

02.

## Generación en transición. Bioenergía a partir de residuos pecuarios en Argentina

Carolina Chomicki - Ada Graciela Nogar

**RESUMEN** La producción de residuos contaminantes, el aumento de gases efecto invernadero, el cambio climático y la creciente demanda de energía; priorizan la identificación de alternativas energéticas para gestionar territorios menos críticos. Por lo cual este artículo se propone analizar la biodigestión anaeróbica como generador de bioenergía desde residuos pecuarios, a partir de un estudio de caso en la Provincia de Buenos Aires, para evaluar la transformación de un residuo en producto, teniendo en cuenta posibilidades y obstáculos en un contexto de transición energética, generación distribuida y marcos regulatorios en construcción. Se triangularon datos de fuentes secundarias y primarias. Los obstáculos forman parte del proceso, pero esta tecnología es una oportunidad frente a la criticidad y limitaciones de los sistemas centralizados dependientes de hidrocarburos. Los resultados preliminares, enuncian que producir bioenergía a partir de residuos pecuarios: i- transforma un residuo/contaminación/problemática en bioenergía, ii- diversifica los ingresos, iii- genera biofertilizantes y iv- visualiza espacios rurales multifuncionales.

**Palabras clave:** Transición Energética | Ambiente | Bioenergía | Generación Descentralizada | Argentina.

### *Generation in transition. Bioenergy from livestock waste in Argentina*

**SUMMARY** The production of polluting waste, the increase in greenhouse gases, climate change and the growing demand for energy; prioritize the identification of energy alternatives to manage less critical territories. Therefore, this article proposes to analyze anaerobic biogas production as a generator of bioenergy from livestock waste, based on a case study in the Province of Buenos Aires, to evaluate the transformation of a waste into a product, taking into account possibilities and obstacles in a context of energy transition, distributed generation and regulatory frameworks under construction. Data from secondary and primary sources were triangulated. Obstacles are part of the process, but this technology is an opportunity in the face of the criticality and limitations of centralized hydrocarbon-dependent systems. Preliminary results state that producing bioenergy from livestock waste: i- transforms a waste / pollution / problem into bioenergy, ii- diversifies income, iii- generates biofertilizers and iv- visualizes multifunctional rural spaces.

**Keywords:** Energy Transition | Ambient | Bioenergy | Decentralized Generation | Argentina.

Recepción  
13/08/2020

Aceptación  
21/10/2020

ISSNe  
2314-0208



**Carolina Chomicki**

CONICET; Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. CESAL. Argentina.

**Correspondencia**

carolinachomicki@gmail.com

**Ada Graciela Nogar**

CIC. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. CESAL. Argentina.

**Correspondencia**

nogargraciela02@gmail.com

## 1. Introducción

Energía y ambiente, dos preocupaciones del s. XXI. La energía como recurso estratégico insustituible, y el ambiente como soporte vulnerable continuo. Los procesos de apropiación junto al crecimiento exponencial de la población y el consumo ilimitado impulsan la demanda de energía. Su abastecimiento mediante el sistema energético actual basado en hidrocarburos acelera procesos de degradación ambiental, intensifica el cambio climático mientras que políticas energéticas deficientes en territorios marginales, profundizan la crisis e incrementa la población sin acceso a las redes. El informe del Club de Roma en 1972 puso en escena la situación crítica que vivirían los territorios con la profundización de los extractivismos, el crecimiento a cuesta de los recursos naturales y el aumento de la demanda de energías de origen fósil. Por ello, aún aquellos que mantienen en equilibrio su matriz energética, conservan el desafío de centrar los esfuerzos en proyectos que prioricen elecciones desde fuentes descarbonizadas en consonancia con el modelo de transición energética impulsado desde la generación descentralizada (De Gouvello, Durix, 2008, Alstone et al., 2015; Tirado Herrero et al., 2017), localizada y renovable. Según la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2012) se prevé que para el 2030, 1.000 millones de personas no tendrán acceso a red eléctrica, 2.600 millones no dispondrán de instalaciones para cocinar, pero debido al crecimiento del consumo habrá un incremento del 37% en la producción mundial de energía. Adscripto a lo enunciado, este artículo propone analizar la biodigestión anaeróbica como generador de bioenergía desde residuos pecuarios, a partir de un estudio de caso en la Provincia de Buenos Aires, Argentina. El estudio se enmarca en un contexto de transición energética, generación distribuida y marcos regulatorios en construcción. El mismo prioriza los conocimientos acerca de la producción de fuentes energéticas renovables, la preocupación por los residuos pecuarios y la generación en forma descentralizada y distribuida. Los resultados preliminares de este trabajo explican la revalorización de un residuo ganadero a partir de la generación de bioenergía y de biofertilizantes en un contexto de crisis ambiental/energética. Por otro lado, la materialización de proyectos energéticos desde unidades de producción ganaderas es un proceso que evidencia estrategias de diversificación de ingresos y multifuncionalidad de los espacios rurales pampeanos.

Este manuscrito se compone de una primera parte, donde se enmarca el objeto de estudio en un contexto global de transición energética, luego el marco regulatorio de Argentina para el desarrollo de energías renovables y finalmente el desarrollo del estudio de caso, donde se analizan obstáculos y potencialidades de generación de bioenergía en el territorio y su síntesis correspondiente.

## 2. Escenario de transición y generación

Desde mediados del s. XX el modelo económico predominante de carácter lineal se organizó a partir de la extracción, transformación, consumo de recursos ambientales y la producción de residuos; lo cual, sumado al crecimiento poblacional, implicó demandas crecientes de energía, deterioro, contaminación, escasez y exclusión. La apropiación acelerada de recursos asociada a la acumulación de residuos y el creciente consumo de energía de origen fósil, son algunas de las causas del calentamiento global que conjugan un escenario de renovada complejidad. En éste, anidan las discusiones acerca de la diversificación de la matriz energética de los territorios, la inclusión de poblaciones alejadas y/o marginales a las redes de energía y el crítico estado ambiental de territorios productores y consumidores finales de fuentes fósiles. Las fuentes energéticas juegan un rol clave en todo este proceso de cambio, por ello es primordial visualizar fuentes energéticas renovables en consonancia con el modelo de transición actual. Apostar a la transición desde fuentes renovables, parece viable desde el modelo de generación distribuida, que según Matos Ortega y Vargas Guevara (2019, p.34) es la "(...) generación que se conecta a la red de distribución eléctrica y que se caracteriza por encontrarse

instalada en puntos cercanos al consumo (conectada directamente a las redes del distribuidor o a las instalaciones del cliente)". Por su parte Ackermann et al. (2004, p.119-128) citado por Ramos (2020, p.10) incorpora en el análisis otras estrategias, ya que considera que la Generación Distribuida, "(...) es la generación de energía eléctrica lo más cercana al centro de carga o red de distribución de energía, con la opción de comprar o vender energía eléctrica en el sistema interconectado (on-grid) o trabajar aisladamente (off-grid)".

Al mostrarse de acuerdo con este proceso de transición energética, uno de los desafíos es conocer ¿Cómo es la transición energética actual? Autores como Fornillo (2017), exponen que este período se origina a fines de los años setenta en oposición a la energía nuclear alemana, como forma de apostar a las energías renovables. El autor postula que en este proceso: "(...) se propicia una lenta pero persistente transformación de la matriz energética para tornarla más eficiente y reemplazar el finito consumo fósil por el aprovechamiento de la energía limpia que recircula constante en la naturaleza; tendiendo a "electrificar" la matriz primaria (...)" (Fornillo, 2017, p 48). Esta transición involucra la necesidad de i) re-pensar la matriz energética menos dependiente de recursos hidrocarbúricos (más del 80%), ii) evolucionar hacia un consumo eficiente (el autor lo llama "sociedad ecotécnica"), iii) indagar en la concientización del cuidado de los recursos "La transición socio-energética se propone como una forma de consolidar las esferas de igualdad social, apuntando directamente a la desconcentración, descentralización, democratización y desmercantilización del vector energético, para así transformar radicalmente el sistema energético" (Fornillo, 2017, p. 50).

En este marco, las iniciativas que alientan el aprovechamiento de recursos renovables para sustituir fuentes fósiles en pos de la transición energética, ganan visibilidad a escala mundial. Europa ha diversificado su matriz energética incorporando potencia renovable a través de parques eólicos, solares y de biomasa que inyectan a los sistemas nacionales interconectados. En paralelo, se han multiplicado las opciones de aprovisionamiento energético mediante esquemas de generación descentralizados para satisfacer demandas. En América del Sur, ambos procesos son más recientes. Mega-proyectos energéticos aumentan la capacidad renovable instalada y paulatinamente se materializan experiencias de generación distribuida impulsados por actores públicos y privados (Clementi, Villalba y Nogar, 2018). Países como Brasil, Chile, Colombia y Uruguay, son los que más avanzan en el aprovechamiento de energías renovables para abastecimiento energético bajo esquemas descentralizados.

Es una transición que pivotea desde la complementariedad entre dos modelos: generación distribuida y descentralizada; lo cual involucra no sólo localización de proyectos donde se sitúan los recursos, sino producción de energía en cercanías de las sociedades que la consumen/necesitan. Boc y de Tramuntana consideran que las sociedades deben involucrarse en las cuestiones energéticas, pues a partir del período industrial se generó "(...) desvinculación entre producción y consumo de energía (...)" (2017, p. 294). Desvinculación no sólo ligada a cuestiones energéticas; sino a extracción, transformación de recursos ambientales y deposición de residuos. Es así que, un nuevo enfoque se expresa sobre los desechos de diferentes industrias o tipos de producción, lo que anteriormente era considerado "descartable" o "sin valor" comienza a tomar otra posición. Estos desechos acompañados de conflictos de contaminación de agua, suelo y aire se insertan en una nueva cadena de valor. En esa intersección, desechos agroindustriales, crisis energéticas, visualización de residuos como recursos energéticos; surge la producción de bioenergía. La misma tiene como principal materia prima la biomasa entendida como: "Fracción biodegradable de productos, desechos y residuos de la agricultura (incluyendo sustancias vegetales y animales), silvicultura e industrias relacionadas, así como la fracción biodegradable de los residuos municipales e industriales" (Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo 2009, p. 12).

La biodigestión anaerobia transforma los residuos orgánicos (purines, excremento animal, residuos agrícolas y agroindustriales blandos), mediante un proceso biológico complejo y degradativo (digestión anaerobia) en biogás: "(...) mezcla de gases obtenida por degradación microbiana de la materia orgánica en ausencia de oxígeno. Está formado por metano (CH<sub>4</sub>) en una proporción, que oscila entre un 50% a un 70% y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), conteniendo pequeñas proporciones de otros gases (...)" (García Pérez 2019, p.13). Este combustible es capturado y transformado en bioenergía y en biol o digestato (fertilizante orgánico de composición compleja y natural) (Martí Herrero et al. 2016). La biodigestión anaeróbica reduce el volumen de residuos, mitiga la contaminación ambiental en el suelo, agua y aire, y es fuente renovable para producir energía. La digestión anaeróbica y el biogás son versátiles, con lo cual se visualiza la capacidad de descentralización que tiene la energía a partir de materia orgánica, y la posibilidad de su generación a diferentes escalas. Según Pérez Medel (2010) el biogás generado a partir de biodigestión anaeróbica de purines de bovinos tiene un porcentaje de metano CH<sub>4</sub> cercano al 60%, es un producto de alto poder calorífico, valioso como fuente térmica.

Los antecedentes vinculados a la producción de bioenergía presentan diferentes momentos de innovación y aplicación. En algunos países, ha estado influenciado por criterios ambientales más que energéticos. En América Latina y el Caribe, la producción de biogás a partir de residuos pecuarios surge a mediados de la década del 70' con pruebas piloto, las cuales demostraron su funcionalidad técnicamente, pero no su importancia para producir bioenergía (Martí Herrero et al. 2016). Según este autor "Se hizo hincapié en los aspectos tecnológicos, pero se subestimó la importancia de los aspectos sociales y económicos" (2016, p.17). Respecto a esta situación Tobares (2013) indica que en Argentina se ha experimentado en biodiesel y bioetanol, pero no en biogás, aun cuando hay residuos y subproductos para la generación. En 2015, el Comité de Biomasa de la Cámara Argentina de Energías Renovables (CADER), expresó que existen entre 60 y 80 plantas de biodigestión; de las cuales sólo 20 corresponden a grandes escalas. Por otro lado, en 2019 los representantes de la Red de Biogás y miembros del Programa de Energías Renovables del INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial) en el marco del Ministerio de Agroindustria y Energía y Minería con el apoyo de la FAO presentaron el Relevamiento Nacional de Biodigestores (FAO,2019) (Imagen N°1), el cual enunció los déficits para planificar acciones propicias para la innovación en tecnologías de la biodigestión. Solo el 6% de las plantas relevadas (62 plantas de biodigestión) fueron instaladas con fines energéticos, el resto prioriza la tecnología como solución para el tratamiento de efluentes para el cumplimiento de parámetros de vuelco, es decir, aparecen invisibilizados la generación de biogás, la utilización de sus beneficios y las potencialidades del biofertilizante.



PROBIOMASA (Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa), que busca incrementar la producción de energía térmica y eléctrica derivada de biomasa a nivel local, provincial y nacional. Por otra parte, se sanciona la Ley de Energías Renovables 27.191/15 que declara de interés nacional la generación de energía eléctrica con fuentes renovables, así como la investigación asociada a su desarrollo, adaptar el marco regulatorio y diversificar la matriz energética nacional, valorando a la biomasa como una fuente de relevancia. A su vez, se crea el Fondo Fiduciario (FODER) para el financiamiento de proyectos renovables, otorgando beneficios fiscales a los productores de energía independientes. En forma simultánea, se enuncia el Decreto 134/2015 de Emergencia del Sector Eléctrico Nacional ya que las importaciones de energía superan a las exportaciones. En la Provincia de Buenos Aires la Secretaría Provincial de Servicios Públicos y el Foro Regional Eléctrico de la (FREBA), en el marco de la Ley Provincial 14.838/16, se crea el Programa Provincial de Incentivos a la Generación de Energía Distribuida (PROINGED).

Para cumplir con la Ley 27.191, en 2016 el Ministerio de Energía y Minería a través de CAMMESA, realizó la convocatoria Abierta Nacional e Internacional "Programa RenovAr (Programa de abastecimiento de energía eléctrica a partir de fuentes renovables) Ronda 1" para proyectos de generación de energía a partir de fuentes renovables. Hasta el momento, el programa ha completado tres rondas de licitación, adjudicando 185 proyectos por una capacidad total de 4725 MW. En abril de 2019 la producción de energía sobre la base de biomasa, biogás o gas de relleno incluyendo proyectos GENREN, RENOVAR ronda 1, 1.5 y 2 y proyectos anteriores a la Ley 26.190, se obtiene a partir de "(...)16 proyectos conectados al Sistema Interconectado Nacional (SIN), por un total de 137 MW aproximadamente. De ellos, el 80,3% (110 MW) corresponden a 8 proyectos con biomasa y el 5,1% (7,02 MW) a 4 proyectos con biogás. El 14,6% restante (20 MW) son 3 proyectos de biogás de rellenos sanitarios (LFG). Este conjunto representa el 14,6% del total de proyectos ER del programa RenovAr. Los proyectos de biomasa generan potencias nominales en el rango 2-38 MW, con una potencia media de 12,5 MW (CEARE, 2019)" (Manrique et al. 2020, p. 116).

En este marco normativo se analiza la producción de bioenergía a partir de residuos pecuarios, en el cual las apropiaciones productivas de los espacios rurales argentinos son el centro de análisis. Las mismas han estado traccionadas por el devenir de las fluctuaciones del mercado internacional en connivencia con las administraciones políticas de turno sin que el deterioro ambiental, la exclusión socioterritorial y la sustentabilidad; fueran una preocupación presente. Así la expansión de la frontera agraria, la intensificación en el uso de insumos, la concentración de tierras, los pools de siembra, el precio de las commodities en el mercado internacional y la necesidad de cubrir la demanda interna de alimento llevaron a la creación del régimen de compensación. Éstos si bien se aplicaron a los diferentes sectores, uno fue a las unidades de producción para engorde de bovinos a corral, feedlot (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Resolución N°233/2011). En ese contexto se estimuló la producción ganadera cárnica estabulada; método que persigue el aumento de producción en menor tiempo y costo posible, maximizando las ganancias. Es un sistema de alta concentración de excrementos y contaminación, que altera la calidad de los ambientes con nutrientes como el nitrógeno, fósforo, materiales pesados, antibióticos, entre otros componentes (Pordomingo, 2001). Esta intensificación impulsa el alejamiento sustentable de los ciclos ganaderos sin respetar la capacidad de carga del ecosistema, al tiempo que consume un 6.5% del total de la energía producida en Argentina (Dumas y Ryan, 2019) y aumenta los gases efecto invernadero. Los diferentes momentos y apropiaciones han afectado la estructura y la funcionalidad de los ecosistemas donde la agricultura y la ganadería se desacoplan, se especializan y se intensifican (Viglizzo et al. 2001). Según Auer (2019) que cita a Paruelo et al., 2006 y Aizen et al., 2009, la expansión de la superficie cultivada se concibió a partir de la pérdida de cultivos forrajeros perennes y pastizales naturales, concibiendo "paisajes agrícolas más homogéneos y aumento en los costos ambientales de la agricultura"

(Auer 2019, p. 28), lo que llevó al desplazamiento de la ganadería a zonas marginales y en consecuencia al manejo intensivo como los feedlots (Auer et al. 2019, p. 28. citado de Paruelo et al., 2006 y Teubal, 2010). Además "(...) las nuevas tecnologías permitieron avanzar sobre suelos bajos o someros, impactando en su conservación, dado que la sustentabilidad del proceso de agriculturización está ligada a su aptitud agrícola" (Auer, et al., 2019). La ganadería siguió esquemas industriales (feedlots) y otros sistemas intensivos, la agricultura se dirigió a paquetes tecnológicos simplificados y de alta productividad, caracterizados por cultivos transgénicos, siembra directa, mayor uso de fertilizantes y plaguicidas (Viglizzo, Frank, y Carreño, 2005). Los feedlots priorizan el incremento de los índices de carne/ha., transfiriendo tierra productiva a la expansión agraria. Estos sistemas tienen como objetivo el engorde de la propia producción o de animales comprados y la prestación de los servicios de engorde a terceros o una combinación de ambas alternativas. Presentan ventajas productivas como: aprovechamiento de la superficie productiva, continuidad en el volumen de carne para estabilizar los precios del mercado interno, eliminación de bajas productividades otoñales, aumento de la carga total de establecimiento, terminación óptima de los animales, entre otros (Portillo y Conforti, 2009). En forma simultánea desventajas como: la disminución del hábitat disponible para la vida silvestre, el incremento en el uso de agroquímicos, la disminución de flora melífera, la expansión de las áreas inundables, la acumulación de residuos contaminantes, el olor y la presencia de insectos.

Este escenario ganadero junto a la situación del sistema energético argentino conjugó caminos contradictorios para apropiaciones territoriales sustentables; lo cual acelera las decisiones de transición energética, donde la descentralización y la generación distribuida a pequeña escala, son alternativas para la reducción y la mitigación de emisiones.

Lo enunciado enmarca nuevos horizontes en los cuales la producción de bioenergía a partir de residuos pecuarios encuentra posibilidades de materialización en Argentina. La generación se enfoca en las relaciones potenciales entre la exploración, producción, distribución y consumo de energía a partir de la biomasa animal. Este entramado de generación y descentralización se origina en un escenario de marcos regulatorios en construcción que pivotean entre administraciones públicas con normativas discontinuas, cambiantes y confusas.

#### 4. Metodología

El estudio planteado se enmarca en un escenario de crisis ambiental, condicionado por la combustión fósil (gases efecto invernadero-crisis en la matriz energética) y, por la acumulación de residuos ganaderos (modificaciones en freática, biota, tropósfera) provenientes de la intensificación productiva vía feedlot. Para el caso en estudio, se utilizó una articulación cuali-cuantitativa privilegiando la perspectiva holística, multidisciplinaria y multiescalar (Martínez Carazo, 2011). Se plantearon tres etapas de trabajo: 1- Análisis documental, acceso a la información secundaria para construir los antecedentes, identificar elementos conceptuales sobre las problemáticas planteadas en torno a la producción de bioenergía. Se analizó la información sistematizada con origen en organismos técnicos, instituciones académicas, organizaciones sociales y agencias de gobierno y se hizo hincapié en el monitoreo de proyectos de GD impulsados por las cooperativas de distribución de electricidad, así como en el reconocimiento de las estrategias energéticas para el aprovisionamiento a poblaciones dispersas, lo que posibilitó la interpretación de procesos, sus particularidades y la comprensión de las problemáticas y de necesidades crecientes de accesibilidad energética. Las notas de campo, fotos, grabaciones, folletos y diarios sirvieron como registro de información. 2- Se realizó la recolección de datos primarios lo que posibilitó la obtención de datos estructurados alrededor del objetivo para comprender las múltiples aristas que muestran

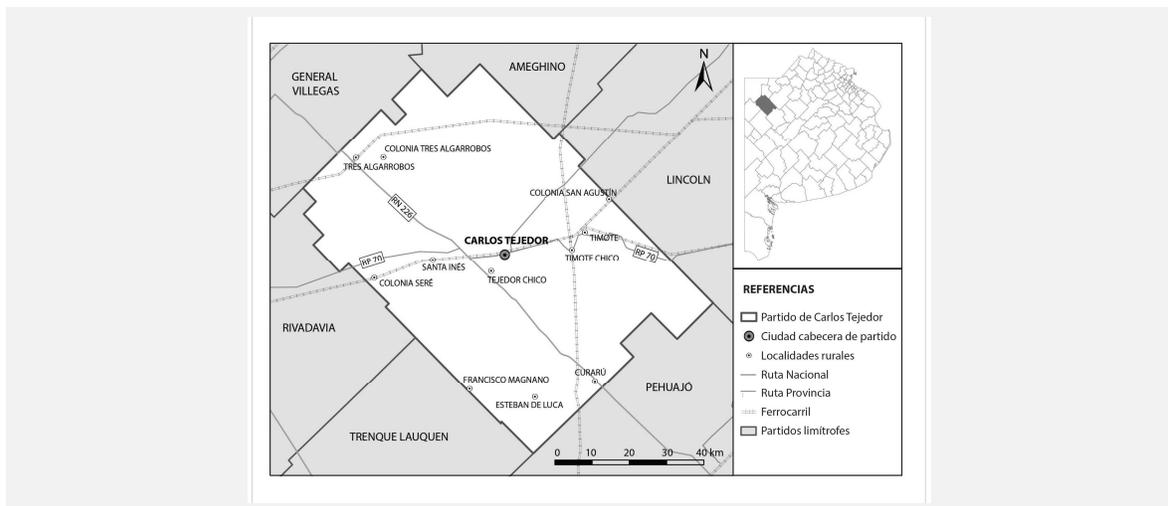
la complejidad de las interacciones. Los trabajos en Carlos Tejedor, 2017, permitieron la identificación y observación directa de la iniciativa de generación de energía a partir de un residuo. Los cuestionarios realizados a la población en general (veinte 20), relevaron información para construir la base de datos, respecto a la generación, el consumo y el acceso a la energía, permitiendo tener un muestreo aleatorio de datos. Complementariamente, las entrevistas semiestructuradas (cinco 5), se realizaron a diferentes referentes locales, a representantes de organismos públicos, involucrados directa o indirectamente con la generación de bioenergía: i) Productor ganadero/energético ii) Referente de la Cooperativa Eléctrica de Carlos Tejedor iii) Secretario de Obras y Servicios del Municipio de Carlos Tejedor iv) Vicepresidente de la Sociedad rural v) Director de Producción del Municipio. Estas entrevistas permitieron identificar y caracterizar discursos, intereses, aspiraciones que enmarcan la estrategia energética territorial analizada. El contacto con informantes calificados y diferentes grupos de interés, posibilitó la indagación sobre el avance del proyecto, los mecanismos construidos para alcanzar el acceso a servicios energéticos y las barreras que encuentran en su implementación. 3- Se analizaron los datos relevados que fueron tratados a través de diferentes técnicas de análisis. En esta etapa se interpretaron las estrategias de los actores claves en el proceso, las acciones individuales y colectivas y se analizaron los espacios rurales no sólo como productores de materias primas sino además como generadores de bioenergía y biofertilizante a partir de residuos.

## 5. Estudio de caso. De territorios contaminados a productores de bioenergía

El Partido de Carlos Tejedor se ubica en la ecorregión pampeana en la subregión pampa deprimida (Mapa N°1) a 397 km de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, con una superficie total de 3910 km<sup>2</sup> y una población de 14.311 habitantes (INDEC 2010).

### Mapa N°1

#### Localización Carlos Tejedor



*Fuente: Elaboración propia, 2017*

En la unidad de producción ganadera “La Micaela”, ubicada a 2,5 km de la localidad de Carlos Tejedor, se visualizan numerosos obstáculos para la producción bioenergía,

pero también oportunidades. La articulación entre actores público-privados para la generación de bioenergía en Argentina no se expresa en forma homogénea, cada proyecto tiene sus particularidades. En Carlos Tejedor, el desarrollo del proyecto implicó tres años de negociaciones (2011-2014). La firma del convenio y la materialización de gestiones se instrumentaron con la participación del referente de la unidad productiva y la empresa Biogás como privados, Programa Provincial de Incentivos a la Generación Distribuida (PROINGED), el Sistema de Transacciones Físicas y Económicas de Energía Eléctrica Distribuida (SISTFEED), la Cooperativa y Municipio de Carlos Tejedor como públicos. El actor clave pidió un crédito a diez años (tasa fija los primeros 5 años y luego de 9% anual), que otorgaba el Banco Nación a proyectos que generaban “agregado de valor en origen” (1 millón y medio de pesos). Según el actor *“era un crédito bueno a diez años, baja tasa, la primera mitad tasa fija, entonces eso me ayudó a pagar el 50-60% y me da aire para recuperar inversión”*. Por otro lado, el PROINGED otorgó un crédito para la compra del motogenerador, el transformador, y el cableado correspondiente. El importe del préstamo se devolvió con lo que le pagaban al actor clave por la energía generada (230 dólares, 20% crédito PROINGED). La inversión en este caso, esperaba cubrir entre 5 y 6 años, el costo de la inversión ronda entre los 4-5 millones de pesos según el productor que llevó adelante el proyecto (2017).

El biodigestor es de mezcla completa o continua, según la FAO (2019) y PROBIO-MASA, estos modelos de biodigestor son cilíndricos con sistemas de agitación mecánica (automatizados) o manual y se emplean mayormente para tratar sustratos con un porcentaje de sólidos del 3 al 20%. La característica que define a este tipo de biodigestores es que la carga añadida periódicamente se mezcla casi en su totalidad con el contenido ya presente en cámara de digestión. La intensidad y periodicidad del mezclado debe ser controlada ya que puede perjudicar el equilibrio bacteriano. Este biodigestor (Imagen N°2), es de paredes y piso de hormigón, está forrado con lana de vidrio en el medio para que no pierda temperatura y tiene un sistema de doble membrana de PVC con cámara de aire que permite resguardar el equipo mecánicamente y lograr una mejor aislación. Siempre está estirada para que el viento y lluvia no le hagan daño, debajo de esta hay otra que varía con la presión del metano. Por la cañería de alimentación circula un fluido de calefacción para aumentar la temperatura.

## Imagen N°2

Biodigestor de mezcla completa en Carlos Tejedor



**Fuente:** Fotografía propia. Trabajo de campo 2017.

El biodigestor de Carlos Tejedor está instalado en una zona de la pampa de bajos inundables. Esta zona fue perdiendo cultivos forrajeros perennes y pastizales naturales en el cual los problemas ambientales se suman a los obstáculos económicos, políticos y legales. Según explica un informante clave "(...) tengo pocas hectáreas de las cuales muchas no sirven para nada porque son bajos inundables y otras son medianamente buenas por lo que debo buscar alternativas para generar valor". Generación de valor que no está exenta de dificultades. La articulación Estado-Cooperativa-Privado es compleja y los intereses políticos afectaron el desarrollo del proyecto, aunque "No hay desarrollo sin Estado, el Estado tiene que intervenir, pero no meterse demasiado, se gasta dinero mal y después de afuera se ve como toda política, si otros países lo pueden hacer, ¿Por qué nosotros no?" (actor clave).

El nuevo uso implicó, el paso de un actor ganadero cárnico a productor de bioenergía. La infraestructura necesaria para la producción de bioenergía fue un desafío. Se debió hacer un piso de hormigón para el feedlot que facilitara la recolección y la inyección al biodigestor (Imagen N°3). Las inversiones mejoraron la higiene y el estado general de los animales, "Después de pensar en la fertilización y la energía hay otro tema que tienen en la cabeza muchos los feedlots, que es lo de hacer hormigón porque están cansados del barro (...). Acá los animales están en mejores condiciones" (actor clave).

Si bien el actor clave no enunció los costos asociados al manejo de efluentes antes de la instalación y funcionamiento del biodigestor; expresó que la principal motivación para llevar adelante el proyecto fue la contaminación que se producía con el sistema engorde por feedlot "(...) si empiezo a manejar los efluentes y los mismos no van a contaminar y empiezan a re-fertilizar el campo entro en un círculo virtuoso, es decir saco nutriente del campo, los traigo no contamina, los proceso a través del biodigestor y vuelven al campo". Respecto a los costos ambientales asociados a la producción en feedlot, el actor clave era consciente de los mismos, pero no los tenía cuantificados; pero indicó que el estado de los animales mejoró mientras que los olores y la acumulación de moscas propias de esta actividad disminuyó notablemente cuando se instaló el hormigón y se trataron los residuos. Como lo expresa el actor clave en la revista Valor Carne "(...) lo saliente es haber pasado de un círculo vicioso, donde quitábamos nutrientes con la agricultura y contaminábamos con la ganadería, a un círculo virtuoso en el que los desechos se transforman en fertilizantes que generan más comida y en electricidad para la gente de la ciudad. Además, es un emprendimiento rentable" (2016). En otra entrevista para la revista SuperCAMPO, argumentó "(...) que la instalación del hormigón generó una mejora cercana al 20% en kilos de carne por animal, ya que cuando el animal está sobre tierra, en verano sólo come de noche, mientras que cuando el corral tiene piso de hormigón, media sombra y aspersores, el vacuno come todo el día" (2018).

### Imagen N°3

Incorporación de hormigonera en el feedlot



**Fuente:** INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria 2012, publicado en Construir TV <https://www.construirtv.com/la-primera-planta-de-biogas-de-buenos-aires/>)

El proceso se realiza diariamente, se barre el estiércol de 500 animales se vuelca a un colector central para ajustar y homogeneizar en la cámara de recepción. El material orgánico es conducido a una cámara donde es diluido con agua hasta alcanzar la concentración ideal. Luego se inserta con una bomba estercolera en el biodigestor, donde se produce la descomposición de la materia a partir de las bacterias anaerobias con la temperatura y agitación adecuadas, las cuales se establecieron a partir de ensayos.

La digestión anaeróbica es compleja, tanto por el número de reacciones bioquímicas como por la cantidad de microorganismos involucrados. Los estudios bioquímicos y microbiológicos realizados dividen el proceso de descomposición anaeróbica de la materia orgánica en cuatro fases o etapas: I) Hidrólisis; II) Acidogénesis; III) Acetogénesis; IV) Metanogénesis (FAO, 2019). Como sucede en todo proceso biológico, la digestión anaerobia se efectúa favorablemente o no dependiendo de las condiciones que estén presentes en el medio (Acosta y Abreu, 2005). La eficiencia del proceso depende de diversos factores ambientales tales como: el pH, la temperatura, los ácidos grasos volátiles, el potencial redox, la presencia de inhibidores, la presión parcial del hidrógeno, los nutrientes, entre otras. Los factores operacionales como son la agitación, el tiempo de retención hidráulico, la carga volumétrica, entre otros son constituyentes del proceso. Para los controles se instalaron 6 cámaras de registro de los parámetros "Mañana y tarde alimentamos a los animales, una vez le cambié la alimentación y me di cuenta que cambió el rendimiento de biogás, pero me llevó tiempo darme cuenta y ahí les cambié la vida a las bacterias" (responsable del proceso productivo). El biodigestor mantiene el sustrato a 35°-36° C. en verano y a 30° en invierno con la agitación adecuada según controles diarios. Tiene una capacidad de 460 m<sup>3</sup>, el biogás generado pasa por tres procesos de acondicionamiento previo a la inyección a la red: 1- Disminución del H<sub>2</sub>S (ácido sulfhídrico) con chips de madera. 2- Eliminación de impurezas con filtro de carbón activado. 3- Reducción de humedad a niveles aptos para su utilización como combustible por medio de un Lecho de Sílice (contenedor de acero inoxidable). Previo a la incorporación al generador eléctrico, pasa por un soplador para elevar la presión, el transformador baja la potencia de 380V a 300-200V y desde allí se articula a la red de distribución.

## 6. Productos y subproductos generados

Este biodigestor genera 1000 kilowatts- 1 mega diario, el equivalente al consumo de unas 100 familias de Carlos Tejedor. La totalidad de la bioenergía producida se incorpora a la red pues es mayor lo que recibe por kilowatt producido que el costo del kilowatt consumido, es decir, el actor expresó que en la actualidad (2017), paga aproximadamente 10.000 pesos mensuales por la energía eléctrica consumida mientras que obtiene una rentabilidad de 100 mil pesos con los kilowatts producidos.

Por otro lado, el sistema genera 35 m<sup>3</sup> de efluentes/biofertilizantes/día que se distribuyen en la unidad productiva en reemplazo de componentes químicos, aunque está en discusión la cantidad de patógenos que permanecen después del tratamiento de biodigestión anaerobia. El actor destaca este beneficio, y expresa *"Veo con preocupación lo que le está pasando a todos los campos y lo que me está pasando a mi sobre los fertilizantes, por supuesto que esto que hago con el biodigestor no me alcanza para fertilizar todo, pero uso menos fertilizantes"*. Se realizaron pruebas con el biofertilizante en cebada y maíz en doce parcelas las mismas mostraron que el fertilizante químico generó mejores resultados, pero aun así al actor considera que como es un proceso acumulativo se debe tener en cuenta y mirar el sistema como un todo. Respecto a la comercialización expresó *"El biofertilizante no lo puedo comercializar, quiero comercializarlo porque es natural y sé que se vende, (...), todo es un problema y esto se tiene que solucionar. Es un producto que le va a llamar la atención a la gente"* (actor clave).

### Imagen N°4

Pileta deposición de biofertilizante



*Fuente: Fotografía propia. Trabajo de campo 2017*

Si bien se han enunciado ciertas potencialidades y obstáculos en la tabla siguiente se sistematizan en forma comparativa.

<b>Ambiente</b>		<b>POTENCIALIDADES</b>	<b>OBSTÁCULOS</b>
	<b>ECONOMICAS</b>	30 mil kilowatts por mes que no se compran a la empresa de energía distribuidora del Norte S.A. (EDEN).	Inversión inicial: 4-5 millones de pesos (2017).
		800m <sup>3</sup> biogás/día = 1000 kilowatts- 1 mega diario	Inversión en adaptación de infraestructura (hormigón).
		30 mil kilowatts/ mes = 100 mil pesos mensuales	Gasto fijo: Glicerol para aumentar eficiencia del biodigestor
		Hormigón: mejora del 20% en ganancia de kilos de carne por animal	
		Diversificación de la unidad productiva = agrícola ganadera-energética	
	<b>ECOLÓGICAS</b>	Tratamiento de 250kg diarios de residuo de feedlot (estiércol)	Cuestiones técnicas: equilibrio de parámetros claves (T° y agitación)
		35m <sup>3</sup> de efluentes/biofertilizantes/día	Sistema sensible a perturbaciones (cambio en alimentación animales)
		Inyección a la red, a través de la Cooperativa Eléctrica, con una potencia de 70 kW	Agregado de glicerol para aumentar la eficiencia del tratamiento anaerobio
		Aporte a la matriz energética de energías limpias 30 mil kilowatts/ mes	
		Reducción de generación de Gases de Efecto Invernadero	
		Círculo virtuoso de nutrientes en el suelo	
		Mejor higiene y estado de los animales	
		Mejora de olores en el establecimiento	
	<b>SOCIALES</b>	Innovación tecnológica en Carlos Tejedor.	Compleja articulación actores
		Impulso a diálogo y relaciones entre actores diversos	Falta de legislación/antecedentes
		Inspiración para reproducción en otras unidades productivas	Escaso conocimiento de los pobladores de Carlos Tejedor
		Difusión de conocimiento a partir de visitas al lugar de varias instituciones educativas	Trabas burocráticas para la comercialización del biofertilizante
		No se ve traducido en la tarifa de los pobladores el beneficio de generar energía a partir de residuos.	
		Cuestiones políticas	

**Fuente:** Elaboración propia en base a datos de salida de campo (2017). Rev. Super Campo (2018). Rev. Valor Carne (2016).

## 7. Síntesis

En este contexto nuevos modelos de abastecimiento de servicios energéticos proponen soluciones adaptadas a las demandas localizadas. Se trata de experiencias que expresan diferentes formas de articulación entre actores y escalas territoriales, e iniciativas que abren oportunidades productivas. En este escenario los proyectos de co-construcción de estrategias energéticas territoriales enfrentan desafíos técnicos (innovación), sociales (apropiación), financieros (sostenibilidad y rentabilidad) y políticos (gobernanza). Ante lo enunciado, generar energía sin aumentar los gases efecto invernadero, promueve avanzar en la transición hacia un modelo descarbonizado y a pequeña escala con instrumentos técnicos, económicos y regulatorios que acompañen el proceso. Más allá de los obstáculos la producción de bioenergía conjuga ganadería intensiva, incorporación de ciencia e innovación y re-utilización de biomasa. La hibridación resultante según Nogar, Chomicki y Berdolini (2019, p. 25): "(...) ilumina las acciones regionales, rompe con la idea de alternativas integrales tranquilas adentro, ya que se configuran nuevos modelos de gobernanza energética que involucran competencias, responsabilidades e intervenciones innovadoras en los procesos de co-construcción energética territorial". Los análisis realizados en el estudio de la producción de bioenergía a partir de residuos pecuarios, confirma la hipótesis que los ER son revisados como territorios productores de energía y como enclaves de reutilización de residuos, pero además como lo expresara uno de los entrevistados "Soy integrante de una familia que por generaciones ha producido carne, pero hoy me presento como productor de bioenergía" esta afirmación ilustra las transformaciones en una región de expansión del monocultivo de oleaginosas.

En este caso de generación de bioenergía en Argentina, las problemáticas ambientales asociadas a la deposición de residuos (excrementos) bovinos condujeron a la búsqueda de alternativas de mitigación y a gestionar acciones de reconversión. El productor necesitaba encontrar soluciones para los residuos que generaba; esa búsqueda se dio en un contexto de visualización de recursos energéticos invisibles, con una transición energética en proceso, legislaciones en construcción acerca de la producción de fuentes de energía descarbonizadas e incipientes estímulos a la producción. Con lo cual la generación de bioenergía se transformó en una posibilidad no solo para tratar sus residuos, generar energía limpia, aportar a la matriz energética y reducir GEI, obtener biofertilizante sino, además, aumentar la rentabilidad con agregado de valor en territorio.

### Referencias bibliográficas

- Ackermann, T., Andersson, G., y Söder, L. (2001). Distributed generation: a definition. *Electric power systems research*, 57(3), 195-204.
- Acosta, Y. L., y Abreu, M. C. O. (2005). La digestión anaerobia. Aspectos teóricos. Parte I. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, 39(1), 35-48.
- Agencia Internacional de Energía. (2012). Key world energy statistics .OECD, I. Tech. rep., Organisation for Economic Co-operation and Development and International Energy Agency.
- Aizen, M. A., Garibaldi, L. A., y Dondo Bühler, M. B. (2009). Expansión de la soja y diversidad de la agricultura argentina. *Ecología Austral. Asociación Argentina de Ecología* 19:45-54.
- Alstone, P., Gershenson, D., y Kammen, D. M. (2015). Decentralized energy systems for clean electricity access. *Nature Climate Change*, 5(4), 305-314.
- Auer, A., Maceira, N., y Mikkelsen, C. (2019). El proceso de agriculturización en territorios con diferente matriz ecológico-productiva. El caso de la cuenca Mar Chiquita, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista de geografía Norte Grande*, (72), 27-53.

- Boc, B., y de Tramuntana, O. S. (2017).** El papel de los ciudadanos en la producción y el consumo de sus propias energías renovables. *Quaderns de la Mediterrània*, 25, 293.
- Clementi, L., Villalba, S., y Nogar, G. (2018).** La nueva función energética de los espacios rurales argentinos: entre cigüeñas, mosquitos y elefantes blancos. *En actas de las XXXI Jornadas de Investigación y XIII Encuentro Regional Si+ (des)naturalizar & (re)construir*.
- De Gouvello, C., y Durix, L. (2008).** *Maximizing the Productive Uses of Electricity to Increase the Impact of Rural Electrification Programs: An Operational Methodology*. Washington, D.C. 20433, U.S.A: Editorial ESMAP.
- Dumas, J., y Ryan, D. (2019).** *Transición energética 2050: hacia una versión compartida de la transición energética argentina al 2050, propuesta de objetivos y metas*. Buenos Aires Argentina: Edición: Juan Dumas, Daniel Ryan; Co-Editores: Centro de Estudios de la Actividad Regulatoria Energética (UBA), Instituto Tecnológico de Buenos Aires (ITBA), Fundación AVINA, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Secretaría de Gobierno de Energía.
- FAO. (2019).** *Relevamiento Nacional de Biodigestores. Relevamiento de plantas de biodigestión anaeróbica con aprovechamiento energético térmico y eléctrico. Colección Documentos Técnicos N° 6*. Otras entidades involucradas: INTI; Ministerio de Energía y Minería; Ministerio de Agroindustria. Buenos Aires Argentina. Editorial FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/publications/card/es/c/CA5190ES/>
- FAO. (2019).** *Guía teórico-práctica sobre el biogás y los biodigestores. Colección Documentos Técnicos N° 12*. Buenos Aires, Argentina: Editorial FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/3/ca5082es/ca5082es.pdf>
- Fornillo, B. M. (2017).** Hacia una definición de transición energética para Sudamérica: Antropoceno, geopolítica y podesarrollo; *Universidad Nacional de General Sarmiento. Instituto de Desarrollo Económico y Social. Programa de Posgrado en Ciencias Sociales; Practicad de Oficio; 2; 20; 12-2017; 46-53*
- García Pérez, V. (2019)** *Manual de biogás. Conceptos básicos. Beneficios de su producción y la aplicación de sus subproductos*. Buenos Aires, Argentina. Dirección de Sustentabilidad, Medio Ambiente y Cambio climático. Provincia de Buenos Aires. Disponible en: [PDF] [gba.gob.ar](http://gba.gob.ar) MANUAL DE BIOGÁS. 2019.
- Matos Ortega, M y Vargas Guevara, E (2019).** La generación distribuida como forma de acceder al autoconsumo eléctrico a pequeña escala. *Revista Peruana de Energía, Volumen 7, 32-58*. Disponible en: <http://www.santivanez.com.pe/rpdenergia7/>
- Herrero, S. T. (2017).** Energy poverty indicators: A critical review of methods. *Indoor and Built Environment, 26(7), 1018-1031*.
- Manrique, S. M., Salvo, A. W., Villafañe, F., Martín, J. N., y Honorato, M. O. (2020).** Panorama de Tecnologías de bioenergía en Argentina. En ----, *Recursos, Tecnologías, Transferencias y Políticas: Una mirada desde múltiples perspectivas y dimensiones a los sistemas de bioenergía en Iberoamérica* (pp. 115-125). Salta, Argentina: Red Iberoamericana de Tecnologías de Biomasa y Bioenergía Rural.
- Martí Herrero, J., Pino Donoso, M., Gallo Mendoza, L., Pedraza, G. X., Rodríguez Jiménez, L., y Víquez Arias, J. (2016).** Oportunidades para el desarrollo de un sector sostenible de biogestores de pequeña y mediana escala en LACRed de biogestores para Latinoamérica y el Caribe, RedBioLAC (No. P06 18). RedBioLAC.
- Martínez Carazo, P. C. (2011).** El método de estudio de caso Estrategia metodológica de la investigación científica. *Revista científica Pensamiento y Gestión, (20), 165-193*.
- Nogar, A. G., Chomicki, C., y Berdolini, J. L. (2019).** **Bioenergía** a partir de residuos ganaderos. Estado de situación en provincia de Buenos Aires. *Mundo Agrario, 20, 1-9*.

- Paruelo, J. M., Guerschman, J. P., Piñeiro, G., Jobbagy, E. G., Verón, S. R., Baldi, G., y Baeza, S. (2006).** Cambios en el uso de la tierra en Argentina y Uruguay: marcos conceptuales para su análisis. *Agrociencia-Sitio en Reparación*, 10(2), 47-61.
- Pérez, J. (2010).** Estudio y diseño de un biodigestor para aplicación en pequeños ganaderos y lecheros. (Tesis de Ingeniería) Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Pordomingo, A. J., Jonas, O., Otamendi, H., y Quiroga, A. (2001).** Producción y calidad de verdeos de invierno. In Congreso Nac. de Trigo.
- Portillo, J., y Conforti, A. (2009).** Feedlotización de la ganadería Argentina. VI Jornadas Interdisciplinarias de Estudios Agrarios y Agroindustriales. Buenos Aires, 11(1), 2.
- Ramos, E. (2020).** La generación distribuida: El camino hacia la producción descentralizada de electricidad y pautas para su reglamentación. *Forseti. Revista de derecho*, 8(11), 07-35.
- Teubal, M. (2010).** Del paro agrario a las elecciones de 2009: tramas, reflexiones y debates. Editorial Antropofagia.
- Tobares, L. (2013).** La importancia y el futuro del biogás en la Argentina. *Petrotecnia*, 68-74.
- Viglizzo, E. F. (2001).** *La trampa de Malthus: agricultura, competitividad y medio ambiente en el siglo XXI*. Buenos Aires, Argentina. Editorial EUDEBA
- Viglizzo, E. F., Frank, F. C., Carreño, L., Brown, A., Martínez Ortíz, U., Acerbi, M., y Corcuera, J. (2005).** *Ecorregiones Pampa y Campos y Malezales. La situación ambiental en las ecorregiones Pampa y Campos y Malezales. En Brown, A.; Martínez Ortíz, U.; Acerbi, M.; Corcuera, J. La situación ambiental argentina* (pp.263-269). Buenos Aires, Argentina: Fundación Vida Silvestre Argentina. (2006).

### Páginas web

- CADER (Comité de Biomasa de la Cámara Argentina de Energías Renovables). (2020). Cámara Argentina de Energías Renovables. <https://www.cader.org.ar/>
- CAMMESA (Compañía administradora del mercado mayorista eléctrico). (2020). Compañía administradora del mercado mayorista eléctrico. <https://portalweb.cammesa.com/default.aspx>
- Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE (2009). *Diario Oficial de la Unión Europea*, 5, 16-62. <https://www.idae.es/directiva-europea-de-energias-renovables#:~:text=La%20Directiva%202009%2F28%2FCE,la%20energ%C3%ADa%20procedente%20e%20fuentes>
- GENREN (Programa de Generación de Energía Eléctrica a partir de Fuentes Renovables) <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/169410/20170822>
- INDEC, D. (2010). Censo Nacional de Población Hogares y Viviendas. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. República Argentina. <https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel4-Tema-2-41-135>
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) (2012), publicado en Construir TV <https://www.construirtv.com/la-primera-planta-de-biogas-de-buenos-aires/>.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Resolución N°233/2011 (2011). [https://serviciosucesci.magyp.gob.ar/principal.php?nvx\\_ver=9725](https://serviciosucesci.magyp.gob.ar/principal.php?nvx_ver=9725)
- PROBIOMASA (Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa). (2020) <http://www.probiomasa.gob.ar/sitio/es/>
- PROINGED (Programa Provincial de Incentivos a la Generación de Energía Distribuida) (2020). <https://www.proinged.org.ar/>

RENOVAR (Programa de abastecimiento de energía eléctrica a partir de fuentes renovables) (2020). <https://www.argentina.gob.ar/produccion/energia/energia-electrica/renovables/renovar>

SUPER CAMPO de la huerta a la estancia (2018) "Feedlot: Kilos de Carne, Energía y Fertilizantes". Por Eduardo Bustos para Super CAMPO. Disponible en: <http://supercampo.perfil.com/2018/07/feedlot-kilos-de-carne-energia-y-fertilizantes/>

VALOR CARNE. Información para la nueva ganadería (2016). "Primer feedlot que vende energía eléctrica". Por Liliana Rosenstein, Editora de Valor Carne. Disponible en: <https://www.valorcarne.com.ar/primer-feedlot-que-vende-energia-electrica/>