

**VI Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y
V Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica
ENARCIV 2017**

CASO DE ESTUDIO INDUSTRIAL

**INFLUENCIA DE LA TERRITORIALIDAD Y LA TEMPORALIDAD EN EL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA
DE UNA BIOREFINERÍA DE MAÍZ**

Hilbert^{1*} J.A. Carballo S.² Galbusera³ S. Schein⁴ L. Dantur⁵ A. Galvan⁶ M.J. Manosalva¹ J
Michard² N.

¹Inst. de Ing. Rural INTA c.c. 25 Castelar 1141434394 jorgeantoniohilbert@gmail.com

²Inst. Clima y Agua INTA ³Consultor INTEASA ⁴Univ. Nac de Lujan ⁵ACABIO ⁶Univ. Nac. Villa María

Resumen

Los análisis y determinaciones de impacto ambiental de ciclo de vida, por lo general deben estar referidos a una unidad funcional y a una temporalidad específica dado que se expresan como valores únicos. La no consideración de estos supuestos no es tan grave en productos industriales que usualmente son más estables y poseen una acotada variabilidad en tiempo y espacio. Los productos derivados de la agricultura por el contrario, poseen una alta dependencia del lugar de origen de la materia prima así como el espacio temporal en que se desarrolló a misma. En el caso del análisis de ciclo de vida de bioetanol, se trabajó sobre el espacio territorial de procedencia del maíz y se repitieron los estudios a lo largo de dos años determinando el nivel de variabilidad y su afectación sobre dos indicadores: el nivel de emisión de gases efecto invernadero y el consumo de energía por unidad de producto, siguiendo los criterios de asignación económica, energética y másica. Se utilizaron sistemas de información geográfica para localizar la procedencia de la materia prima y se lo correlacionó con los paquetes tecnológicos y rendimiento mediante campos testigo.

Palabras clave: ACV, territorio, bioetanol, biorefinería

Introducción

El análisis de ciclo de vida de productos agropecuarios y agroindustriales presenta características particulares ya que el componente de origen de la materia prima tiene un peso significativo en los resultados finales. A su vez, la evaluación de los cultivos está fuertemente influenciada por factores de índole climática y edáfica que debería ser contemplada tanto en su variación espacial como temporal.

Nitschelm et al 2015 propone para un análisis de ciclo de vida territorial "*Spatialized territorial LCA*" (STLCA) una serie de pasos a tener en cuenta para lograr capturar en un ACV la variación espacial del territorio en aquellos casos donde el área supera los 100 km² y se presupone una variabilidad espacial significativa. Reap et al (2008) también cita en su *review* sobre aspectos a resolver en los ACV la espacialidad y su modelación. Nemecek, T. et al (2010) desarrolla métodos de cálculo para contemplar la variabilidad entre establecimientos agropecuarios en Europa mediante el desarrollo de herramientas específicas.

EL INTA viene desarrollando este tipo de estudios a lo largo de los últimos 10 años sobre biorefinerías de soja y de maíz contemplando el comportamiento en diferentes campañas visualizando importantes efectos de estos factores en los valores finales.

Los resultados de dichos estudios marcaron la gran importancia de la producción primaria en las emisiones e impactos totales alcanzados por cada uno de los productos elaborados. Por este motivo y dado el impacto significativo del rendimiento y los paquetes tecnológicos empleados, se consideró

importante encarar un estudio sobre la variabilidad presente en la cuenca de abastecimiento de la biorrefinería estudiada.

La zona de origen de la materia prima de la empresa analizada presenta como desventaja el régimen de lluvias estivales, las que con gradiente de este a oeste de Argentina ofrecen una menor disponibilidad de lluvias en los periodos críticos del ciclo del cultivo (floración). A ello, se agrega el cambio en la aptitud de los suelos asociado a ese gradiente, los que pasan de una textura más arcillosa al este-sureste a una más arenosa al oeste. Allí, las deficiencias hídricas en el período de mayor demanda hídrica del cultivo pueden determinar una alta variabilidad de rindes entre campañas para los cultivares de siembra temprana cuya mayor demanda hídrica se ubica entre mediados de diciembre y mediados de enero. Incluso dentro de una misma campaña en que los promedios de lluvia a nivel provincial pueden ubicarse dentro de parámetros normales, las lluvias de distribución almente heterogénea pueden determinar rindes muy diferentes entre departamentos.

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. El promedio anual de lluvias en el área de procedencia del maíz que llega a la planta es de 800 a 850 mm milímetros, de los cuales el 83% se distribuye entre septiembre y marzo. Los meses de diciembre -enero, coincidentes con la floración de las variedades tempranas de maíz, muestran gran variabilidad interanual en las precipitaciones. En función de la aptitud de los suelos y la variabilidad climática se han definido, dentro de la zona de abastecimientos ambientes con potencialidad de rindes y riesgo diferencial para el cultivo de maíz. Figura 27

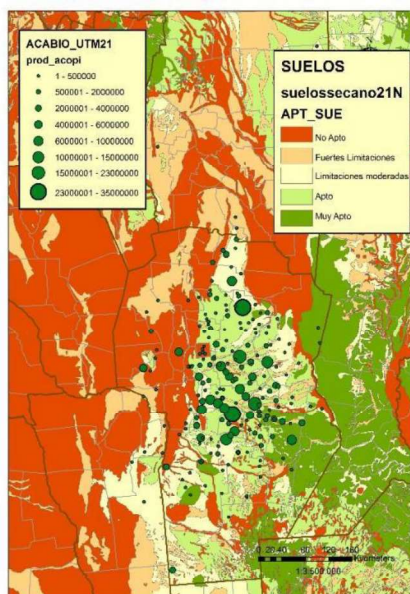


Figura 1 Ambientes con potencialidad de rindes y riesgo diferencial para la producción de maíz

Las posibilidades teóricas de mayores rindes con variedades de siembra temprana se ven afectadas cada año a circunstanciales deficiencias de lluvias y humedad de suelo al momento de la siembra lo cual puede generar desplazamientos de la fecha óptima de siembra en cada localidad y por ende esto modifica el rendimiento máximo potencial del híbrido seleccionado.

El desarrollo en los últimos años de nuevas variedades genéticas que admiten siembras tardías con buen desempeño de rindes y baja incidencia de enfermedades, permiten que su implantación se realice con un mayor porcentaje de humedad edáfica permitiendo , además, que el momento de mayor demanda hídrica no coincida con el período de mayor inestabilidad de lluvias. Esto ha determinado un aumento marcado y sostenido del porcentaje de lotes dedicados a estas variedades, especialmente en ambientes de menor aptitud de suelos.

El planteo por ende de producción de maíz (temprano vs tardío) estará dado por el tipo de suelo y su interacción con el contenido de agua a la siembra y el pronóstico de mediano plazo. Estas variables

condicionan cada año en particular el porcentaje dedicado a uno y otro planteo, en la zona de la que procede la materia prima. La distribución entre planteos difiere ya sea que se trate de suelos de mayor aptitud (Molisoles: Argiudoles típicos) y con menor dispersión de lluvias en diciembre-enero (ubicados hacia el este) donde se prefieren las variedades tempranas porque presentan techos de rindes más elevados

En tanto que en áreas con suelos de menor aptitud agroclimática o de texturas más arenosas (Haplustolúdicos o Haplustolesenticos) las variedades tardías han mostrado mayor estabilidad de rindes y valores promedio más altos en una serie de años por lo que se observa una adopción creciente de este tipo de planteo. Dentro del área de procedencia del maíz que llega a la planta en los departamentos ubicados más al norte (con suelos de menor aptitud) la relación puede llegar hasta 10-90 entre los cultivos tempranos y tardíos. Hacia el centro la relación es 25-75. Hacia el este y sureste 35-65. Los techos de rendimiento que pueden alcanzarse en los cultivos de siembra temprana son más altos pero la dispersión por razones climáticas entre campañas es mucho mayor. Adicionalmente los cultivos de siembra tardía presentan rindes más estables entre campañas.

Materiales y métodos

El volumen ingresado a planta en el periodo julio 2015-junio 2016 fue de 318.008 Tn, proveniente de diferentes departamentos de la provincia de Córdoba y provincias vecinas. Para el cálculo de has cultivadas correspondientes al volumen llegado a planta durante el período julio 2015- junio 2016 se siguió la siguiente metodología:

1. Se generó un mapa georreferenciado localizando los lugares de aprovisionamiento especificando el volumen procedente de cada uno de ellos.
2. Se produjo un mapa con los rindes por departamento para la campaña 2014-2015 atento a lo informado por la Bolsa de Cereales de Córdoba y por el Sistema Integrado de Información Agropecuaria SIIA incluyéndolas en el SIG.
3. Se calculó la superficie implantada con maíz en las áreas relacionadas con los puntos de procedencia.

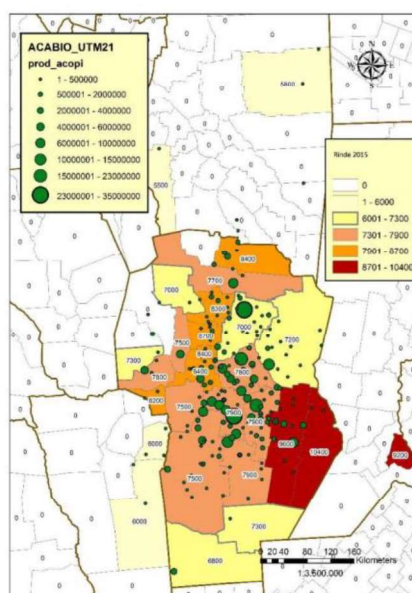


Figura 2 Rindes a nivel partido en la campaña 2014-2015

Los rindes para la campaña 2014-2015 para los departamentos de Santiago del Estero y San Luis de donde proviene maíz que llega a planta fueron tomados de información suministrada por el Ministerio de Agricultura de la Nación a través del servicio de información agropecuaria (SIIA).

El aumento de cultivares de siembra tardía, registrado en las últimas campañas ha determinado que el diferencial entre superficie plantada y cosechada se haya reducido en la provincia de Córdoba (de la que proviene la casi totalidad del maíz procesado) desde valores que superaban el 20% de superficie

perdida a valores que rondan el 15%. Esta información fue empleada en la modelización SIMAPRO incrementando en este porcentaje el área afectada para asegurar la provisión de materia prima a la empresa.

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.

Durante esa campaña las lluvias en los momentos críticos para los maíces tuvieron buen desempeño tanto en el caso de maíces tempranos como tardíos. Esas lluvias ayudaron a que los departamentos hacia el E-SE, que tienen mejores suelos y donde se cultiva la mayor proporción de cultivos de maíz de siembra temprana presentaran los mayores rindes los que disminuyeron hacia el oeste por el gradiente de lluvias y menor aptitud de los suelos y hacia el sur por cambio de textura de los suelos. El volumen procedente de los diversos puntos de suministro fue dividido por el rinde promedio del partido al que pertenecen obteniendo la superficie estimada en hectáreas que fueron implantadas para el logro de los volúmenes recibidos en la planta. Esa información permite calcular las emisiones en la fase de producción de la materia prima.

Se tomaron para cada departamento los rindes máximos y mínimos de las últimas 6 campañas para el cálculo del % de diferencias entre rindes de modo tal que $Rinde\ Min + x\% \ Min = Rinde\ Max$). La Figura 35 muestra que los departamentos hacia el E-SE que tienen mejores suelos y mayor proporción de cultivos de primera presentan el mayor porcentaje de diferencia entre rindes, dada su preferencia por variedades de siembra temprana que ofrecen mayores techos de rinde pero que sufren más pérdida de rendimiento en años secos. Lo mismo sucede en áreas con suelo de muy baja aptitud agrícola. En la zona de procedencia del mayor volumen de la materia prima Figura 3 se observa una variación entre campañas (adjudicable a razones climáticas) del orden del 65 al 75 %.

A fin de lograr una representación gráfica del ajuste de rendimientos y superficies afectadas por la producción de maíz correspondientes al volumen llegado a planta durante el período julio 2015- junio 2016 se generó un mapa en base a un sistema de información geográfico SIG en programa ARCGis localizando los lugares de aprovisionamiento especificando el volumen procedente de cada uno de ellos utilizando como insumo la: planilla con información de ingreso de materia prima suministrada por la biorefinería

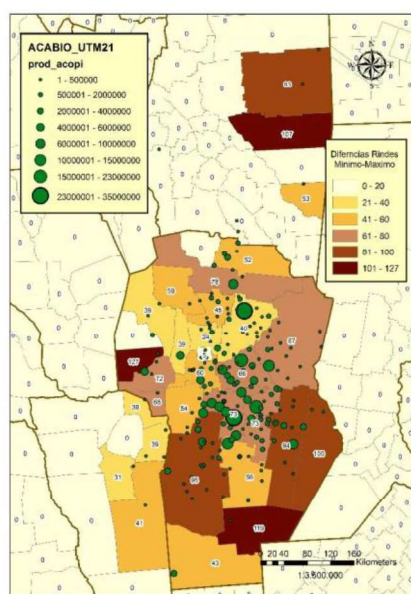


Figura 3 Variación de rindes entre campañas y procedencia del maíz utilizado en la planta graduado por volumen.

Tomando en cuenta el volumen total recibido de las diferentes procedencias el cálculo de la variación de rindes máximos y mínimos de las últimas seis campañas ponderados, resulta del orden del 68 %, La relación entre los rindes de la campaña 2015-2016 y el mínimo valor de la serie de los últimos 6 años resultó del 62% (ponderado dentro del área de aprovisionamiento de la planta). Teniendo en cuenta estos resultados se realizó un ejercicio calculando el rinde mínimo a partir del cual la reducción de emisiones quedaría por fuera de lo establecido por la Unión Europea. El calculador permite variar fácilmente este parámetro que es muy sensible.

Durante el período se recibieron en la planta de Villa María 318.008 Toneladas de maíz (peso neto) provenientes de un total de 166 proveedores de las provincias de Córdoba y San Luis. Los proveedores más influyentes del periodo considerado fueron La Penca, Laguna Larga, Monte Cristo, Las Arrias, Arroyo Cabral Despeñaderos, Las Cortaderas Calchin oeste y Tancacha.

Se realizó una estimación de rinde promedio de la provincia tomando según dos metodologías en el calculador se tomaron los rindes promedio por localidad ponderados por el ingreso desde dichas zonas a la planta. Existen dos localidades cuyo volumen producido es superior al que ingresó de dichas zonas a la empresa. Realizando una comparativa entre kg relevados y recibidos resulta una representatividad del 6 %. El rendimiento promedio final logrado mediante este método fue de 7721 Kg/ha.

Tabla 3 Cálculo de rendimientos según campos relevados

Localidades	Kgs Recibidos	Kg Relevados	% Muestra	Ha Relevadas	Kgs/ha
Berrotaran	4.097.020	490.000	12%	70	7.000
Los Condores	18.837.780	3.419.000	18%	460	7.433
Hernando	33.317.060	1.180.100	4%	123	9.594
SACANTA	33.432.180	3.450.000	10%	350	9.857
Despeñaderos	4.939.900	1.168.000	24%	168	6.952
Tío Pujio	15.517.240	300.000	2%	40	7.500
Villa María	5.574.760	471.000	8%	63	7.476
Ballestero	2.327.120	1.620.000	70%	180	9.000
Villa Nueva	58.900	570.000	968%	60	9.500
LA PUERTA	36.264.340	4.550.000	13%	600	7.583
CAÑADA DE LUQUE	121.360	720.000	593%	120	6.000
MAQUINISTA GALLINI	-	2.400.000	0%	400	6.000
Sin relevar	163.520.730	-	0%	-	-
Total Kg	318.008.390	20.338.100	6%	2.634	7.721

A fin de realizar una contrastación de este cálculo con los promedios provinciales por localidad suministrados por la Bolsa de cereales local se tuvo en cuenta las localidades de origen de la

producción, los rindes promedio en dichas zonas declaradas para la campaña considerada ponderado por la cantidad de granos provista por cada una de las zonas. El rinde promedio para la campaña según esta metodología fue de 7.696 kg/ha por lo tanto se prosiguió con el cálculo tomando los campos testigos ya que no se evidenció un desvío significativo entre ambas metodologías.

Resultados y discusión

La superficie teórica calculada para la producción del volumen de maíz ingresado a planta fue de 40967 Has. El rendimiento por hectárea ponderado para la campaña 2014- 2015 sobre el volumen total ingresado para su transformación fue de 7762 Kg/Ha. Las emisiones asociadas a la producción de maíz en el periodo suman un total de 42.135 toneladas de CO₂eq para la totalidad de los campos asociados. El concepto de “Residuos de Cosecha” (37%) es el más influyente seguido por “Fertilización” sumando la fertilización y la producción es la categoría que más contribuye (32 %), seguida por la producción de los agroquímicos y en cuarto lugar los combustibles empleados en las diferentes actividades del cultivo. Si se analizan las emisiones de GEIs por tonelada de maíz producida, se obtiene un valor de 132 gm CO₂eq/t de maíz, mientras que las emisiones por hectárea sembrada tienen un valor de 1025 gm CO₂eq/ha.

En el caso bajo estudio el máximo de merma global de la producción de maíz en la cuenca de abastecimiento para seguir cumpliendo con lo especificado para la unión europea para el año 2018 sería del 30 % o sea, un rendimiento ponderado de 5400 kg/ha con ajuste de paquete técnico e insumos empleados en el cultivo. Si se considera como fijo el paquete tecnológico la máxima merma ponderada global en toda la cuenca de abastecimiento para seguir cumpliendo sería del 18 % con un rinde de 6350 kg/ha. Para este cálculo se tomaron como referencia la columna de insumos fijos y variables. Cuando se toma la primera se considera que la merma del rinde se produjo una vez definido el paquete tecnológico y por ende todos los insumos como agroquímicos y fertilizantes se mantuvieron constantes en forma independiente del rinde.

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

Tabla 4 Calculo de las emisiones de la producción de maíz a campo

	Rinde (Kgs/Ha)		17,8%		7.721	Promedio Uca
		Sensibilidad con Reposicion		Sensibilidad Insumos Fijos		
	TOTAL (TnCO ₂ eq)	%	TOTAL (TnCO ₂ eq)	%	TOTAL (TnCO ₂ eq)	%
Emisiones Campaña 2015/16	133.370		136.521		130.546	
A. Producción MMPP	44.960	34%	48.110	35%	42.135	32%
1. Emisiones Residuos de cosecha	15.730	12%	15.730	12%	15.461	12%
2. Emisiones Fertilización	11.274	8%	13.287	10%	10.710	8%
3. Emisiones Uso de combustibles	4.415	3%	4.415	3%	3.557	3%
A. Abastecimiento Materias Primas (Produccion Maiz)						
4. Emisiones Produccion de Combustib	427	0%	427	0%	344	0%
5. Emisiones Produccion de Agroquimi	8.815	7%	8.815	6%	7.230	6%
6. Emisiones Produccion de Fertilizant	2.317	2%	3.455	3%	3.045	2%
7. Emisiones Produccion de Semilla	1.981	1%	1.981	1%	1.575	1%
8. Emisiones Estructura Campos	-	0%	-	0%	212	0%

A fin de determinar los efectos de la variación de resultados sobre el cumplimiento de exigencias de otros mercados como el de la Unión Europea se realizó una comparación con los valores límites establecidos en la misma con los logrados expuestos en la tabla 3.

Tabla 5 Cálculo de la reducción de emisiones límite para la Unión Europea 2018

Apropiación por energía de acuerdo a la UE

Etapa	Sensibilidad c/reposicion	Sensibilidad Insumos Fijos	Campaña 15/16
A. Producción MMPP/B. Fletes MMPP	12	15	10
C. Planta	15	15	15
D. Fletes a Clientes	3	3	3
Total	31	34	29
Valor Nafta Argentina (1)	77	77	77
Reduccion de emisiones	59%	56%	63%
Valor referencia Union Europea(2)	84	84	84
Reduccion de emisiones	63%	60%	66%

(1) Valores según Balance Energético Nacional - SE y Tercera Comunicación Nacional - SAyDS. Incluye Emisiones Extracción y Refinación

(2) Directiva Europea - Anexo V - Art. 19

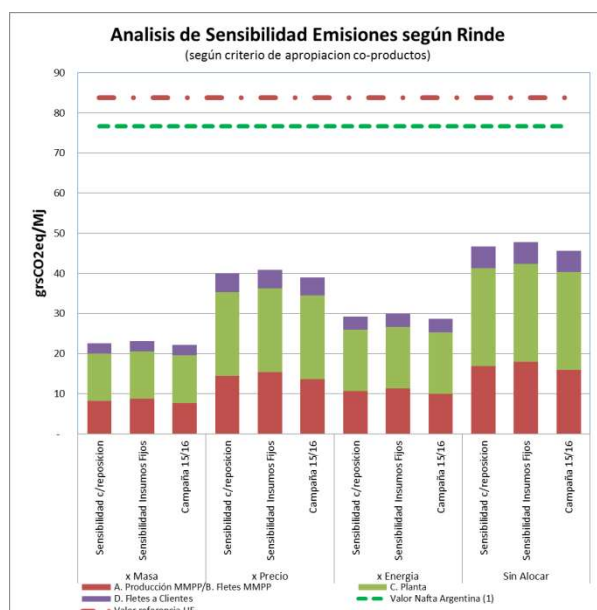


Figura 4 Gráfico comparativo del efecto sobre la emisión global y la reducción de GHG en comparación con el valor default de la UE tomando un rendimiento ponderado promedio de 6350 kg/ha

Se efectuó un segundo ejercicio reduciendo el rendimiento ponderado promedio en un 62 % (2934 kg/ha) a fin de representar el mayor diferencial de la serie de tiempo considerado. En este caso extremo la reducción de emisiones globales de la empresa seguiría cumpliendo con los requisitos de la Unión Europea hasta el 2017 ya que con una reducción de emisiones del 50% estaría comprendido en el límite del 50 % de la normativa. Si se toma en cuenta un ajuste en el paquete tecnológico empleado para esta situación en particular la producción de bioetanol de ACABIO seguiría cumpliendo con las exigencias de la normativa Europea para el año 2017 una de las más altas a nivel mundial equiparables a las exigidas a combustibles avanzados o de segunda generación. Esto muestra la robustez del proceso integral de transformación de maíz de ACABIO ya que en dichos casos extremos se podría tomar la decisión de alterar la cuenca de abastecimiento pudiendo incrementar su reducción de emisiones en forma rápida. En este ejercicio con insumos fijos hecho improbable dado el incremento de certeza en los pronósticos a mediano plazo la emisión total alcanzaría a 175.748 T eq CO₂ con una reducción de emisiones del 50 %. Dichas emisiones con ajuste de paquete tecnológico se reducirían a 153.106 T eq CO₂ y una reducción global del 56 %.

Tabla 6 Cálculo de las emisiones de la producción de maíz a campo con la máxima merma de rendimientos de la serie

ANALISIS SENSIBILIDAD SEGÚN RINDE ACTIVIDADES ACABIO - CAMPAÑA 2015/16


	Rinde (Kgs/Ha)	2.934	% merma rendimiento	62,0%	Campaña 2015/16	7.721	
	Sensibilidad con Reposicion		Sensibilidad Insumos Fijos				
Emisiones Campaña 2015/16	TOTAL (TnCO₂eq)	153.106	%	TOTAL (TnCO₂eq)	%	TOTAL (TnCO₂eq)	%
A. Producción MMPP	64.696		42%	87.337		42.135	32%
1. Emisiones Residuos de cosecha	17.258		11%	17.258		15.461	12%
2. Emisiones Fertilización	11.274		7%	28.756		10.710	8%
3. Emisiones Uso de combustibles	9.556		6%	9.556		3.557	3%
A. Abastecimiento Materias Primas (Produccion Maíz)	925		1%	925		344	0%
4. Emisiones Produccion de Combustib	925		1%	925		344	0%
5. Emisiones Produccion de Agroquimi	19.077		12%	19.077		7.230	6%
6. Emisiones Produccion de Fertilizant	2.317		2%	7.477		3.045	2%
7. Emisiones Produccion de Semilla	4.288		3%	4.288		1.575	1%
8. Emisiones Estructura Campos	-		0%	-		212	0%

Tabla 7 Cálculo de la reducción de emisiones límite para la Unión Europea 2018 con la máxima merma de rendimiento

Apropiación por energía de acuerdo a la UE			
Etapa	Sensibilidad c/reposicion	Sensibilidad Insumos Fijos	Campaña 15/16
A. Producción MMPP/B. Fletes MMPP	15	20	10
C. Planta	15	15	15
D. Fletes a Clientes	3	3	3
Total	34	39	29
Valor Nafta Argentina (1)	77	77	77
Reduccion de emisiones	56%	50%	63%
Valor referencia Union Europea(2)	84	84	84
Reduccion de emisiones	56%	50%	61%

(1) Valores según Balance Energético Nacional - SE y Tercera Comunicación Nacional - SAyDS. Incluye Emisiones Extracción y Refinación

(2) Directiva Europea - Anexo V - Art. 19

En todos los cálculos de sensibilidad no se han tenido en cuenta el crédito posible de emisiones proveniente de la recuperación y empleo del dióxido de carbono en la biorefinería. Las emisiones "evitadas" por no producir CO₂ a partir de Gas Natural y reemplazarlo con el CO₂ proveniente de la fermentación de maíz fueron de 1,19 kgCO₂eq/Kg CO₂ purificado, lo cual multiplicado por la producción del período resultó en un "ahorro" estimado de 13.588 tnCO₂eq. Si se tomaran en cuenta dichos créditos la planta podría soportar mayores mermas de rendimiento por hectárea manteniendo los niveles de reducción de emisiones por encima de lo establecido por la Unión Europea. Se calculó para este fin el mínimo rendimiento admisible que se pudiera producir en la cuenca de abastecimiento tomando en cuenta este crédito arrojando este cálculo un rendimiento de 4750 kg/ha lo cual representa una merma del 38,5 % respecto al rendimiento de la presenta campaña. Tomando en cuenta la máxima merma en la cuenca, en la serie de años analizados las reducciones de emisiones finales que se alcanzarían, representaría reducciones del 53 % para insumos fijos y 59 % para insumos variables.

En función del peso relativo que tienen los impactos de la producción primaria sería deseable incrementar el número de proveedores relevados en la cuenca de abastecimiento para representar un mayor volumen de ingreso de materia prima. Este proceso implica organizar la toma de información de cada proveedor en forma individual con la debida trazabilidad de los datos en el sistema

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

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

Conclusiones

La metodología desarrollada e implementada ha permitido lograr una mayor certidumbre en los resultados obtenidos. Siendo este un tema de alta importancia, cuando dichos resultados están ligados a restricciones de índole comercial de alguno de los productos generados por la biorefinería, como el bioetanol en este caso.

Los resultados del nivel de emisiones logrado, se consideran robustos, en función de la consideración de las particularidades espacio-temporales analizadas en la cuenca de abastecimiento de la biorefinería.

Se requiere seguir profundizando en la representatividad y trazabilidad de la información a campo, a pesar que los cruces de información desarrollados permitieron constatar que se alcanzó un adecuado nivel de representatividad.

Para este tipo de productos de origen agropecuario se requiere del desarrollo de reglas de categoría de producto (PCRs) que integren al cálculo este tipo de consideraciones.