metodología original del ReTAA³ ha sido desarrollada en el año 2011 en virtud de cubrir las necesidades de información imperantes de aquel entonces. Al tratarse de un estudio íntimamente relacionado a las tecnologías aplicadas en la producción agrícola, y teniendo en cuenta la dinámica de las mejoras e innovaciones en este campo y su rápida adopción, el trabajo debe mantenerse actualizado para lograr captar toda la información relevante del ciclo bajo estudio. Es así como desde el primer relevamiento de la campaña 2010/11 hasta la fecha campaña fina 2016/17 - la metodología ReTAA ha incorporado numerosas mejoras.

Se identificaron los perfiles tecnológicos, para cada región productiva del país y para los siguientes cultivos extensivos: soja, trigo, maíz, girasol, sorgo y cebada. El estudio de la campaña 2010/11 contempló las

³ Ver la metodología original en el trabajo publicado (Bolsa de Cereales, 2013)

cantidades de insumos utilizados en cada cultivo como así también las prácticas de manejo en cada situación. Se realizó un análisis cualitativo y cuantitativo del perfil productivo, para poder así extrapolar a nivel regional y nacional los resultados obtenidos. Se procesó la información y se obtuvo un producto y a su vez un insumo, el cual es de utilidad para otras áreas de investigación de la Bolsa de Cereales e inclusive para otras entidades del sector y centros de investigación con eje en la cuestión agraria.

La información original se obtuvo a partir de encuestas realizadas según la zonificación del Departamento de Estimaciones Agrícolas de la Bolsa de Cereales. De esta manera se generó una caracterización completa de la forma en la cual se producen en cada zona los seis cultivos relevados. Además, esto inicia una línea de investigación que la Bolsa de Cereales desarrolla periódicamente de forma anual.

Considerando que la producción de cultivos extensivos varía principalmente en función de las condiciones climáticas de cada año y que además fluctúa ante innovaciones tecnológicas, surge la necesidad de realizar este tipo de trabajo de manera periódica. De esta forma, se pueden identificar no sólo los planteos productivos por cultivo y por región, sino también los cambios que surjan en el futuro.

En el caso de los datos agregados de utilización de insumos, ya sea a nivel país o a nivel regional, la información se puede obtener por medio de distintas fuentes públicas o privadas, pero no siempre con periodicidad homogénea ni con uniformidad de criterios expositivos. Diversas cámaras de insumos poseen datos sobre los mismos, al igual que fuentes oficiales.

En Argentina las fuentes de información son variadas y heterogéneas, siendo así también su disponibilidad. Es por ello que en la metodología implementada se recaban datos micro y macro de la producción de los principales cultivos extensivos de grano. Estos datos a nivel país se diferencian por zonas agroecológicamente homogéneas, utilizando la zonificación realizada por el Departamento de Estimaciones Agrícolas de la Bolsa de Cereales.

Los datos agregados a nivel país son utilizados para cálculos de Valor Agregado que realiza la Bolsa de Cereales; por esta razón, la periodicidad de la disponibilidad de esta información es de suma relevancia.

El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) ha sido pionero en el relevamiento de la utilización de insumos y caracterización tecnológica a nivel región y país en la Argentina. En el año 1992 comenzó una serie de estudios sobre el estado de la tecnología agropecuario⁴ de los principales rubros productivos del país (Cap, E. et. Al. 1993) en el marco de un Proyecto INTA denominado Perfil Tecnológico de la producción primaria. El objetivo de estos trabajos era conocer el nivel de adopción y analizar la posibilidad de aumentar la productividad física en los establecimientos agropecuarios mediante la identificación de las principales restricciones a la incorporación de tecnología disponible. El estudio publicado en el año 1993 incluyó el desarrollo de un modelo de simulación que permitía estimar el

⁴ Este relevamiento se realizó mediante entrevistas a informantes del INTA, relevando diferentes producciones. La terminología tal como perfil tecnológico o nivel tecnológico (NT) fue inicialmente introducida en este relevamiento realizado por el INTA y luego utilizado por distintas investigaciones, como la seguidaLa introducción de la cuasi-función de producción tipo Leontieff (listado de insumos y prácticas asociado con cada uno de los tres (NT) fue inicialmente utilizada por el relevamiento realizado por el INTA. <http://anterior.inta.gov.ar/ies/info/cuales.htm>

resultado económico de acciones tendientes a disminuir o eliminar el efecto negativo de las restricciones a la adopción⁵

A la fecha el sistema ReTAA cuenta con cuatro campañas no consecutivas relevadas: 2010/11, 2012/13, 2014/15 y 2016/17. Se trabajó inicialmente en forma bianual dado el gran volumen de información obtenido y el tiempo y recursos que implica el análisis y la obtención de resultados. A partir de una serie de mejoras incorporadas en la edición 2016/17 la Bolsa de Cereales se elaborarán y presentarán resultados al cierre de cada campaña agrícola en forma anual.

Como base, la metodología plantea que los datos son relevados una vez terminada la cosecha de los cultivos, con el fin de trabajar con datos reales de uso de insumos y manejo técnico una vez cerrada la campaña. El relevamiento de datos se realizaba a fin de cosecha de los ocho cultivos bajo estudio de la campaña agrícola en cuestión. Con el objetivo de reducir el tiempo de relevamiento y obtener los resultados de forma anticipada, para el ReTAA 2016/17 se ha desdoblado el relevamiento en dos etapas: cosecha de granos finos (trigo y cebada) y cosecha de granos gruesos (soja de primera y de segunda, maíz temprano y maíz tardío o de segunda, girasol y sorgo).

El beneficio obtenido de esta mejora radica en que la publicación de datos que se hacía cada dos años, actualmente se realice de forma anual, e inclusive implica la liberación pública de información cada seis meses luego del cierre de campaña fina y luego del cierre de campaña gruesa. De este modo, aumenta la periodicidad de la información y el valor agregado de los análisis en cada caso, con mayores recursos asignados al relevamiento y estudio de todas las variables bajo estudio.

Marco metodológico del estudio agrícola basado en el sistema ReTAA desarrollado por la Bolsa de cereales de Buenos Aires:

El ReTAA emplea una zonificación basada en la utilizada por Panorama Agrícola Semanal (PAS) del Departamento de Estimaciones Agrícolas de la Bolsa de Cereales. La misma tiene como base criterios agroecológicos homogéneos como son el tipo de suelo y el régimen de precipitaciones, entre otros. El ReTAA introdujo a esta zonificación original la subdivisión de dos sub-regiones adicionales. De esta forma, se obtiene un total de 17 zonas relevadas sobre el área agrícola nacional.

Se consideran los límites geográficos del área que forma el conjunto de departamentos o partidos que corresponde a cada zona PAS4. La zonificación utilizada constaba de 15 regiones productivas; decidiendo

⁵ El trabajo del INTA antes mencionado, se realizó en el marco del Estudio de Competitividad Agropecuaria y Agroindustrial, en el cual participaron en forma conjunta el INTA, la Secretaría de Programación Económica (SPE), la SAGyP y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). En el año 1996 se realizó una actualización del estudio en los rubros agrícolas pampeanos más importantes: trigo, maíz, soja y girasol, y en bovinos para leche. Se encontraron cambios importantes con respecto a las funciones de producción descriptas en el año 1992, particularmente en bovinos para leche (Cap & Gonzalez, 2004). En 2001 y 2008 (Proyecto INTA AEES 2741 Perfil Tecnológico de la Producción Primaria) se realizaron dos nuevas versiones del Perfil Tecnológico, lo que permitió analizar dinámica productiva entre ambos relevamientos, aportando valiosa información en sectores donde no la hay, como el ganadero bovino para carne, (Cap et al., 2010), y a partir de 2010 se realizaron perfiles tecnológicos para detectar heterogeneidades productivas e identificar tecnologías críticas (definidas así por su impacto significativo sobre la productividad, calidad, aspectos sociales y ambientales) en las regiones y actividades productivas estudiadas por el Proyecto INTA Estrategias de intervención para mejorar el acceso a la tecnología en el sector productor.

incorporar un nivel mayor de detalle, dividiendo dos zonas en dos sub-regiones adicionales. De esta forma, se obtiene un total de **17 zonas** relevadas sobre el área agrícola nacional.

Para establecer la base estructural se relevan diferentes variables relacionadas a la función de producción de los principales cultivos de grano. La información se recaba mediante encuestas telefónicas a Informantes Calificados para cada una de las zonas relevadas, realizadas por personal idóneo y capacitado en cuanto a los criterios y consideraciones generales del sistema de relevamiento. Las encuestas se realizan de forma telefónica, estructuradas en base a una muestra no probabilística, mediante un muestreo deliberado y estratégico de cada zona para lograr cubrir de forma eficiente el área agrícola que se considera en el análisis.

Los Informantes Calificados surgen de la red de colaboradores con la cual cuenta la Bolsa de Cereales para sus distintos estudios. La mayoría de los IC del Relevamiento de Tecnología Agrícola Aplicada son asesores técnicos cuya selección está basada en el amplio conocimiento y experiencia que éstos poseen sobre el manejo técnico de los cultivos en su área de influencia. De este modo, el asesor puede aportar datos sobre la aplicación de insumos y las prácticas de manejo en la producción de granos de la zona en la que se desarrolla.

Basándose en estadística de tipo descriptiva, según la zona relevada se identifica a aquellos Informantes Calificados que fueran referentes regionales respecto de la producción de uno o varios de los cultivos bajo estudio. Gracias a lo anterior, todo esto se puede hacer extensivo al universo de productores de esa región, categorizando el total de los mismos en diferentes proporciones según correspondiera a cada nivel tecnológico.

Inicialmente el relevamiento de datos se realizaba a fin de cosecha de los ocho cultivos bajo estudio de la campaña agrícola en cuestión. Con el objetivo de reducir el tiempo de relevamiento y obtener los resultados de forma anticipada, para la edición ReTAA 2016/17 el relevamiento se abrió en dos etapas: cosecha de granos finos (trigo y cebada) y cosecha de granos gruesos (soja de primera y de segunda, maíz temprano y maíz tardío o de segunda, girasol y sorgo). El beneficio obtenido de esta mejora radica en que la publicación de datos que se hacía cada dos años, actualmente se realice de forma anual, e inclusive implica la liberación pública de información cada seis meses luego del cierre de la campaña fina y luego del cierre de la campaña gruesa. De este modo, aumentó la periodicidad de la información y el valor agregado de los análisis en cada caso, con mayores recursos asignados al relevamiento y estudio de todas las variables estudiadas. Esta nueva dinámica permitió que, desde el año 2017, el Departamento de Investigación y Prospectiva emita informes mensuales específicos agregando valor y análisis a los datos generados en los relevamientos. Estos informes, al igual que el resto de la información, son públicos y están disponibles para ser consultados gratuitamente en el sitio web de la Institución.

El relevamiento se actualizaba cada dos años proponiéndose una actualización anual a partir del 2017. El Departamento de Estimaciones Agrícolas cuenta con una amplia red de colaboradores, todos ellos considerados Informantes Calificados (IC) y con una asignación regional según la zona de influencia a la cual pertenecen. Esta red abarca a una amplia gama de actores de la cadena agroindustrial, incluyendo a grandes productores, agronomías y comercios distribuidores de insumos, cooperativas, empresas de distinta escala, acopios, exportadoras, instituciones privadas y del Estado, técnicos y asesores entre otros.

Al trabajar con una única base de colaboradores y recurrir sistemáticamente a las mismas personas se favorece la comparación de los datos a través del tiempo y permite generar series dinámicas y confiables.

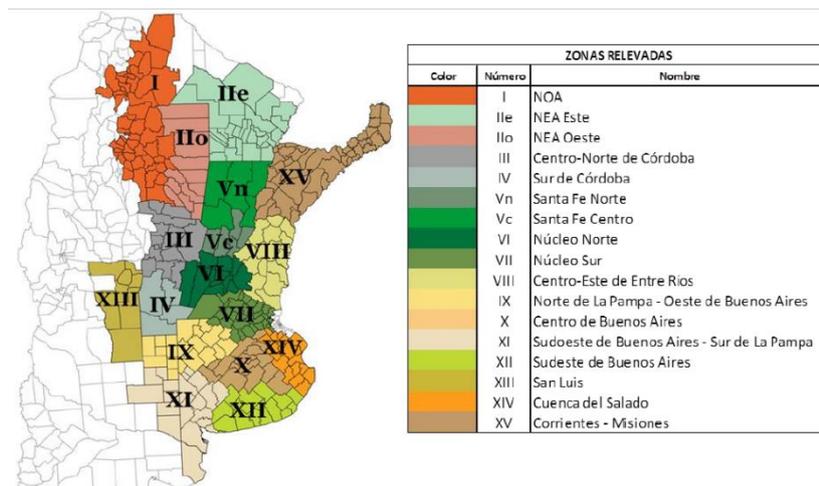


Figura 10 Zonas del Sistema ReTAA

Respecto del Informante Calificado se destaca que maneja los conocimientos técnicos adecuados que refieren a la producción integral de los principales cultivos de grano de las zonas de las cuales son referentes, a la vez que cuenta con experiencia en el tema. Muchos de ellos se dedican a asesorar productores o grupos de productores a nivel regional, aspecto que valida la información que brinda dado que puede extrapolarse a una determinada zona. Los Informantes Calificados del Relevamiento de Tecnología Agrícola Aplicada son en su mayoría asesores agropecuarios, con una dimensión regional de la producción de cada cultivo y del respectivo manejo bajo el cual se desarrollan los mismos. Al estar informado respecto de lo que sucede en una superficie agrícola amplia, manejan datos de aplicación de insumos y manejo agronómico, que luego son validados desde distintos enfoques-

Asimismo, los IC poseen conocimientos del área a informar, ya sea la extensión de tierra, los cultivos que realizan, el nivel tecnológico empleado y los insumos que utilizan a la hora de producir. Manejan el lenguaje y la información que permiten estar en pleno conocimiento a la hora de explicar el paquete tecnológico con el cual se desarrolla la producción zonal extensiva.

El proceso de selección de los informantes calificados es una tarea importante para asegurar el éxito y representatividad de la encuesta. Se considera para esto tanto la calidad e idoneidad del Informante como el tipo de zona y la heterogeneidad que presenta la misma respecto de cada cultivo. Esto también determina el número de IC necesarios en cada región para capturar de forma eficiente la realidad respecto de la distribución de Niveles Tecnológicos y poder así caracterizar cada uno de ellos en base a la utilización de insumos y procesos.

Se tomó como base original la red de más de 1200 colaboradores del Dpto. de Estimaciones Agrícolas de la Bolsa de Cereales. De esta amplia y diversa base de recursos humanos se realizó una minuciosa selección de aquellos referentes en el área productiva que cumplían los requisitos ideales para responder a los objetivos de información.

La información se complementa mediante encuestas que son realizadas por personal capacitado en la materia, perteneciente al Departamento de Estimaciones Agrícolas de la Bolsa de Cereales. Los Encuestadores poseen una relación previa con los Informantes Calificados, debido a que estos últimos forman parte del plantel que constituye la base de colaboradores del Departamento de Estimaciones Agrícolas de la Bolsa de Cereales. Esto significa que periódicamente se realizan encuestas telefónicas y se los visita en las giras agrícolas que se realizan en el marco del Panorama Agrícola Semanal.

Para identificar el concepto de Nivel Tecnológico se utiliza la denominación introducida originalmente por el INTA en el año 1992. Es decir que cada nivel es caracterizado a partir de la identificación y agrupación de las distintas variables utilizadas en cada caso. Se considera que el Nivel Tecnológico⁶ (NT) refiere a un concepto amplio que incluye tanto el nivel de utilización de insumos como a las prácticas de manejo empleadas en cada cultivo para cada zona del país. De la conjunción de estos aspectos surgen distintos paquetes tecnológicos que son los que determinan tres niveles tecnológicos diferenciados. Cada uno de estos siempre es referido al universo que conforman el total de productores de cada zona, distinguido para cada cultivo en particular.

La diferenciación de tecnologías empleadas se realiza en base a la definición de los técnicos encuestados, y es entre un nivel Alto, uno Medio o uno Bajo, siendo estos tres referidos en el texto como NTA, NTM y NTB, respectivamente. Debe entenderse que siempre esta clasificación tecnológica varía por cultivo y es relativo a cada zona, siempre asociando los criterios que se tomaron en cada región analizada.

Al considerar la clasificación en cada zona bajo niveles tecnológicos – Alto, Medio y Bajo – en ocasiones se presentan resultados que coinciden en su totalidad con alguno de los tres niveles (i.e. 100%), entendiendo en esos casos que, si bien existe una diversidad de situaciones, prácticamente la gran mayoría se enmarca dentro de un nivel puntual de tecnología que sería el mayormente representativo de la realidad. Además, una vez concluido el relevamiento regional se realiza un análisis puntual por parte de los Encuestadores de aquellos datos obtenidos, evaluando la consistencia en la identificación de cada planteo, adecuadamente identificado en un determinado nivel de tecnología según los criterios comunes a nivel regional.

Esta estratificación del nivel tecnológico en términos relativos a cada zona agroecológica se debe principalmente a las diferencias productivas y económicas que posee cada región en cuestión. De esta manera, lo que puede llegar a ser un nivel tecnológico bajo para una zona típicamente de alto potencial productivo (e.g. zona Núcleo), puede llegar a ser un planteo tecnológico alto para una zona de menor capacidad agrícola (e.g. San Luis). Cabe destacar que, durante el desarrollo los relevamientos, fue notable la consistencia que existe entre profesionales de una misma zona agroecológica al relevarse variables y demás cuestiones relacionadas al manejo de un determinado cultivo. Esta coincidencia de criterio permitió que la categorización final de cada planteo dentro de un NT determinado (i.e. NTA, NTM o NTB) se diera tanto por el concepto objetivo respecto del uso de insumos como por el criterio subjetivo respecto de los procesos y del contexto en el cual el mismo se desarrolla.

En ciertas ocasiones, el nivel tecnológico puede no coincidir con un determinado parámetro, pero sí puede estar asociado al conjunto que conforman la utilización de insumos y el manejo de cada cultivo en una determinada zona relevada. En el caso hipotético que un planteo productivo no ReTAA 2010/11 – Bolsa de Cereales Introducción y Metodología presente datos relevados para el uso de algún fertilizante o lo haga en baja cantidad, no necesariamente se asocia a un Nivel Bajo de tecnología. Como ejemplo puede citarse el caso del NOA (zona I), en donde la fertilización con fósforo prácticamente no se realiza, aún en los niveles que tienen una producción con tecnologías de punta; esto se debe a la elevada disponibilidad del nutriente que existe en los suelos de la región en la actualidad.

⁶ En el relevamiento llevado a cabo por el INTA (inicialmente realizado en 1992 y posteriormente actualizado) se caracteriza la situación tecnológica-productiva y organizacional de los productores clasificados en tres niveles tecnológicos: Bajo (NTB); Medio (NTM) y Alto (NTA), en base a valores de rendimientos, asociados con sus respectivos paquetes tecnológicos (insumos y procesos), por Zona Agroecológica Homogénea.

Cada uno de los cultivos tiene una encuesta propia que considera variables de medición que se enmarcan dentro de grandes rubros referidos a nivel tecnológico, siembra, materiales de siembra, fertilización, herbicidas, insecticidas, fungicidas y tratamientos de semilla.

Referido a la siembra, se establecen variables para determinar el porcentaje de adopción de siembra directa o labranza convencional, como así también la cantidad utilizada de semillas de soja, y también el tipo de material sembrado (i.e. híbridos) en determinados casos. En el caso del tipo de labranza, se releva como variable el porcentaje de adopción de siembra directa en cada zona sobre el total de área en producción para cada cultivo, y el porcentaje restante se adjudica a labranza de tipo convencional.

El rubro material de siembra, en soja, considera que esta es de tipo RR (transgénico con resistencia a glifosato) y, además, mide la utilización de materiales tolerantes a sulfonilureas (a partir del ReTAA 2012/13) y resistentes a insectos (a partir del ReTAA 2014/15). Los grupos de madurez se relevan en un rubro separado, asignándoles un porcentaje de participación a cada uno en relación al total del material sembrado.

Para la aplicación de fertilizantes y agroquímicos se identifican aquellos productos que estarían siendo representativos a nivel nacional, y se plantea un esquema tipo para cada cultivo, debido a que cada uno de ellos se rige por un manejo diferente.

A su vez, en base a los datos obtenidos de la encuesta se hace la equivalencia correspondiente cuando el producto relevado no se encontrará dentro del esquema tipo previamente estipulado en el planteo de cada cultivo. Es decir, se estandarizaron productos químicos y marcas comerciales, buscando siempre el equivalente más cercano dentro de lo establecido por el ReTAA y, a su vez, la conversión a la dosis que correspondiera en cada caso.

Se cuantifica también el número total de aplicaciones realizadas en cada caso, considerando la cantidad de pasadas que se realizaron durante el barbecho y el ciclo del cultivo. Esto se tiene en cuenta tanto para el uso de agroquímicos como así también para la siembra y la fertilización.

En los rubros de fertilizantes y fitosanitarios se identifican las fuentes y principios activos más utilizados a nivel nacional, y se plantea un esquema representativo para cada cultivo. En el caso de que se releve un producto que no se encuentre dentro de dicho esquema, se evalúa la frecuencia con la que éste aparece en el relevamiento. Si se trata de casos puntuales, se hace la equivalencia correspondiente con otro producto. Si, en cambio, el dato se repite de manera sistemática, el producto se incorpora al listado de variables de la encuesta y quedan estandarizadas para los futuros relevamientos.

Todas las variables comprendidas en estos rubros miden las cantidades aplicadas de cada producto en rangos de máximos y mínimos, los porcentajes de uso y también el número de aplicaciones realizadas. Los productos están estandarizados según principio activo, simples o en mezclas.

Se identifica el planteo de fertilización utilizado en cada zona por nivel tecnológico, considerando las cantidades aplicadas de producto por hectárea (en kilos o litros), ya sea a la siembra o durante el ciclo vegetativo del cultivo. El rubro fertilización está compuesto principalmente por las fuentes nitrogenadas y fosfatadas más representativas y utilizadas en la producción de los cultivos bajo estudio. Se relevan las cantidades aplicadas y el número de aplicaciones de fertilizantes nitrogenados y fosfatados, entre otros. Se consideran fertilizantes como Urea, UAN, PMA, PDA, SPS, SPT, mezclas arrancadoras, sulfato de calcio y fertilizantes líquidos N+S. Dentro de este rubro y a partir del ReTAA 2014/15 se incorpora la medición del análisis de suelo, por ejemplo, como herramienta de diagnóstico para la fertilización.

El control de malezas se releva considerando los principales herbicidas utilizados en cada cultivo, sin dejar de lado aquellos que pudieran surgir a nivel zonal y no fueran representativos a nivel país. Como variables se utilizan dos tipos de glifosato (i.e. común y concentrado), 2-4D, dicamba, metsulfurón, clorimurón, imazetapir, atrazina, acetoclor, fluorocloridona, graminicida y determinados herbicidas específicos para tecnología CL.

Para la aplicación de fungicidas las variables consideradas son el carbendazim, el tebuconazole y dos mezclas de estrobirulinas más triazoles (i.e. *Opera* y *Amistar Xtra*), estos últimos referidos en todo el trabajo como Fungicida 1 y 2 respectivamente. Además, se caracteriza el uso de terápicos de semilla, tanto inoculantes como cura semillas. Se cuantifica también el número de aplicaciones o pasadas que se hicieron durante el barbecho y el ciclo de cultivo, determinando a su vez la correspondencia con el tipo de producto o la combinación de ellos que se utilizó en cada caso.

Además de la información recabada en las encuestas de cultivos, desde la campaña 2014/15 el ReTAA también releva datos sobre tecnologías de procesos a escala regional: cultivos de cobertura, manejo por ambientes y aplicación variable de insumos.

Una vez alcanzado el objetivo de encuestas por cultivo y por zona se procede al cierre del relevamiento. Para ello, el sistema devuelve una matriz general, u output para cada cultivo que refleja los promedios de cada variable distinguidos por Nivel Tecnológico y para cada una de las zonas estudiadas. El sistema también emite reportes por rubro, a escala regional o nacional, lo cual facilita el análisis de cada uno de ellos. Este paso es sumamente necesario para realizar los análisis de consistencia y validación de los datos con otras fuentes de información del sector (cámaras de insumos, empresas, profesionales referentes de cultivos, de ámbito público y privado). Para ello, se toma el promedio de cada variable y se pondera por uso y nivel tecnológico en cada caso, para luego extrapolarlo a la superficie regional de cada cultivo y así obtener finalmente el dato agregado a nivel nacional.

La metodología es revisada luego de cada campaña mejorando e incorporando ajustes que permiten una evolución continua de las estimaciones. Entre las mejoras introducidas a lo largo del desarrollo de la metodología en el rubro fitosanitarios se podemos mencionar

- Se efectuaron ajustes técnicos para que todas las variables busquen captar las cantidades aplicadas de cada producto en rangos de máximos y mínimos y también el número de aplicaciones realizadas. En todos los casos se trabaja con los productos más utilizados y representativos a escala nacional y/o regional, y se los estandariza según principio activo, simples o en mezclas.
- En el rubro herbicidas, dentro del listado de variables relevadas se encuentra glifosato, herbicida para el cual a partir del ReTAA 2016/17 se comenzó a distinguir las cantidades utilizadas según el momento de aplicación, es decir, barbecho o ciclo de cultivo.
- El rubro insecticida en la edición 2016/17 incorporó mezclas modernas que implican distintas combinaciones de principios activos. El listado actual cuenta entonces con insecticidas tradicionales y modernos, estandarizados según principios activos, simples o en mezclas.
- El rubro fungicidas en la edición 2016/17 también incorporó productos modernos que en general refieren a mezclas, muchas de las cuales poseen carboxamidas, entre otros principios.
- El rubro tratamiento de semillas incluye distintos inoculantes y curasemillas, y combinaciones como inoculante + fungicida o inoculante + fungicida + insecticida.

Todos los datos aportados por los Informantes Calificados al momento de la encuesta se volcaban sobre una planilla input siguiendo los criterios pre-establecidos para cada variable. Finalmente, quedaba confeccionada una matriz con información a nivel zonal, de la cual se desprendían los promedios regionales para cada variable bajo estudio

En la etapa previa al relevamiento, se confeccionaba una planilla input para cada cultivo con las variables de interés establecidas. Las mismas son determinadas en base a los objetivos del trabajo y a criterios que surgen en vistas a lograr homogeneizar la amplia gama de situaciones productivas a nivel país. La planilla input constaba de una sección para cada cultivo relevado, en la cual se identifican las variables que son objeto de medición y que fueron previamente determinadas en base al paquete tecnológico que hoy por hoy se asocia a la producción de soja. Esto incluye las formas de manejo y todos los insumos significativos que sean identificables con el esquema productivo de cada uno de estos seis cultivos.

Para el input se plantea, en primer lugar, identificar la distribución de los tres niveles tecnológicos en cada zona relevada. Estos surgen del concepto amplio de nivel tecnológico. Sobre esto último, a partir de la encuesta se establece la distribución de los tres Niveles Tecnológicos y la información para cada variable. Se obtiene una planilla para cada zona con los datos para las variables de siembra, fertilizantes, herbicidas, insecticidas, fungicidas y terapicos de semilla.

Cada planilla incorporaba adicionalmente toda aquella información que aportaron los IC en referencia al contexto agroecológico de cada zona, es decir, información que explica muchas de las condiciones bajo las cuales se originan los datos a campo. Esto es de fundamental importancia a la hora de entender y poder caracterizar la forma en la cual se produce el cultivo en una región en particular. Se establece una planilla para cada zona relevada, obteniendo así 17 planillas input con la información recabada durante las encuestas realizadas.

La matriz general u output para el cultivo refleja los promedios regionales en un solo valor para cada variable, siempre indicado por zona y por nivel tecnológico. Este es el resultado de incorporar las planillas input finales que se obtienen luego de relevar todas las zonas agrícolas que abarca el estudio., el matriz output presenta un valor promedio para cada variable medida, y en base a esto se pueden establecer numerosas relaciones que sean de interés al momento de analizar los resultados.

Se realiza un trabajo de comparación y validación de los resultados obtenidos con otras fuentes del sector. El objetivo es la de incluir la experiencia de diversos referentes, todos ellos relacionados a distintos ámbitos de la producción agrícola, haciendo partícipes a los actores del mercado de insumos, del asesoramiento técnico, de la investigación y de lo académico.

Para ello se trabaja sobre la información con una estructura que considera los datos relevados para cada variable y los pondera por superficie y nivel tecnológico. El promedio de utilización para cada una de las variables se extrapola a una superficie regional para el cultivo y se obtiene el agregado a nivel país con el total de zonas relevadas. Luego de la extrapolación y una vez obtenido el resultado agregado, se coordinaron reuniones a nivel institucional con referentes del sector, segmentando los aspectos del trabajo realizado y compartiendo la experiencia realizada durante el mismo. Con cada uno de ellos se organizaron charlas respecto de la metodología empleada y los resultados obtenidos en el manejo de los cultivos y en el uso de fertilizantes y agroquímicos para la campaña analizada.

Teniendo en cuenta la experiencia y cobertura del INTA como institución pionera en la investigación de perfiles tecnológicos, planteando los antecedentes más sólidos en el tema desde hace ya varios años, se organizan entrevistas con los protagonistas y desarrolladores del mismo, compartiendo así su visión

respecto del relevamiento y del análisis de la información vinculados a las tecnologías utilizadas en la producción agropecuaria de la Argentina.

Por otro lado, se realizan presentaciones en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (FAUBA) a la cual asisten muchos de los miembros del Departamento de Producción Vegetal y afines, logrando así un calificado panel de docentes, becarios, investigadores, técnicos y asesores. Todos ellos aportaron su experiencia respecto de los temas que se presentan en el ReTAA de la Bolsa de Cereales, compartiendo críticas y opiniones acerca de cada uno de estos.

Se realizan reuniones técnicas con entidades como la Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes (CASAFE), la Cámara de la Industria Argentina de Fertilizantes y Agroquímicos (CIAFA) y FERTILIZAR Asociación Civil, como así también con la consultora Kleffmann Group. Con todos ellos se comparte formas de trabajo, lineamientos e información respecto de los temas abarcados por el ReTAA. De igual forma, se hacen presentaciones en instituciones como Argentrigo y ASAGIR, entre otras, como así también se discuten temas bajo estudio con asociaciones como la Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (AAPRESID) y Asociación Semilleros Argentinos (ASA).

Todo este proceso se lleva adelante con los actores especializados en cada uno de los temas que abarca el relevamiento, permitiendo afianzar los datos obtenidos por la Bolsa de Cereales a la vez que permite generar un intercambio enriquecedor entre los distintos sectores involucrados. Cada entidad que acepta recibir y conocer la labor desarrollada por el ReTAA generando valiosos aportes.

Se obtiene así una validación de los datos por un método indirecto a nivel agregado. Se utilizan los **promedios ponderados** por utilización que generó el ReTAA, se extrapola el dato a nivel zonal para luego agregar las cantidades utilizadas por cultivo a nivel país. Se comprueba la solidez de la información relevada al observar como los valores obtenidos por el ReTAA se encuentran en línea con los presentados para la misma campaña por las diferentes fuentes consultadas.

Con el desarrollo de la metodología y de la línea de trabajo, muchos aspectos de la estructura y de los criterios se fueron adaptando en pos de mantener la dinámica que presenta el heterogéneo sector agrícola. Al mismo tiempo se buscó capturar las nuevas tendencias que surgen a lo largo del relevamiento y que merecían ser incluidas como relevantes sobre un enfoque a nivel país.

Otro gran salto cualitativo dentro de la metodología ReTAA fue la incorporación de un software de carga de datos, exclusivamente desarrollado en conjunto entre el Departamento de Sistemas y el Departamento de Investigación y Prospectiva Tecnológica de la Bolsa de Cereales para la campaña 2014/15. Anteriormente, durante las campañas 2010/11 y 2012/13 se utilizaron planillas de carga diseñadas exclusivamente para cada cultivo en base a las variables de interés.

En el sistema de carga y procesamiento de información se han introducido las siguientes mejoras en el sistema:

- Se incorporó un software de carga de datos, exclusivamente desarrollado en conjunto entre el Dpto. de Sistemas y el Dpto. de Investigación y Prospectiva Tecnológica de la Bolsa de Cereales.
- Las planillas y sistema de carga descripto y vigente para las campañas 2010/11 y 2012/13 fueron reemplazados por el software de carga ReTAA en la campaña 2014/15. Este sistema posee interacción con la red de asesores que brindan información por zona y con las encuestas que se completan para cada cultivo. La agenda de cada relevamiento se define por la época de cosecha y según zona bajo estudio; en base a esto el encuestador selecciona al IC de interés y lo contacta telefónicamente. A medida que el encuestador recaba los datos y el detalle de cada planteo descripto por el IC, ingresa

la información directamente al sistema y ésta queda guardada. Luego será revisada y validada en una segunda etapa, para finalmente ser considerada para el proceso de análisis y obtención de resultados.

Las grandes ventajas que aportó el software de carga fue la salida de información de manera ordenada y estandarizada, en forma de múltiples reportes y con opción a distintos formatos. Esto permitió exponer y trabajar la información de manera más organizada y disminuir los tiempos de procesamiento de datos, así como los posibles errores durante el mismo

Una vez alcanzado el número objetivo de encuestas por cultivo y por zona se procede al cierre del relevamiento. Para ello, el sistema devuelve una matriz general, u output para cada cultivo que refleja los promedios de cada variable distinguidos por Nivel Tecnológico y para cada zona de análisis. El sistema también emite reportes por rubro, a escala regional o nacional, lo cual facilita el análisis de cada uno de ellos. Este paso es sumamente necesario para realizar los análisis de consistencia y comparación de los datos con otras fuentes de información del sector, como por ejemplo las cámaras que agrupan a las empresas de insumos u otras organizaciones productivas del sector. Para ello, se toma el promedio de cada variable y se pondera por uso y nivel tecnológico en cada caso, que al extrapolarlo por la superficie regional de cada cultivo arroja finalmente el dato agregado a nivel nacional.

Para el relevamiento de la información se busca un método simple y eficaz, a la vez que dinámico, para lograr capturar la información de forma adecuada. Para soja se toma en consideración un único criterio respecto de cultivos de primera o segunda ocupación.

Como fuera descripto anteriormente, la clasificación de los productores en cada zona en tres niveles tecnológicos puede presentar resultados que coincidan en un 100% con alguno de estos. En estos casos se entiende que, a pesar de haber heterogeneidad de situaciones, prácticamente la mayoría se encuadra dentro de un determinado nivel de tecnología como ilustra el relevamiento.

El ReTAA a lo largo de su historia ha recabado un volumen de información que podría considerarse cercano al concepto de Big Data. La investigación incluye información de ocho cultivos, encuestas que poseen entre sesenta y setenta y cinco variables en cada caso (la mayoría de ellas con rango de datos entre máximos y mínimos), diecisiete zonas agrícolas, tres niveles de tecnología y series de datos para cuatro campañas; esto permite tomar una dimensión del gran volumen de información que genera y del nivel de detalle que alcanza el panel completo de datos.

Esta línea de investigación, al contar con series de datos de cuatro años, en sí misma puede generar distintos estudios con variados enfoques: por cultivo, por rubro, por niveles de tecnología, tanto a escala nacional como regional. Las distintas relaciones permiten realizar enfoques alternativos según el objetivo concreto de estudio que se persiga. A modo de ejemplo, es posible estudiar la tendencia que presentó la tecnología aplicada a la producción de un cultivo en particular, en su zona más representativa durante los últimos años. Sin embargo, es sabido que el manejo proporcionado a la producción de granos está muy asociado a coyunturas económicas, de mercados y climáticas, por lo tanto, muchas veces es necesario acudir a otras fuentes de información que aporten datos de contexto para el análisis en cuestión, y de esta manera ayuden a tener una visión más completa de la realidad que se está observando. Es decir, la importancia de generar información primaria radica en el agregado de valor mediante trabajos interdisciplinarios que permitan estudiar más profundamente las distintas situaciones que se observan en el sector, a la vez que amplían la visión de cada una de las partes involucradas en el análisis.

La solidez del sistema ReTAA desarrollado por la Bolsa de cereales de Buenos Aires ha sido motivo de su empleo e incorporación a estudios internacionales; en el año 2016 el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés) difundió a través de su Servicio de Estudios Económicos

(ERS) un artículo titulado “Corn and Soybean Production Costs and Export Competitiveness in Argentina, Brazil, and the United States”. Esta publicación fue elaborada por el Instituto de Estudios Económicos y en conjunto con el Departamento de Estimaciones Agrícolas de la Bolsa de Cereales. Para la base del análisis en Argentina los datos se originaron con el ReTAA en su primera edición – campaña 2010/11 – sobre los cuales se construyó la matriz de costos en la parte productiva. Esta misma base se trabaja luego en un modelo de valor agregado de la cadena, sobre el cual se llegan a estimar los aportes que hace cada eslabón en la cadena de soja y de maíz. Como segundo ejemplo, se cita el trabajo que actualmente la Bolsa de Cereales, a través de su Departamento de Investigación y Prospectiva Tecnológica, está desarrollando sobre el proyecto brechas de rendimiento que en Argentina lidera el INTA a través de su EEA Balcarce. A nivel internacional esta investigación se enmarca dentro del proyecto Global Yield Gap and Water Productivity Atlas (GYGA por sus siglas en inglés), encabezado por la Universidad de Nebraska en Estados Unidos.

Consistencia de la metodología RETAA respecto a los paquetes tecnológicos e insumos empleados:

Se presenta de forma gráfica el análisis de la consistencia de datos en base a diversas fuentes consultadas y datos propios del ReTAA. Es importante destacar que todas las comparaciones se hicieron sobre una base similar, buscando considerar siempre los mismos criterios respecto de campaña agrícola, cultivos bajo estudio y superficies sembradas durante el ciclo bajo análisis.

En primer lugar, se presentan dos gráficos que ilustran la adopción de siembra directa en base a datos publicados de AAPRESID y a los obtenidos

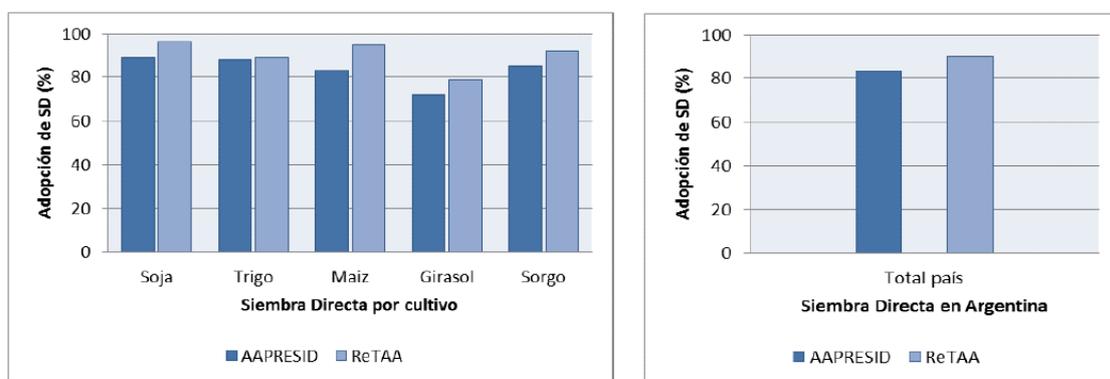


Figura 11 Correspondencia con la adopción de siembra directa en diferentes cultivos

Se comparó para los seis cultivos relevados el uso de fertilizantes según FERTILIZAR Asociación Civil con los datos obtenidos por el ReTAA. La información se presenta diferenciada por grupos químicos, viéndose resultados para fertilizantes nitrogenados, fosforados y el total de ambos

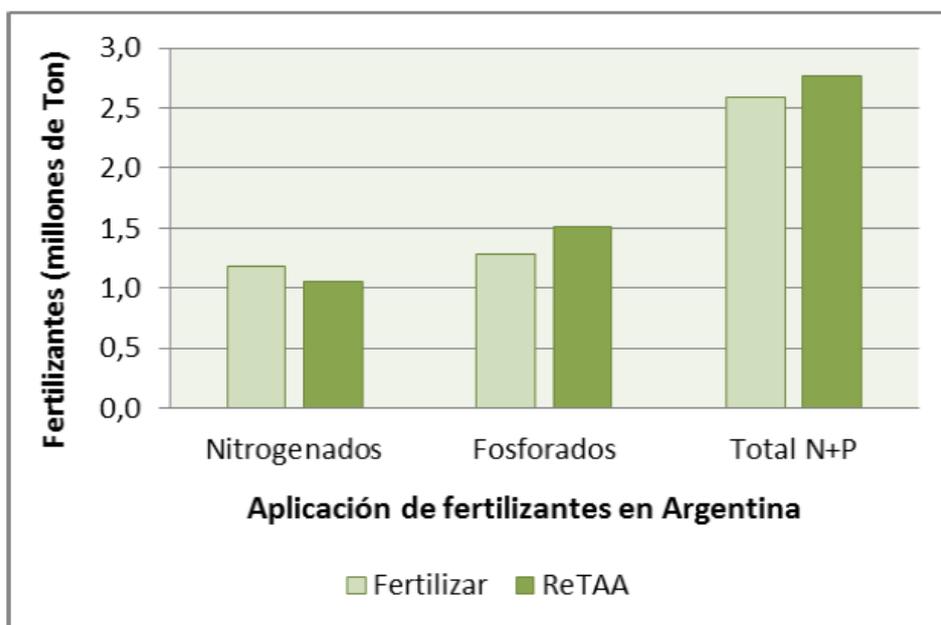


Figura 12 Correspondencia de aplicación de macronutrientes por fertilización

Para el uso de agroquímicos se realizó la comparación de los datos del ReTAA en base a dos cámaras referentes del sector: CASAFE y CIAFA... Se observa en los dos gráficos la cantidad de productos aplicados a nivel país según cada fuente y la relación con los valores obtenidos por el ReTAA.

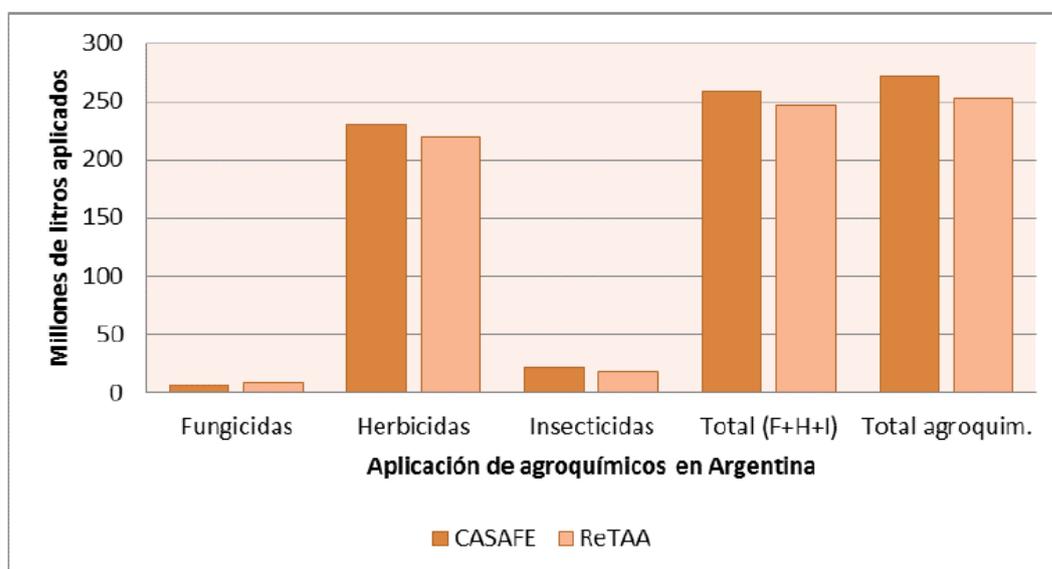


Figura 13 Aplicación agregada de diferentes tipos de agroquímicos

La publicación de los resultados de los primeros relevamientos se realizaba de manera formal en presentaciones que la Bolsa de Cereales organizaba exclusivamente para este fin. A partir del año 2017, los resultados de los relevamientos de fina y de gruesa comenzaron a ser presentados en los congresos

que la Institución brinda dos veces al año para los lanzamientos de campaña de fina y de gruesa respectivamente. En simultáneo con los congresos, los datos son publicados y quedan disponibles de manera gratuita en la página web de Bolsa de Cereales.



Figura 14 Componentes del Sistema en la actualidad

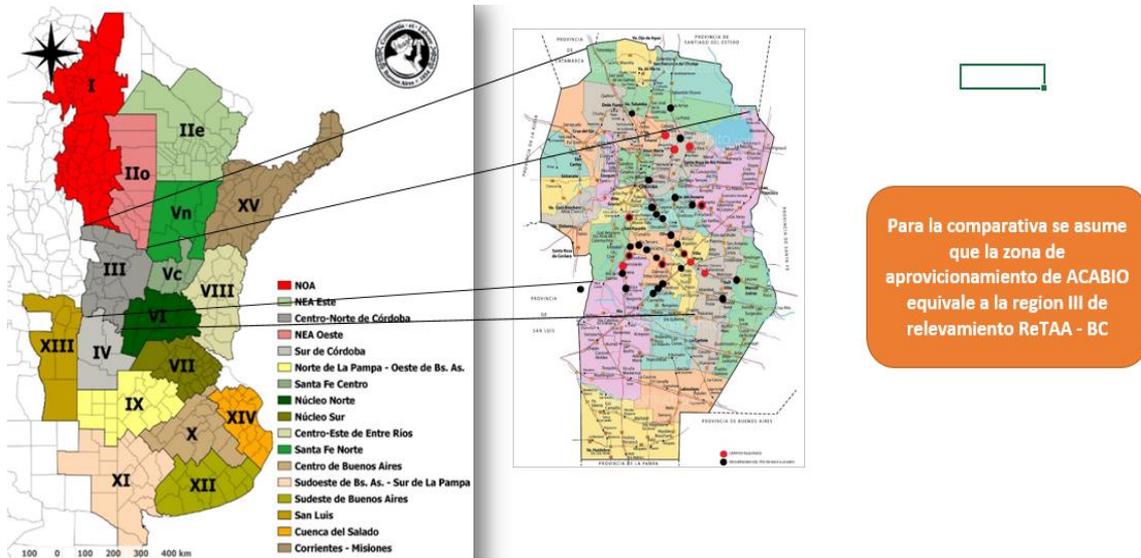


Figura 15 Correspondencia entre areas RETAA y origenación de materia prima

A fin de establecer la relación entre los paquetes tecnológicos empleados y los rendimientos obtenidos se emplearon los valores públicos auditables que se pueden obtener de la página de la secretaría de agroindustria. <https://datos.agroindustria.gob.ar/dataset/estimaciones-agricolas> Los datos se encuentran tabulados por localidad según su código INDEC:

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 correspondiente⁷.

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

⁷ 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 PRODUCCION AGRICOLA

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 en campañas previas. 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 16 Esquema del módulo fletes de ACABIO

Otra consideración importante es que, en todos los fletes, se consideran las emisiones del viaje ida y vuelta⁸ 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:

⁸ ACM0017 - Página 14 – AVDm: Average distance travelled by vehicles transporting material m (km), **including the return** trip/s.

Tabla 6 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 34 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)

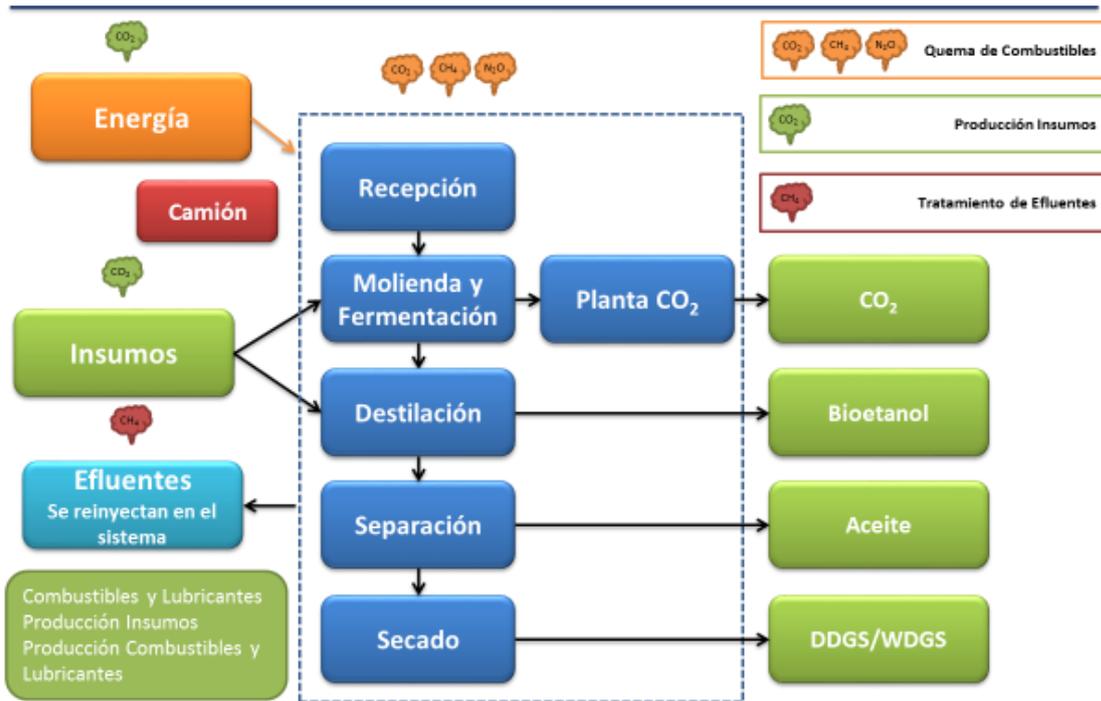


Figura 17 Esquema del módulo industrial

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 Europea⁹ "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 redundo en una mejora en la precisión del cálculo.

⁹ 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 7 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 recuperado

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 8 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 9 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 10 Factores de emisión de los energéticos empleados

Factores de Emisión Energéticos				Nota 1						Nota 2	
Tipo de Combustible/Energético				Gas-Oil	Nafta	Lubricantes	G.L.P.	Gas Natural	Leña (dura)	Energía Eléctrica	Fuel-Oil
Variable	Descripción	Unidades	Fuente	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 11 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 12 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 Europea¹⁰. 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 ISCC¹¹.

Tabla 13 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 14 Consumo de combustibles y lubricantes por laboreo

Labores	Combustible	Lts/Ha (Gas Oil)	Lts/Ha Nafta	Lts/Ha (Lubricantes*)	Observaciones	Fuente de Informacion
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.

¹⁰El 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.

¹¹ 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

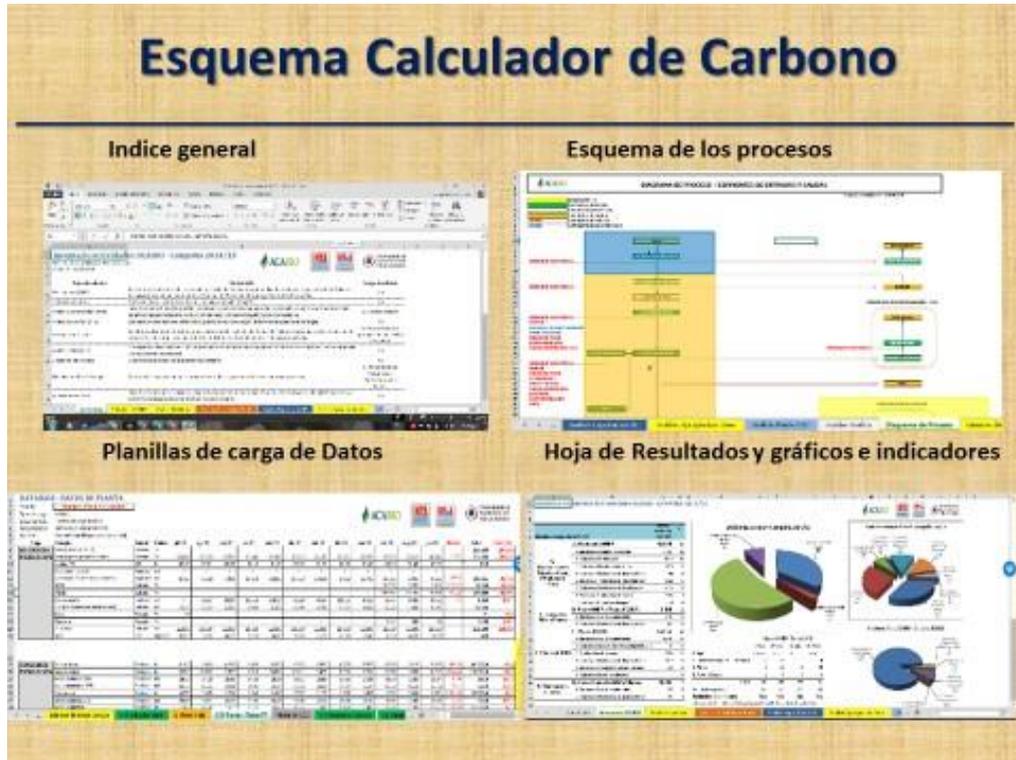


Figura 18 Modo de presentación del calculador

Tabla 15 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 2017 al 2018, 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. A su vez se detallan las fuentes de emisiones incluidas en cada etapa, junto con los valores obtenidos para la campaña 2017/18.

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 el europeo. 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

La producción de maíz durante la campaña 2017/18 ha sido elaborada en un calculador específico que toma en cuenta los paquetes tecnológicos determinados para cada región del sistema RETAA ya descrito y como valor de rendimientos el sistema de relevamiento publicado por el Ministerio de Agroindustria.

Esta planilla 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.

En esta planilla se realizan los cálculos correspondientes a los diferentes criterios de asignación por coproductos según los tres criterios utilizados.

Los datos industria son suministrados por ACABIO sobre la base de una planilla específica de diseño conjunto denominada Relevamiento Sistematizado - ACABIO 2017-2018y Carga datos La información ingresada corresponde a:

- 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

El nuevo calculador toma esta hoja desde la planilla de cálculo del maíz del sistema RETAA. Se resumen los resultados de los cálculos de las emisiones de la etapa agrícola por región RETAA y del 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 las diferentes regiones RETAA:

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: No se estiman las 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 2017- JULIO 2018:

A continuación, se detallan las emisiones estimadas para el periodo julio 2017- junio 2018 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 420.896 Toneladas de maíz (peso neto) provenientes de las provincias de Córdoba y San Luis. La originación está concentrada en la región RETAA III correspondiendo a la misma el 67 % de los ingresos. EL total de granos transportados fue de 481.356 toneladas con un considerable incremento de stock en silos para la presente campaña.

Dada la diferencia entre ambos valores producto de un incremento de stock en acopios y a fin de dar un real reflejo de la mercadería realmente procesada se optó en usar par los cálculos referenciales agrícolas el valor de ingreso real a proceso.

Se realizó una estimación de rendimientos por código INDEC de acuerdo a los valore oficiales de la secretaría de gobierno de agroindustria

La estimación del rendimiento promedio de las áreas de originación se realizó sobre la base de las estadísticas de la secretaría de agroindustria ponderadas por código INDEC de localidad.

Merece destacarse que durante la campaña analizada se registró una de las mayores sequías históricas sumadas a fuertes lluvias e inundaciones en el período de cosecha. Estos dos fenómenos afectaron severamente los rendimientos del cultivo y por lo tanto incrementaron considerablemente los niveles de emisión por unidad de maíz ingresado a planta. El promedio final del relevamiento fue de 5785 kg/ha esto representa una merma respecto a la campaña anterior del 34 % en el rinde promedio.

Las precipitaciones acumuladas en el primer trimestre del 2018 estuvieron muy por debajo del promedio histórico en todos los departamentos de la provincia de Córdoba. Los milímetros registrados del mes de abril debido al avanzado estado fenológico en el cual se hallaba el maíz, no tuvieron efectos positivos y el estado general empeoró respecto a la segunda quincena de marzo. Debido al efecto de la sequía, el avance de cosecha se aceleró respecto a la campaña anterior.

La fuente oficial de la secretaría de agroindustria no discrimina rendimientos entre maíces tempranos y tardíos. Según fuentes consultadas la afectación de la sequía alcanzo a ambos grupos por igual.

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 campaña.

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.

Los datos recabados de la oficina de estimaciones agrícolas de la Bolsa de cereales de Buenos Aires para el área que representa más del 75 % de la originación da una participación de los maíces tempranos de solo el 15 % los mismos arrojan rendimientos algo superiores al general 66,2 qq/ha. Los maíces tardíos. Estos valores dan un valor general ponderado de 5668 kg/ha lo cual se encuentra muy cercano al valor empleado para la cuenca de 5785 kg/ha (2 %)

Las emisiones asociadas a la producción de maíz en el periodo suman un total de 88.349 toneladas de CO₂eq para la totalidad de la materia prima ingresada. En el gráfico 19 se puede observar la participación porcentual de cada concepto:

Como se puede observar el concepto de *“Fertilización”* sumando la fertilización y la producción es la categoría que más contribuye (27 %) se incrementó considerablemente dado que se realizó una fertilización adecuada obteniendo rendimientos de cultivo muy por debajo del promedio. La emisión de *Residuos de Cosecha* (11%) se vió disminuida dado el menor desarrollo de las plantas y consecuentemente el menor volumen de rastrojo por unidad de superficie. La producción de los agroquímicos y uso de los combustibles empleados en las diferentes actividades del cultivo estuvieron cercanas al (8 %). Por último, la producción de semillas registra el menor impacto llegando a un (1 %).

Si analizamos las emisiones de GEIs por tonelada de maíz procesada, se obtuvo un valor de 209 kg CO₂eq/t de maíz, mientras que las emisiones por hectárea sembrada tienen un valor de 1214 kg CO₂eq/ha.

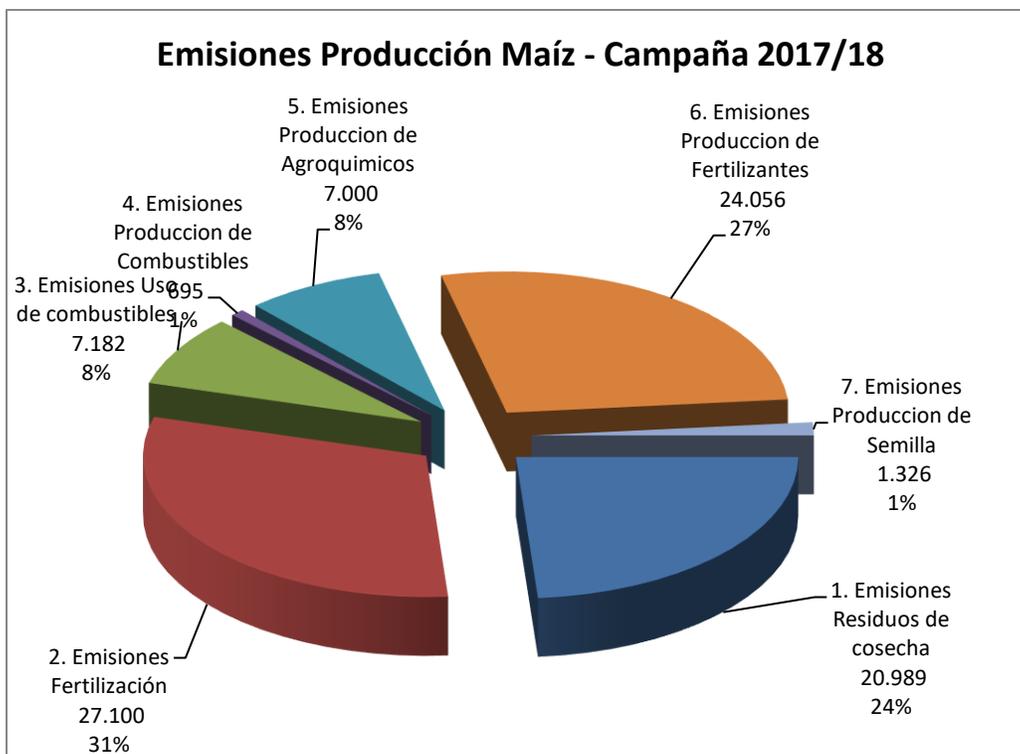


Figura 19 Distribución de las emisiones

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 4.558.705 km. La emisión se estimó en 4.791 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 11,4 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 2017 a junio 2018.

Durante dicho periodo se procesaron 420.896 T de granos de maíz secos, y se obtuvieron 171.545 t de Alcohol 99,5 y 208.818 t de Burlanda (WDGS) y 52.212 toneladas de DDGS así como 3.818 toneladas de aceite, 3281 de scrap y 27.825.481 metros cúbicos de dióxido de carbono. Las emisiones estimadas de GEIs alcanzaron en planta las 82.079 t CO₂eq. En la figura siguiente se puede observar la participación de cada etapa del proceso para la producción industrial.

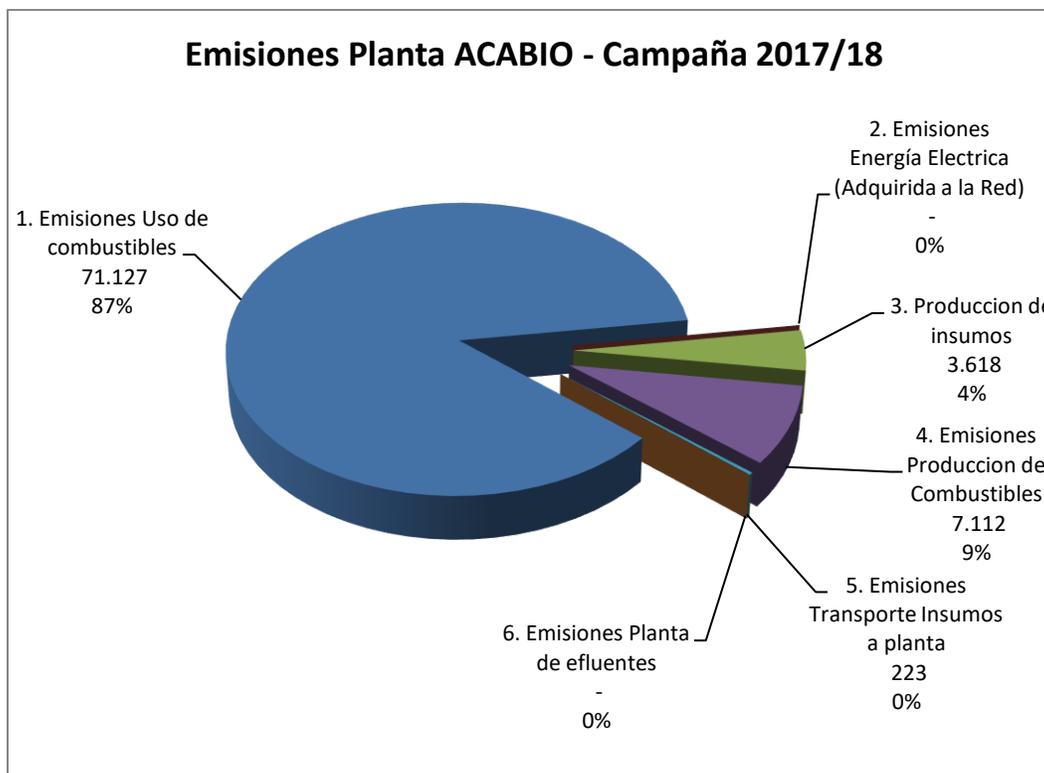


Figura 20 Distribución de las emisiones en la industria

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.

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 2017-junio 2018 obtenemos una estimación de 188.339 t CO₂eq.

Del total de las emisiones, el 44 % aproximadamente corresponde a emisiones de la etapa Industrial, 47 % a la producción de Maíz en campos, 9 % a los fletes. En el siguiente grafico se puede observar el inventario de gases estimado para todas las actividades incluidas en la operatoria de ACABIO-

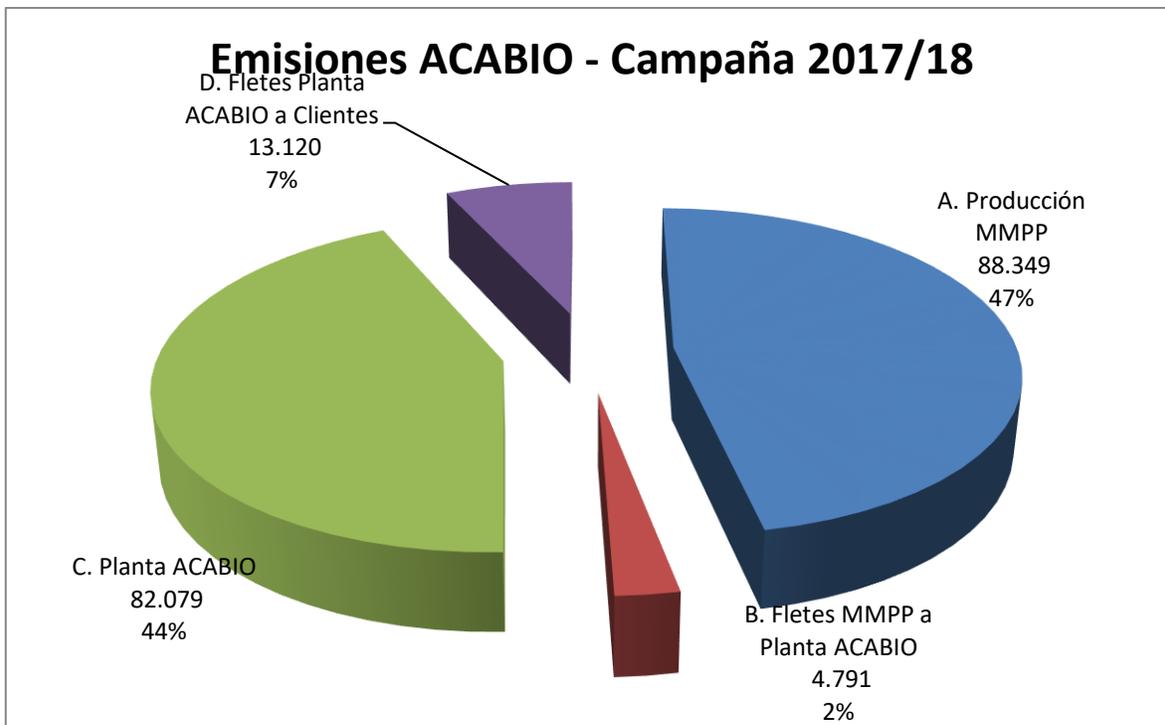


Figura 21 Emisiones por proceso productivo

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) 188.339 T CO₂ obtenidos en la hoja apropiación por línea a la totalidad de etanol despachado (171.545 Toneladas), sin considerar a la producción de burlanda, DDGS, aceite y dióxido de carbono, se obtendría un valor sobredimensionado de 51 grsCO₂/Mj. 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 alocaión balance de masas, por precios de mercado y por contenido energético.

Tabla 16 Apropiación de emisiones por diferentes criterios

Apropiación por Balance de Masas

Producto	Produccion		Emisiones		Emisiones x Unidad KgCO ₂ eq/Tn	grsCO ₂ eq/Mj
	Tn	%	TnCO ₂ eq			
Alcohol etílico anhidro (Bioetanol)	135.504	48%	90.315		667	24,41
DDGS	52.212	16%	30.972		593	
WDGS	208.818	24%	45.929		220	
Aceite vegetal	3.878	1%	2.577		665	
CO ₂	27.825	10%	18.546		667	
Total	428.237	100%	188.339		440	

Apropiación por Precio de Mercado

Producto	Produccion		Emisiones		Emisiones x Unidad KgCO ₂ eq/Tn	grsCO ₂ eq/Mj
	Tn	%	TnCO ₂ eq			
Alcohol etílico anhidro (Bioetanol)	135.504	81%	153.171		1.130	41,39
DDGS	52.212	7%	13.637		261	
WDGS	208.818	7%	13.582		65	
Aceite vegetal	3.878	2%	3.078		794	
CO ₂	27.825	3%	4.871		175	
Total	428.237	100%	188.339		440	

Apropiación por Contenido Energético

Producto	Produccion		Emisiones		Emisiones x Unidad KgCO ₂ eq/Tn	grsCO ₂ eq/Mj
	Tn	%	TnCO ₂ eq			
Alcohol etílico anhidro (Bioetanol)	135.504	64%	120.906		892	32,67
DDGS	52.212	14%	25.655		491	
WDGS	208.818	20%	36.934		177	
Aceite vegetal	3.878	3%	4.844		1.249	
CO ₂	27.825	0%	-		-	
Total	428.237	100%	188.339		440	

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 entre un valor de combustible de referencia y el biocombustible. Para el caso ACABIO considerando una asignación de todos los co productos de acuerdo a su contenido energético el porcentaje de reducción de emisiones estaría inicialmente en un 57 % 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

Tabla 17 Cumplimiento de la reducción de emisiones

ANÁLISIS EXPORTACION ETANOL A UE - CAMPAÑA 2017/18

RETORNO AL MENU INICIAL		Valores ACABIO - Campaña 17/18				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	12	20	16	25	20	20	
e _p	C. Planta	11	18	14	22	21	15	
e _{td}	D. Fletes PT	2	3	2	4	2	2	
e _{u2}	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)	28	45	36	55	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	67%	46%	57%	35%	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	No	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	No	No	No	No	

En el presente cálculo no se tuvieron en cuenta las siguientes fuentes indicadas en la Directiva Europea:

Var.	Concepto	Motivo
e ₁	Las emisiones anualizadas procedentes de las modificaciones en las reservas de carbono causadas por el cambio de uso del suelo.	No se considera cambio de uso del suelo.
e ₂	Las emisiones procedentes del combustible cuando se utiliza	Anexo V - Párrafo 13 - e ₂ ; se considerará nula para los biocombustibles y biolíquidos.
e ₃	La reducción de emisiones procedente de la acumulación de carbono en suelo mediante una mejora de la gestión	No se considera aumento de stocks de carbono en suelo a pesar de realizarse Siembra Directa
e ₄	La reducción de emisiones procedente de la captura y retención del carbono	No Corresponde
e ₅	La reducción de emisiones procedente de la captura y sustitución del carbono	No Corresponde
e ₆	La reducción de emisiones procedente de la electricidad excedentaria de la cogeneración	No Corresponde dado que se compra energía de la red. (No hay superavit del sistema de generación)

Estimación Transporte marítimo San Lorenzo-Rotterdam (Buque)

Distancia a Puerto	Km	11.788	https://www.searates.com - Rosario/Rotterdam
Factor de emision x TN Km	KgsCO _{2eq} /Tn Km	0,00418	Buque HANDY MAX (40.000 Tn Año 1980) - Bilan Carbone - V 5.0.
Emisiones a Puerto Destino	KgsCO _{2eq} /Tn	98,55	Se considera el viaje ida y vuelta
Emisiones por MJ	GrsCO _{2eq} /Mj	3,61	

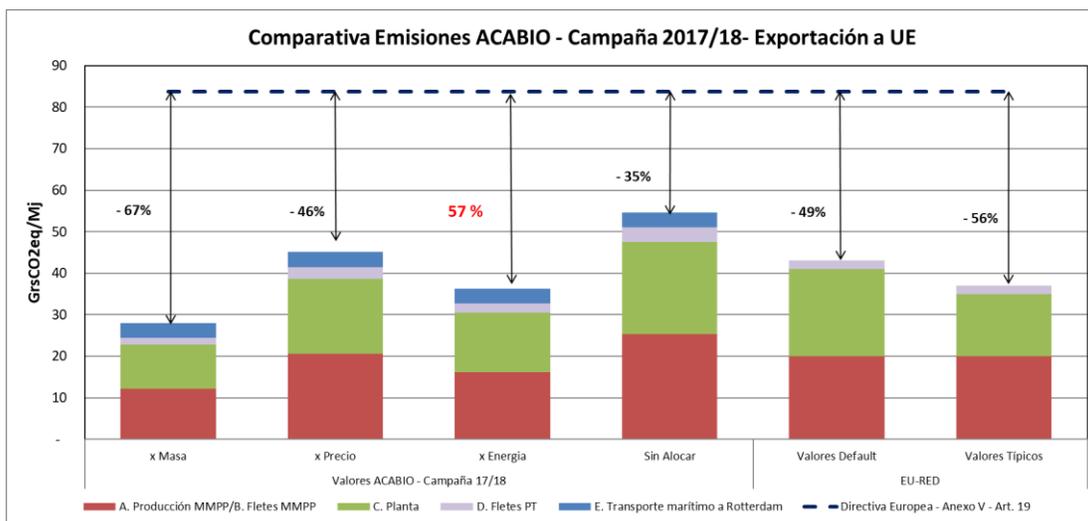


Figura 22 Reducción de emisiones respecto a la normativa Europea

Si bien se exponen las reducciones obtenidas de acuerdo a los diferentes criterios de alocaación la 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%. Ambos valores son superados por ACABIO

En el caso de tomar como referencia el valor de la nafta según valores Balance Energético Nacional - Informe Bienal de Actualización 2014 MAyDS. Incluye Emisiones Extracción y Refinación. (77 grsCO2eq/Mj) la

reducción de emisiones alcanzaría al 57 % por el criterio energético. La figura siguiente se grafican las reducciones con el valor de referencia argentinos según los diferentes criterios de alocación empleados. En estos casos solo se considera el transporte al punto de mezcla por parte de los petroleros locales.

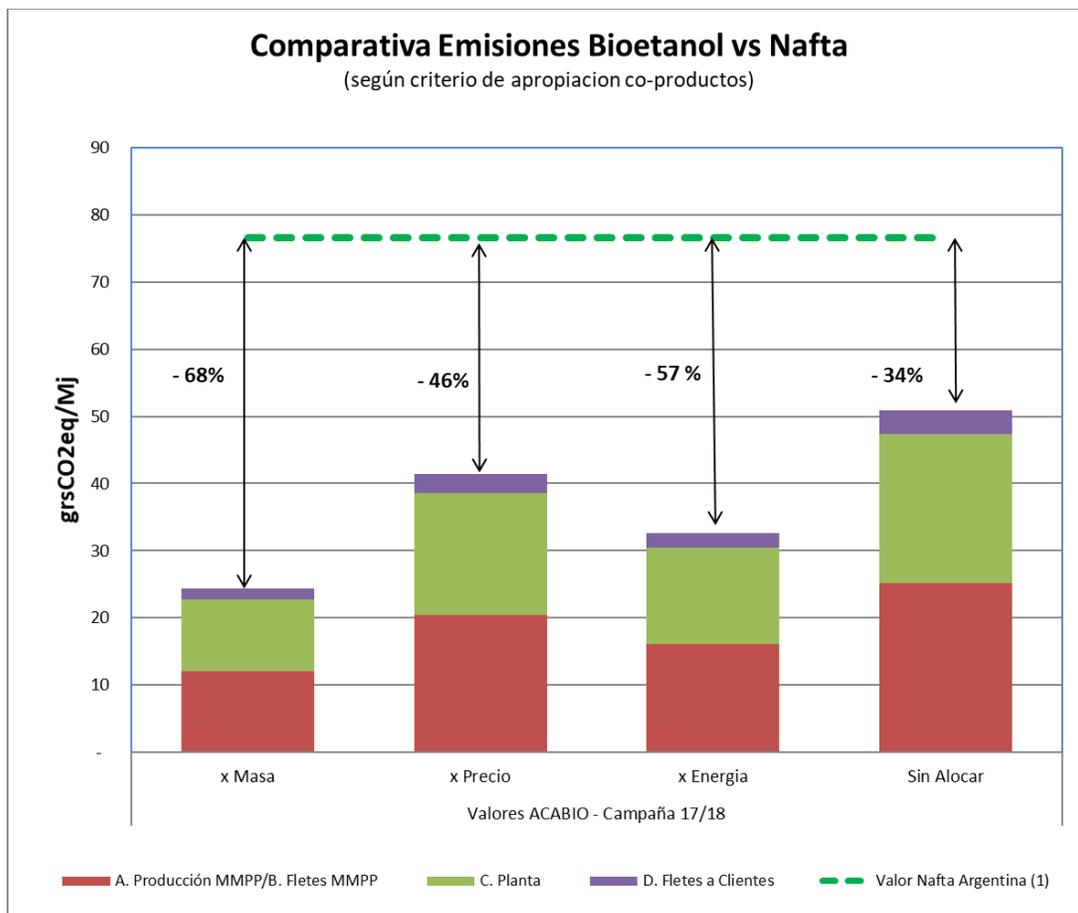


Figura 23 Alocación de las emisiones por diferentes criterios y porcentaje de reducción con respecto a la nafta en Argentina III comunicación.

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.

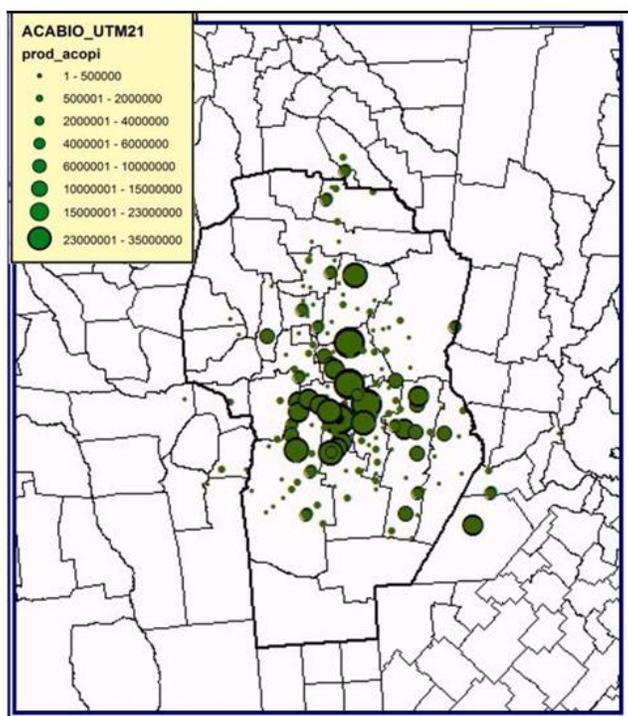


Figura 24 Procedencia del maíz procesado en la planta graduado por volumen.

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.

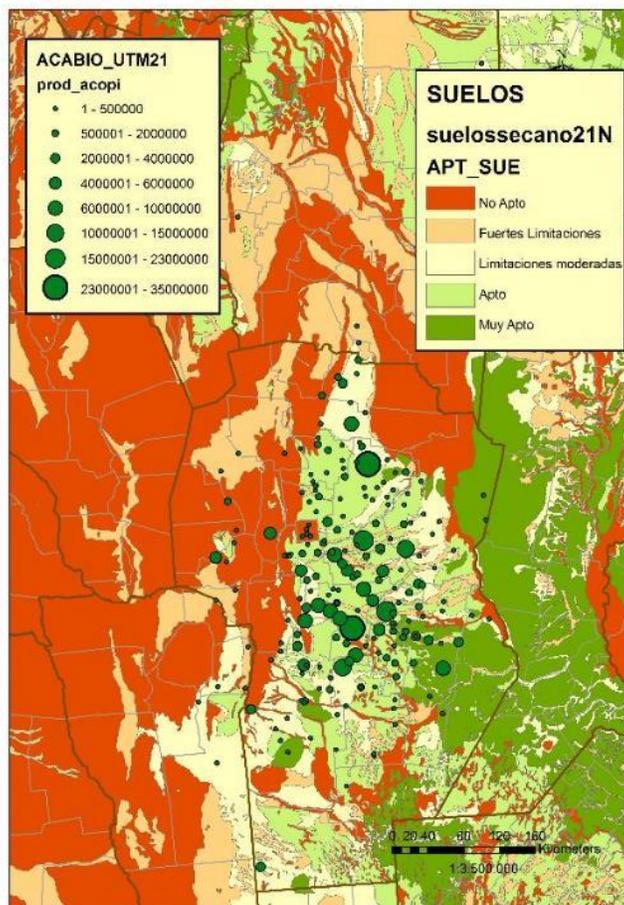


Figura 25 Ambientes con potencialidad de rindes y riesgo diferencial para la producción de maíz

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.

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 genética resistentes, ajustes en densidades y fertilización, etc.).

Dado que la campaña en consideración se encuentra por debajo de los mínimos históricos se considera que los valores obtenidos corresponden a la peor situación del area.

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 atmósfera, 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 2017 a junio 2018, se produjeron 1040 Tn de CO₂ con una emisión estimada de 1.456 Tn CO₂eq, lo cual da un promedio de 1,62 kgCO₂eq/kgCO₂ producido.

Luego se procedió a estimar las emisiones de la planta de purificación del CO₂ proveniente de la fermentación del maíz. 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 27.825 Tn CO₂ purificado y se emitieron 2152 T de CO₂ lo cual da un promedio de 0,08 kgCO₂ por tonelada producida.

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 1,54 kgCO₂eq/Kg CO₂ purificado, lo cual multiplicado por el despacho del periodo considerado de 27.825 Tn CO₂ purificado, da un “ahorro” estimado de 42.906 tnCO₂eq. Esto representa aproximadamente el 14 % 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 7% y el 15 % según el criterio de apropiación utilizado. De acuerdo al criterio de asignación energético la reducción de emisiones alcanzada respecto a la nafta en la Argentina sería del 9,7 % y con respecto al valor de referencia de la Unión Europea se alcanzaría el 8,9 %.

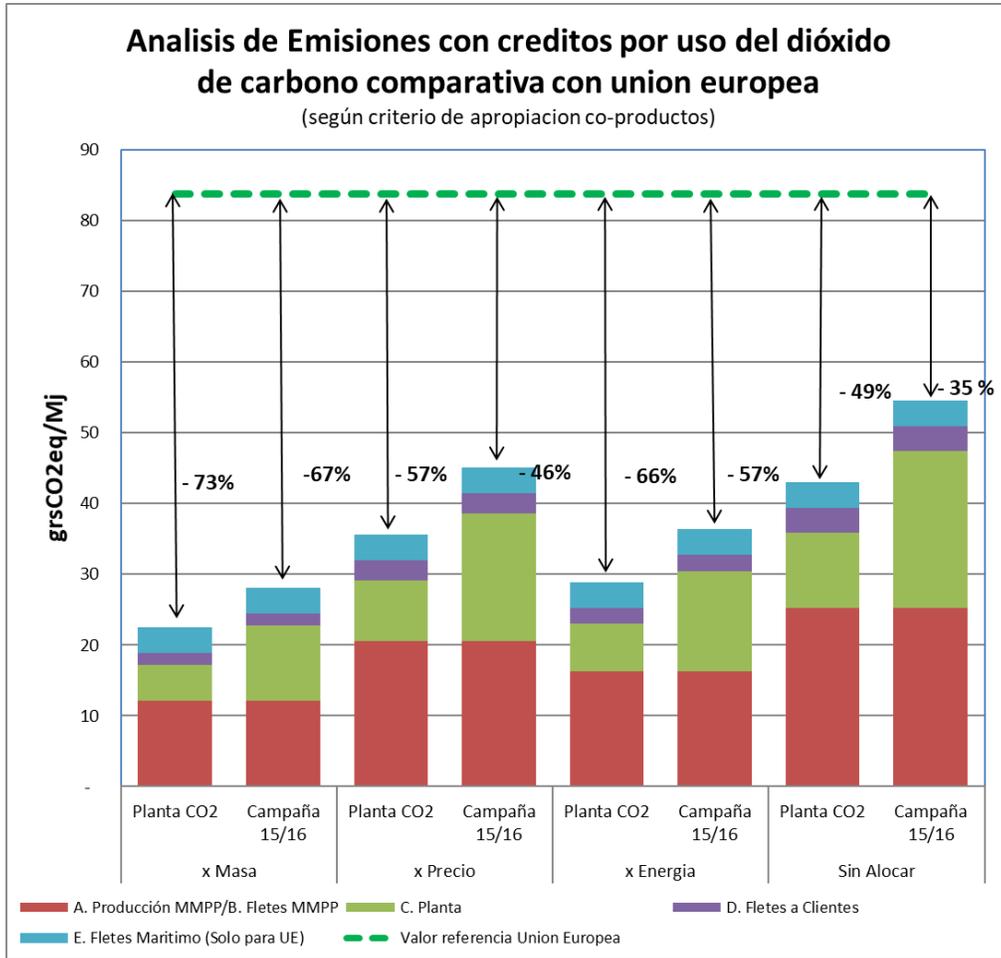


Figura 26 Análisis de emisiones y porcentajes de reducción en función de los valores de referencia de la Unión Europea Anexo V

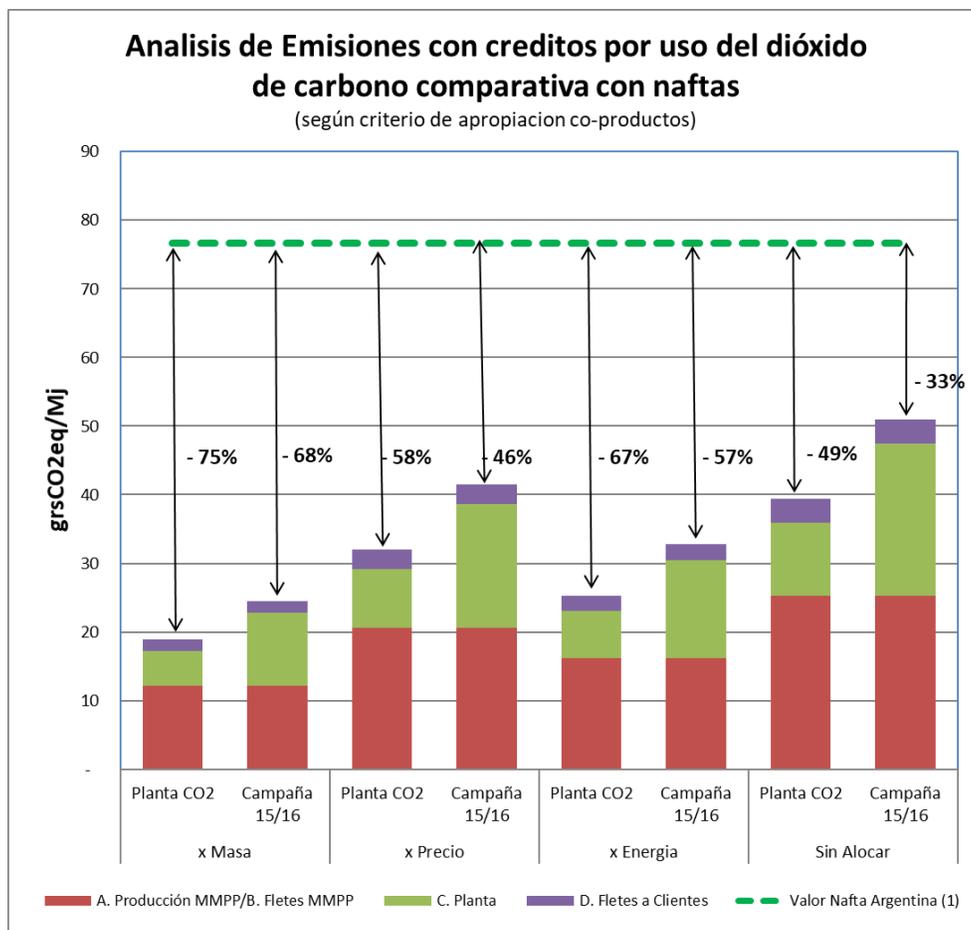


Figura 27 Análisis de emisiones y porcentajes de reducción en función de los valores de referencia argentinos de referencia de naftas

MODELIZACIÓN EN SIMAPRO:

Jonatan Manosalva

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.

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 actualizar el perfil ambiental de la producción de la biorefinería de maíz de ACABIO, se consolidó un inventario de ciclo de vida (ICV) de la producción de grano de maíz teniendo en cuenta los promedios de insumos empleados por los tres niveles tecnológicos RETAA ponderados por su participación porcentual en las regiones de donde proviene la mayor parte de la originación de la empresa..

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. EN este caso específico se tomaron los valores ponderados de rendimiento de la cuenca de abastecimiento de la empresa de acuerdo a la información suministrada por la secretaría de agroindustria clasificada por código INDEC: Este concepto constituye un factor clave a tener en cuenta cuando se realizan los inventarios para este tipo.

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 el 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).

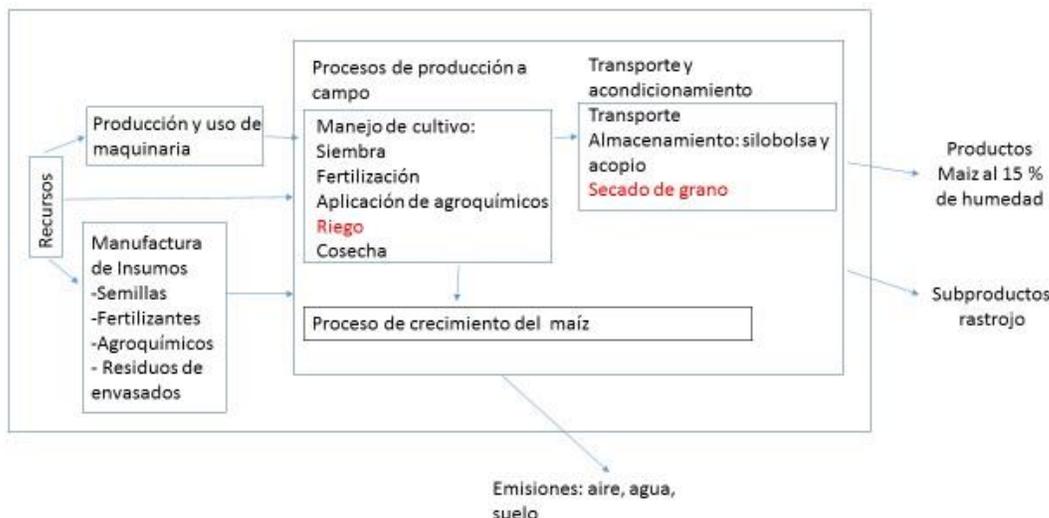


Figura 28 Modelo desarrollado para su ingreso en el SIMAPRO adaptado de Boone et al.

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 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 descripta.

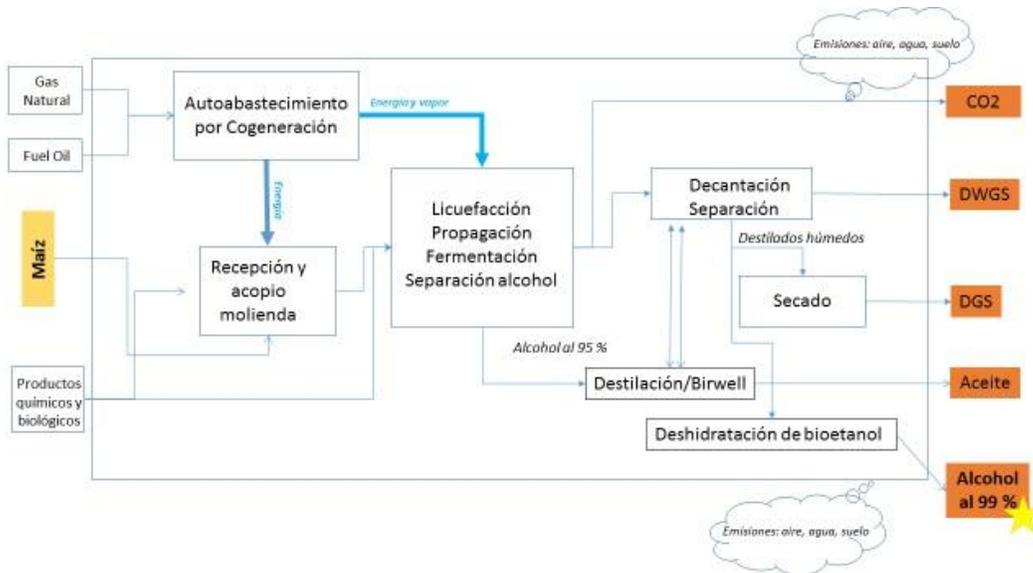


Figura 29 Modelo industrial desarrollado para su ingreso en el SIMAPRO adaptado de Boone et al

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 y cotejando resultados referidos a la huella de carbono con el calculador ACABIO.

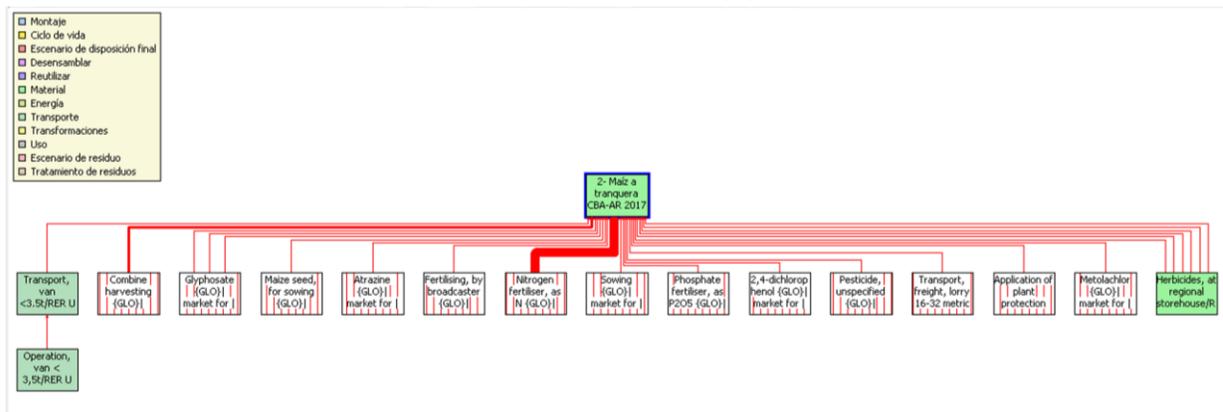


Figura 30 Representación gráfica de las contribuciones de impacto de cada factor del inventario en el producto final para el caso de la producción de maíz en Córdoba

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.

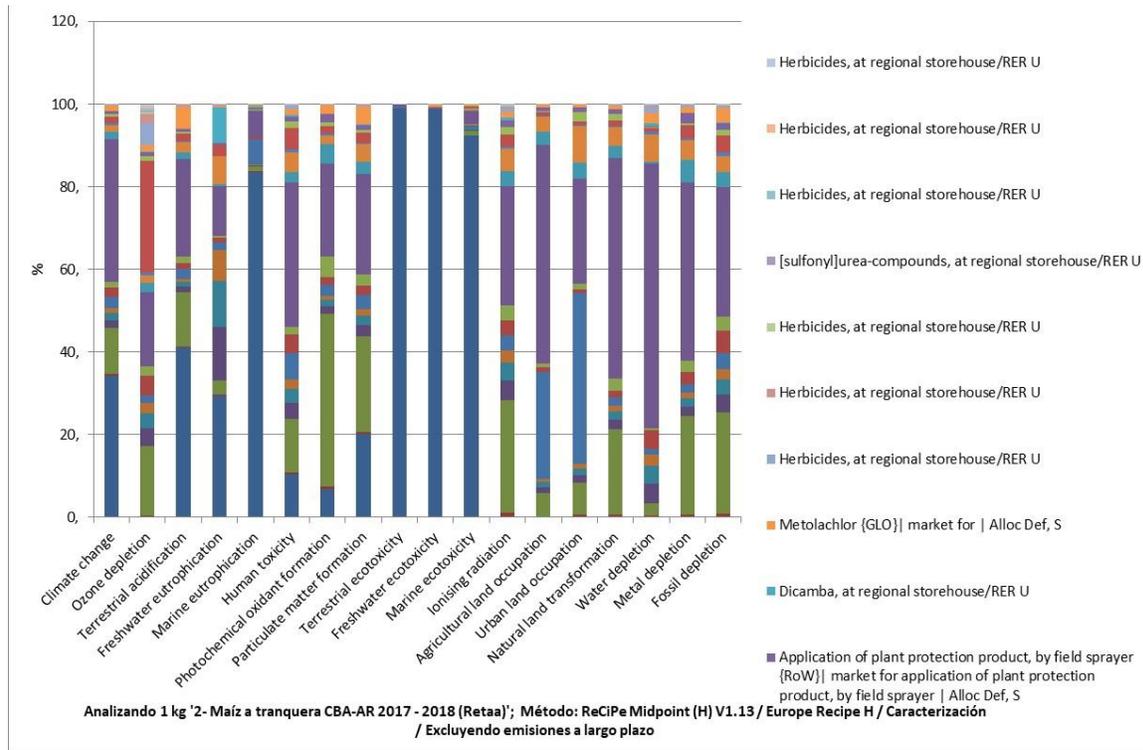


Figura 31 Representación gráfica de la contribución de cada factor por indicador de impacto.

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. En este caso se tomó como referencia la zona III Córdoba que representa la mayor parte de la originación de la empresa. Se realizó una ponderación de acuerdo a los porcentajes de adopción de cada uno de los paquetes tecnológicos de la zona de acuerdo al porcentaje de adopción.

La campaña en consideración al tener una merma en el rendimiento general del cultivo tan importante ello influyó negativamente sobre todo el balance energético final logrado en el año.

Tabla 18 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)	545.915		620.638
Insumos/combustibles	Cantidad (Lts o Kgs)	Contenido Energetico (Kcal/Lt o kg) - Mj/kg	Energia (Gj)
Consumo Gasoil (Laboreos)	3.292.922	8.619	118.828 Poder calorifico inferior según datos del MinEM
Consumo Nafta (Laboreos)	-	7.607	- Poder calorifico inferior según datos del MinEM
Consumo Lubricantes (Laboreos)	395.151	8.503	14.068 Poder calorifico inferior según datos del MinEM
Produccion de combustibles (Laboreos) (Energia Fossil Produccion)			12.808 Se asume el mismo porcentaje que para emisiones según metodología Metodología MDL: ACM0017 / Version 01.1
N aplicado (Kg N) (Energia Fossil Produccion)	4.754.134	49	232.908 JEC E3-database (version 31-7-2008) - Biograce V4d - Standard Values
P2O5 aplicado (Kg P2O5) (Energia Fossil Produccion)	1.306.185	15	19.898 JEC E3-database (version 31-7-2008) - Biograce V4d - Standard Values
K2O 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)	426.261		- No hay dato
Agroquimicos (todos) (Energia Fossil Produccion)	827.601	268	222.128 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 19 Calculo de la inversión energética en transporte

Transporte MMPP			
	Produccion (TN)		Energia (Gj)
Produccion Maiz (TN) (=recepcion en planta)	545.915		68.988
Consumo Gasoil (Transporte a planta)	1.743.708	8.619	62.923 Poder calorifico inferior según datos del MinEM
Produccion de combustibles (Transporte a planta) (Energia Fossil Produccion)			6.064 Se asume el mismo porcentaje que para emisiones (10% según metodología Metodología MDL: ACM0017 / Version 01.

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 20 Analisis de cada una de las etapad 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	Energía (Gj)
Emisiones Energía Eléctrica Comprada a la Red	-	100%	-	100%	-	-	-	-	-
Fuel-Oil (incluye transporte)	374	100%	374	30%	112	70%	262	-	-
Gas natural	1.391.157	76%	1.057.280	30%	317.184	70%	740.096	24%	333.878
Total (Gj)	1.391.532		1.057.654		317.296		740.358		333.878
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	-	117.199	623.159	-	-	-	-	740.358	
Gas Natural (No cogeneración)	-	-	-	-	333.878	-	-	333.878	
Energía Eléctrica	27.287	64.728	19.990	28.557	27.605	110.736	38.393	317.296	
Gas-Oil	-	-	-	-	-	1.617	-	1.617	
Energía (Gj)	27.287	181.927	643.149	28.557	361.483	112.354	38.393	1.393.149	Energía Fósil Produ

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. La presente campaña se constata un fuerte incremento de la participación de la producción primaria en los consumos energéticos dados los bajos rendimientos de cultivo obtenidos.

Tabla 21 integradora de consumos energéticos

Energía (Gj) x Sector/Etapa	Energía	Insumos ⁽¹⁾	Otras Fuentes ⁽²⁾	Total x Sector/Etapa	%
A. Abastecimiento Materias Primas (Produccion Maiz)	145.704	474.933		620.638	26%
B. Transporte Maiz a Planta	68.988	-		68.988	3%
C. Planta ACABIO - 1. RECEPCION	27.287	-	-	27.287	1%
C. Planta ACABIO - 2. MOLIENDA Y FERMENTACION	181.927	58.625	-	240.552	10%
C. Planta ACABIO - 3. DESTILACION	643.149	-	-	643.149	27%
C. Planta ACABIO - 4. SEPARACION	28.557	-	-	28.557	1%
C. Planta ACABIO - 5. SECADO	361.483	-	-	361.483	15%
C. Planta ACABIO - 6. CONSUMOS COMUNES	112.354	-	214	112.568	5%
C. Planta ACABIO - 7. PLANTA CO2	38.393	-	-	38.393	2%
D. Transporte a Clientes - Alcohol	136.371	-	-	136.371	6%
D. Transporte a Clientes - WDGS	39.603	-	-	39.603	2%
D. Transporte a Clientes - DDGS	18.841	-	-	18.841	1%
D. Transporte a Clientes - Aceite Vegetal	899	-	-	899	0%
D. Transporte a Clientes - CO2	13.667	-	-	13.667	1%
Total (Gj)	1.817.223	533.559	214	2.350.996	

⁽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 22 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	1.207.966	533.559	214	1.741.739	74%
Etapas exclusivas DDGS/WDGS/Aceite	-	-	-	-	0%
Etapas exclusivas DDGS/WDGS	361.483	-	-	361.483	15%
Etapas Exclusivas CO2	38.393	-	-	38.393	2%
Etapa Exclusiva Alcohol	136.371	-	-	136.371	6%
Etapa Exclusiva WDGS	39.603	-	-	39.603	2%
Etapa Exclusiva DDGS	18.841	-	-	18.841	1%
Etapa Exclusiva Aceite Vegetal	899	-	-	899	0%
Etapa Exclusiva CO2	13.667	-	-	13.667	1%
Total	1.817.223	533.559	214	2.350.996	

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 este año se alcanzó un número de 2,45 unidades de energía obtenida por cada unidad de energía invertida.

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 1,57 el cual se compara con los valores encontrados en la bibliografía reciente para plantas de este tipo.

Tabla 23 Resultados del balance energético

Apropiación por Energía	Alcohol	DDGS	WDGS	Aceite vegetal	CO2	Total
Producción (TN)	135.504	52.212	208.818	3.878	27.825	428.237
Energía Invertida x línea (Gj)	1.254.496	404.263	594.476	45.701	52.060	2.350.996
Energía x Producto terminado (Gj)	3.700.601	785.220	1.130.445	148.276	-	5.764.542
Balance de energía x línea (Gj)	2.446.105	380.957	535.968	102.576	-52.060	3.413.546
Tasa de retorno energético (EROEI)	2,95	1,94	1,90	3,24	-	2,45
Si tomo a la energía SOLO del Bioetanol y todos los consumos la Tasa de retorno energético (EROEI) sería						1,57

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

Tabla 24 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	1,57	2,45

Estos balances podrían ser mejorados sustancialmente como los de emisiones si se sumaran como crédito a la empresa el total de energía evitada con la captura y comercialización del dióxido de carbono de la planta.

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 integradas 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 25 Planilla de salida de resultados de la última versión del biograce empleado.

The screenshot shows the BioGrace I interface with the following data:

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_{ac}				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	58,9%	0,0	0,0		0
Bonus or e_{sca}	0,0	100,0%	0,0	0,0		0
e_{pcr} + e_{pcsa}	0,0	100,0%	0,0	0,0		0
Totals	41,6			25,3		43

Additional interface elements include: Allocation factors (Ethanol plant: 58.9% to ethanol, 41.1% to DDGS), Emission reduction (70%), and a note: "Calculations in this Excel sheet..... strictly follow the methodology as given in Directives 2009/28/EC and 2009/30/EC".

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 alocación 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 cercana 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

En revision

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 estable 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 26 Precipitaciones anuales

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

2015	787
2016	996
2017	836

Tabla 27 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 28 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.

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. Al ser la campaña bajo análisis similar a las campañas de máximo déficit hídrico se ha tomado estas como característica.

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.

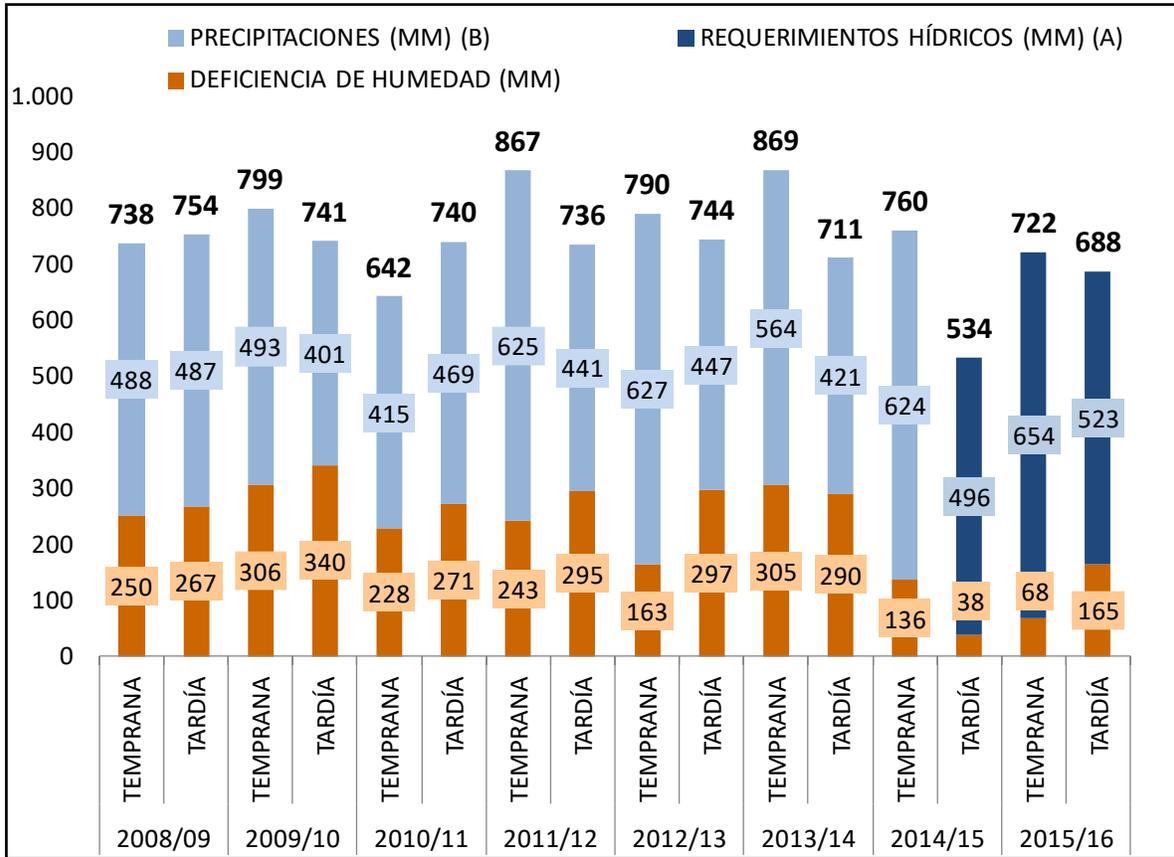


Figura 32 estimación de la evapotranspiración verde (en mm)

Tabla 29 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.

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.

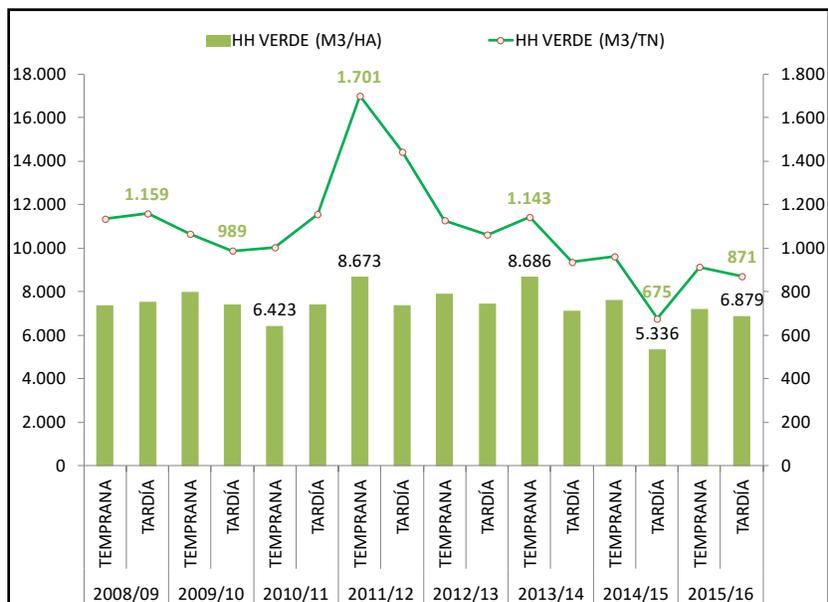


Figura 33 Estimación de la huella hídrica verde

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 30 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 31. 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 32 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 5.624 m3/Tn .

Huella Hídrica de la etapa industrial

De acuerdo a la información generada por la empresa para el período junio 2017 a julio de 2018 se consumieron 420.896 mil toneladas de maíz para producir 171.545 mil m3 de bioetanol. Como coproductos del proceso se obtuvieron 3,8 mil m3 de aceite vegetal y cerca de 208 mil toneladas de burlanda húmeda y 52 de seca.

Tabla 33 Datos de producción de acabio

CONCEPTO	UNIDAD	JULIO 17 / JUNIO 18
Maíz (Ingreso granos a planta)	Tn	420.896
Alcohol etílico anhidro (Bioetanol)	m3	135.504
DDGS	Tn	52.212
WDGS	Tn	208.818
Aceite vegetal	m3	3.878
Humedad Maíz	%	14,0
Humedad WDGS	%	67,9
Humedad DDGS	%	10,9
Humedad Aceite vegetal	% p/p	0,65

Humedad Alcohol etílico	% v/v	0,05
-------------------------	-------	------

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 58,9 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 946 mil m3 anuales.

Tabla 34 Ingreso de agua por fuente

CONCEPTO	UNIDAD	JULIO 16 / JUNIO 17
Ingreso de agua en Maíz	m3	58.974
Ingreso de agua a planta (pozos)	m3	946.819
Total ingreso de agua	m3	1.005.793

Fuente: elaboración propia en base a datos de ACABIO.

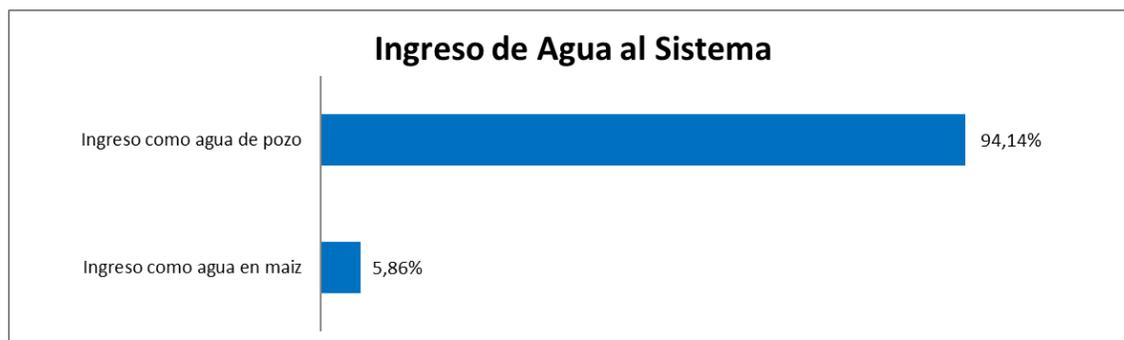


Figura 34 Ingreso de agua ACABIO Fuente: ACABIO

Por su parte, entre las salidas de agua se contabilizaron 317 mil m3 de efluentes líquidos que de una manera u otra regresaron a la cuenca de origen, 9,9 mil en forma de riego y 42 mil como evaporación de torres mientras que 146 mil m3 fueron incorporados en el bioetanol y sus coproductos, y otros 489,3 mil se evaporaron.

Tabla 35 Salidas de agua por fuente

CONCEPTO	UNIDAD	JULIO 16 / JUNIO 17
Salida efluente liquido - Laguna Trat.	m3	317.794,47
Salida de efluente liquido - Torre turbina	m3	42.267,50
Salida de efluente liquido - Filtros pozo 4	m3	
Salida de efluente riego (cisterna)	m3	9.992,00
Salida de agua en producto WDGS	m3	141.051,79
Salida de agua en producto DDGS	m3	5.185,71
Salida de agua en producto Aceite vegetal	m3	22,02
Salida de agua en Alcohol anhidro	m3	117,61
Salida agua vapor - Evaporación Gral.	m3	489.362,81

Fuente: elaboración propia en base a datos de ACABIO.

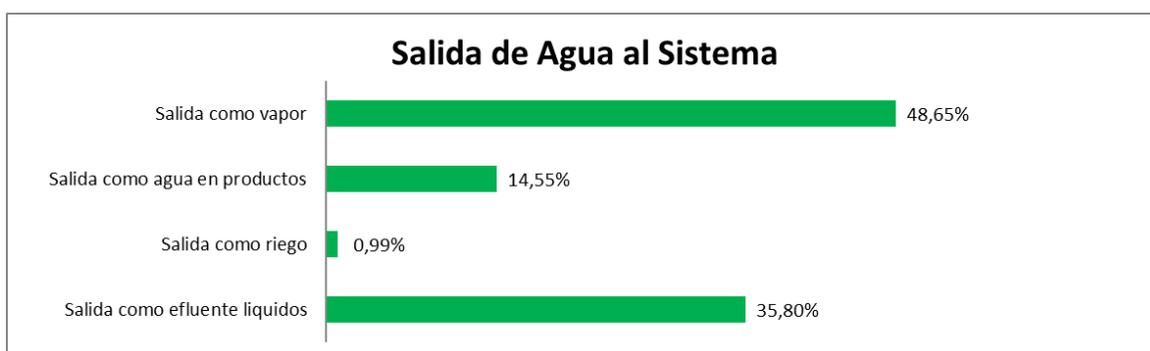


Figura 35 Salida de agua ACABIO

Fuente: ACABIO

Cálculo de la huella hídrica azul

La huella hídrica azul de la etapa industrial posee un valor de 576.763 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 36 Cálculo de la huella hídrica azul

CONCEPTO	VOLUMEN (M3/AÑO)
Salida de agua en producto WDGS	141.051
Salida de agua en producto DDGS	5.185
Salida de agua en producto Aceite vegetal	22
Salida de agua en Alcohol anhidro	117,6
Salida agua vapor - Evaporación gral	489.362
-Ingreso de agua en Maíz	58.974

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 1,6 litros de agua por cada litro de bioetanol. Este criterio indica que el mayor usuario de agua en el proceso de producción corresponde a la burlanda húmeda (48 %), producto comercializado en el mercado como alimento para rumiantes

Por otro lado, si adquirimos un enfoque económico observamos que se requieren 3,7 m³ de agua por m³ de bioetanol producido, llevándose el 87 % 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 3,1 m³ de agua por cada m³ de bioetanol (74 % 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 37 Asignación de la huella hídrica azul por el criterio de masa¹²

¹² Densidad del bioetanol= 0,79gr/cm³

criterio de masa					
PRODUCTO	MASA (TN)	PONDERADOR	HH AZUL (M3)	Valor	unitario
Burlanda húmeda	208.818	48%	275.948		
Bioetanol	171.545	39%	226.693		1,67
Burlanda seca	52.212	12%	68.997		
Aceite vegetal	3.878	1%	5.125		
TOTAL GENERAL	436.453	100%	576.763		
criterio economico					
PRODUCTO	PRECIO (\$/TN)	PONDERADOR	HH AZUL (M3)	Valor	unitario
Burlanda húmeda	739,000	6%	35.299	154316502	
Bioetanol	12.850,00	87%	504.239	2204353250	3,72
Burlanda seca	2.969	6%	35.460	155017428	
Aceite vegetal	1.990	0%	1.765	7717220	
TOTAL GENERAL	18.548	100%	576.763	2521404400	
criterio ENERGÉTICO					
PRODUCTO	ENERGÍA (JULES/TN)	PONDERADOR	HH AZUL (M3)	Valor	unitario
Burlanda húmeda	5	1%	4.848	3997,99	
Bioetanol	27	74%	425.505	350933,5	3,14
Burlanda seca	15	9%	54.142	44653,76	
Aceite vegetal	38	16%	92.268	76097,6	
TOTAL GENERAL	86	100%	576.763	475682,85	

Tabla 38 Huella Hídrica azul del bioetanol según tipo de asignación

Criterio	HH azul unitaria
Masa	1,67
Económico	3,7
Energético	3,1

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

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

Al aplicar el coeficiente de 3,1 Tn/m³ para la huella azul y le sumamos una huella hídrica verde del bioetanol de 1.653 m³/m³ y una huella hídrica gris de 335 m³/m³ (se considera únicamente la proveniente de fertilizantes) obtenemos una huella hídrica total de 1.991 m³/m³ o bien de 95,5 m³/Gj .

Tabla 39Huella hídrica total

HH MAIZ		
M3 agua/Tn maíz		
HH VERDE	HH GRIS	HH AZUL
1653	335	3,1

Conclusiones

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 ha disminuido considerablemente en la presente campaña. 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.

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.

Se ha aplicado un criterio consecuencial a la producción de dióxido de carbono asignándose los ahorros logrados por la sustitución del método de obtención alternativo a todos los productos logrando una mejora significativa.

CONSIDERACIONES FINALES

- La campaña bajo análisis se caracterizó por una merma significativa en los rendimientos generales de maíz lo cual repercutió en los niveles de emisiones por unidad de grano ingresado a planta perjudicando los valores generales.
- Se logró la incorporación externa de un sistema de cálculo que emplea el sistema de relevamiento de paquetes tecnológicos de la Bolsa de cereales de Buenos Aires RETAA lo cual redundó en un valor auditable y trazable para los insumos empleados en la cuenca de abastecimiento de la empresa.
- Se realizaron comprobaciones en diferentes campañas entre el sistema original de relevamiento y el nuevo y las diferencias estuvieron cercanas al 3 % fundamentalmente debido al diferencial de rendimientos.
- 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.
- Los niveles de reducción con el crédito de la planta de dióxido de carbono en todos los casos supera el nivel de exigencia puesto en vigor en el presente año por la Unión Europea. Del 60 %.
- 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 es posible el planteo a futuro de armar y desarrollar reglas de categorías de producto y declaraciones ambientales de producto en el marco del sistema PCR y EPD basados en la ISO 14025 de eco etiquetado.
- Se plantea la continuación de los estudios a fin de ajustar la información de origen de materia prima incorporando información adicional como los rendimientos por nivel tecnológico que procesa la Bolsa de cereales de Buenos Aires en el marco del sistema de relevamiento RETAA..

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 – 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., Spiensma, 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.

Lorenç 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)