

“Economía circular: rol de las energías renovables”

Cristiano, Gabriela Silvana ^a, Musotto, Marcelo Juan ^b

^a Departamento de Economía (UNS) - IIESS (UNS-CONICET)

^b Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Bahía Blanca

^agcristiano@uns.edu.ar - ^bmarcelomusotto@frbb.utn.edu.ar

Resumen

Desde hace varias décadas, en el mundo han comenzado a implementarse programas tendientes a la resolución de la problemática vinculada al control de las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) y al tratamiento de los residuos, tanto orgánicos como inorgánicos. La mayoría de las actividades económicas genera un efecto externo (externalidad) que tiene impacto negativo en el ambiente y ocasiona un perjuicio a la sociedad. Un modo de mitigar este efecto se logra tratando los desechos, incorporándolos a un nuevo proceso como un insumo (*input*), que dan lugar a un nuevo producto (*output*). La reinserción de este nuevo producto en el circuito económico es un ejemplo del modelo de economía circular.

El objetivo de este trabajo es presentar el tratamiento de los residuos orgánicos en reactores de biodigestión como un modelo de economía circular, que será abordado mediante la metodología exploratoria descriptiva. Se expondrán consideraciones específicas acerca del desarrollo de la ingeniería y de las técnicas de construcción de los biodigestores, recinto donde la materia orgánica da lugar a la generación de biogás, que puede ser transformado en energía eléctrica renovable.

Se concluye que la transición hacia fuentes energéticas renovables en Argentina ya es un hecho. Lo demuestra el impulso normativo implementado hace algunos años, las inversiones crecientes en el sector y las iniciativas presentadas por emprendedores, que demandan servicios del profesional en ingeniería para el diseño y materialización de centrales de biogás.

Abstract

Several decades in the world many programs have been implemented to solve the problem related to the control of greenhouse gas (GHG) emissions and the treatment of waste, both organic and inorganic. Most economic activities generate an external effect (externality) that has a negative impact on the environment and causes harm to society. One way to reduce this effect is achieved by treating the waste, incorporating it into a new process as an input, which gives rise to a new output (product). The reinsertion of this new product in the economic circuit is an example of the circular economy model.

The aim of this paper is to present the treatment of organic waste in biological reactors as a model of circular economy. The exploratory and descriptive methodology will be implemented. There are specific considerations in the development of engineering and construction techniques for biodigesters, where organic waste gives rise to the generation of biogas that can be transformed into renewable electrical energy.

We conclude that the transition towards renewable energy sources in Argentina is already a fact. This is demonstrated by the regulatory impulse implemented a few years ago, the growing investments in the sector and the initiatives presented by entrepreneurs, who demand professional engineering services for the design and materialization of biogas plants.

Palabras clave: residuos orgánicos, biogás, transición energética, reactor anaeróbico, ingeniería de procesos

INTRODUCCIÓN

El ambiente constituye ese espacio dual en el que los individuos realizan sus actividades de consumo y producción, y toman de él los recursos necesarios para transformarlos en productos finales con mayor o menor grado de valor agregado. Pero, por otro lado, ese mismo

ambiente es el que recibe todos los residuos que generan tanto los productores como los consumidores.

La preocupación por el ambiente a nivel mundial se remonta hacia fines de los años '60. Puntualmente, el 1° de enero de 1970 Estados Unidos promulga la “Ley Nacional sobre Política Medioambiental” (*National*

Environmental Policy Act – NEPA) (De la Maza, 2007) [1]. La consideración del impacto ambiental que genera el sector productor, en particular, se convierte en una necesidad para evitar o mitigar los efectos negativos que de él se desprenden.

Cuando una actividad o determinada acción produce alguna alteración en el medio – sea positiva o no- se dice que hay impacto ambiental, y puede recaer sobre algunos de los siguientes sistemas, interrelacionados entre sí (Conesa, 1997) [2]: a) sistema o ambiente físico, b) sistema o ambiente socioeconómico y cultural. Teniendo en cuenta la incidencia de las acciones que originan impactos negativos en el ambiente, es necesario pensar en una nueva forma de producción, tal como lo explicita el modelo de Economía Circular (EC). “En el contexto de la sostenibilidad medioambiental, el modelo de EC consiste en una estrategia que reduce el impacto negativo sobre el medio ambiente, ofreciendo una alternativa al modelo lineal empresarial tradicional, en la que el producto final es la fuente de creación de valor, y alcanza su punto álgido con su consumo” (Fundación EU-LAC, 2018) [3].

Es evidente la creciente concientización con respecto al cuidado del ambiente. Ello ha impulsado actividades de I&D con el propósito de elaborar nuevos modelos basados en la mitigación del cambio climático que puedan ser adoptados por empresas privadas. De este modo, nuevos e innovadores modelos productivos podrán ser implementados en los diversos procesos de producción para proveer bienes y servicios (Fundación EU-LAC, 2018) [3].

En este trabajo se pretende destacar la importancia que reviste el tratamiento de residuos orgánicos para producir biogás en reactores de biodigestión. Este ejemplo, que se enmarca dentro del modelo de EC, tiene como objetivo disminuir la contaminación ambiental y, a su vez, reinsertar en el circuito económico-productivo un nuevo *output* (el biogás), que se obtiene a partir del metano que procede de los desechos orgánicos (*input*).

Por lo tanto, la difusión de este tipo de energía limpia y renovable constituye la motivación de esta presentación, en la que se pone énfasis en la disminución de las externalidades negativas de producción en un nuevo modelo de negocio que está en consonancia con los principios de la EC:

- Preservación y mejora del capital natural: control de las reservas limitadas y equilibrio en los flujos de recursos.

- Optimización del uso de los recursos: distribución de productos, componentes y materiales con la máxima utilidad en términos de sus ciclos técnicos y biológicos.

- Promoción de la eficacia del sistema: detección y supresión de las externalidades negativas (Fundación EU-LAC, 2018) [3].

LAS EXTERNALIDADES NEGATIVAS DE PRODUCCIÓN

El ambiente constituye ese espacio dual en el que los individuos realizan todas sus actividades productivas, y toman de él los recursos necesarios para transformarlos en productos finales con mayor o menor grado de valor agregado. Pero, por otro lado, ese mismo ambiente es el que recibe todos los residuos que generan tanto los productores como los consumidores. Surge entonces la economía ambiental, la cual tiene sus raíces en la teoría neoclásica. Uno de los temas centrales de la economía ambiental es el tratamiento de las externalidades (en el que se analiza la valoración monetaria de los beneficios y costos ambientales) y el estudio relacionado a la problemática del agotamiento de los recursos no renovables vinculado a la cuestión de la asignación óptima intergeneracional (Aguilera Klink y Alcántara, 2011) [4].

Cuando los precios de mercado no manifiestan completamente los costos (o beneficios) asociados a las actividades que realizan los productores o consumidores aparecen las llamadas “fallas de mercado”. Es posible decir entonces que existe una externalidad cuando una determinada actividad, ya sea de producción o de consumo, produce un efecto indirecto sobre otras actividades de producción o consumo que no se refleja a través del sistema de precios de mercado. Estos precios aparecen distorsionados, ya que no incluyen todos los costos o beneficios reales para la sociedad, lo que conduce a una inadecuada asignación de recursos. En presencia de externalidades el mercado falla y se genera una pérdida de bienestar porque se tiende a producir en una mayor o menor cuantía de lo que resultaría óptimo (Mas Colell et al, 1995) [5].

Esta situación se ilustra en la Figura 1. La curva CM (costo marginal) representa la curva de oferta de una determinada actividad industrial que genera un efecto externo negativo. El costo externo marginal (CEM) es la sumatoria del costo marginal de todas las personas afectadas correspondiente a cada nivel de producción. La curva CSM representa el costo social marginal, y es la suma del costo marginal privado de producción y el costo externo marginal como puede verse en la siguiente ecuación (1):

$$CSM = CM + CEM \quad (1)$$

Como puede observarse, el precio y nivel de producción de la industria es (P_1 ; Q_1), donde se igualan la oferta (S) o costo marginal privado (CM) con la demanda (D) o beneficio marginal. Sin embargo, cada unidad de producción genera cierta cantidad de residuos, provocando efectos externos negativos. Este es un nivel de producción ineficiente.

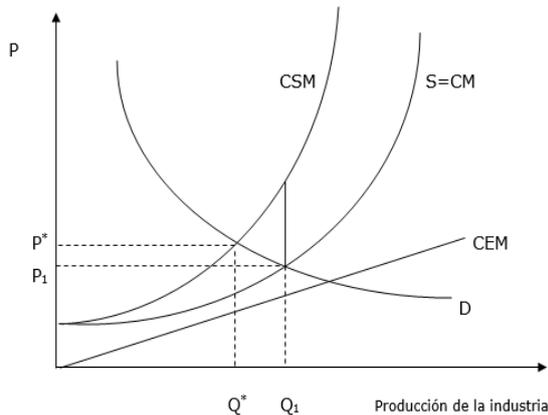


Figura 1: Externalidad negativa en la producción

El precio de mercado, P_1 , es demasiado bajo, y sólo refleja el costo marginal privado de producción de las empresas (CM), pero no el costo social marginal (CSM). Una forma de dar tratamiento a estas externalidades negativas es a través del modelo de EC.

LA ECONOMÍA CIRCULAR

¿Qué se entiende por EC? Según la definición de la Fundación Hellen Macarthur, 2014 [6]: “Una economía circular es un sistema industrial restaurador o regenerativo por intención y por diseño. Sustituye el concepto de “caducidad” por el de “restauración”, se desplaza hacia el uso de energías renovables, eliminando el uso de químicos tóxicos, que perjudican la reutilización y el retorno a la biósfera, y busca en su lugar la eliminación de residuos mediante un diseño optimizado de materiales, productos y sistemas y, dentro de éstos, modelos de negocio”.

En un contexto donde se hace hincapié en la sostenibilidad medioambiental, “el modelo de EC consiste en una estrategia que reduce el impacto negativo sobre el medio ambiente, ofreciendo una alternativa al modelo lineal empresarial tradicional, en la que el producto final es la fuente de creación de valor, y alcanza su punto álgido con su consumo” (Fundación EU-LAC, 2018) [7].

El concepto de EC trae aparejado necesariamente un cambio de paradigma productivo. Implica considerar una nueva forma de producir, conducente a eficientizar la cadena *extraer- utilizar - tirar*. Es un modelo

restaurador, cuyos potenciales beneficios impactarán sobre los sistemas económicos y, en particular, sobre las empresas. El diseño de políticas públicas debería orientarse hacia la promoción y puesta en marcha de proyectos que contemplen la disminución de los impactos negativos medioambientales.

POLÍTICAS PÚBLICAS PARA LA PROMOCIÓN DE BIOENERGÍA

Con el propósito de diversificar la matriz energética nacional, durante los últimos años en Argentina se han ido implementando diversos mecanismos tendientes a promover la producción de energías renovables, dado que el consumo de combustibles fósiles (petróleo y gas) trae aparejado serios problemas ambientales. El agotamiento de estos recursos naturales no renovables ha conllevado a repensar nuevas formas de generación de energía.

A continuación, se expondrán, siguiendo una línea de tiempo, los principales mecanismos de promoción de la producción de bioenergía (Cristiano, 2018) [7]. Durante el período 2001-2004 se generaron incentivos para producir biodiesel y bioetanol. En 2006 se sancionan dos leyes: la Ley 26.093 (Promoción para la Producción y Uso Sustentables de Biocombustibles) y la Ley 26.190 (Régimen Nacional Para el Uso de Fuentes Renovables de Energía (energía eléctrica y biogás)). En 2009 se puso en marcha el PROGRAMA GENREN, que implicó la licitación de 1000 MW de generación eléctrica a partir de energía renovable (destinándose 20 MW para la generación de biogás).

En 2011 se lanzó el programa PROBIOMASA (Proyecto para la Promoción de la Energía Derivada de Biomasa), que perseguía diversos objetivos, entre ellos: descentralizar la producción de energía, capacitar recursos humanos, crear infraestructura básica y desarrollar estrategias regionales. En 2015 se sancionó la Ley 27.191 (Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía).

En 2016 Argentina se implementó el programa RenovAr, con el objetivo de transformar la matriz energética para cuidar el ambiente y reducir la importación de combustibles fósiles. Esta primera etapa implicaba más que duplicar la potencia instalada de energías renovables existentes en el país. Esto se dio en el marco del Régimen de Fomento Nacional para el uso de fuentes renovables de energía, establecido por la Ley 27.191.

El 24 de enero de 2017 se puso en marcha el Plan de Bioeconomía, el que contemplaba, entre otros aspectos, la concreción de acuerdos vinculados a inversiones en energías renovables. El cambio de rumbo propuesto en la forma de producir implicó el involucramiento de las

distintas cadenas productivas, asociaciones y empresas, en un marco en el que comenzó a ser posible producir en forma sustentable. Dentro de este contexto, fue importante contar con un marco institucional que posibilitó la articulación sobre un eje común a las diferentes organizaciones sobre las que se sustenta la actividad productiva nacional.

Ambos mecanismos implementados fomentaron el surgimiento de proyectos tendientes a producir bioenergía. Es de esperar que se pongan en marcha muchos más emprendimientos que los que hay actualmente, que generen fuentes renovables de energía más limpias, asequibles y equitativas.

LA GENERACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y SU POTENCIAL ENERGÉTICO

La gran mayoría de las actividades agropecuaria y agroindustrial, como la mayoría de las actividades económicas, generan una externalidad que tiene impacto negativo en el ambiente. Una forma de disminuir el impacto ambiental es mediante el tratamiento de los desechos orgánicos, permitiendo generar bioenergía a partir de los mismos (Cristiano, 2018) [7].

La descomposición de los residuos orgánicos genera biogás. Este gas combustible se produce en ambientes naturales o en construcciones específicas, y es producido por las reacciones de biodegradación de la materia orgánica mediante la acción de microorganismos que se desarrollan y actúan en un medio anaeróbico. Como resultado de este tratamiento de residuos biodegradables se produce biogás y biol; este último es el sustrato digerido obtenido como resultado de este proceso, y puede ser empleado en forma directa al suelo como abono sin efectos residuales nocivos (Cano y Mairosser, 2013) [8]. El aprovechamiento del biogás tiene su fundamento basado en su proceso de producción en el que se genera conjuntamente electricidad y calor, representando una atractiva oportunidad medioambiental y tecnológica. De esta forma, se crea una fuente energética alternativa que permite reducir el calentamiento global y el efecto invernadero, que provocan drásticos cambios climáticos y en la mayoría de los casos son acompañados por importantes pérdidas económicas.

El biogás tiene un menor poder calorífico que el gas natural y, en aplicaciones específicas, como combustible de automoción, para mejorar su calidad, es necesario su tratamiento. “La bioenergía puede ser una solución inmediata al límite de crecimiento o desarrollo que tiene una gran región del país por falta de energía, ya sea aprovechando residuos pecuarios, urbanos o

agroindustriales o generando cultivos energéticos para ese fin. (...). El acceso a la energía en las zonas rurales es fundamental para impulsar el desarrollo agrícola y regional” (INTA, 2015) [9].

En Argentina existen numerosos proyectos que promueven la producción de biogás. Los sectores agropecuario y agroindustrial tienen un peso significativo en la economía nacional y podrían dar un tratamiento adecuado a sus residuos con miras a la producción de bioenergía. Estas actividades generan una gran cantidad y diversidad de residuos y subproductos que pueden constituirse en insumos de otros nuevos productos (Gruber et al, 2010) [10].

El biogás puede ser empleado en el proceso productivo de los establecimientos agropecuarios. A diferencia de otras fuentes renovables de energía (tales como la energía eólica y solar), el biogás puede generar electricidad durante las 24 horas del día (Gruber et al, 2010) [10]. Además, el uso del biol incorpora un valor ecológico a los productos y permite aumentar los ingresos y la producción agropecuaria entre un 30 y un 50%, lo que repercute directamente en los ingresos obtenidos por las familias productoras (Martí Herrero, s.f.) [11].

La otra forma en que el biogás puede contribuir con el grado de desarrollo del sector es que permite expandir los servicios energéticos de las comunidades rurales y de esta manera promover el desarrollo rural. La biomasa tradicional, la leña, sigue siendo una fuente energética con alta participación en el consumo energético de la población rural (IAE, 2012) [12]. El uso de estas fuentes energéticas de baja calidad y el uso de artefactos ineficientes para la cocción y la calefacción implican altos niveles de contaminación y serios problemas de salud para la población. Los sistemas eficientes de bioenergía, en particular las estufas que funcionan con biogás, implican múltiples beneficios, tales como la reducción de la presión sobre la forestación y la biodiversidad, la disminución de las enfermedades relacionadas con la inhalación de humo, la reducción del trabajo forzoso de recolectar leña, el ahorro de dinero que hubiese sido utilizado para comprar combustibles, entre otros (Smith et al, 2014) [13].

EL PROCESO DE GENERACIÓN DE BIOGÁS EN REACTORES ANAERÓBICOS

Para comprender cómo se origina la producción de biogás es necesario describir el proceso de digestión anaeróbica que se produce en los biodigestores también llamados reactores anaeróbicos. El proceso de descomposición anaeróbica de la materia orgánica, el que se realiza en ausencia total de oxígeno o nitratos,

produce un gas combustible que está compuesto de un elevado porcentaje de gas metano, que es variable dependiendo del tipo de sustrato empleado para la fermentación. En este tipo de procesos se producen conjuntamente la transformación y depuración de la materia orgánica, la que conlleva a la generación de este gas.

Desde el punto de vista microbiológico, puede decirse que la digestión anaeróbica es un proceso bioquímico complejo y se debe enteramente a la actividad de las bacterias anaeróbicas, que pueden ser clasificadas en tres grupos: bacterias hidrolíticas, fermentativas y metanogénicas. Para que estas bacterias puedan actuar, es necesario mantener las condiciones óptimas que permitan la realización tanto de las reacciones químicas dentro de la matriz líquida del reactor como las reacciones bioquímicas intracelulares que dan vida a los organismos involucrados en el proceso (Flotats, 2010) [14].

Dado que la digestión es un proceso tan lento, con frecuencia es necesario contar con una fuente calórica adicional para acelerar las reacciones bioquímicas implicadas. La mayoría de los digestores convencionales operan dentro de la gama mesofílica, es decir, entre 12° y 35° C, optimizándose el proceso entre los 29° y 33°C. Muchas de las poblaciones anaerobias mesofílicas son encontradas en la naturaleza, en los sedimentos inferiores de los lagos y zonas pantanosas o en los estómagos de animales herbívoros (Flotats, 2010) [14]. Si bien la temperatura es uno de los factores más importantes para la determinación del volumen de los digestores, otro de los aspectos a considerar al momento de evaluar el tamaño de un biodigestor es el tiempo necesario para la estabilización de los fangos, el cual está en función de la temperatura de digestión (Montes Carmona, 2008) [15].

El poder calorífico del biogás dentro del biodigestor está determinado por la concentración de metano, pudiéndose aumentar eliminando todo o parte del CO₂ presente en el biogás. La producción total de biogás depende fundamentalmente de la actividad bacteriana, medida en la cantidad de sustrato eliminado durante el proceso. Dicho sustrato suele expresarse normalmente por la demanda química de oxígeno (DQO), y por los sólidos volátiles (SSV). En base al tipo de sustrato empleado variará la cantidad de biogás producido (Montes Carmona, 2008) [15].

Teniendo en cuenta la heterogeneidad en la composición del sustrato, la cantidad de biogás que se puede producir será variable, como así también su composición química y valor energético.

En cuanto a las características y modo de funcionamiento de los biodigestores, en términos generales puede decirse que los mismos constan de un

contenedor cerrado, hermético e impermeable, denominado reactor, en el que se deposita el material orgánico a fermentar con un cierto porcentaje de agua. A través de la fermentación anaerobia se obtiene gas metano y fertilizantes orgánicos ricos en nitrógeno, fósforo y potasio.

En relación a los distintos tipos de biodigestores, cabe mencionar que estos se diferencian unos de otros por su forma de operación, materiales construidos y su frecuencia de carga (Varnero Moreno, 2016). En lo que respecta a la frecuencia de carga, estos varían según la disponibilidad de material para ingresar al biodigestor para su descomposición. Al respecto existen 3 tipos: de flujo discontinuo, semi-continuo y continuo. En relación a la operación, entre los más utilizados se encuentran el dosel flotante (indio) y el domo fijo (chino). Muchos tipos han fracasado por sus altos costos de instalación y mantenimiento, sumado a la gran dificultad que provoca conseguir sus partes y repuestos. Cada uno de los sistemas que se describen a continuación pueden implementarse con diferentes tecnologías, dependiendo del volumen de residuo a tratar.

-Biodigestor discontinuo (o sistema *batch*): en este tipo de biodigestor, la carga de material a descomponer se realiza en su totalidad al comienzo del proceso y la descarga del efluente al finalizar. A partir de allí se vuelve a cargar material. Se utiliza cuando la disponibilidad de materia orgánica es limitada o intermitente. Tiene un solo orificio para la carga y descarga del material. La duración de la fermentación varía entre 2 y 4 meses, dependiendo del clima, ya que las temperaturas afectan directamente al proceso de reacción dentro de los mismos. Consiste en un tanque hermético con una salida de gas conectada a un gasómetro flotante, donde se almacena el biogás. Demanda una mayor cantidad de mano de obra y requiere un lugar para almacenar la materia prima si esta se produce más o menos en forma continua.

-Biodigestor semi-continuo: este tipo de biodigestores son los más comúnmente empleados en las zonas rurales, dado que se trata de sistemas pequeños para uso doméstico. Se cargan o alimentan en forma diaria o cada 12 horas, con una carga relativamente pequeña en comparación a la cantidad que ya se encuentra en el biodigestor (al mismo tiempo que se saca de la cámara de descarga un volumen igual de líquido a los efectos de mantener el volumen constante). La producción de biogás es generalmente permanente, debido al constante suministro de nutrientes para las bacterias metanogénicas, responsables de generar el gas. El único factor limitante sería la disponibilidad de agua, ya que la carga entrante debe ser en promedio de 1/4 a 1/3 del total de biomasa ingresada. Estos sistemas

permiten retirar sustrato ya fermentado por el canal de salida y añadir nueva materia orgánica por el canal de entrada (sin destapar la boca central), que al descomponerse generará nuevo gas. Estos digestores se adaptan bien para tratar material blando, como estiércol de origen pecuario e inclusive humano, materia celulósica, entre otros.

-Biodigestor continuo: este tipo de biodigestor se utiliza generalmente para explotaciones agropecuarias que generan grandes cantidades diarias de residuos, como tambos, criaderos de porcinos, granjas de gallinas ponedoras en jaulas y *feedlots*. Es comúnmente empleado por pequeñas comunas que desean estabilizar y neutralizar los residuos orgánicos municipales antes de verterlos al medio ambiente. Requiere el manejo de mayor tectología para el calentamiento del sustrato, control de la calidad del gas resultante, plantas enteras de desulfuración, grandes compresoras, cadenas de distribución, plantas de almacenamiento, antorcha de desfogue, etc. (así como un suministro muy constante de materia orgánica). Esta característica lo hace útil en el procesamiento y aprovechamiento de residuos y materiales que requieran un tratamiento prolongado (Montes Carmona, 2008) [15].

CONCLUSIONES

La problemática medioambiental es un tema prioritario en la agenda del sector público y, en algunos casos puntuales, en la del sector privado. A nivel mundial, este hecho se puso de manifiesto en la década del '70, más precisamente con la "Ley Nacional sobre Política Medioambiental" (*National Environmental Policy Act – NEPA*), promulgada en Estados Unidos el 1° de enero de 1970.

Podría decirse que en Argentina la preocupación por el ambiente surgió recién en los años '90. Así, la evaluación del impacto ambiental se ha ido convirtiendo en una necesidad para mitigar los efectos negativos que se generan a partir del accionar del hombre, ya sea como consumidor o como productor.

En este trabajo se presentó una forma de dar tratamiento a las externalidades negativas provenientes de actividades productivas que generan residuos orgánicos en base al modelo EC. La finalidad es disminuir los efectos nocivos causados por estos al ambiente y generar energía renovable.

El contexto actual a nivel nacional favorece la implementación y puesta en marcha de emprendimientos tendientes a producir energías renovables.

La transición hacia nuevas fuentes energéticas en Argentina ya es un hecho. Lo demuestra el impulso normativo implementado hace algunas décadas, las

inversiones crecientes en el sector y las iniciativas presentadas por emprendedores.

REFERENCIAS

- [1] De la Maza, C. L. (2007). *Evaluación de impactos ambientales*. En *Manejo y conservación de recursos forestales*. Editorial Universitaria, (579-609). Chile.
- [2] Conesa Fernández-Vítora (1993). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Mundi-Prensa. Madrid, España, 3-20.
- [3] Fundación EU-LAC. *Estudios de caso sobre modelos de Economía Circular e integración de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en estrategias empresariales en la UE y ALC*. Fundación EU-LAC. 5-34. Recuperado de: https://eulacfoundation.org/es/system/files/economia_circular_ods.pdf
- [4] Aguilera Klink, F. y Alcántara, V. (2011). *De la economía ambiental a la economía ecológica*. CIP-Ecosocial. Barcelona, 9-21.
- [5] Mas Collé, A., Whinston, M. and Green, J. (1995). *Microeconomic Theory*. Oxford University Press. New York. 350-374.
- [6] Fundación Hellen Macarthur (2014). *Hacia una economía circular*. Fundación Hellen Macarthur. 2-9. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/hacia-una-economia-circular-resumen-ejecutivo-ellen-mac-arthur-fundacion.pdf>
- [7] Cristiano, G. (2018). *Proyecto de desarrollo regional: un modelo basado en el tratamiento de residuos orgánicos. El caso del Corfo Río Colorado*. Universidad Nacional del Sur. Argentina.
- [8] Cano, F. y Mairoser, A. (2013). *Producción de biogás con el residuo de la cebolla*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Recuperado de: <http://inta.gob.ar/documentos/produccion-de-biogas-con-el-residuo-de-la-cebolla>
- [9] INTA (2015). *Bioenergía: innovar a partir de los residuos*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Recuperado de <http://intainforma.inta.gov.ar/?p=28974>
- [10] Gruber, S., Hilbert, J. y Sheimberg, S. (2010). *Estudio de caso preliminar de generación eléctrica de 1 MW con una planta de biogás de alta eficiencia*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. INTA Ediciones.
- [11] Martí Herrero J. (s.f.). *Biodigestores de bajo costo para producir biogás y fertilizante natural a partir de residuos orgánicos*. IDEASS. América Latina.

Innovación para el Desarrollo y Cooperación Sur-Sur.

- [12] IAE (2012). *World Energy Outlook*. Paris. France.
- [13] Smith P. et all (2014). *Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU)*. En *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York. NY. USA.
- [14] Flotats, X. (2010). *Biogás y gestión de deyecciones ganaderas*. SUIS/IVIS, (72), 22-29. Recuperado de <https://xdoc.mx/documents/biogas-y-gestion-de-deyecciones-ganaderas-in-suis-n-5df542de2ec07>
- [15] Montes Carmona, M. E. (2008). *Estudio técnico-económico de la digestión anaerobia conjunta de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos y lodos de depuradora para la obtención de biogás*. Universidad Veracruzana. México.
- [16] Varnero Moreno, M. T. (2011). *Manual del biogás*. FAO, 2-121.