



SUSTENTOLOGÍA

XXVI CONGRESO AAPRESID

Integrando la transformación de biomasa a los sistemas productivos

Hilbert, Jorge.

Se desarrollarán los conceptos de uso integral de la biomasa con generación de energía y productos de valor agregado en los sistemas productivos tomando como ejemplo el caso biogas hecho correctamente. Se expondrán los resultados de los últimos estudios realizados sobre sustentabilidad y huellas de bioetanol, biogás y biodiesel en la Argentina. Se plantearán los desafíos y oportunidades que se le presentan al sector para integrarse a estos nuevos mercados. El concepto Biogas hecho correctamente (Biogas done right BDR) se aplica en forma práctica en Italia y consiste en un abordaje de esta tecnología con un criterio sistémico integrándola a los sistemas productivos. BDR consiste en una serie de medidas entre las cuales está el doble cultivo, uso de diversos residuos en biodigestión, empleo de los digestatos con mejoramiento de los suelos, uso integral de la energía térmica y eléctrica producida. El grupo internacional encaró hace un año un estudio global a fin de dimensionar la potencialidad de BDR en Estados Unidos, Italia, Francia, Reino Unido y Argentina. Se presentan en el trabajo las conclusiones arribadas para Argentina junto a una serie de observaciones y conclusiones. La potencialidad para el país supera el volumen de gas importado actualmente por una suma superior a los 2300 millones de dólares. La difusión del BDR también permitirá dar solución a diversas problemáticas agronómicas como la falta de nutrientes, el deterioro de los suelos, la resistencia a malezas el uso de agroquímicos extensivo bajas rentabilidades y deficiencia en energía.

1. Introducción

El sector agrícola de Argentina como uno de los proveedores de alimentos, forrajes, biocombustibles y biomateriales más importantes del mundo enfrenta enormes desafíos y oportunidades en el futuro cercano. La cantidad de residuos agrícolas, la necesidad de preservar la productividad de los suelos y la de reducir los productos químicos brinda una oportunidad enorme para el biogás hecho correctamente (biogas done right, BDR). Por el lado de la energía, la política actual de energía renovable y las crecientes importaciones de gas en dólares también aumentan la trascendencia de un plan correcto de biogás.

En las últimas licitaciones públicas para proyectos de energías renovables (denominados renovar), el biogás está aumentando su participación en diferentes regiones del país. En esta etapa, el enfoque de los proyectos se ha concentrado en el potencial de la energía eléctrica y en el diferencial tarifario. Existe una necesidad urgente de mejorar este enfoque al considerar las plantas de biogás de forma sistémica, incluyendo materias primas alternativas y el uso del digestato.



SUSTENTOLOGÍA

XXVI CONGRESO AAPRESID

Los agricultores en Argentina son mundialmente conocidos por sus habilidades profesionales y alta tasa de incorporación de tecnología innovadora a sus campos. En un sector no subsidiado, estas habilidades son fundamentales para sobrevivir en el negocio. El país atraviesa por un déficit importante en el intercambio comercial y las facturas de importación de energía se están volviendo muy importantes (56% del déficit de 8427 millones de dólares en 2017).

La participación del gas argentino en la matriz nacional es muy importante (alrededor del 50% en los últimos tres años) la extensión interna de la red de gas supera los 15,000 km y el uso del sector del transporte comprende a más de 1,6 millones de vehículos. Estas características abren un buen desafío para el potencial de Bio metano dentro del concepto BDR.

Desde el punto de vista agronómico se podrían resumir los principales desafíos que enfrenta el sector en el siguiente listado:

- Déficit energético y creciente dependencia de combustibles importados
- Déficit nutricional de los suelos
- Incremento de los ciclos hídricos
- Resistencia de malezas
- Ajustados márgenes de ganancia
- Reducción de la materia orgánica y deterioro físico de suelos
- Costo creciente de los fertilizantes
- Contaminación por efluentes de napas freáticas ríos y lagunas
- Altos niveles de emisiones a la atmósfera de residuos orgánicos

Una aplicación sistémica y profesional de la tecnología del Biogas permitiría abordar y aportar soluciones a la mayoría de los puntos citados para lo cual se requiere de una visión sistémica del mismo teniendo en cuenta las implicancias del buen uso de todos sus productos.

El sistema Biogasdoneright™ (BDR) es un ejemplo de agricultura multifuncional y sostenible según "La hoja de ruta hacia una Europa eficiente en el uso de los recursos", basada en un suelo cultivado de un año, reciclaje eficiente de materia orgánica y nutrientes, prácticas de labranza de conservación (Valli et al., 2017). El sistema se está aplicando en varios campos de productores agropecuarios en Italia.



SUSTENTOLOGÍA

XXVI CONGRESO AAPRESID



Figura. 1. Marco conceptual de BDR

La agricultura tradicional con preponderancia a los monocultivos como soja y maíz solo permite una producción de material verde fotosintético en un período limitado del año quedando los suelos descubiertos más de 5 meses al año usando para ello cada vez mayores dosis de herbicidas generando resistencia de las malezas y una baja productividad anual. En campos comerciales en Italia la introducción de cultivos de cobertura ha provocado un incremento de la biomasa total sobre el suelo pasando de 10 tMS/ha año, a un sistema de cultivo secuencial (dos cultivos por año, con 30 tMS/ha año. La biomasa adicional producida se utiliza para alimentación de ganado y como parte de las materias primas para las plantas de biogás. El reciclado de digestato en las tierras de cultivo da como resultado una mayor tasa de entrada de materia orgánica en comparación con el sistema convencional. Las pérdidas de carbono por el uso del biogás se compensan por la menor degradación del carbono después de la aplicación en el campo del digestato (Möller, 2015) y por el carbono adicional fijado por la segunda cosecha, parcialmente reciclado como digestato también.

Se ha demostrado que el uso de abonos agrícolas orgánicos eleva el carbono orgánico del suelo (COS) en los sistemas de cultivo de bioenergía a un nivel suficiente para superar la deuda de carbono (C) asociada con la producción de estiércol, recolección y almacenamiento, aplicación del suelo y emisiones de campo posteriores a la aplicación (Thelen et al., 2010). BDR aumenta COS en comparación con el sistema de referencia.

Utilizando un enfoque de balance de masa para cuantificar el cambio COS: las mediciones de campo de materia orgánica del suelo muestran un incremento anual de COS de 0.5 a 1.0 Tc/ha en los primeros diez años de la aplicación de BDR, dependiendo de varias condiciones. Se espera



SUSTENTOLOGÍA

XXVI CONGRESO AAPRESID

que en el mediano plazo (10-20 años) aproximadamente el 20% del carbono orgánico del digestato pueda convertirse en COS estable.

BDR ya se ha definido como un sistema de bioenergía con captura y almacenamiento de carbono (BECCS) (Valli et al., 2017). La implementación de BDR en los campos de Argentina y Latinoamérica puede brindar una serie de beneficios que reducen significativamente la Huella de Carbono de los productos agrícolas. Entre estos beneficios, el aumento de SOC puede ser particularmente significativo en el corto y mediano plazo.

La figura 2 muestra dos plantas de biogas integradas a un tambo y campo de producción agrícola bajo los conceptos de BDR. En este establecimiento se producen camas para animales, fertilizantes foliares líquidos, bioabonos sólidos y se brindan servicios utilizando la fracción térmica como secado de heno y pasteurizaciones de las camas celulósicas para animales.



Figura. 2. Planta de Biogas integrada bajo el principio BDR.

Fuente: (HILBERT, 2016)

2. Metodología:

Para obtener el potencial de biometano de las diferentes biomásas (residuos y subproductos) se tuvieron en cuenta los datos de producción específica los contenidos de materia seca promedio (MS) y sus compuestos orgánicos volátiles (COV). La información fue obtenida de la base de datos del laboratorio C.R.P.A (2006. (tabla 1).



SUSTENTOLOGÍA

XXVI CONGRESO AAPRESID

Tabla 1 – rendimiento específico Biogas para cada biomasa

	Biogas (Nm ³ /t SV)	Sólidos volátiles – SV (% MS)
Residuos de cosecha (paja, marlos de maíz y tallos,...)	220	90%
Efluentes del ganado – bovinos	220	83%
Cerdos	280 - 320	83%
Gallinas ponedoras	280 - 320	70%
Pollos, pavo	250 - 280	83%
Subproductos animales-industria frigorífica	500	93%
Industria de la leche	370	90%
Subproductos vegetales-uvas	110	95%
-otros	300 - 330	95%

Se consideraron como "biomasas de integración" del biogás las siguientes matrices:

- Cultivos secuenciales: los cultivos antes o después de cultivos principales
- Cultivo principal residuos
- Efluentes del ganado
- Subproductos agroindustriales

La tierra disponible para cultivo secuencial para BDR se estimó con un enfoque conservador. Se emplearon datos estadísticos oficiales de la FAO (FAO - FAO de las Naciones Unidas de 2015-16) para describir la distribución de cultivos en términos de superficie de tierra agrícola. De esta manera fue posible cuantificar el área más conveniente donde los sistemas agrícolas reales podrían integrarse con un sistema de cultivo secuencial.

Se consideró adecuado para el cultivo secuencial sólo el área no irrigada por lo tanto se estimó un rendimiento de cultivos secuenciales conservador (3-4 tMS/ha). La producción de Biometano específica aplicada para los cultivos secuenciales fue 310-350 Nm³/tSV, el contenido de sólidos volátiles sobre la materia seca (MS) considerada fue de 92-94%.

Tabla 2: cultivo secuencial: superficie de tierra disponibles, cultivos y cultivo rendimiento (para ser completado)

Sistema de principales cultivos y superficie considerada (millones ha)	Área de tierra disponible para cultivo secuencial		Cultivos secuenciales	
	% de sup. agrícola	(millones ha)	Especies	Rendimiento(tMS/ha)
Trigo, otros cereales, maíz, soja, girasol, tomate, patata (30,2 millones ha)	30	9.2	Triticale, cebada	3

Con respecto a estiércoles se consideraron diferentes especies de animales: ganado (ganado de carne y vacas en engorde a corral), cerdos, aves de corral (pollos, gallinas ponedoras). La



SUSTENTOLOGÍA

XXVI CONGRESO AAPRESID

estimación de la cantidad de efluentes del ganado y la cantidad relativa de materia seca excretada se basó en el peso total ganado, teniendo en cuenta el número de animales "confinados" (fuente: USDA, SENASA, ISTAT, 2015-2016) y su peso vivo medio.

Para los cerdos consideramos sólo animales de engorde (de 40 a 120 kg). Para pollos de engorde se consideró 4,5 ciclos por año para obtener el área de cabeza por año, valor necesario para estimar el biogás producido por año.

La disponibilidad se estimó en el 10 % para ganado de carne vacuno, 50% para el cerdo, y 70% de todas las aves de corral. Las cuantificaciones de la disponibilidad de los residuos de cosecha agrícola se estimaron utilizando los siguientes parámetros:

- total de producción para cada cultivo herbáceo, cereales y grano de maíz con rendimientos medios oficiales para cada región o país (fuente: FAO, USDA, MINAGRO SENASA, 2015-2016);
- relación específica entre el subproducto y el producto principal para cada cultivo considerado (datos de la bibliografía).

Para la valoración de los subproductos agroindustriales, se consideraron a las industrias de fabricación y procesamiento de uvas, aceitunas, cítricos, tomate y papas industriales, industria de la carne y procesamiento de la leche. Para cada proceso de la evaluación cuantitativa de los flujos de los subproductos generados, se basó en los siguientes elementos:

- Cantidades de insumos de materias primas procesadas por cada ciclo de producción (leche, tomates, uvas, aceitunas). Se emplearon datos oficiales usados por diferentes fuentes: USDA, FAO, 2015-2016;
- Cantidad de cada subproducto por unidad de peso de entrada materia prima (ISPRA, 2010. Estudio sobre el uso de combustibles de biomasa y residuos de biomasa para producción de energía Rossi et al (2010)

Se consideró como disponible para la digestión anaerobia un 50% de la cantidad total de residuos de cosecha y de subproductos de origen agroindustrial.

3. Resultados y discusión

Del análisis e integración de la información sobre superficies disponibles así como los animales en producción tomando en cuenta los valores recolectables a nivel nacional surgieron los siguientes resultados como valor potencial anual de producción para todo el país. EL mismo se compara con el actual consumo total de gas natural.



SUSTENTOLOGÍA

XXVI CONGRESO AAPRESID

Tabla 3 Potencial total de producción y consumo actual de metano en miles de millones de m³
MM m³

Argentina	
Cultivos secuenciales	10.53
Residuos agrícolas	2.84
Efluentes animales	0.86
Residuos agroindustriales	0.14
Potencial de biometano	14.40
Consumo actual de metano	45.94

Si bien se trata de valores potenciales teóricos su dimensión es extremadamente importante. La implementación final estará condicionada por diversos factores entre los que se encuentra la disponibilidad de infraestructura de transporta para el manejo del material de carga y los digestatos. El empleo práctico de la energía también estará limitada por la posibilidad de inyección o uso tanto de alternativas como gas así como otros vectores posibles como eléctricos y térmicos.

4. Conclusiones

El biogás ha tenido un desarrollo exponencial en todo el mundo. De acuerdo a las últimas cifras (2016) de la European Biogas Association el número total de plantas en Europa ha llegado a 17.662. Con una producción de 63,3 TWh es suficiente para abastecer de energía a 14,6 millones de familias. o la mitad de todo el consumo eléctrico de nuestro país. La Argentina está despertando a esta tecnología el relevamiento 2016 detectó más de 100 plantas y se expanden nuevos proyectos en el área agrícola y agroindustrial. En el último llamado renovar (2017) se han presentado 36 proyectos nuevos con una potencia de 75 MW. Estas cifras marcan claramente la alta potencialidad que tiene el sistema para todo Latinoamérica.

La experiencia adquirida por el Consorcio Italiano de Biogas donde se aplica el principio del biogás hecho correctamente puede resumirse en los siguientes puntos:

- Profundizar el concepto de economía circular y reciclado
- Incrementar el número y valor de los productos elaborados a campo
- Equilibrar el balance nutricional de los suelos reduciendo o eliminando los fertilizantes químicos
- Minimizar el uso de tierra agrícola adicional fomentando los intercultivos y cultivos de cobertura
- Lograr plantas flexibles que se adapten a diferente tipo de sustratos
- Reducir la contaminación de suelos, agua y gases efecto invernadero
- Producir diferente tipo de vectores energéticos (térmico, eléctrico, mecánico y gaseoso)
- Potenciar el desarrollo económico y el empleo de calidad en las áreas rurales



SUSTENTOLOGÍA

XXVI CONGRESO AAPRESID

El grupo internacional de trabajo "biogas done right" conformado por científicos de Estados Unidos, Inglaterra Francia, Italia y Argentina estudiaron la potencialidad de esta tecnología y sus impactos llegando a cifras potenciales de alta relevancia para Argentina. Dichos resultados fueron presentados durante la conferencia 2018 del Consorcio Italiano de Biogas <http://www.biogasitaly.com/>. En la Argentina la potencialidad del sector supera las actuales importaciones de gas que equivales a 2300 millones de dólares que representa el 28 % del déficit comercial.

EL BDR también le permitiría al sector agropecuario afrontar varias de sus desafíos actuales como el control de malezas y el cuidado de los suelos. A estos conceptos se ha agregado este año la posibilidad que tiene la agricultura de aportar a una emisión negativa de gases efecto invernadero y a modular el aporte de energía eléctrica en un ambiente de creciente participación de la eléctrica y solar. Italia es un ejemplo a nivel mundial cuenta con 2000 plantas operativas 1400 MW megavatios de generación con la creación de 12.000 empleos directos y 4000 millones de euros.

Visto a nivel de productor el Biogas permite mejorar la estabilidad económica y el flujo de caja posibilitando inversiones a mediano y largo plazo. Existen casos verificados de productores que en ocho años pasaron de facturas 100 mil euros/año a 12-13 millones de euros por año. Si bien el contexto europeo brinda condiciones óptimas en cuanto distancias cortas, buenos sistemas de comunicación y alta industrialización agroindustrial rural, en Argentina hay nichos donde se puede aplicar en diversas regiones con un alto potencial.

5. Referencias bibliográficas

C.R.P.A. editado por (2006). "Mapeo de matrices orgánicas de actividades agropecuarias y agroindustriales en la región de Emilia-Romaña" - Informe Final Pro-BIO región de Emilia-Romagna proyecto de biogás, abril de 2006.

ISPRA, 2010. Studi., C. Fabbri, Piccinini S. (2012) - la prueba (bmp) potencial bioquímico metano de biomasa residual de la industria agroalimentaria. Actas 20 Conferencia Europea de la biomasa y exposición 18-22 de junio de 2012 pp. 1420-1423.

Rossi L., Soldano M., C. de Fabbri o sobre el uso de combustibles de biomasa y residuos de biomasa para producción de energía "Informe 111/2010 (ISBN: 978-88-448-0440-4).

Soldano M. Labartino N

, Piccinini S. (2014) - metano bioquímica potenciales (bmp) de residuos y subproductos orgánicos 6º Simposio Internacional sobre energía de la biomasa y residuos 14-17 noviembre de 2014.

Soldano M., N. Labartino, L. Rossi, Fabbri C., S. Piccinini (2014) - recuperación de subproductos agroindustriales para la digestión anaerobia: orujo de oliva y pulpa de cítrico. Procedimientos 22 Conferencia Europea de la biomasa y exposición 23-26 de junio de 2014 pp. 203-205.

C. de Fabbri, Soldano M., F. de Ruozzi (2015). Biogás, potenziale energetico dei antiguamente autunno-vernini. Agrario de L'informatore, n.45/2015, p. 61-64



SUSTENTOLOGÍA

XXVI CONGRESO AAPRESID

I. Porqueddu, Soldano M. y otros (2016). Hacia un procedimiento estándar italiano para evaluación de potenciales de metano bioquímicos. Actas del X Simposio sobre p-29 sanitario e ingeniería ambiental (SIDISA 2016), Roma 19-23 de junio de 2016,

M. Blandino, Fabbri C., M. Soldano, Ferrero C., Reynieri. A. (2016). El uso de las mazorcas, un subproducto de grano de maíz, para la producción de energía en la digestión anaerobia. Revista italiana de Agronomía, n.11/2016, p.195-198

LABARTINO N., M. Soldano, Fabbri C., S. Piccinini (2017) - digestión anaeróbica de residuos biológicos: prueba en reactores de escala laboratorio Atti del 1er Conferencia Internacional del ABWET: residuos de bioenergía: aplicaciones en áreas urbanas, pp 118-121. Parigi 19-20 enero 2017

Möller, K., 2015. Efectos de la digestión anaerobia en el volumen de carbono y nitrógeno del suelo, las emisiones de N y la actividad biológica del suelo. Una revisión. Agron. Sostener. Dev 35:1021-1041, DOI 10.1007/s13593-015-0284-3

Mantovi de Moscatelli, G., , P., Piccinini, S., 2017. Un granja escala sostenible proceso basado en digestato microfiltración a la fertirrigación a través de líneas de goteo. ManuREsource, 3rd Conferencia Internacional en manejo del estiércol y valorización, Eindhoven, los países bajos. Libro de resúmenes, 55-57

Thelen, K.D., B.E. Fronning, S.A. Kravchenko, D.H. Min y G.P. Robertson. 2010. integración de estiércol con Bioenergía de maíz-soja, sistemas de cultivo mejora a corto plazo tasas de secuestro de carbono y potencial de Calentamiento Global Net. Biomasa y bioenergía. 34:960-966.

Valli, L., Rossi, L., Fabbri, C., Sibilla, f el., Gattoni, p., Dale, B.E., Kim, S., Grlock Ong, R., Bozzetto.