11. Riego en agroenergía predial

J.P. Carnelli

Ing. Agr. Juan P. Carnelli: ALUR S.A. Paraje Colonia España. Bella Unión- Uruguay. Contacto: jcarnelli@alur.com.uy

11.1. Resumen

Las riquezas productivas de Uruguay provienen en buena medida de la explotación de los recursos naturales: clima, suelo, agua y relieve. La estrategia de mantener el sistema agropecuario productivo, pasa por considerar la sostenibilidad de todos los recursos naturales y los consumos de energía. Unir la combinación del conocimiento sobre riego, con los factores agrícolas manejables disponibles, para producir agroenergía predial renovable y dar consolidación y sostenibilidad al sistema productivo agropecuario. Toda investigación y tecnología aplicada debe tener en forma explícita las orientaciones estratégicas que la sustentan. El presente análisis pauta estas estrategias en la importancia de la competitividad en sentido amplio, la concepción de la integralidad necesaria y la trascendencia de las visiones globales frente a los recursos escasos.

Palabras clave: Sistema, riego, agroenergía, clima, suelo.

11.2. Consideraciones previas

El análisis de resultados de investigaciones y tecnologías aplicadas, como en el presente trabajo, existe una serie de orientaciones estratégicas que muchas veces o están explícitas y condicionan el análisis y sus resultados o lo que es peor no están explícitas e igualmente lo condicionan, pero sus conclusiones lejos de ser transparentes generan verdades o paradigmas que muchas veces no son generalizables.

En la descripción que se realiza a continuación existen algunas premisas utilizadas que hacen referencias a:

- La competitividad de una empresa agrícola, está directamente relacionada con la eficiencia y productividad de todos los factores que combina en forma integral junto a la distribución pautada o esperada del valor que genera y del comportamiento y facilidades del entorno.
- La integralidad del análisis es de tal importancia, que cuando se analiza una solución en materia de aplicación tecnológica, donde los gastos de inversión deben ser solventados por la adopción de endeudamiento, debe de tenerse especialmente en cuenta que los mismos no hagan inviable las eficiencias tecnológicas de la solución propuesta, dejando fuera de competitividad a los productos finales obtenidos.
- Soluciones globales versus soluciones individuales. La importancia de analizar frente a recursos que aunque disponibles, pueden transformarse en escasos o puede hacerse uso indebido de los mismos, es la posibilidad de encarar soluciones de carácter comunitario que trasciendan las soluciones individuales.

11.3. Introducción

El incremento de la necesidad de alimentos en el mundo es evidente y más aún la demanda de agua. La escasez en el mundo alcanza al agua líquida para consumo directo como para producir alimentos. Los sistemas de producción primarios así como la incorporación de valor agregado por la industria, son dependientes de energía exógena. La estrategia de mantener el sistema agropecuario productivo, pasa por considerar la sostenibilidad de todos los recursos naturales y los consumos de energía. Unir la

combinación del conocimiento sobre riego, con los factores agrícolas manejables disponibles, para producir agroenergía predial renovable y dar consolidación y sostenibilidad al sistema productivo agropecuario.

11.4. Restricciones

Restricciones de agua

Para el año 2030 se estima que la población mundial alcance a 5200 millones de personas en el medio urbano (Leopold Center Progress Report, 1995). Un 70 % de este crecimiento tendrá lugar en países del tercer mundo. Esto indica que la base productiva no crecerá sustancialmente y las opciones se concentran en aumentar la productividad por unidad de insumo, haciendo y manteniendo la intensidad productiva sobre los factores: tierra, agua y energía.

Uruguay se encuentra en las proyecciones entre los países con buena disponibilidad del recurso agua, para afrontar los incrementos en la producción de alimentos (Leopold Center Progress Report, 1995). De mantenerse la relación que el 40 % de los alimentos del mundo provienen del 18% de tierras regadas, la proyección de expansión de 120 millones de hectáreas, se hará sobre la base de tierras de regadío.

Dado el privilegio de disponer de agua, se podrán combinar los recursos técnicos hidráulicos y sobre todo los de organización para la gestión del agua, máxime que los riegos son complementarios de las lluvias. La combinación de las situaciones productivas prediales con las opciones técnicas, habrán de ser enfocadas a lograr mejores eficiencias y productividad competitiva.

Restricciones de suelos

La presión sobre los suelos agrícolas va en aumento y comienzan a entrar al proceso suelos de menor aptitud y mayor riesgo del recurso natural. Las opciones son tecnologías aplicadas por técnicos que conocen de su evolución y origen en la aplicación y validación de nuevas demandas o mayor intensidad de uso. El recurso propiedades físicas es el menos recuperable y con mayor riesgo frente a la intensidad de cultivos y laboreos. Propiedades físicas degradadas significa afectar la relación suelo-planta-atmósfera del suelo en desequilibrios poco perceptibles en el corto plazo pero la propia evolución del paisaje con la participación productiva tiende a destruirlos si no los protegemos.

Restricciones de energía

Ésta es la restricción más cercana en la situación productiva uruguaya. El crecimiento de las exportaciones de cereales se está realizando sobre la base de explotaciones de los recursos naturales clima, suelo y relieve. No obstante la relativa abundancia de esos factores quedan disminuidos por la carencia de energía en el proceso productivo. "Con las previsiones de aumento de la riqueza del país, por cada 1% que crece el producto interno bruto (PBI), la demanda de energía crece un 0.7% para atender las necesidades productivas y también las necesidades sociales que ese crecimiento genera", expresó el Ministro de Industria y Energía, Roberto Kreimerman (AFP, 2010).

Uruguay tiene además de clima, suelo y relieve favorable la disponibilidad de agua dulce para riego. Como con frecuencia ha ocurrido, las modernizaciones de los sistemas de riego han venido por el lado de las infraestructuras, con incorporación de recursos de capital uruguayo como mercado de industrias externas, sin embargo el escenario es que estamos frente a la no disponibilidad de energía para la producción agropecuaria. La estrategia de eficiencias en las operaciones agrícolas debe ir acompañada de la racionalización del uso energético y la creación y aplicación de energía renovable. Aunque dispusiéramos de la infraestructura y la gestión adecuada de riego, quedan inhabilitadas por la carencia energética.

La producción ganadera ha experimentado crecimientos excepcionales, ha agregado calidad en el producto final mejorando la sanidad y trazabilidad, así como la alimentación animal por disponibilidad y alta calidad, apoyados por productos de la agricultura. La adecuación del producto final animal al cliente ha sido con mayor uso de energía, tanto en la producción de granos como en la seguridad de producción mediante el riego. Esta combinación ha sido competitiva y se han alcanzado mercados externos.

La última inversión alta, de los sistemas de riego con medidas de políticas que mejoran el contexto arrocero en competitividad, ha sido la electrificación de los bombeos diesel. No obs-

tante, el consumo de agua dulce por kilogramo de arroz producido no ha variado. Esto conlleva a una interpretación de sobredimensión de los levantes o bien con capacidad de bombeo para superficies mayores que las actuales de los productores beneficiarios del proyecto. O sea se hizo una reserva de inversión con expectativas de aumento del área de producción, coincidente con la demanda futura más alta de alimentos.

Los cultivos regados con eficiencia son los cultivos citrícolas, otros frutales y riego de huertas con sistemas de riego localizados, que han encontrado justificación para la inversión por el volumen de exportación y calidad exigida por los mercados externos. También se riega maíz y otros cultivos de alto valor con sistemas presurizados por aspersión cuando la falta de lluvias y las coyunturas de precios son favorables. Ocasionalmente frente a emergencias de sequías, con fuentes de agua casi siempre limitadas, se optó por riegos por aspersión de praderas y cultivos forrajeros.

El arroz y la caña de azúcar son los cultivos de riego por superficie tradicionales, con menor eficiencia y los de mayor volumen de agua dulce consumida. Estos sistemas son, sea por uso de energía eléctrica sobredimensionada o por bombeos a gasoil, los de mayor dificultad para alcanzar eficiencias energéticas. Mayor aún en caña de azúcar donde los sistemas de riego en su origen, por inversiones privadas, tienen mucho de transitoriedad ya que hay años en que las lluvias abundantes no justifica económicamente regar. La situación cambia en la propuesta actual de producción de etanol para incorporar a las naftas y la opción de estabilidad de producción y la indispensable reducción de costos del cultivo.

La responsabilidad en el uso de los recursos para dar estabilidad de producción competitiva del sector agropecuario, es principalmente de la agricultura. Le compete dar expresión productiva a las mejoras genéticas modernas, captando las energías disponibles en la fotosíntesis con las opciones de cultivos adaptados a las condiciones de los predios uruguayos, conservando el ambiente sano.

A nivel agrícola principalmente la energía con mayor amenaza actual y futura es la de fuentes de petróleo. No sólo por lo finito de la fuente física, sino además por los precios, cada vez menos alcanzables para producir materia prima en forma competitiva.

La agricultura consume energía en varias formas incluye liquida como combustibles y lubricantes; fertilizantes, pesticidas y electricidad. Total o parcialmente son productos importados.

En la agricultura de regadío sin electrificación, los costos energéticos más altos son los agroquímicos y combustible. En ausencia de infraestructura la opción supletoria podría ser la mejora en el conocimiento de regar y la organización o sea la gestión del agua.

En 1986 se realizó para la producción de caña de azúcar en Bella Unión (Latitud 30º19'41" S; Longitud 57º37'12" W; Altitud 49 *msnm*) un relevamiento predial de información de consumos de gasoil por año en los sistemas de riego. El cuadro 1 muestra algunos casos.

Cuadro 1. Consumo de combustible en predios de productores de caña de azúcar bajo riego por surcos.

Productor	Area (ha)	Producción (ton)	Consumo Gasoil (litros)	Energí GasoilMJ(**)
1	18,5	1298,2	5192,2	202497,7
2	5	3996	13702	534378
3	1	614	2160	84240
4	119	7972,5	2082	81198
5	1	339,1	2328	90792
6	32,5	2155	15341	598299
7	163	10700	2934	114426
*8	9	7790	29919	1166841

(**) Gasoil: 39/MJ/litro.(Alonso-Pippo et al., 2009)

Seguramente los valores de eficiencia de los equipos de bombeo se pueden mejorar de todas maneras estas son condiciones reales de campo, relativamente frecuentes.

11.5. Agroenergía predial

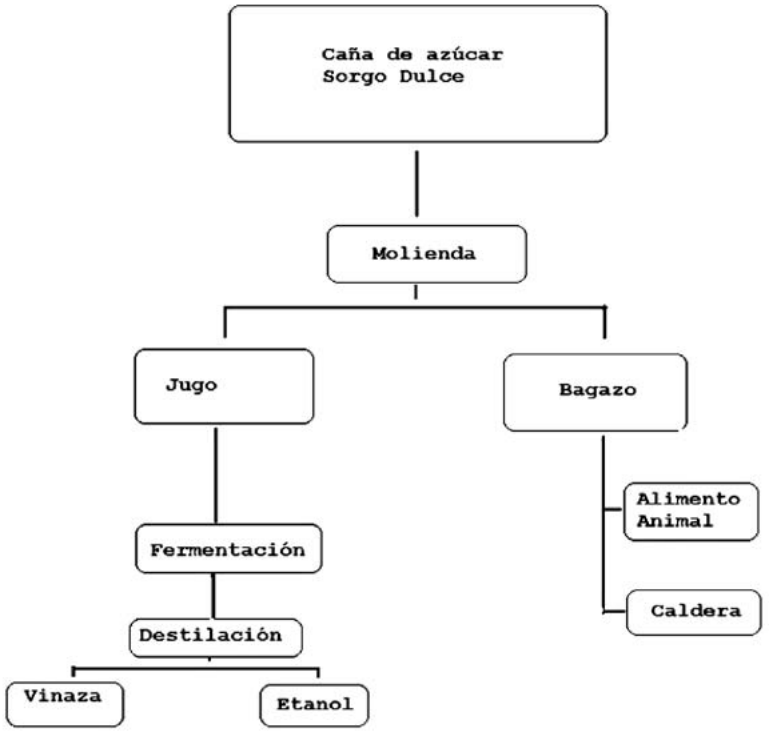
La agroenergía de autoabastecimiento predial, tiene varias opciones. Nos vamos a referir en este trabajo a las fuentes con capacidad de uso en sustituir las energías convencionales, sin demasiadas modificaciones. Los estudios y trabajos en producción de etanol se han situado en Bella Unión, principalmente por la tradición de la caña de azúcar y la influencia brasileña. Ante una estrategia nacional de biocombustibles agrícolas pueden cambiar los centros de producción en forma competitiva. La competitividad agrícola se basa en la eficiencia de la fotosíntesis y el ambiente donde se expresa, en términos globales comenzando con la radiación solar y la temperatura ambiente. En ese sentido, y pensando en plantas C4 y cultivos anuales, las empresas al Suroeste del Uruguay tienen buenas perspectivas técnicas.

Etanol

En el Norte, siguiendo los usos de la caña de azúcar en Brasil y frente a la crisis del petróleo de 1970, nace el *Proálcool*, la opción de etanol fue desarrollada en un proyecto experimental elaborado por técnicos de IICA (Brasil-Uruguay), Facultad de Agronomía (UDELAR), MGAP y Calnu (1986), integrándose una Red Latinoamericana de Agroenergía, en Bella Unión. Se trató de un sistema integrado energía y alimentación animal. Este proyecto se elaboró como fuente de energía líquida y etanol proveniente de caña de azúcar y otras fuentes a partir de sólidos y efluentes.

La producción de etanol hidratado, se proyectó para producir en una microdestilería. ALUR S.A. actualmente está trabajando esta opción para localidades alejadas de ALUR Bella Unión, con posibilidad de producir caña de azúcar o sorgo dulce. La unidad de destilería es de 1.000 litros/día (se encuentran en el mercado desde 100 a 5000 litros/día). Consume aproximadamente 20 t. por día de sorgo dulce, produce 10.000 litros

Figura 1: Flujograma de producción de etanol.



de jugo, del cual se obtienen 1000 litros de etanol hidratado, 95º *GL* (Figura 1).

Los azúcares en el sorgo dulce tienen muy poca estabilidad, deben ser procesados inmediatamente. Así el etanol hidratado en las microdestilerías, se almacena y luego se transporta a la planta deshidratadora de ALUR Bella Unión, para luego ser mezclado con las naftas en ANCAP.

La producción de etanol también produce un efluente, a razón de 12-15 litros de vinaza por litro de etanol. Se obtendría en promedio 13 metros cúbicos en la destilería de 1000 litros día. Este producto es un contaminante ambiental también contiene cantidades importantes de potasio, fósforo y materia orgánica. Se lo puede acondicionar para aplicarlo al suelo como enmienda y en la producción de alimento animal.

También del proceso industrial se obtiene bagazo, fibra vegetal, que se destina a la alimentación animal o en la caldera de producción de vapor.

Producción de sorgo dulce

Las primeras experiencias de las que disponemos sobre conocimiento en sorgo dulce, son de ANCAP en el establecimiento Joanicó 1955-56 (Canelones). Luego Calnu inició estudios en sorgo dulce con miras a la producción de azúcar y etanol en 1975-76 por el profesor Ing. Agr. Dr. Evaristo Lazo. Bella Unión ya tenía 40 años de experiencia en producción de azúcar de caña. Las experiencias iniciales en sorgo dulce fueron alentadoras, con producciones máximas de 40 ton/ha de tallos y 2.000 Kg/ha de grano. Los problemas principales fueron durante el período germinación, emergencia e instalación del cultivo (4 – 6 semanas); con dificultades por exceso de humedad en suelos de permeabilidad lenta, así como condiciones adversas por sequías en el mismo período fenológico. Se observaron ataques de la plaga *Diatraea saccharalis* (Borer, taladro de la caña de azúcar) y 'mosquita' del sorgo en la panoja.

Las características climáticas y de suelos para el cultivo de sorgo, en general, se consideran buenas en Uruguay. El clima en Bella Unión presenta un período de 9 meses, de setiembre a mayo, con temperaturas medias superiores a 15 ºC y prácticamente libre de heladas. Estas condiciones aseguran un ciclo fenológico completo, además de la oportunidad del aprovechar rebrotes para alimentación animal.

Las lluvias son relativamente más abundantes en primavera-verano durante el ciclo productivo del sorgo dulce, aunque por su errática distribución es necesario contar con la posibilidad de regar para lograr producciones altas y estables.

La luminosidad del período octubre – marzo supera las 250 horas/mes, por lo que son adecuadas y coinciden con el ciclo de mayores exigencias del cultivo de sorgo.

Los suelos de la zona de influencia de ALUR fueron estudiados en 1976 (Agrosuelos Consultores), de donde se extraen las posibilidades del cultivo en áreas circundantes al cultivo de caña de azúcar, con algunas limitantes subsanables con mejoras en el manejo, riego y drenaje.

Los antecedentes de producciones de sorgos dulces en alrededores de Bella Unión no son muy abundantes, existen algunos antecedentes de sorgos forrajeros azucarados para ensilajes. En cambio existen numerosos antecedentes de producción forrajera y de granos en la zona litoral de Paysandú, Río Negro, Soriano y Colonia. En cultivos bien manejados de sorgo granífero se logran producciones de 50 a 70 ton/ha de forraje verde o 4-6 ton/ha de grano.

Entre los cultivares de sorgo dulce ensayados en Calnu se encuentran las variedades Brawley, Collier, Dale, Theis, Willey, Wray y dos híbridos 4315x5134 y 4317x5858 (informe interno Calnu, Ing. Agr. Julio Silva).

Informes industriales de Calnu (Ings. Quim. M. Vidal, Héctor Crescionini, 1982) hablan de las malas condiciones de cosecha por lluvias, no obstante "El sorgo (dulce) no parece ofrecer dificultades para su molienda, no se observaron anormalidades destacables y el bagazo resultante es un buen combustible, con un comportamiento en calderas similar al bagazo de caña" también valoran la humedad de la fibra. La molienda en sí, no ofreció problemas, incluso la *Pol* de bagazo fue muy baja. Los problemas industriales se ubicaron en el estado de madurez avanzada del sorgo dulce al momento de la cosecha y el rápido deterioro del jugo, aún en los tiempos relativamente cortos del estacionamiento sobre el 'canchón' de fábrica.

Los datos obtenidos en 1976 arrojaron los resultados siguientes (Cuadro 2).

Cuadro 2. Información industrial y características de sorgo dulce (datos de 1976)

Fecha de Muestreo	Jugo %	Brix %	Pol %	Pureza %	Sacarosa %	Reductores %	Fibra %
Marzo, 3	23	15,6	8,75	56,08	8,88	3,67	15,4
Marzo, 19	23	14,2	7,96	56	8,14	3,13	16,2
Marzo, 27	1,2	16,9	9,33	55,2	8,92	4,12	-
Marzo, 30	-	18	9,88	54,88	-	3,91	-
Abril, 4 (*)	-	17,1	11,04	64,56	11,69	2,33	-
Abril, 21 (*)	21,2	19,6	13,58	69,28	13,99	2,03	-

(*) Tallos sin panojas.

Bx: Brix. Medida de solutos disueltos.
Pol: Es una medida del contenido de sacarosa.
ART: Azúcares Reductores Totales.
RED: Reductores
Jugo Prensa: Es el jugo que se extrae por efecto de prensado.
Fosfato: Es un componente necesario para la clarificación del jugo.
Almidón: Compuesto que dificulta la sacarificación.

La composición del producido a campo, sobre la superficie del suelo para tres variedades se representa en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Proporción sobre el suelo de sorgo dulce (datos de 1976)

Variedad	Tallos %	Hojas %	Despunte (*) %
Río	64,1	22,8	13,1
Roma	60,8	23	16,2
Ramada	71,2	15	13,7

(*) Incluye panoja

Por su parte el desglose del componente despunte se observa en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Desglose del despunte en sorgo dulce (datos de 1976)

Variedad	Peso de grano % de panoja	Peso de grano % de planta entera.
Río	76,9	10,07
Roma	55	8,91
Ramada	71,4	9,78

Finalmente la producción estimada de grano seco por variedad resultante se representa en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Rendimiento estimado de grano en sorgo dulce (datos de 1976)

Variedad	Grano
	Kg/ha
Río	1530
Roma	1738(*)
Ramada	2060

(*) Afectada por pájaros

El seguimiento de maduración (Brix, Pureza, Sacarosa y Azúcares totales) de estas variedades arrojó ciclos entre 130 – 140 días desde la siembra, se mantenían en la planta durante 4-5 semanas según la temperatura ambiente (informe interno Calnu, Ing. Agr. F. Stanham, 1981).

Desde la siembra al estado de madurez de grano lechoso – masa blanda, fueron 116 días para las tres variedades en fecha de siembra 17 de octubre. Con fecha de siembra 14 de noviembre se obtuvieron condiciones de cosecha a los 103 días desde la siembra.

Los rendimientos promedios en este ciclo fueron de 33 ton /ha de tallos con un coeficiente de variación de 16 %. Las diferencias entre tratamientos regados y secano fue del orden de 9 ton/ha sin significación estadística, no obstante hay que considerar variaciones experimentales importantes.

En 2006 ALUR retoma la actividad experimental en sorgo dulce, con objetivos definidos de producir alcohol anhidro para complementar el ciclo industrial de la caña de azúcar. El área de diversificación de combustibles de ANCAP, encara la producción de etanol hasta el nivel del 8 % de todas las naftas de Uruguay, con caña de azúcar y sorgo dulce en esta primera fase.

Se realizan ensayos parcelarios en varios sitios del área cañera (ALUR, Facultad de Agronomía, Informes Ings. Agrs. D. Oxandabarat, F. Hackembruch, D. Macías, 2006-2009). Se lograron rendimientos de campo mayores a 50 ton/ha de tallos industrializables. Se mantienen las restricciones de los inicios del ciclo, variabilidad en los resultados en varios casos mayores al 20 % del coeficiente de variación. Se vuelven a recoger los problemas de excesos de agua en las etapas iniciales del cultivo así como sequías, produciendo poblaciones irregulares de plantas. Los ensayos se corrigen por número de plantas, pero el problema en la producción comercial se mantiene.

Se repite la experiencia en 2009 en un campo comercial alejado del área cañera, abarcando otras zonas potenciales. Se siembra en el establecimiento Itacumbú, próximo a la localidad de Baltasar Brum, Artigas a 50 km del ingenio. Se repiten algunas de las variedades ensayadas en los años 2006-2008, M81-e y Theis. Se recogen las mismas experiencias negativas de los excesos de lluvia en los períodos iniciales de establecimiento del cultivo. La situación de plagas especialmente *Diatraea saccharalis* reaparece, la que se controla con métodos biológicos y químicos. INIA, ANCAP y ALUR se encuentran en proceso de firmar un acuerdo de cooperación técnica, donde se incluyen una serie de actividades de investigación agrícola e industrial con caña de azúcar y sorgo dulce.

A mediados de abril comenzó la experiencia de cosecha mecanizada. Fueron muy positivas tanto corte, carga, traslado, descarga y la parte mecánica del estacionamiento en el canchón con caña trozada. Se verifica nuevamente la velocidad del deterioro del jugo luego del corte.

El proceso industrial hasta la producción de melado (jarabe) de Brix 83% se realizó sin mayores dificultades lográndose un producto similar al de caña de azúcar con un aroma frutado agradable (cuadro 6).

Se preparan en este momento los procedimientos industriales para la elaboración etanol anhidro.

Cuadro 6. Resultados de análisis industriales de sorgo dulce, cultivo 2009-2010 (presentación interna de ALUR, Ing. Químico. Walter Bisio)

FECHA	% Bx	% POL	% ART	% RED	% FIBRA	% JUGO PRENSA	FOSFATO (ppm)	ALMIDON (ppm/Bx)
16/03/10	10,17	1	8,752	7,219	12,4	75,32	288	7518
30/03/10	10,99	2,16	9,422	6,381	13,81	75,58	270	5645
08/04/10	14,17	5,67	13,573	8,5	15,33	69,89	286	8517
13/04/10	15,65	6,42	15,294	7,774	12,74	75,64	178	11216
16/04/10	13,36	6,55	12,576	4,862	14,4	74,11	466	14389
22/04/10	14,6	8,3	13,558	4,845	14,55	73,24	47	19555
28/04/10	15,11	7,78	14,545	5,478	14,65	72,88	41	18716
07/05/10	14,89	6,98	14,626	6,221	14,78	73,32	....	
21/05/10	12,08	5	11,29	4,745	12,09	76,2	53	10150

Bx: Brix. Medida de solutos disueltos.
Pol: Es una medida del contenido de sacarosa.
ART: Azúcares Reductores Totales.
RED: Reductores
Jugo Prensa: Es el jugo que se extrae por efecto de prensado.
Fosfato: Es un componente necesario para la clarificación del jugo.
Almidón: Compuesto que dificulta la sacarificación.

Sustitución de gasoil por etanol predial

El enfoque es producir una fuente de energía alternativa y renovable. La aplicación deberá estar regida por leyes y normas del Estado uruguayo. En este momento el Gobierno está incentivando la producción de energía renovable a todos los niveles, hasta familiares en hogares uruguayos. El uso de alcohol está legislado para mezclar con las naftas por parte de ANCAP. El mundo dispone de antecedentes con valores de balance energético con caña de azúcar en la producción de etanol en el orden de 0.9 - 1.8 (Hopkinson Jr. y Day Jr., 1980).

A título de opción, decimos que el etanol predial es hidratado y son necesarios algunos cambios en los motores de riego. En motores de combustión ciclo Otto prácticamente tal como están pueden funcionar con pequeños cambios, sobre todo de protección de tuberías, bomba y tanque de nafta. En el mercado brasileño se venden Kits por U$D 200. Las modificaciones del motor Diesel son mayores ya que hay que volverlos al encendido eléctrico. Los *Kits* se ofrecen por valores cercanos a U$D 10.000. Existen firmas que producen motores modificados.

Cuadro 7. Consumos de gasoil en sistemas de riego de caña de azúcar

Productor	Area ha	Producción Caña Ton	Consumo Gasoil. Litro	Energía Gasoil MJ (*)
1	18,5	1298,18	5192,25	202497,75
2	53	3996	13702	534378
3	15	614	2160	84240
4	119	7972,5	2082	81198
5	12	339,14	2328	90792
6	32,5	2155	15341	598299
7	163	10700	2934	114426
8	95	7790	29919	1166841

(*) Gasoil: 39 MJ/litro (Sagardoy Alonso, J.A., 2003)

Las 119.2 ha se procesan en una microdestilería trabajando con el producido en 6 unidades de 20 ha por espacio de 4 días entre 'bachas' incluyendo 48 horas de fermentación (Cuadro 8).

Cuadro 8. Estimación de consumo de etanol (EtOH) en los sistemas de riego.

Productor	Area	Producción Caña	Consumo	EtOH	Area S. Dulce
	ha	Ton	Gasoil. Litro	Litro	ha
1	18,5	1298,18	5192,25	9551,6	8,5
2	53	3996	13702	25206,03	22,4
3	15	614	2160	3973,51	3,5
4	119	7972,5	2082	3830,02	3,4
5	12	339,14	2328	2961,74	2,6
6	32,5	2155	15341	28221,12	25,1
7	163	10700	2934	5397,35	4,8
8	95	7790	29919	55038,63	48,9
	---	---	---	---	---
Totales	508	34864,64	73658,25	134180	119,2

El modelo ejemplo que se describe a continuación, es a los efectos de mostrar la metodología para la estimación del área de sorgo dulce a cultivar y procesar, hasta obtener etanol en una microdestilería. Con la información de la demanda de gasoil se estiman los requerimientos de etanol. Se considera que una tonelada de caña produce 6625 MJ (Alonso-Pippo et al., 2009) y el etanol tiene un contenido del 54.36 % (Leopold Center Progress Report, 1995) de la energía del gasoil.

Las 119.2 ha se procesan en una microdestilería trabajando con el producido en 6 unidades de 20 ha por espacio de 4 días entre 'bachas' incluyendo 48 horas de fermentación (Cuadro 8).

Resultó, que por cada 4.5 ha de caña de azúcar aproximadamente, se necesita 1 ha de sorgo dulce para producir etanol y abastecer de alcohol a los sistemas de bombeo. En el área de abastecedores de caña de azúcar de Alur, hay unas 5.500 ha cubiertas por sistemas de riego multiprediales con levantes electrificados. Se expandirá el área a 12.000 ha para alcanzar 10.000 ha de molienda anual (20 % reimplante anual) a fin de abastecer el programa de defensa agroalimentaria de azúcar y producir etanol para las mezclas de ANCAP con nafta, hasta del 8 %. Esto arroja en números groseros, en el orden de 6.000 ha (es un máximo teórico) bajo sistemas de riego a gasoil, resultando la necesidad de 1.400 ha de sorgo dulce industrializable, para la producción de etanol apoyando la sostenibilidad energética al sistema de producción de caña de azúcar.

Esta metodología se puede aplicar no sólo a los sistemas de bombeo de riego sino a toda la demanda de combustible líquido, en otros componentes de la tecnología de la producción agropecuaria predial.

Agradecimientos:

Sra. Lourdes Parentini
Sr. Ramón Bonilla
Sr. Francisco Muñoz
Ing. Agr. José María Rodríguez
Ing. Agr. Fernando Hackembruch
Ing. Agr. Hugo Bittencourt
Ing. Qca. Elena Kurc
Ing. Qco. Walter Bisio
Engº. Eduardo Cauduro Mallmann