

Modelo de Trazabilidad y SCM para producción de biocombustibles en zonas áridas

CEAL Centro de Estudios y Aplicaciones Logísticas – U.N.Cuyo

Palma R. , Marchetta M. , Distefano M. , Forradellas R.

rpalma@, mmarchetta@fing. , mdistefa@, kike@ [.uncu.edu.ar]

Abstract. Induced by a legal framework established in Argentina, that impose the mix between fossil a bio carburant a the begin of 2010, more and more people are essaying some techniques to obtain fuels from the crops. In other way the red light form the FAO say that every experiment to reduce de use of fossil carburant consumption may not use the water, the land or other resources that are used to obtain food. Those facts open a great opportunity to the semi arid regions that can cultivate the marginal soil to obtain bio-carburants. This work tray to establish which is the better configuration that de supply chain may adopt to assure the better quality to the client, based in the traceability, and at the same time tray to minimize the ecological impact in this fragile ecosystems.

Alcance

El presente trabajo pretende configurar una serie de modelos y herramientas que permitan diseñar la cadena de aprovisionamiento para biocombustibles elaborados en zonas semi-áridas. Como parte de este trabajo de investigación se espera tener un set de datos que podrá ser utilizado por la comunidad científica para ensayar técnicas de minería de datos que tendientes a mejorar la identificación de patrones de causa-efecto entre prácticas en la cadena y no conformidades de calidad en los productos. Así mismo con los datos preliminares reunidos sobre los dos eslabones principales de la cadena se han identificado los factores que más influyen sobre los costos logísticos y de no calidad en la cadena.

Marco referencial de los biocombustibles en Argentina

Durante los últimos meses de 2008 en las etapas iniciales la crisis económica mundial el precio de los combustibles fósiles registró un marcado descenso. Muchos economistas reconocen que el precio del barril de petróleo registró en realidad un sinceramiento de su precio que hasta entonces había sido objeto de manipulación especulativa [2]. Otros especialistas se animan a manifestar que por estos días el precio del petróleo está artificialmente sostenido para evitar que las consecuencias de

la crisis económica impacten más aún en la credibilidad y que sea posible salir de la situación en que se encuentran las economías del mundo.

Sea cual fuere la realidad internacional, nuestro país enfrenta una situación particularmente delicada en lo referente a su matriz energética, por la alta dependencia que en ella se registra a favor de los combustibles fósiles y por la baja tasa de exploración de nuevas reservas. Por un lado es necesario reconocer que nuestro horizonte de reservas se acorta paulatinamente conforme la actividad industrial se incrementa. Pero al mismo tiempo es importante notar que por la incidencia en los costos que los combustibles tienen son las mismas industrias quienes han mejorado notablemente la eficiencia en su uso para preservar su competitividad.

Como muchos países en el mundo Argentina ha planteado la necesidad de procurar mejorar esta situación desfavorable mediante la mezcla de un porcentaje cercano al 80% de combustible fósil con combustibles obtenidos a partir de cultivos o por vías microbiológica. Así para el año 2010 deberá aplicarse la normativa vigente ley 26.093 que obliga a realizar la mezcla que varía en proporciones según el tipo de combustible [1].

Si bien es cierto que toda la superficie cultivable de la nación no alcanzaría para cubrir o sustituir nuestra dependencia actual respecto de los combustibles fósiles, la buena noticia es que todo el biocombustible que se pueda elaborar será utilizado para la mezcla con la parte fósil.

Por otro lado es necesario tener presente la recomendación de la FAO en lo referente a la demanda competitiva de recursos se presentará entre los biocombustibles y los alimentos. [3]

Caminos de evolución de la cadena de aprovisionamiento

La aparición del marco legal citado ha provocado el inicio de un sinnúmero de iniciativas comerciales y experimentales que intentan satisfacer la demanda a futuro del biocombustible. A pesar de la poca información disponible de un escenario en el que los oferentes intentan sacar ventaja frente a sus potenciales competidores, no es posible hoy en día que se visualice como será esta cadena de aprovisionamiento. La legislación obliga a la inserción de un nuevo eslabón denominado “el mezclador” que opera como un intermediario entre el productor primario y los actuales actores de la

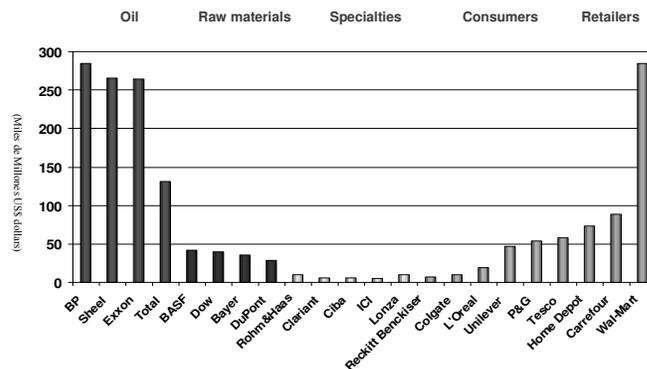


Figura 1: Facturación Anual - Police y Fluery [6]

cadena de combustibles fósiles.

En busca de señales y semejanzas en las cadenas de aprovisionamiento existentes se han indagado en alguna de ellas a fin de encontrar similitudes y puntos de contactos a fin de poder tener un marco de referencia que nos permita anticipar la dinámica futura.

Se ha recurrido a un ejemplo bien estudiado por Bragg [4] perteneciente a la industria oleoquímica, más específicamente el caso de los detergentes[Ver fig. 1]. En cierto modo tanto la cinética química como el tipo de equipamiento utilizado tiene una gran semejanza con el que se utiliza en la trans-esterificación de los aceites vegetales para obtener biodiesel. Si bien se hace extensiva las conclusiones para el caso de las bionaftas, debe tenerse en cuenta que el ajuste fino deberá ser hecho a futuro y es parte de los trabajos que aún se están realizando en esta investigación.

La figura 1 está basada en un trabajo de Police & Fleury [5] y muestra la facturación relativa de las empresas que operan en torno al negocio de los detergentes, partiendo de los compuesto obtenibles a partir del petróleo hasta que llega a la góndola del supermercado. Esta cadena que se considera madura y estabilizada. En ella los actores han conseguido un equilibrio y sostienen ganancias en el tiempo que les permiten innovar y crecer competitivamente en el mercado. En ella se puede apreciar como las mayores contribuciones por ventas y consecuentemente el mayor valor agregado se localizan en los extremos de la cadena. En el rango de la izquierda aparecen empresas que trabajan con un solo producto y una transformación total de la materia prima. En el extremo derecho aparece el retailer que opera con familias muy numerosas de productos, con márgenes muy pequeños en la venta y transformación cero.

Esto sugiere que la cadena ha alcanzado un grado de madurez interesante por que están incluidos dentro de la cadena otros actores como el fabricante de materia prime (row material) que intenta asegurar la calidad a lo largo de toda la cadena, el especialista que integra diferentes compuesto químicos que reaccionan para obtener los diferentes insumos, los consumidores de los mismos que desplazan por los diferentes canales a lo largo del mundo y finalmente los retailers que llegan con el producto a las góndolas.

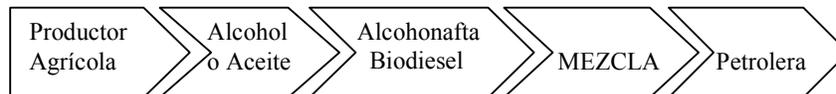


Fig. 2: Cadena de Abastecimiento

Basándose en este modelo se propone una cadena para el biodiesel que contenga a los siguientes actores.

Al igual que el ejemplo de los detergentes esta cadena concentra en sus extremos a los actores que tienden a dominar el mercado con actividades de tipo capital intensivas y los volúmenes de facturación elevados. Que uno de estos dos tenga prevalencia sobre el otro marca el hecho que implica tener una cadena tipo “product driven” o “customer driven” conforme a lo que explica Marjolein en [5].

Trazabilidad en la cadena

Basado en la posible configuración de la cadena se han propuesto instancias de registro exhaustivo de las prácticas y operaciones que cada actor realiza, lo que por un lado permite monitorear el valor agregado y por otro asegurar las medidas correctivas a fin de eliminar las no conformidades en pos de un proceso de mejora continua.

A efectos de facilitar el proceso de trazabilidad el CEAL (Centro de Estudios y Aplicaciones Logísticas) ha implementado una solución basada en web para capturar información de los procesos. En la actualidad se han recabado datos de los cultivos experimentales y de los procesos de elaboración de biodiesel. Se espera realizar la misma tarea con las alcohonaftas en la campaña de cosecha 2009.

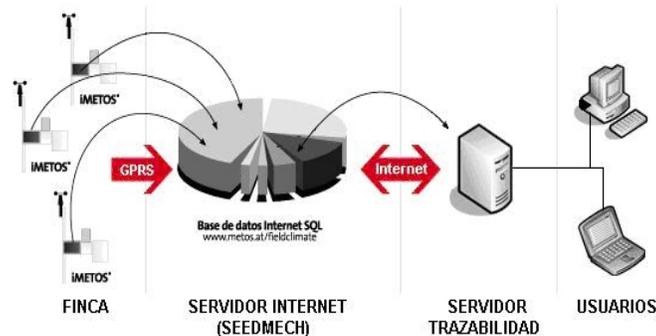


Fig. 3: Servidor de Trazabilidad

A la fecha se están relevando en forma automática datos de estaciones meteorológicas en los cultivos, riegos y humedad de terreno. Por el lado de la elaboración se está capturando información vía PLC de la planta escala banco que opera en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo. Se ha desarrollado la ingeniería básica y de detalle para monitorear plantas a distancia. Se espera que a mediados de 2011 se cuente con un set de datos suficientemente poblado como para realizar trabajos de minería de datos que permitan mejorar la calidad y eficientizar los procesos. Este set de datos podrá ser solicitado para trabajos de investigación. La difusión de esta información pretende agregar visiones y experiencias que mejoren la trazabilidad e identificación de causas de no conformidades.

Basado en la información recolectada hasta la fecha se han estimado áreas potenciales, a partir de datos de geomorfológicos, cartas de clima e imágenes satelitales, a fin de determinar cuales sería las zonas candidatas que optimicen la ecuación de costos/beneficio y garanticen el impacto mínimo al sistema ecológico. Estas áreas además deberán satisfacer la restricción de no competir en la misma época por el suelo con otros cultivos, ni disputar el agua de cultivos ya existentes. En base a esto se han determinado seis zonas potenciales cuyo desarrollo se estima crecerá paulatinamente como cinturones entorno a las ciudades y pueblos existentes en la provincia de Mendoza. (ver Fig. 7)

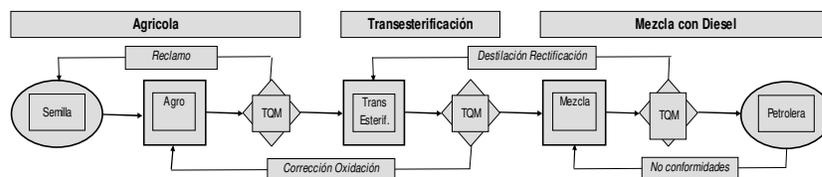


Fig. 4: Modelado de la Cadena Biodiesel

En la figura 4 pueden apreciarse los puntos señalados con “TQM” en los que se toman datos para el servidor de trazabilidad, definiéndose tres ámbitos de competencias común en los que se pueden minimizar los impactos negativos de la no calidad, o de ineficiencias logísticas.

El primer ámbito está restringido a las actividades agrícolas que se extienden hasta la extracción de aceite para biodiesel (o hidratos de carbono y azúcar fermentable en el caso de alcohonafta).

El segundo ámbito se relaciona con la trans-esterificación (o la fermentación y destilado) . La complejidad de estas tareas es realizable con inversiones pequeñas y tecnología conocida en la zona. El principal indicador de calidad en este caso es el producto insumo para la mezcla, pero este eslabón no podrá realizar esta tarea por que no es admitido por la ley y no podrá ser juez y parte en conflictos de calidad. El mezcaldor debe delegar en terceras partes la certificación de calidad del producto.

El tercero se relaciona directamente con la demanda y abarca a la mezcla con combustible fósil y la distribución y comercialización

Para cada uno de estos actores se han relevado información de costos de operación, logísticos, así como las ineficiencias del proceso. En los casos de los ámbitos 1 y 2 la información colectada es relativa a los cultivos de la universidad (campañas 2008 en 10ha) y a la elaboración de lotes de 350 litros en la planta de escala banco. La calidad del combustible obtenido ha sido suficientemente alta como para movilizar los

vehículos de la universidad afectados a la dirección de obras civiles y mantenimiento de edificios.

De los datos de obtenidos es posible realizar una simulación por el método Montecarlo a fin de obtener una esperanza matemática de la variabilidad de los parámetros de calidad de la cadena completa, así como la ineficiencia logística y el impacto que estos valores tienen en los costos totales.

Del análisis de los datos de georeferenciación se puede inferir la capacidad que el territorio tiene para aportar combustible a la demanda nacional. Se ha trabajado con el biodiesel solamente ya que a la fecha no se cuenta con información relevante para las naftas. Según datos del Ministerio de Economía de la Nación ^[7] el consumo de Diesel en 2008 alcanzó los 12.240.000 m3. Se espera que esa cifra se incremente hasta los 15.000.000 m3 en 2010. Con los rendimientos de proceso y cultivo es posible inferir que la región central del oasis norte de Mendoza llegue a colaborar con 12.400 m3 en 2010.

Estructura de costo en la cadena y parámetros operativos

La estructura de costo y parámetros de producción para el primer eslabón tiene la siguiente composición.

Agrícola		Min	Esp.	Max
Sigma	3,0	2,7	3,0	3,3
Ineficiencia de Proceso	10%	5%	10%	15%
Tiempo Proceso (Batch)	3,0	2,5	3	10
Precisión de Muestreo	70%	50%	70%	75%
Capacidad Disp.		7.629	horas	
Lead Time		30,0	hs/hl	
Volumen		15.258	units	
Rendimiento		93,3%	%	
Defectos		-714	hl	
Salida		14.545	hl	
Retorno		-306	hl	
Salida Neta		14.239	hl	
Costo TOTAL		17,4	M\$	

Tabla 1 – Perfil del Eslabón Agrícola

Se ha establecido una variabilidad del proceso del orden de 3 veces la dispersión de los valores registrados en la cosecha 2008 a efectos de observar que capacidad de producción final de biodiesel se tendrá al final de la cadena. La superficie potencial a cultivar podría aportar unos 14.239 hl . Se prevé cierto porcentaje de aceite fuera de

especificaciones (alto índice de yodo u elevada oxidación) . De allí la discrepancia entre el volumen planeado , cercano al 10% y el comprometido.

Transesterificación		Min	Esp.	Max
Sigma	3,0	2,7	3,0	3,3
Ineficiencia de Proceso	20%	9%	15%	25%
Tiempo Proceso (Batch)	4,5	2,5	3	10
Precisión de Muestreo	85%	50%	70%	75%
Capacidad Disp.		5.340	horas	
Lead Time		22,5	hs/hl	
Volume		14.239	units	
Rendimiento		93,3%	%	
Defectos		-809	hl	
Salida		13.430	hl	
Retorno		-143	hl	
Salida Neta		13.288	hl	
Costo TOTAL		46,6	M\$	

Tabla 2 – Perfil del Eslabón Transesterificación

En el caso del eslabón de trans-esterificación se ha supuesto que el 15% en promedio del volumen se pierde como glicerina (con variación entre 9 y 25 %).

Mezcla		Min	Esp.	Max
Sigma	3,0	2,7	3,0	3,3
Ineficiencia de Proceso	15%	10%	15%	20%
Tiempo Proceso (Batch)	2,0	2,5	3	10
Precisión de Muestreo	80%	50%	70%	75%
Capacidad Disp.		2.953	horas	
Lead Time		13,3	hs/hl	
Volume		13.288	units	
Rendimiento		93,3%	%	
Defectos		-710	hl	
Salida		12.578	hl	
Retorno		-178	hl	
Salida Neta		12.400	hl	
Costo TOTAL		19,2	M\$	

Tabla 3 – Perfil del eslabón del Mezclador

Con los mismos criterios se han establecido los costos y parámetros de producción del mezclador y la petrolera. Este último eslabón se ha trabajado con datos poco fiables y el nivel de confianza es relativamente bajo (86%) comparado con los de las dos instancias anteriores sobre los que se tiene un historial más detallado de datos.

Resultados obtenidos

Utilizando los datos obtenidos se ha desarrollado una simulación por el método Montecarlo a fin de estimar que cantidad de biodiesel podría aportar el área cultivable señalada. Se han tomado los datos de la variabilidad de cada eslabón de la cadena variando en forma normal y con un desvío estándar (SIGMA) como la señalada en las tablas 1 2 y 3. Estas variaciones implican cambios en la cantidad de envíos , y retornos de productos no conformes, que afectan el costo logístico.

Se ha corrido la simulación un total de 1700 veces que es la cantidad de transportes que nos asegura con un 99,9% de certeza que alcanzaremos a suministrar los 12.400hl comprometidos a la petrolera.

Los resultados preliminares se muestran en la siguiente tabla (costos de la cadena)

Nivel Sigma de la Cadena	2,3877777	Costo Total Proceso M\$	83,1710382	Costo de NO Calidad \$M	5,72277842
Ineficiencia de la Cadena	0,1443038	Nominativo del Proceso M\$	83,1710382	Costo Logístico \$M	14,7678091

Tabla 4. Parámetros operativos y costos de la cadena

Vemos como el proceso se mantiene bajo control con un sigma de 2,38 hacia cada lado de la campana (menos a 6 sigma esperado) . Se observa como para la actividad es realmente significativo el impacto del costo logístico (14,6 millones) comparado con el costo de no calidad (5,7 millones) .

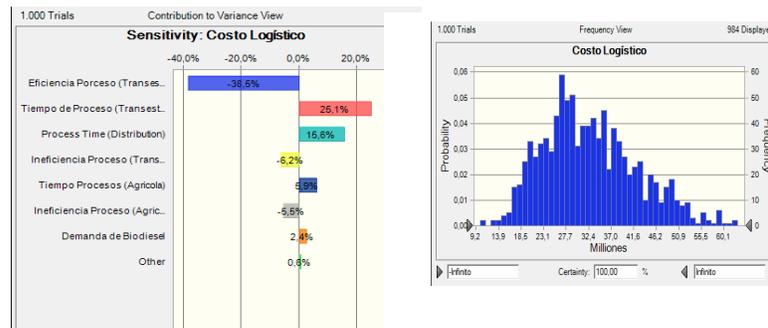


Figura 6 Factores de peso en el costos logístico

(tratamiento de datos de la simulación montecarlo)

Se puede ver como la eficiencia en el proceso de trans-esterificación tiene una alta capacidad de reducir los costos logísticos (del orden del -40%) Esto es así no solo por la mejora en la disminución de biodiesel , sino por que permite optimizar el transporte llegando a situaciones tipo “just in time”. Esto explica también la capacidad que el tiempo de reacción tiene para aumentar el costo logístico (del orden del 25,1%) ya que conforme este tiempo aumenta la cadena funciona más irregularmente. El sesgo a izquierda sugiere la dificultad de bajar los costos logísticos.

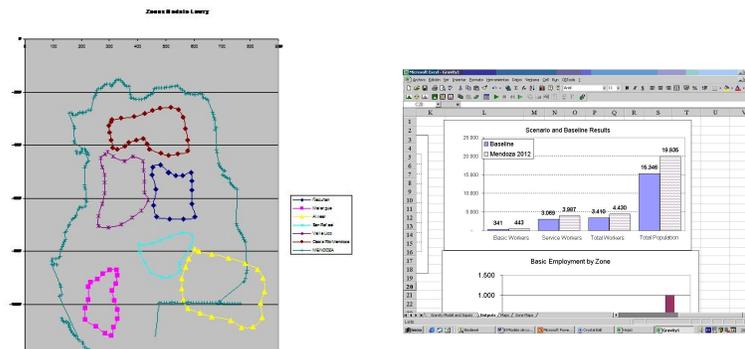


Figura 7 zonas de potencial desarrollo en Mendoza

Dado que en las instancias de cultivos experimentales se ha detectado presencia de glifosato proveniente de prácticas de desmonte para iniciar el cultivo u otras prácticas agrícolas realizadas en la proximidad, es necesario que se realice el cultivo en cuarteles dispuestos de en forma de damero. Se ha previsto alternar los cuarteles de cultivo con otros de monte nativo. Es necesario recordar que el glifosato tiene un alto potencial de propagación en el suelo seco y arenoso. A diferencia de lo que ocurre en la pampa húmeda (donde el glifosato es retenido por la humedad del suelo) los vientos de las zonas semidesérticas pueden hacerlo viajar grandes distancias. Para preservar la fragilidad del ecosistema y se está elaborando un protocolo que impida el daño permanente a las especies que se encuentran en la frontera de cultivo. Este protocolo implica un costo logístico adicional que ha sido incluido en el modelo.

Referencias

- 1 BIOCOMBUSTIBLES Ley 26.093 Régimen de Regulación y Promoción

para la Producción y Uso Sustentables de Biocombustibles. Autoridad de aplicación. Funciones. Comisión Nacional Asesora. Habilitación de plantas productoras. Mezclado de Biocombustibles con Combustibles Fósiles. Sujetos beneficiarios del Régimen Promocional. Infracciones y sanciones. Sancionada: Abril 19 de 2006 Promulgada de Hecho: Mayo 12 de 2006

- 2 Globalization and the Poor: Exploitation Or Equalizer? Compilado por William Driscoll, Julie Clark, International Debate Education Association Edition: illustrated Publicado por IDEA, 2003 ISBN 0972054103, 9780972054102 (Chapter 2 What I Lerner at the World Economic Crisis by Joseph Stiglitz)
- 3 www.fao.org/newsroom/es/news/2008/1000830/index.html (FAO Sala de prensa , Octubre de 2008. La producción de biocombustibles podría afectar el precio de los alimentos a escala mundial).
- 4 World Oleochemica Conference AOCs 2005 El futuro de los detergentes , Bragg Charles
- 5 Purchasing strategies in the Kraljic matrix, Marjolein C.J. Caniels and Cees J. Gelderman Faculty of Management Sciences (MW), Open University of the Netherlands (OUNL), P.O. Box 2960, 6401 DL Heerlen, the Netherlands
- 6 APPLYING THE GLOBAL VALUE CHAIN APPROACH FOR THE UNDERSTANDING OF BUYER-SUPPLIER RELATIONSHIPS , Fabio POLLICE AND Alfonso FLEURY, PRO-USR Universidad de San Pablo – Brasil.
- 7 SAGPyA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos)
Ing. Agr. Andrés Leone leonea@sagpya.minproduccion.gov.ar
Lic. Miguel Almada malmad@sagpya.minproduccion.gov.ar
WebSite: www.sagpya.mecon.gov.ar