

Generación de energía eléctrica a partir de biomasa residual en el Mercado Central de Buenos Aires. Ensayo de comparación entre biodigestión anaeróbica y pirólisis gaseosa.

Claudio González, Fernando Vilella, Andrés Grassi, Consolación Otaño.

RESUMEN

El Mercado Central de Buenos Aires, genera en biomasa residual por día el equivalente a una ciudad metropolitana, al mismo tiempo que consume gran cantidad de energía eléctrica diaria utilizada fundamentalmente en la conservación de alimentos y en el proceso de comercialización. La Argentina estableció como objetivo mediante la Ley 27.191 que al 2025 el 20 % de la matriz energética nacional debe provenir fuentes no fósiles. Analizaremos la potencial generación de energía eléctrica a partir de la biomasa residual generada por mes, haciendo una comparación entre la Pirólisis Gaseosa y la Biodigestión Anaeróbica, determinando la factibilidad económica de ambas, bajo el objeto de promover un uso sustentable y cíclico, de las producciones alimenticias que ingresan a diario al mercado.

ABSTRACT

The Central Market of Buenos Aires generates in residual biomass per day the equivalent of a metropolitan city, at the same time that it consumes a large amount of daily electrical energy mainly used in food preservation and in the marketing process. Argentina established as an objective through Law 27,191 that by 2025 20% of the national energy matrix must come from non-fossil sources. We will analyze the potential generation of electrical energy from the residual biomass generated per month, making a comparison between Gas Pyrolysis and Anaerobic Biodigestion, determining the economic feasibility of both, in order to promote a sustainable and cyclical use of the productions foods that enter the market daily.

PALABRAS CLAVE

Bioeconomía, energía, Biomasa, Pirólisis, Biodigestión

KEY WORDS

Bioeconomy, energy, Biomass, Pyrolysis, Biodigestion

INTRODUCCIÓN

La energía es un elemento estrictamente ligado al desarrollo, su búsqueda y estudio forma parte de la interrelación de todos los campos de la ciencia y la investigación.

La humanidad es la historia misma de la búsqueda permanente de las fuentes de energía, según relata Leslie White “la historia de la civilización, es la del dominio de las fuerzas de la naturaleza por los medios naturales, de tal forma que la cultura evoluciona conforme aumenta la energía aprovechada per cápita en un determinado periodo y la eficiencia en los medios instrumentales para servirse de ella”. [1]

Un acercamiento a una definición podría ser que la energía es la generación de trabajo a partir de la energía constitutiva, es decir, la energía propia que le pertenece a los cuerpos por su constitución innata, por definición la energía tiene la capacidad de generar movimiento, ya sea de una máquina como de un ser vivo. Podríamos afirmar, por tanto, que la primer forma de energía que conoció la humanidad fue el alimento, y su primer uso fue para motorizar la primera forma de tracción conocida, la tracción a sangre humana.

No fue hasta la era paleolítica que se descubre el fuego. Tanto el alimento, como el fuego, podemos considerarlos, como la primitiva forma de utilización de biomasa, en su estado sólido o en oxidación, como fuente generadora de energía. [2]

A partir de ese momento se desarrolla un modelo energético agrícola avanzado, y se comienza a utilizar la biomasa de madera como fuente de energía, hasta agotarla. No fue hasta el siglo III a.c. donde Filón de Bizancio en la antigua Grecia inventó la rueda hidráulica y por tanto, podríamos decir, la primer fuente de energía renovable, construida a partir de la biomasa de la madera. Biomasa y energía renovable convergen en la rueda hidráulica. [3]

Los persas harán la siguiente gran invención a partir del molino de viento a mediados del primer milenio de nuestra era, siendo junto con la rueda hidráulica las dos grandes invenciones del mundo antiguo.

Como se mencionó anteriormente, la historia de la búsqueda de la energía es la historia de la humanidad misma. Pero los desafíos han cambiado, y así como a lo largo de la historia la búsqueda era la mayor capacidad instalada, la mayor generación y la mayor eficiencia. Los objetivos empezaron a cambiar a partir del momento en que las ampliaciones de la capacidad energética instalada comenzaron a tener efectos visibles sobre nuestro ambiente. El informe titulado “Limits to Growth” mostró cómo el crecimiento económico basado en la explotación sin límites de los recursos naturales no renovables como petróleo y gas no era sostenible a largo plazo y ponía en peligro los delicados equilibrios del planeta y de sus variados ecosistemas. [4]

Desde la Revolución Industrial, el aumento de la capacidad energética instalada coincide en gran medida con el aumento de la población mundial. Pero este aumento poblacional

trajo consigo otras variables de efecto a nuestro equilibrio ecológico que no eran consideradas cuando se trataban de menores proporciones. Se comenzó a asociar las variables económicas a las variables biológicas, para dar inicio a lo que hoy conocemos como bioeconomía. [5]

De esta forma la noción biológica comenzó a incursionar en materia de energía, y el planteo de modelos bioeconómicos, que cuantifica el proceso biológico, para considerar las implicaciones económicas de cualquier cambio en los parámetros de producción y mercados. [6]

En este sentido cobra fundamental interés el análisis de la biomasa como fuente de energía, la cual desde el punto de vista del aprovechamiento de la energía se caracteriza por tener un bajo contenido de carbono, un elevado contenido de oxígeno y compuestos volátiles en comparación con los hidrocarburos.

Este enfoque también cuenta con la promoción del Estado, dado que mediante la ley 27.191, pone como objetivo que al 2025 el 20 % de la matriz energética nacional debe ser la base de fuentes no fósiles, como por ejemplo, la biomasa.

Adentraremos en el Mercado Central de Buenos Aires, que es un claro ejemplo del uso insostenible de energía. El Central es uno de los mayores mercados concentradores de América Latina, dispone un volumen de comercialización de 106.000 Tn/mes distribuidos en 900 puestos en 12 naves cubiertas, 6 semi cubiertas, varios pabellones de servicios y depósitos. Dispone de un ingreso diario de 700 camiones, la presencia de más de 700 empresas y el trabajo diario de más de 10.000 trabajadores. Ubicado en un predio de 540 has delimitado por la Av. Richieri el Río Matanza y la Av. Gral. Paz en el partido de La Matanza, constituye un punto estratégico para la distribución y manejo de residuos orgánicos. Asimismo, cuenta -aunque sin uso- con conexión directa a la red nacional ferroviaria. [7]

OBJETIVO

Utilizar la biomasa residual generada por el Mercado Central de Buenos Aires para el aporte al consumo de energía eléctrica del mismo.

Objetivo Especifico: Establecer la comparación de las tecnologías disponibles y determinar la viabilidad económica de la generación de energía eléctrica a partir de la pirólisis gaseosa y la biogestigestión anaeróbica.

METODOLOGÍA

Utilizaremos como fuente de información la recopilación bibliográfica, así como la consulta a expertos, trabajadores del mercado y especialistas en la materia. El presente trabajo se basará en los ya existentes en la misma temática y apuntados al mismo objetivo.

El Mercado Central de Buenos Aires

Durante el periodo comprendido entre el 2011-2015 ingresó al MCBA un promedio de 1.3 millones de t/año de mercadería, cuyo destino fuese tanto la comercialización como el decomiso. Asimismo, en el periodo comprendido entre el 2013-2015 se envió al CEAMSE un promedio de 26.000 tn/año.[7]

La cantidad de residuos enviados al CEAMSE por mes varía dependiendo el momento del año, siendo los meses correspondientes a las estaciones cálidas donde mayor cantidad de residuos son enviados. En este sentido, es importante considerar el aumento del ingreso en relación al aumento de la demanda de energía eléctrica en los meses correspondientes al verano.[7]

En resumen, en cuanto al tipo de residuo puede ser descrito en la siguiente tabla:

Tabla 1:Caracterización de Residuos del MCBA.

Categoría de Residuos	Porcentaje	Promedio (t.mes-1)	Coefficiente de Variación	Mínimo (t)	Máximo (t)
Barrido	0.55	13.77	27.36	11.64	15.90
Carne Vacuna	0.05	1.38	28.90	1.15	1.61
Cartón	3.68	92.64	26.46	78.77	106.51
Ferrosos	0.33	8.35	26.27	7.11	9.59
Frutas y Verduras	69.59	1 752.32	27.70	1 477.64	2 027.00
Madera	4.89	123.16	26.50	104.70	141.62
Metales No ferrosos	0.18	4.42	26.16	3.77	5.07
Otro orgánico	1.23	30.94	25.27	26.51	35.36
Otros	2.63	66.26	26.66	56.26	76.25
Papel	1.62	40.67	25.86	34.72	46.63
Papel higiénico y baño	0.13	3.19	25.84	2.72	3.66
Pescado	0.52	12.98	25.95	11.07	14.88
Plásticos No reciclables	2.52	63.37	27.02	53.68	73.06
Plásticos reciclables	3.33	83.74	26.62	71.12	96.35
Pollo	-	-	-	-	-
Textil	0.93	23.38	26.08	19.93	26.83
Tierra	7.26	182.95	26.70	155.31	210.58
Vidrio	0.58	14.72	26.67	12.50	16.94
Total general	100.00	2 518.23	26.83	2 135.98	2 900.49

Fuente: [7] Rosso, A, Muzlera, A., Pettigiani, E., Mazzeo, N., Poliak, R., Informe de Caracterización y Propuesta de Gestión de los residuos generados por la Corporación Mercado Central de Buenos Aires. 2016.

En virtud del presente trabajo, consideraremos como fracciones orgánicas a las correspondientes a frutas y hortalizas la cual representa el 69.59 %, la carne vacuna (0.05 %), otro orgánico (1.23 %), papel higiénico y baño (0.13 %), pescado (0.52 %) y tierra (7.26 %), los cuales suman una biomasa total de 1983.76 tn/mes con un promedio mínimo de 1674.4 tn/mes correspondiente a los meses de baja demanda o invernales y un máximo de 2293.09 tn/mes correspondiente mayormente a los meses de alta demanda o estivales.

En virtud de los costos de deposición, la biomasa que es enterrada va con destino al Complejo Ambiental Norte III del CEAMSE, el cual a octubre 2019 disponía de un costo de servicio de disposición de 1560.81 \$/Tn. Podemos estimar el promedio total abonado en el servicio de disposición final de la biomasa en el caso de los residuos orgánicos, para los meses de alta generación de 3.579.077 \$/mes y para los meses de baja generación de biomasa de 2.613.420 \$/mes.

Mientras que el gasto en disposición final de residuos totales, incluyendo el resto de las categorías, asciende a 4.527.113 \$ para los meses de alta generación y 3.333.858 \$ para los de baja generación.

Consumo Energético en el MCBA

La dificultad del acceso al consumo promedio de energía eléctrica del Mercado Central por la vía formal, llevó a la necesidad de acudir a entrevistas personales con profesionales, que como primera respuesta nos comentaron que esa información es de carácter confidencial y no es posible tener acceso por los canales formales o públicos. Sin embargo, en torno a los fines del presente trabajo, dichas fuentes no brindaron un requerimiento de potencia necesaria para abastecer al Mercado Central, estimada de manera aproximada en 10 MW de potencia/mes.

Biodigestión Anaeróbica

La heterogeneidad de los residuos orgánicos generados por el MCBA y la ausencia de un análisis exhaustivo de su conformación, determina que tomemos como promedio para el cálculo de su capacidad generadora de biogás, una biomasa mayormente representada por residuos de los productos que hacen al mayor volumen de ingreso. Hortalizas de fruto como el tomate o de raíz como la papa o la cebolla, sumado a la tierra, determinan el mayor volumen y la presumible composición final de la biomasa, con alto contenido de humedad. Tomaremos como capacidad generadora de biogás (m³) por cada tn de biomasa, un valor de 500 m³/tn.^[8]

Los cuales determinan la potencialidad de generación de 837.000 m³/mes de Biogás en el caso del promedio de residuos menor correspondiente a los meses fríos, y 1.146.545 m³/mes de Biogás correspondiente al promedio superior o a los meses cálidos.

Considerando un valor aproximado de 55% de metano por cada m³ de biogás, obtendremos un rendimiento aproximado de 5000 a 5500 kcal con capacidad de generar aproximadamente por cada m³ de biogás, entre 5 y 6 kw totales, distribuidos en 2.4 Kw de calor/términos, 2.4 kW eléctricos y 1.2 kW perdido en los procesos.^[9]

En este caso la generación de energía para los meses invernales podría aproximarse a una potencia de 2008.8 MW de energía eléctrica, 2008.8 MW de energía térmica, y 1004.4 MW de pérdida en procesos. Mientras que para los meses de verano, podríamos aproximarnos a una generación de energía de 2751.7 MW de energía eléctrica, 2751.7 MW de energía térmica y 1375.85 MW de pérdida en procesos.

Por cuanto la generación de energía eléctrica a partir de la biodigestión anaeróbica estaría dando como resultado el subsidio interno al Mercado Central del orden de entre el 20 y el 30 % de la potencia necesaria.

En cuanto al ahorro en el costo energético promedio, según se pudo constatar precio del proveedor de energía eléctrica mayorista, en este caso EDENOR S.A. a valores de octubre de 2019, ascendía aproximadamente a 3.535 \$/Kwh, o 3535 \$/MWh. Ante lo cual estaríamos hablando de un ahorro en gasto de energía del MCBA de 7.101.108 \$ para los meses de invierno y de 9.725.138 \$ para los meses de verano.

Pirólisis Gaseosa

La tecnología de pirólisis se basa en la combinación de hornos rotatorios y una cámara de combustión para tratar los RSU o en este caso potencialmente los residuos orgánicos generados en el MCBA. Produce vapor con el que se obtiene electricidad en una turbina o bien calor y electricidad. La biomasa capturada en el MCBA se tritura y se piroliza a 470-500 °C durante una hora en un horno rotatorio calentado externamente utilizando la combustión del gas de la pirólisis. Posteriormente el gas pasa por un aerociclón donde se elimina el polvo, se quema con un exceso de aire que ronda el 30 a 50 %, finalmente los condensables se enfría súbitamente en un baño de agua. En definitiva, la pirólisis es el método por el cual las moléculas se rompen formando compuestos de bajo contenido molecular, la pirólisis de la biomasa la convierte en productos sólidos, líquidos y gaseosos. [10] [11]

Para este caso de estudio utilizaremos la tecnología elaborada por la empresa PiroFlameGas, la cual trabaja con un gasificador de biomasa de marca propia y con un

moto generador eléctrico. En este caso, la empresa no busca la obtención y comercialización del Fuel Oil y Carbón, como las plantas de pirólisis convencionales, sino directamente la conversión a energía eléctrica.

Asimismo, en este caso ya no será necesario acotar solamente a la fracción orgánica de los residuos, sino que es importante la utilidad de los residuos generados por el mercado que mayor poder calorífico tales como la madera (4.89 % del total) o el cartón (3.68 % del total), sumando la totalidad, da un promedio máximo de 2900.49 tn/mes y un promedio mínimo de 2135.98 tn/mes.^[7]

Según comenta el titular de la firma, la tecnología cuenta con una eficiencia de conversión de 1 kwh de energía eléctrica, por cada kg de materia prima. En este caso, de usar los residuos totales promedio del MCBA, estaríamos teniendo un valor aproximado de 2900 Mwh para los meses de alta generación, y 2135 Mwh para los meses de baja generación de biomasa.

En términos de los gastos de energía ahorrados por el MCBA en este escenario estaríamos hablando de 10.251.500 \$ para los meses de alta generación y 7.547.225 \$ para los meses de baja generación.

Análisis de costos y retorno de inversión.

La inversión en activo fijo para la construcción de una planta de pirólisis es de 8.000.000 U\$\$ incluyendo la puesta en marcha. (PiroFlameGas), mientras que el ingreso neto se encuentra fundamentalmente correspondiente al no erogado en la disposición final de residuos y en la energía eléctrica ahorrada, restando los costos de operación y mantenimiento que rondan los 15 U\$\$/MW (PiroFlameGas), a los fines del cálculo promediamos los meses de alta y de baja generación de biomasa.

Ingreso Neto = promedio ahorro disposición final + promedio ahorro energía - gastos mantenimiento.

$$\text{Ingreso Neto} = 3.930.485 \$ + 8.899.362 \$ - 47.625 \$ = 12.782.222 \$.$$

Comenzando a ser positiva la TIR a partir del año 30 de iniciada la inversión.

Para el caso de la biodigestión anaeróbica con módulos de biodigestores, consideraremos como ingreso neto el gasto en energía eléctrica ahorrado mensualmente por el MCBA, sumado a la erogación anulada de la disposición final, el cual en promedio anual asciende a 8.413.123 \$ en ahorro de gasto energético, más 3.096.248 \$ en ahorro de disposición final, y

siendo el costo aproximado para la instalación de una biorrefinería en base a la biodigestión anaeróbica de 2.000.000 U\$\$ y con un valor de operación y mantenimiento de planta similar al de pirólisis. Comenzando a ser la TIR positiva a partir del año 9 de iniciada la inversión.

En ambos casos, al estar encuadrados en el régimen establecido por la Ley 27.191 de Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica y se encuentran beneficiados con la devolución anticipada del impuesto al valor agregado y amortización acelerada del impuesto a las ganancias según se detalla en la Ley 25.924.

CONCLUSIONES

Los residuos generados en el MCBA, si bien manifiestan una gran heterogeneidad, son en un 70 % productos del decomiso y la comercialización de frutas y hortalizas. En consideración, implica que su contenido de humedad supere en promedio el 80 %. La pirólisis gaseosa implica un gasto de energía en el secado para luego poder ser procesado, y su inversión es mucho más grande que la planta de biodigestión que además es modular, si bien garantiza la totalidad del proceso de tratamiento de todos los residuos.

Observamos que la viabilidad de una biorrefinería utilizando módulos de biodigestores genera una buena oportunidad, no solo en materia de coordinación de los subsistemas económico y biológico, sino además, una opción rentable que no demanda mucho tiempo en el recupero de la inversión, además de, en virtud a su estructura modular, poder ir incluyendo nuevos módulos ampliando incluso a los RSU generados en las zonas aledañas al MCBA. Su uso sostenible en el tiempo puede implicar un ahorro energético y una anulación del gasto de disposición final de residuos y de energía eléctrica, determinando una economía cíclica interna del mercado y una reducción del uso de la energía brindada por la red troncal de interconexión, logrando una utilización energética sustentable y amigable con el ambiente.

BILBIOGRAFIA

- [1] White, L.A., The Energy Theory of Cultural Development, Ed. KM Kapadia, Bombay, 1954
- [2] Cunningham, Roberto, "La Energía, historia de sus fuentes y transformación". Revista Petrotecnia, 2003.

- [3] Lewis, Jonathan Taunton (1997). University of Hull, ed. Millstone and Hammer: The Origins of Water Power (en inglés). ISBN 9780859586573. Consultado el 1 de septiembre de 2015.
- [4] Meadows, D.H. Meadows, D.L, Randers, J., Behrens, W.W. y Of, R.C. (1972): The limits to growth, Universe books New York.
- [5] Georgescu-Roegen, Nicholas (1971) “La ley de la entropía y el proceso económico”. Economía y Naturaleza. Fundación Argentaria.
- [6] Llorente, I., L. Luna. 2016. Bioeconomic modelling in aquaculture: an overview of the literature. Aquac. Intern. 24:931–948.
- [7] Rosso, A, Muzlera, A., Pettigiani, E., Mazzeo, N., Poliak, R., Informe de Caracterización y Propuesta de Gestión de los residuos generados por la Corporación Mercado Central de Buenos Aires. 2016.
- [8] Varnero, M.T. y Arellano, J. 1990. Aprovechamiento racional de desechos orgánicos. Ministerio de Agricultura (FIA). Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Informe Técnico. Santiago, Chile, 98p.
- [9] FAO, PROBIOMASA. “Biodigestores, Transformar la biomasa en biogás”, Hoja Técnica N°6. Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.
- [10] Castells, Elias Xavier. Tratamiento y Valorización Energética de Residuos. Madrid. 2012.
- [11] Rios, Pedro, Calvo, Matias. Proyecto de Biocombustible, Planta de Pirólisis. ITBA. 2011