



**Universidad Tecnológica Nacional**  
**Rectorado**  
**Secretaría de Ciencia y Tecnología**

**SISTEMA DE INFORMACION DE CIENCIA Y  
TECNOLOGIA (SICyT)**

**FORMULARIO PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO**

**Código del Proyecto: MSECDN0008654**

1. Unidad Científico-Tecnológica

FR Neuquén - INGENIERÍA QUÍMICA APLICADA A LOS BIOPROCESOS (IQAB)

## **2. Denominación del PID**

VALORIZACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS MEDIANTE DIGESTIÓN ANAERÓBICA

## **3. Resumen Técnico del PID**

La propuesta busca valorizar residuos orgánicos producidos en la zona norte de la Patagonia. Los residuos sólidos urbanos, se vierten en vertederos o se queman a cielo abierto, para disminuir su volumen, generan un gran impacto al ambiente. Además, dado el crecimiento poblacional, el volumen de residuos producidos se incrementa paulatinamente. Por otro lado, la producción de purines de cerdo también se ha visto incrementada con la creciente cría de ganado bovino. El residuo generado presenta un elevado contenido de materia orgánica nitrógeno y fósforo que en general se deposita a suelo sin tratamiento, generando un incremento de la carga orgánica que finalmente aporta su contaminación a las napas de agua. Por esta razón, es conveniente proponer un tratamiento que no solo reduzca el contenido orgánico de estos residuos, sino que además los convierta en corrientes de alto valor agregado. La digestión anaeróbica, mediante la acción de bacterias, permite la transformación de estos residuos en biogás, compuesto principalmente por dióxido de carbono y metano, y a una corriente líquida de digerido con menor contenido de materia orgánica, amonio y fosfatos, principalmente. La corriente de biogás presenta un alto contenido calorífico dado su elevado contenido en metano, que puede utilizarse para producir energía calórica y eléctrica, mientras que el digerido puede destinarse a abono de suelos. Además, el compostaje es un proceso que permite degradar el contenido orgánico de estos residuos, por lo cual se empleará para comparar con los resultados obtenidos de digestión anaeróbica. En esta propuesta se realiza una caracterización físico-química de los residuos y se determina el potencial metanogénico de los mismos, empleando un inóculo adaptado. Se testea el potencial de los residuos aislados y en co-digestión para determinar si mejora la producción de metano. Se implementa un reactor anaeróbico en dos etapas, la primera acidogénica y la segunda metanogénica para evitar que las bacterias metanogénicas trabajen en condiciones ácidas. Se implementa un compostaje de los residuos sólidos urbanos para comparar la degradación de materia orgánica respecto a la digestión anaeróbica.

## **4. Programa**

Medio Ambiente, Contingencias y Desarrollo Sustentable

## **5. Proyecto**

Tipo de Proyecto: PID EQUIPOS EN CONSOLIDACIÓN SIN INCENTIVOS

Tipo de Actividad: Investigación Aplicada

### **Campos de Aplicación:**

<b>Rubro</b>	<b>Descrip. Actividad</b>	<b>Otra (especificada)</b>
ENERGIA (Producción)	Bioenergía	
MEDIO TERRESTRE (Exploración y explotación)	Contaminación y saneamiento	
SALUD HUMANA (Desarrollo, protección y mejoramiento)	Sanidad ambiental	

### **Disciplinas Científicas:**

<b>Rubro</b>	<b>Disciplina Científica</b>	<b>Otras Disciplinas Científicas</b>
INGENIERÍA QUÍMICA	Proceso	-

## **Palabras Clave**

residuos sólidos urbanos purines cerdo digestión anaeróbica compostaje

## **6. Fechas de realización**

Inicio	Fin	Duración	Fecha de Homologación
01/04/2023	31/03/2026	36 meses	-

**7. Aprobación/ Acreditación / Homologación / Reconocimiento (para ser completado por la SCyT - Rectorado)**

**7.1 Aprobación / Acreditación / Reconocimiento (para ser completado por la FR cuando se posea N° Resolución)**

N° de Resolución de aprobación de la FR:

**7.2 Homologación (para ser completado por la SCyT - Rectorado)**

Código SCyT: MSECND0008654

Disposición SCyT:

Código Ministerio:

**8. Estado (para ser completado por la SCyT - Rectorado)**

EN TRÁMITE

**9. Avales (presentación obligatoria de avales)**

Aval firmado por autoridades, Aval uso de laboratorio, CV Gatti, CV Camacho, Categorización Gatti, Categorización Camacho, CV Carroza, CV Torres, Convenio INTA, CV Fernandez, CV Oliveira, Anexo III, Anexo IV, Resolución 541

**10. Personal Científico Tecnológico que participa en el PID**

Apellido	Nombre	Cargo	Hs/Sem	Fecha Alta	Fecha Baja	Otros Cargos	Cargo docente	Año cargo docente	Categ. Investigador Universitario	Categ. Prog. Incentivos	
GATTI	MARCELA NOEMÍ	DIRECTOR	10	01/04/2023	31/03/2026				Ninguna	Investigador III	<a href="#">Descargar CV</a>
CAMACHO	ALBERTO GUSTAVO	CO-DIRECTOR	10	01/04/2023	31/03/2026		<ul style="list-style-type: none"> <li>Profesor Adjunto</li> <li>Profesor Titular</li> </ul>	2015	Ninguna	Investigador III	<a href="#">Descargar CV</a>
TORRES	FABIANA ROCIO	INVESTIGADOR DE APOYO	10	01/04/2023	31/03/2026		Ayudante de 1ra	2018	Investigador G	Ninguna	<a href="#">Descargar CV</a>
FERNÁNDEZ	JORGE LUIS	INVESTIGADOR DE APOYO	10	01/04/2023	31/03/2026				Ninguna	Ninguna	<a href="#">Descargar CV</a>
DE OLIVEIRA	MARIA NIEVES	INVESTIGADOR DE APOYO	10	01/04/2023	31/03/2026		Ayudante de 1ra	2018	Ninguna	Ninguna	<a href="#">Descargar CV</a>
CARROZA	IVONE ELISABET	BECARIO POSGRADO - DOCTORAL EN EL PAÍS	30	01/04/2023	31/03/2026		Jefe de Trabajos Prácticos	2016	Investigador G	Ninguna	<a href="#">Descargar CV</a>

**11. Datos de la investigación**

**Estado actual de concimiento del tema**

La generación de los residuos sólidos urbanos (RSU) dependen del nivel socioeconómico del país, y por ende, de cada localidad. Esta crece conforme al aumento de la población. En el año 2014 la ONU estimó la generación de 541.000 tn/día aproximadamente en América Latina y el Caribe, y que proyectado al 2050 esta cifra aumentaría un 25 %, ósea, 671.000 tn/día. A su vez, se preveé un incremento del consumo energético con el crecimiento de cantidad de habitantes lo que conlleva a un aumento energético.

El crecimiento de la producción porcina en la Patagonia ha generado un aumento de la producción de residuos. La tendencia actual es gestionar los purines como fertilizantes orgánicos vertidos directamente sobre la superficie agrícola. Sin embargo, la aplicación excesiva de purines al suelo contribuye a la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, por el aporte de nutrientes (nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K)) (Scotford y col., 1999; Moral y col., 2005) y por organismos patógenos (Guan y Holley., 2003; Fongaro y col., 2014). Dada la peligrosidad del residuo generado en la cría de porcinos, urge la implementación de procesos descontaminantes, que no solamente disminuyan el impacto ambiental, sino que también transformen el residuo en compuestos con gran valor agregado.

El Balance Energético Nacional, que resume la información relativa a la producción, importación, exportación, transformación y consumo de energía en Argentina, en el año 2020 arrojó los siguientes resultados. El 89,54% de la producción de energía primaria es por medio del petróleo y el gas; hidráulica 3,65%, energía eólica 1,3 % y solar 0,16 %. En cuanto a la secundaria suman 2,04 % entre biodiesel y biotanol. El gas distribuido por redes alcanza el 42,3 % (Marrama, 2021)

Existe una necesidad impostergable de realizar un cambio que implique la diversificación de la matriz energética en Argentina en base a un desarrollo sostenible empleando energías alternativas (Guido, 2020; Marrama, 2021).

En la actualidad, el biogás se utiliza en todo el mundo como una fuente de combustible tanto a nivel industrial como

doméstico. Su explotación contribuye a impulsar el desarrollo económico sostenido y proporciona una fuente energética renovable alternativa a las fuentes tradicionales de carbón, petróleo y gas natural. El manejo adecuado de los residuos de la actividad agrícola y ganadera puede contribuir significativamente a la producción y conversión de estos residuos en distintas formas de energía Moreno (2011), y a reducir el impacto ambiental y la emisión de gases de efecto invernadero.

### **Digestión anaeróbica:**

La digestión anaeróbica (DA) es un proceso natural mediante la cual una comunidad de diversos microorganismos, en ausencia de oxígeno, degrada la materia orgánica, obteniéndose como resultado, un producto digerido (bioabono) y un producto gaseoso denominado biogás, compuesto principalmente por metano (50-70%), dióxido de carbono (30-50%) y en menor proporción, otros gases corrosivos como sulfuro de hidrógeno y amoníaco. Este proceso involucra una serie de reacciones bioquímicas y microorganismos con diferentes capacidades metabólicas bajo condiciones anaeróbicas-hidrolíticas, acidogénicas, acetogénicas y metanotróficas-, cuya colaboración hace posible la producción de metano y dióxido de carbono como producto final del proceso (Adekunle y Okolie, 2015; Hanson y Hanson, 1996; Mao y col., 2015; Wikandari, 2014). El biogás es combustible y puede ser utilizado como fuente de energía calórica o para generar electricidad alimentando un motor de combustión interna. Esta tecnología tiene la ventaja de ser una herramienta de bajo costo e impacto ambiental para el tratamiento de los desechos orgánicos. A su vez, el digerido es un efluente semi-líquido que tiene propiedades nutricionales como enmienda o fertilizante orgánico, transformándose en un material ideal para su aplicación directa o diluida en suelos. Así, la DA es una tecnología versátil para resolver varios problemas actuales, como el tratamiento de los residuos, que mal gestionados generan problemas socio-ambientales, la provisión de energía, especialmente en las zonas en las que no hay acceso a la red de gas natural o eléctrica; y la obtención de fertilizantes orgánicos para el desarrollo de la agricultura. Esta tecnología ha sido estudiada y desarrollada, especialmente en los últimos años, en los que el mundo está tomando conciencia de que los combustibles fósiles son limitados, y que es imprescindible migrar hacia tecnologías sustentables (Maggio y Cacciola, 2012; Ebrahimi y Cheshme, 2015). Por lo tanto, la biotecnología anaeróbica juega un importante papel en el control de la contaminación y para la obtención de valiosos recursos: energía y productos con valor agregado (Moreno, 2011).

Argentina aumentó su producción científico-tecnológica sobre DA en los últimos años pero la región patagónica continúa sin explorar su potencial de transformación de biomasa en energía, principalmente debido a la falta de una red de sustento que dé soporte a la tecnología (Battista y Justianovich, 2016), al desconocimiento del valor energético-nutricional de los residuos, y en parte debido a las bajas temperaturas que inhiben el metabolismo de los microorganismos metanogénicos. La eficiencia de la producción de biogás depende de las condiciones y combinaciones de los sustratos de alimentación, la temperatura de trabajo, la alcalinidad, la microbiota, las interacciones entre los microorganismos, entre otras (Blackburn, 2011; Wang y col., 2014).

En la región Patagonia Norte se genera biomasa con capacidad potencial para la producción de biogás, como los residuos sólidos urbanos y los provenientes de diversas actividades agropecuarias, agroindustriales, como, por ejemplo: i) estiércoles porcinos, de aves, ovinos y caprinos. Si bien la matriz es amplia, para el proyecto que se propone es de interés principalmente los residuos sólidos urbanos y los purines de cerdo para la implementación de la DA.

### **Digestión Anaeróbica de Residuos Sólidos Urbanos:**

La producción de los RSU está directamente asociado a la población urbana. La composición de los residuos es variada y depende del estilo y las condiciones económicas de la población (Coord. Ferrer Sanchez, 2015). En Argentina la producción de desechos en el año 2010 fueron 44623 tn/d, oscila entre 0.7 a 1.6 Kg/hab.d (Deluca, 2015). Existe un vacío en cuanto a la cantidad reciclada de residuos en Argentina. En el caso de la provincia del Neuquén la generación promedio de residuos 0.898 Kg/hab.día. En Cutral- Co se estima que se recolectan 30 Tn/d su sistema de recolección es no selectivo y alguna de los tipos de residuos se reciclan y otros se comercializan. En Plaza Huincul no se tiene un valor de las Tn/d, aunque se estima en 10 tn/día por la cantidad de habitantes y la disposición final es a cielo abierto. Los datos proporcionados por ambas localidades son escasos.

Lamentablemente el modelo económico que se replica en Latinoamérica, y no escapa a la realidad de la comarca petrolera (Cutral-Co y Plaza Huincul), es el modelo lineal que se basa en comprar lo que se necesita y desecharlo cuando ya no sirve, sin reflexionar en el grave daño que puede ocasionar al medio ambiente. Por lo cual aunque implique grandes desafíos el modelo de economía circular, este modelo pretende reducir, reutilizar y reciclar en un círculo continuo. Transformar la fracción orgánica de los residuos en biogas y compost cierra el ciclo de manera de mantener el valor de los recursos.

### **Digestión Anaeróbica de Purines de cerdo:**

La digestión anaerobia de la materia orgánica es uno de los procesos biológicos más importantes para convertir la biomasa en portadores de energía, como el hidrógeno y el metano, y para convertir un residuo en un recurso.

El proceso de digestión anaerobia aplicado a purines de cerdo ha demostrado, a lo largo de las últimas décadas, su viabilidad técnica y versatilidad para adaptarse a diferentes condiciones de trabajo como grandes instalaciones de gestión centralizada; plantas en granjas individuales, instalaciones sencillas de recuperación de gas en balsas cubiertas; etc (Flotats y col., 1999; Flotats y col., 2001). Mediante el proceso de digestión anaerobia, a partir de 1 kg de DQO (demanda química de oxígeno) se puede obtener un máximo de 0,35 m<sup>3</sup> de metano (CH<sub>4</sub>), en condiciones normales de presión y temperatura (1 atm. y 0°C). Si se toma en consideración una granja de cerdos que produjera unos purines con un contenido en DQO de 93 g O<sub>2</sub>/L, que en medio anaerobio eliminara el 50 % de la DQO, y que el biogás tuviera una composición del 65% en metano y el resto en dióxido de carbono, la producción de biogás sería de 25 m<sup>3</sup> biogás/m<sup>3</sup> de

purines tratados (Flotats, 2001). Es posible apreciar el gran potencial del proceso de digestión anaerobia de purines de cerdo para revalorizar un residuo orgánico altamente contaminante.

Para mejorar el proceso de digestión de purines de cerdo se implementa la co-digestión con diferentes residuos orgánicos. Hasta el presente, se han llevado a cabo numerosos estudios de co-digestión de purines con diferentes residuos orgánicos como los que se detallan: con residuos del refinado de aceite de oliva y pulpa de pera; con glicerina (Astals y col., 2011); con fango deshidratado proveniente de depuradora (Zhang y col., 2014); con residuos pasteurizados de mataderos (Rodríguez-Abalde y col., 2017); etc. En estos casos la codigestión mostró mayor producción de metano que la digestión del purín solo.

### **Co-digestión anaeróbica de purines de cerdo y residuos sólidos urbanos:**

Frente a procesos de digestión que emplean un solo sustrato, la co-DA cuenta con importantes ventajas técnicas, medioambientales y económicas. En primer lugar, permite aprovechar la complementariedad de la composición de los residuos. El mejor ejemplo es la co-digestión de estiércoles y residuos alimentarios como son los residuos sólidos urbanos. Este tipo de ensayos se han realizado con pulpa de manzana y estiércol de pollo (Li y col., 2018), orujo de pera con estiércol bovino (Di Maria y col., 2014) y orujo de pera con lodos de una planta depuradora (Arhoun y col., 2013), lodos cloacales con residuos de manzana, banana y durazno (Mata-Alvarez y col., 2014), y con residuos sólidos urbanos (Wang et al., 2020). En todos los casos, el potencial de CH<sub>4</sub> se correlaciona positivamente con el agregado del co-sustrato. Los purines de cerdo aportan alcalinidad colaborando en mantener un pH elevado en la co-DA permitiendo un mejor desarrollo de la actividad metanogénica.

Además, la co-digestión integra la valorización de la biomasa de una zona geográfica determinada, logrando un reciclaje integral y la generación de dos productos con valor agregado (biogás y digerido). Los sistemas de DA empleados habitualmente para la co-digestión de residuos agroindustriales son los reactores de mezcla completa, que trabajan por vía húmeda (porcentaje de sólidos totales inferior al 15%) y rango mesofílico (35°C) (Gimenez y col., 2012).

### **Tipos de reactores utilizados en DA:**

Los reactores anaeróbicos incluyen los biodigestores clásicos de mezcla completa utilizados prácticamente a lo largo de todo el siglo XX para la estabilización de lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales y también para la generación de energía como biodigestores rurales. A partir de la década del '70 se desarrollaron con mucho impulso los reactores conocidos como de "alta carga" porque pueden operar con una mayor carga orgánica por unidad de volumen. Estos procesos pueden clasificarse en sistemas de película fija y granular. En el primer grupo se desarrolla una película biológica sobre un material soporte como por ejemplo en el filtro anaeróbico, el lecho expandido y otros. En los sistemas granulares, como es el caso del reactor de manto de lodo de flujo ascendente (UASB, Upflow Anaerobic Sludge Blanket) y el reactor anaeróbico de pantallas, se desarrolla un cultivo microbiológico de estructura granular con alta velocidad de sedimentación (De Lemos Chernicharo, 2000, 2007).

Además según Chernicharo (2007) clasifica los reactores anaerobios en dos grandes tipologías: A) Sistemas convencionales en los que no se controla la concentración de los microorganismos en el medio (biodigestor chino, indu, etc) y B) Sistema no convencionales son aquellos en el que los microorganismos son retenidos en el sistema. (recirculación externa, granulación y sedimentación, separación de membrana, etc)

Los reactores se pueden clasificar por el contenido de sólidos totales como húmedos menos de 20 % de ST y secos, más del 20% ST. El contenido de sólidos influye directamente en el costo, rendimiento y técnica del proceso .

### ***Procesos sin modelo de flujo***

Los sistemas elementales para la producción de biogás son de fácil construcción y operan en el medio rural. En los sistemas discontinuos para residuos sólidos urbanos es un reactor con cubierta que permita coleccionar el biogás. La curva de producción de biogás sigue la misma tendencia que el crecimiento de microorganismos. Otro de los digestores discontinuos son el Chino y Hindú. Los dos son enterrados con el fin de minimizar los efectos adversos de bajada de temperatura ambiental. La diferencia es la disposición del gasómetro, que en el caso del Hindú se encuentra integrado en la cúpula. Debido a que en estos reactores no cuentan con agitación se requiere limpieza manual periódica. Existen otros digestores discontinuos de menor costo como los digestores tubulares en plástico.

### ***Procesos con modelo de flujo***

El favorecer el crecimiento de los microorganismos formando gránulos, con alta densidad, dió lugar al desarrollo de los reactores basados en el diseño del UASB, en los que se mantiene una elevada concentración de los microorganismos.

***El reactor UASB (upflow anaerobic sludge blanket)*** consiste esencialmente en un manto de lodos denso y de elevada actividad biológica que ocupa aproximadamente la mitad inferior de la unidad mientras que la fracción superior del reactor está dedicada principalmente a la sedimentación de sólidos biológicos. La característica principal de esta configuración es su capacidad de producir biomasa muy activa y con alta velocidad de sedimentación generalmente denominados gránulos. En el tope del reactor se ubica un sistema separador de partículas sólidas, líquido y biogás, generalmente conocido como separador de tres fases, que tiene la doble función de evitar la fuga de biomasa del reactor a la vez que capta el biogás generado (Lettinga et al., 1996).

El contacto entre los microorganismos y su alimento se ve promovido por el flujo ascendente del líquido y la constante generación de burbujas de biogás. No se utilizan elementos de agitación mecánica por considerárselos perjudiciales para la generación de los agregados biológicos (gránulos). Luego el líquido abandona la unidad por la zona de

sedimentación ubicada en la parte superior del reactor (Speece, 2008).

La característica básica de esta configuración, que hace posible su funcionamiento, es su capacidad de producir gránulos con alta actividad biológica y elevada velocidad de sedimentación. Esta última propiedad permite que, cuando se trabaja con efluentes poco concentrados, el líquido pueda alcanzar velocidades ascensionales relativamente elevadas dentro del reactor (0,5 a 1,2 m/h), independizando así el tiempo de retención hidráulica del tiempo de retención celular del sistema. La biomasa granular típica del UASB presenta diámetros de 1 a 5 mm y su obtención requiere de una puesta en marcha cuidadosa cuya duración puede variar de 2 a 6 meses dependiendo del efluente tratado, las condiciones ambientales del cultivo y de la disponibilidad de suficiente inóculo granular aclimatado al efluente a tratar (Henze et al., 1982).

**El reactor anaeróbico de pantallas**, conocido también como reactor de Mc Carty, tiene una configuración similar a varios reactores UASB en serie. Consiste en la división del volumen total del tanque en una serie de cámaras consecutivas mediante la incorporación de deflectores verticales que obligan al líquido a seguir una trayectoria descendente/ascendente en forma alternativa. Este sistema permite la sedimentación y digestión de sólidos orgánicos así como la retención de espumas, principalmente en la primera cámara (cámara de estabilización). Asimismo favorece la degradación de la materia orgánica disuelta por un mayor contacto entre el agua residual circulante y el lodo biológico desarrollado en las cámaras consecutivas (cámaras deflectoras). (Rittman and McCarty, 2001).

### **Reactores de flujo pistón**

Este tipo reactor corresponde al reactor ideal de flujo pistón. Pueden ser horizontal o vertical. En los mismos la concentración de microorganismos aumenta a medida que se consume el sustrato por lo cual es habitual recircular parte de los mismos para inocular el reactor de forma continua.

### **Reactor de tanque agitado**

Es un sistema que responde a un reactor continuo de mezcla completa, aunque el mismo presenta un comportamiento intermedio entre el flujo pistón y el de mezcla completa. El mismo permite una concentración 15% de sólidos y permite mantener en suspensión tanto el sustrato como el inóculo. Es usado a escala laboratorio como industrial por su facilidad de diseño y operación. En este reactor el afluente ingresa por un extremo del digestor y sale el efluente por el extremo opuesto. En estos reactores hay que operar con tiempos de retención hidráulicos elevados para prevenir "el lavado de microorganismos". Los costos de instalación de estos reactores son bajos.

### **Proceso anaeróbico de contacto**

Este reactor consiste en un tanque agitado en el que la concentración de biomasa activa en el reactor se controla mediante un separador exterior y posterior recirculación de una fracción de fango decantado.

### **Reactor de lecho fijo**

Los reactores de lecho fijo retienen la biomasa con la formación de una biopelícula sobre el soporte y la oclusión en los huecos del relleno. Estos reactores pueden operar en flujo ascendente o descendente y con relleno ordenado o desordenado, lo que da lugar a distintas configuraciones de reactores. Los más habituales son: el filtro anaerobio y el reactor anaerobio de película fijada. Si la película se desarrolla sobre partículas en suspensión de alta densidad, es posible operar mediante el concepto de lecho expandido o fluidizado.

Según Ripoll (2016), algunas de las tecnologías que actualmente se usan en instalaciones industriales son las siguientes.

- Valorgas: consiste en una serie de tambores que separan mecánicamente los residuos y luego la fracción orgánica, el resto, es dirigido al proceso de digestión anaerobia. El digestor es un reactor de agitación vertical que tiene recirculación de biogas.
- Linde: puede ser por vía húmeda usando un reactor de mezcla completa o por vía seca empleando un reactor flujo pistón. En común tiene un pretratamiento, hidrólisis y secado del digerido por centrifugación después de pasar por el reactor.
- Dranco: consiste en un reactor de flujo pistón vertical, y la inoculación se realiza mediante recirculación del material digerido. La salida es por la parte inferior y la entrada como la recirculación por la superior. El reactor no tiene agitación mecánica ni recirculación de biogas. Los residuos que ingresan se mezclan previamente con recirculado y vapor.
- BTA: es un proceso vía húmeda, en una o dos etapas. Cuenta con un hidropulper para eliminar rechazo. Este puede ser de una o dos etapas.

Presentando un breve descripción de los reactores y teniendo en cuenta que cada etapa tiene sus condiciones óptimas, surge la idea de separar los pasos de la digestión anaeróbica, con el fin de mejorar el rendimiento de biogás (Van, et. Al, 2020). El sistema de dos etapas tiene un rendimiento entre 20 y 40 % en comparación con los sistemas de una sola etapa. Al utilizar residuos de alimentos como sustrato, el sistema de una sola etapa tuvo un rendimiento de metano de 324,5 l CH<sub>4</sub>/kgVS (OLR 2 gVS/L/d; HRT 16 d). En condiciones de procesamiento similares, un sistema de dos etapas informó entre un 20 y un 30 % de rendimiento de metano en exceso (Voelkleinet al; 2017). Resultados similares fueron reportados por Shahriari et al. (2013) destacando un aumento del 40 % en la producción de metano.

Rajendran (2019) y Van (2020) afirman que la producción en dos etapas sortea los inconvenientes de productividad en la digestión anaerobica, existiendo un tema de vacancia en cuanto al análisis técnico-económico. Además, plantea una considerable reducción en el tiempo de retención, como así también, en el tamaño del reactor cuando se usan dos

etapas. A su vez la ventaja de poder separar las dos etapas solo con el control de pH de cada una.

Considerando las características de la fracción orgánica de los residuos y con la premisa que, antes de la digestión anaeróbica, se pretratan para mejorar la producción de metano; se pretende emplear en este proyecto dos reactores en serie de flujo ascendente UASB, uno acidogénico y otro metanogénico. El funcionamiento es en base húmeda. Y pretendiendo atender a la propuesta de un tratamiento sostenible, generar abono a partir del digestato por medio de un proceso aeróbico.

### **Compostaje de los Residuos Sólidos Urbanos:**

El proceso de compostaje es un proceso biológico aeróbico que utiliza microorganismos naturales para convertir la materia orgánica biodegradable en un producto similar al humus.

El producto final de la digestión anaeróbica es el biogas y el digestato. Las fracciones orgánicas del digestato pueden contribuir a la renovación de la materia orgánica del suelo, influyendo en las características biológicas, químicas y físicas del suelo (Nuñez, 2022)

El digestato puede ser considerado un desecho o un producto de uso potencial para la industria química o la agricultura y esto depende en general del contenido de metales y otros compuestos. (Monfet, E.; Aubry, G. y Avalos, A., 2018). Por lo cual, el digestato puede tratarse para eliminar los contaminantes o emplearse directamente como una enmienda o fertilizante para el suelo. Devolver el digestato a los suelos es un verdadero reciclaje de los nutrientes a las plantas. (Erraji, H., Afilal, ME, Azim, K., Laiche, H. y El Asri, O. ; 2017).

### **Bibliografía:**

Adekunle, K. Okolie, J. (2015). A Review of Biochemical Process of Anaerobic Digestion. *Advances in Bioscience and Biotechnology*. 6, 205-212.

Arhoun B., A. Bakkali, R. El Mail, J.M. Rodriguez-Maroto, F. Garcia-Herruzo (2013). Biogas production from pear residues using sludge from a wastewater treatment plant digester. Influence of the feed delivery procedure.

Astals, A., Ariso M., Galí A. 2011. Co-digestion of pig manure and glycerine: Experimental and modelling study. *Journal of Environmental Management*. 92, 4 1091-1096.

Battista, E., Justianovich, S. H. (2016). ¿Energía para qué? Hacia una matriz renovable y diversificada en el medio rural. *Memorias II Congreso Latinoamericano de Ecodiseño ECODAL*, 2da edición, pp. 210-219. Bogotá: Colombia.

Blackburn J. W., 2001. Effect of swine waste concentration on energy production and profitability of aerobic thermophilic processing. *Biomass and Bioenergy*, 21(1), 43-45.

Chernicharo De Lemos C., DESA, UFMG, Reactores Anaeróbicos, Principios do Tratamento Biológico de Aguas Residuarias, Vol.5, (2000).

Chernicharo De Lemos C., DESA, Anaerobic Reactors: Biological Wastewater Treatment, Volume 4, (2007)

Cho K., Shin S. G., Kim W., Joonyeo L., Leed J., Hwang S, (2017). Microbial community shifts in a farm-scale anaerobic digester treating swine waste: Correlations between bacteria communities associated with hydrogenotrophic methanogens and environmental conditions. *Science of The Total Environment*. Vol 601–602, 1 December 2017, 167–176

Deluca, M., y Giorgi, N. (2015). Estudio de estrategia y factibilidad de residuos sólidos urbanos (rsu) para la república Argentina.

Di Maria F., Sordi A., Cirulli G., Gigliotti G., Massaccesi L. Cucina M. (2014) Co-treatment of fruit and vegetable waste in sludge digesters. An analysis of the relationship among bio-methane generation process stability and digestate phytotoxicity. *Waste Management*.

Ebrahimi, M., & Cheshme Ghasabani, N. (2015). Forecasting OPEC crude oil production using a variant Multicyclic Hubbert Model. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 133, 818–823.

Erraji, H., Afilal, M. E., Azim, K., Laiche, H., & El Asri, O. (2017). Valorization of household anaerobic processed digestate: a case study of Morocco. *J Mater Environ Sci*, 8(11), 4024-31.

Flotats, X., Bonmatí, A., Campos, E., Antúnez, M. 1999. Ensayos en discontinuo de codigestión anaeróbica termofílica de purines de cerdo y lodos residuales. *Información Tecnológica*. Vol. 10 (1). 79-85.

Flotats, X., Campos, E., Palatsi, J., Bonmatí, X. 2001. Digestión anaeróbica de purines de cerdo y codigestión con residuos de la industria alimentaria. *Porci; Monografías de actualidad*, 65, 51-65.

Fongaro G., Viancelli A., Magri M.E., Elmadhdy E.M., Biesus L.L., Kich J.D., Kunz A., Barardi C.R.M. 2014. Utility of specific biomarkers to assess safety of swine manure for biofertilizing purposes. *Science of the total Environment*. 479-480. 277-283.

Giménez J.B.; Carretero L.; Gatti M.N.; Martí N.; Borrás L.; Ribes J.; Seco A. (2012). Reliable method for assessing the COD mass balance of a submerged anaerobic membrane bioreactor (SAMBR) treating sulphate-rich municipal

wastewater. WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY: IWA PUBLISHING.66 3. 494-502.

Guan T.Y., Holley R.A., 2003. Pathogen Survival in Swine Manure Environments and Transmission of Human Enteric Illness: A Review. *Journal of Environment Quality*. 21 283-292.

Guido, RE, Javi, VM, Rodríguez, CR y Oiedo, OA (2020). Mapeo del potencial bioenergético utilizando un sistema de información geográfica en la provincia de Córdoba.

Hanson RS, Hanson TE. (1996) Methanotrophic bacteria. *Microbiol Rev*. Jun;60(2):439-71. Review. PubMed PMID: 8801441.

Henze, M., Harremoes P., Review Paper: Anaerobic Treatment of Wastewater in Fixed Film Reactors, *Anaerobic Treatment of Wastewater in Fixed Film Reactors, IAWPR*, (1982).

Lettinga G., Hulshof Pol L.W., Zeeman G., *Biological Wastewater Treatment. Part I: Anaerobic wastewater treatment. Lecture Notes. Wageningen Agricultural University*, (1996).

Li Y., Xu F., Li Y., Lu J., Li S., Shah A., Zhang X., Zhang H., Gong X., Li G. (2018). Reactor performance and energy analysis of solid state anaerobic co-digestion of dairy manure with corn stover and tomato residues. *Waste Management*, 73, 130-139.

Maggio, G., Cacciola, G. (2012). When will oil, natural gas, and coal peak? *Fuel*, 98, 111–123.

Mao C., Feng Y., Wang X., Ren G., (2015) Review on research achievements of biogas from anaerobic digestion. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Volume 45, 540-555.

Mata-Alvarez J., Dosta J., Romero-Güiza M.S., Fonoll X., Peces M., Astals S. (2014) A critical review on anaerobic co-digestion achievements between 2010 and 2013. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier 36, 412–427.

Moral, R., Pérez-Murcia, M.D., Pérez-Espinosa, A., Moreno-Caselles, J., Paredes, C., 2005. Estimation of nutrient values of pig slurries in Southeast Spain using easily determined properties, *Waste Management* 25, 719 - 725.

Marrama, S. (2021). La ley N° 27.640/2021 de biocombustibles y la sustentabilidad ambiental agroproductiva y energética.

Evelyne Monfet, Geneviève Aubry y Antonio Avalos Ramirez (2018) Nutrient removal and recovery from digestate: a review of the technology, 9:2, 247-262, DOI:

Moreno M. (2011). *Manual de biogás*. FAO.

Rajendran, K., Mahapatra, D., Venkatraman, A. V., Muthuswamy, S., & Pugazhendhi, A. (2020). Advancing anaerobic digestion through two-stage processes: Current developments and future trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 123, 109746.

Rittman, Bruce E., McCarty Perry L., *Environmental Biotechnology: Principles and Applications*, McGraw Hill, (2001).

Rodríguez-Abalde A., Flotats X., Fernández B. 2017. Optimization of the anaerobic co-digestion of pasteurized slaughterhouse waste, pig slurry and glycerine. *Waste Management*, 61, 521-528.

Shahriari, H., Warith, M., Hamoda, M., & Kennedy, K. (2013). Evaluation of single vs. staged mesophilic anaerobic digestion of kitchen waste with and without microwave pretreatment. *Journal of Environmental Management*, 125, 74-84.

Scotford, I.M., Cumby, T.R., Richards, P.A., Keppel, D., Lenahan, J.J., (1999). Development of an in-line nutrient sensing system for livestock slurries. *Journal of Agricultural Engineering Research* 74, 303 - 316.

Van, DP, Fujiwara, T., Tho, BL, Toan, PPS y Minh, GH (2020). Una revisión de los sistemas de digestión anaeróbica para desechos biodegradables: configuraciones, parámetros operativos y tendencias actuales. *Investigación de ingeniería ambiental*, 25 (1), 1-17. <https://doi.org/10.4491/eer.2018.334>

Voelklein, MA, O'Shea, R., Jacob, A. y Murphy, JD (2017). Papel de los oligoelementos en la digestión de residuos de alimentos en una y dos etapas a altas tasas de carga orgánica. *Energía*, 121, 185-192.

Wang X, Lu X, Li F, Yang G (2014) Effects of Temperature and Carbon-Nitrogen (C/N) Ratio on the Performance of Anaerobic Co-Digestion of Dairy Manure, Chicken Manure and Rice Straw: Focusing on Ammonia Inhibition. *PLoS ONE* 9(5): e97265.

Wang, Z., Jiang, Y., Wang, S., Zhang, Y., Hu, Y., Hu, Z. hu, Wu, G. & Zhan, X. (2020) Impact of total solids content on anaerobic co-digestion of pig manure and food waste: Insights into shifting of the methanogenic pathway. *Waste Management*, 114, 96-106.

Wikandari R. (2014). *Effects of fruit flavors on anaerobic digestion: inhibitions and solutions*. University of Borås (Sweden).

Zhang W., Wei Q., Wu S., Qi D., Li W., Zuo Z., Dong R. 2014. Batch anaerobic co-digestion of pig manure with dewatered sewage sludge under mesophilic conditions. *Applied Energy*, Volume 128, 1. 175-183.

## Grado de Avance

De la actividad del Proyecto IPIFNBA0005129 "Biotecnología Aplicada a la fracción orgánica de los residuos sólidos Urbanos II. · Se trabajo en un Acta acuerdo entre la UTN Bahía Blanca y UTN FRN que permitio la caracterizacion de los residuos sólidos urbanos bajo la norma ASTM D5231. Se determino las siguientes proporciones a partir de 60 muestras: 44 % de FORSU, 10,9 % de plástico, cartón 6 %, papel 5,2% vidrio 4,6%, aluminio 0,5% y ferrosos 0,6 %. A apartir de una muestra compuesta de FORSU se determino el potencial de biogas. Esto permitió publicar a aprtir de esta labor en el congreso ICPR Américas 2020 y exponer como disertante "BIOGAS UNA ALTERNATIVA NEUQUÉN" Congreso internacional en el . Autores: Ivone Elisabet Carroza, Gisela Magali Sanchez, Yesenia Martina Perez, Marcela Noemi Gatti, Alberto Camacho y Jose Luis Boiardi. Además se evaluaron distintos inoculos a partir de estiercol con el fin de determinar la produccion de Biogas lo que se expuso en las 5° Jornadas de doctorandos de investigación Universidad Tecnológica Nacional Buenos Aires UTN BA 2020. Biogas a partir de residuos. Carroza, I., Boiardi, J., & Gatti, M. (2020). Biogas y compost a partir de residuos. AJEA, (5). <https://doi.org/10.33414/ajea.5.753.2020>. Como uno de los principales objetivos del proyecto el cual es la capacitacion.

De la actividad del Proyecto MSUTNDN0005205, "Co-digestión anaeróbica de purines de cerdo con macroalgas provenientes de ríos y lagos patagónicos eutrofizados" el cual se inició el 01/01/2019 al 31/12/2022, dado que se prorrogó por un año, se evaluó la capacidad metanogénica del purín de cerdo en forma individual y se codigirió con diferentes macroalgas. Los resultados se pueden apreciar en (Astorga y col. a, 2020; Cesano y col., 2020; Astorga y col., b. 2020; Astorga y col., a. 2019; Astorga y col., b. 2019). Los resultados muestran un mejor producción de metano cuando se realiza co-DA purín de cerdo y macroalgas de la especie *Spirogyra*. De trabajos de la directora Gatti con la Lic. Sandra Bartucci (becaria doctoral, lugar de trabajo IPAF-INTA) se han desarrollado estudios de co-DA con orujos de manzana lo cual permitió determinar la buena factibilidad de codigerir ambos sustratos. El orujo de manzana por sí solo es difícil de sostener en una producción continua de DA dado que se acidifica el reactor. Al codigerir con purín de cerdo, este aporta alcalinidad al sistema permitiendo que se pueda sostener la producción de biogás con una mayor carga.

### Bibliografía citada:

Marcos A. Astorga; Margarita Cesano Sosa; Gatti Marcela N.; Alberto Camacho. a. "Enhancement of methane production and wastewater treatment from algae". International Journal of Environment and Health, (2020).

Margarita Cesano Sosa; Astorga Marcos; Torres Rocío F. ; Arbini Gianina; Campos M. ; Gatti Marcela N.; Alberto Camacho. "COMPLEMENTARIEDAD DE FANGOS ACTIVOS Y ALGAS DE AGUA DULCE PARA LA DEPURACIÓN DE EFLUENTES MUNICIPALES". En Anales del Congreso, Argentina: Fundación Prodti. 2020. 978-987-1930-54-8.

Astorga Marcos; Margarita Cesano Sosa; Gatti Marcela N.; Alberto Camacho. b. "Produccion de biogas y modelado del potencial metanogenico de residuos porcinos y co-sustratos". En Anales del Congreso, Argentina: ICPR. 2020. Sin dato de issn/isbn.

Marcos A. Astorga; Marcela N. Gatti; Alberto Camacho. a. "CO-DIGESTIÓN ANAEROBIA DE PURINES DE CERDO CON MACRÓFITAS ACUÁTICAS DE LA CUENCA NEUQUINA Y RESIDUOS ORGÁNICOS DERIVADOS DE LA AGROINDUSTRIA PATAGÓNICA". En XXXII Congreso Argentino de Química, Argentina: Asociación Química Argentina. 2019. 978-987-4715.

Marcos A. Astorga; Gatti Marcela Noemí; Alberto Camacho. b. "Incrementando la producción de metano en procesos de digestión anaerobia de purines de cerdo mediante el empleo de macroalga como co-sustrato.". En Anales del Congreso, Argentina: FUNAF. 2019. Sin dato de issn/isbn.

Actividades en el marco del PID: Uso de biodigestores en el tratamiento de efluentes en cría de porcinos. Director. Dr. Alberto Camacho. Código de proyecto: MSUTNCF0003672. Período 2015-2016 con prórroga otorgada para 2017. El grupo ha estudiado la producción de metano de diferentes purines provenientes de criaderos zonales, obteniendo significativos valores de producción metanogénica. Han llevado a cabo cinéticas en modo discontinuo en fermentador de laboratorio de 1 litro de capacidad y en fermentador automatizado de 5 litros de capacidad. Se han realizado estudios por simulación para la estimación de diferentes parámetros asociados a la digestión anaeróbica. Dichos resultados figuran en el informe del proyecto y publicaciones asociadas.

Experiencia en el tratamiento por fangos activados y por digestión anaeróbica de efluentes líquidos urbanos e industriales de la directora a partir de su actividad de investigación en la Universidad de Valencia y la Universidad Politécnica de Valencia, España. Dicha actividad se puede apreciar en los artículos:

Gatti M., García-Usach F., Seco A., Ferrer J. 2010. Wastewater COD characterization: analysis of respirometric and physical-chemical methods for determining biodegradable organic matter fractions. Journal of Chemical Technology and Biotechnology. 85 4 536-544.

Giménez J.B.; Carretero L.; Gatti M.N.; Martí N.; Borrás L.; Ribes J.; Seco A. 2012. Reliable method for assessing the COD mass balance of a submerged anaerobic membrane bioreactor (SAMBR) treating sulphate-rich municipal wastewater. WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY.: IWA. PUBLISHING.66 3. 494 -502.

Gatti M.N; Gimenez J.B.; Carretero L.; Ruano M.V.; Borrás L.; Serralta J.; Seco A. 2015. Enrichment of AOB and NOB population by applying a BABE reactor in an activated sludge pilot plant. WATER ENVIRONMENT RESEARCH.Washington: WATER ENVIRONMENT FEDERATION.87 91. 369 - 377.

Gatti M.N.; Seco A., Ferrer J. 2018. CALIBRATION PROCEDURE OF THE BIOLOGICAL NUTRIENT REMOVAL MODEL N°1. Journal of Environmental Engineering.: ASCE-AMER SOC CIVIL ENGINEERS. 2018.144.



Tareas de investigación desarrolladas en el marco de investigación de dos tesis doctorales llevadas a cabo por dos integrantes del proyecto: Sandra Lorena Bartucci (Becaria Conicet) y Marcos Adrián Astorga (Becario UTN).

### Objetivos de la investigación

Por los motivos expuestos y para fomentar el desarrollo de la tecnología en la región con recursos locales se plantea como objetivo general valorizar residuos sólidos producidos en la zona.

Las actividades propuestas se orientarán para dar respuesta a los siguientes objetivos específicos:

1. Caracterizar los RSU de la ciudad de Cutral-Có por métodos físicos, químicos y fisicoquímicos.
2. Minimizar la disposición de los RSU mediante la separación de la fracción orgánica de los mismos, logrando un disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero, contaminación del aire y del agua, generación de malos olores y aparición de vectores transmisores de enfermedades.
3. Transformar la materia orgánica separada de los RSU en biogás mediante DA, previa reducción y acondicionamiento de los residuos sólidos. Se experimentará con dos reactores de diferente configuración: un digestor simple y un sistema de dos digestores en serie (dos etapas).
4. Transformar la materia orgánica presente en el purín de cerdo mediante DA.
5. Evaluar la co-DA de los residuos sólidos urbanos y purín de cerdo.
6. Producir compost de calidad a partir de los lodos obtenidos como residuo de la digestión anaerobia para su uso como enmienda orgánica y/o fertilizante biológico en agricultura.

### Descripción de la metodología

Las actividades a desarrollar para llevar a cabo el estudio se detallan a continuación:

- Muestreo de la fracción orgánica de los residuos y restos de poda.
- Caracterización de la fracción orgánica de los residuos, sólidos totales, sólidos volátiles, demanda química de oxígeno, nitrógeno total Kjeldahl, fósforo total, sulfatos, pH, conductividad, fósforo, alcalinidad, ácidos grasos volátiles.
- Muestreo de purín de cerdo de criaderos.
- Caracterización del purín, mediante la determinación de sólidos totales, sólidos volátiles, demanda química de oxígeno, nitrógeno total Kjeldahl, pH, fósforo, alcalinidad, ácidos grasos volátiles.
- Determinación del potencial metanogénico (PM) de residuos sólidos urbanos. El potencial metanogénico se determinará por el método gravimétrico y presión en botellas de 250 ml con tapa de goma y precinto.
- Determinación del potencial metanogénico (PM) del purín de cerdo y de mezclas a diferentes proporciones con residuos sólidos urbanos. El potencial metanogénico se determinará por el método gravimétrico y presión en botellas de 250 ml con tapa de goma y precinto.
- Determinación de la actividad metanogénica específica (AME) del inóculo. La determinación es similar al PM pero en este caso se alimenta con sustratos específicos como glucosa, ácido acético, acetato de sodio, celulosa.
- Implementación de la DA y co-DA en un reactor de dos etapas acidogénica y metanogénica.
- Sistema de control automático para regulación de pH.
- Seguimiento y control de reactores, producción de biogás, cantidad de metano y dióxido de carbono.
- Implementación de tratamiento aeróbico con restos de poda al digestato.
- Caracterización de compost, determinación sólidos totales, humedad, sólidos volátiles, materia orgánica, nitrógeno total Kjeldahl, relación C/N total, pH, conductividad, índice de germinación de semillas, determinación de potasio, respiración microbiana.

### Factibilidad

El Laboratorio de Bioprocesos de la UTN-FRN cuenta con instalaciones adecuadas para el desarrollo de las actividades propuestas. El biodigestor y las sondas de seguimiento ha sido subsidiado por el proyecto PID2015: Uso de biodigestores en el tratamiento de efluentes en cría de porcinos, (finalizado el 31 de diciembre de 2017). La financiación actual proviene de los proyectos vigentes de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN).

### Equipamiento y Elementos

El equipamiento del laboratorio de bioprocesos de la UTN cuenta con:

1. Sistema de botellas de 250 ml con sistema de muestreo de biogás y metano.
2. Biorreactor de 5L (3L útiles) que posee sensores de: pH, redox, conductividad, oxígeno disuelto, temperatura y espuma. Se puede regular la temperatura mediante una manta eléctrica y un dedo frío, la velocidad de agitación, y burbujear un gas o mezcla de gases. Además, se puede tomar muestra en cualquier momento del proceso y también se puede regular el pH mediante el agregado de bases o ácidos.
3. Horno para determinar sólidos totales, volátiles.
4. Estufa de cultivo.

5. Flujo laminar vertical.
6. Equipo para determinar demanda biológica de oxígeno (DBO) con capacidad para 6 frascos con su respectiva agitación mediante buzos.
7. Microscopio óptico con una pantalla digital como ocular.
8. Reactivos y equipamiento para determinar: contenido de demanda química de oxígeno (DQO), concentración de nitrógeno amoniacal, nitrógeno total Kjeldahl, nitrato, fósforo soluble, sulfatos, sulfuros, alcalinidad y ácidos grasos volátiles.
9. pHmetro portátil, balanza de precisión digital.
10. Placa digestora para digerir muestras de DQO.

#### Métodos analíticos a utilizar

Determinación de DQO por el método del reflujo cerrado, contenido de nitrógeno como amonio  $N-NH_4^+$ , contenido de Nitrógeno Kjeldahl, nitrato, P- $PO_4$

- fósforo como fosfato, fósforo total, sulfatos, sulfuros, alcalinidad y ácidos grasos volátiles, sólidos totales, sólidos volátiles. (APHA, AWWA, WEF, (2005) Standard methods for the examination of water and wastewater 21st.)

Contenido de microorganismos patógenos (cultivo en placa de Petri con medio selectivo para E. coli.).

- Analisis de compost. Thompson, WH, Leege, PB, Millner, PD y Watson, ME (2001). Métodos de prueba para el examen de compostaje y compost. *La Fundación de Investigación y Educación del Consejo de Compostaje de los Estados Unidos. El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos* .

## 12. Contribuciones del Proyecto

### Contribuciones al avance científico, tecnológico, transferencia al medio

A partir del trabajo propuesto se podrá dar solución a diferentes problemáticas derivadas de la actividad urbana e industrial como:

- i. reducir el impacto ambiental originado por los residuos porcinos que no se tratan y se acumulan en suelos,
- ii. reducir las tierras destinadas al tratamiento de los residuos porcinos dado que el volumen que ocupa un digestor anaeróbico es sustancialmente menor al ocupado por lagunas, proceso escasamente empleado por algunos criaderos de porcino,
- iii. reducir el impacto ambiental originado por el gran volumen de residuos sólidos urbanos cuya gestión es depositarlos a cielo abierto en vertederos lo cual fomenta malos olores, lixiviados con alto contenido orgánico, quema de basura con generación de gases contaminados, etc.
- iv. revalorizar estos residuos al convertirlos en biogás, el cual es una fuente de energía,
- v. producir un efluente líquido del tratamiento DA con mínimo contenido de materia orgánica y rico en nitrógeno y fósforo que pueda utilizarse como riego y abono de suelos,
- vi. producir un residuo sólido estabilizado apto para abono de suelos,
- vii. lograr abono por medio del compostaje de los residuos sólidos urbanos,
- viii. proponer un manejo integral, a partir de las metodologías evaluadas, del gran volumen de residuos generados en la zona norte de la Patagonia que se pueda extrapolar a otras regiones.

### Contribuciones a la formación de Recursos Humanos

El trabajo propuesto permitirá fortalecer el grupo dado que una de sus integrantes lleva a cabo trabajos de investigación doctorales y dos de ellos centran sus tesis doctorales en la digestión anaeróbica de residuos orgánicos:

Tesista: Ivone Carroza, Título de la tesis: .

La tesis se desarrolla financiada con una beca doctoral de la Universidad Tecnológica Nacional, inicio de la beca:

El trabajo propuesto también permitirá el desarrollo de tesis de grado para la finalización de la carrera de Ingeniería Química y trabajos de tesis de investigación de maestría.

El tema del proyecto es afín a la Maestría de Procesos Biotecnológicos, la cual está en proceso de acreditación por CONEAU para poder dictarse en la Facultad Regional Neuquén. En el caso de ser aprobada, los alumnos matriculados y que muestren interés en la temática abordada por el proyecto podrán realizar su Tesis de Maestría.

## 13. Cronograma de Actividades

Año	Actividad	Inicio	Duración	Fin
1	Muestreo de residuos sólidos urbanos	01/04/2023	5 meses	30/09/2023
1	Muestreo de purín de cerdo en criaderos de la zona.	01/04/2023	3 meses	30/06/2023
1	Caracterización del purín, mediante la determinación de sólidos totales, sólidos volátiles, demanda química de oxígeno, nitrógeno total Kjeldahl, pH, fostac, alcalinidad, ácidos grasos volátiles.	01/07/2023	4 meses	31/10/2023
	Caracterización de los residuos sólidos urbanos, determinación de sólidos			

1	totales, sólidos volátiles, demanda química de oxígeno, nitrógeno total Kjeldahl, pH, fostac, alcalinidad, ácidos grasos volátiles.	01/10/2023	3 meses	31/12/2023
2	Determinación del potencial metanogénico de residuos sólidos urbanos.	01/04/2024	6 meses	30/09/2024
2	Determinación del potencial metanogénico de purín de cerdo.	01/04/2024	6 meses	30/09/2024
2	Compostaje del digerido de residuos sólidos urbanos. Caracterización y control.	01/04/2024	12 meses	31/03/2025
2	Determinación del AME de inóculos empleados.	01/06/2024	2 meses	31/07/2024
2	Implementación en modalidad continua de reactor de DA de dos etapas.	01/10/2024	2 meses	30/11/2024
3	Implementación en modalidad continua de reactor de DA de dos etapas. Evaluación de la carga de alimentación al reactor.	01/04/2025	12 meses	31/03/2026

#### 14. Conexión del grupo de Trabajo con otros grupos de investigación en los últimos cinco años

Grupo Vinc.	Apellido	Nombre	Cargo	Institución	Ciudad	Objetivos	Descripción
Convenio específico de cooperación técnica Universidad Tecnológica Nacional y el INTA	Magdalena	Carlos	DIRECTOR	Centro Regional Patagonia Norte, INTA	Plottier, Neuquén	Establecer un marco de colaboración entre UTN FRN y el INTA en actividades de cooperación científica y técnica.	Ejecución de proyectos de investigación y extensión en el área de influencia del trabajo. Promoción del intercambio y capacitaciones del personal involucrados de ambas partes. Desarrollo de protocolos para el uso de los materiales destinados a la biodigestión y su posterior aprovechamiento, así como tecnologías para su procesamiento, monitoreo y automatización. Diseño y desarrollo de dispositivos electrónicos destinados a mejorar las condiciones de producción de la Agricultura Familiar.

#### 15. Presupuesto

**Total Estimado del Proyecto: \$ 10384914,21**

##### 15.1. Recursos Humanos - Inciso 1 e Inciso 5

###### Primer Año

Becarios Inciso 5	Cantidad	Pesos	Origen del financiamiento	
1. Becario Alumno Fac.Reg.	0	\$ 0,00	-	-
2. Becario Alumno UTN-SAE	0	\$ 0,00	-	-
3. Becario Alumno UTN-SCyT	0	\$ 0,00	-	-
4. Becario BINID	0	\$ 0,00	-	-
5. Becario Posgrado-Doctoral en el país	1	\$ 624600,00	UTN- SCTyP	Facultad Regional
6. Becario Posgrado Doctoral en el extranjero	0	\$ 0,00	-	-
7. Becario Posgrado - Especialización	0	\$ 0,00	-	-
8. Becario Posgrado - Maestría en el país	0	\$ 0,00	-	-
9. Becario Posgrado - Maestría en el extranjero	0	\$ 0,00	-	-

Docentes Investigadores y Otros - Inciso 1	Cantidad	Pesos
1.Administrativo	0	\$ 0,00
2.CoDirector	1	\$ 896771,07
3.Director	1	\$ 1029769,00
4.Investigador de apoyo	3	\$ 713498,00
5.Investigador Formado	0	\$ 0,00
6.Investigador Tesista	0	\$ 0,00
7.Otras	0	\$ 0,00
8.Técnico de Apoyo	0	\$ 0,00

Totales	Inciso 5	Inciso 1	Total
Primer Año	\$ 624600,00	\$ 2640038,07	\$ 3264638,07

###### Segundo Año

Becarios Inciso 5	Cantidad	Pesos	Origen del financiamiento	
1. Becario Alumno Fac.Reg.	0	\$ 0,00	-	-
2. Becario Alumno UTN-SAE	0	\$ 0,00	-	-
3. Becario Alumno UTN-SCyT	0	\$ 0,00	-	-

4. Becario BINID	0	\$ 0,00	-	-
5. Becario Posgrado-Doctoral en el país	1	\$ 624600,00	UTN- SCTyP	Facultad Regional
6. Becario Posgrado Doctoral en el extranjero	0	\$ 0,00	-	-
7. Becario Posgrado - Especialización	0	\$ 0,00	-	-
8. Becario Posgrado - Maestría en el país	0	\$ 0,00	-	-
9. Becario Posgrado - Maestría en el extranjero	0	\$ 0,00	-	-

Docentes Investigadores y Otros - Inciso 1	Cantidad	Pesos
1.Administrativo	0	\$ 0,00
2.CoDirector	1	\$ 896771,07
3.Director	1	\$ 1029769,00
4.Investigador de apoyo	3	\$ 713498,00
5.Investigador Formado	0	\$ 0,00
6.Investigador Tesista	0	\$ 0,00
7.Otras	0	\$ 0,00
8.Técnico de Apoyo	0	\$ 0,00

Totales	Inciso 5	Inciso 1	Total
Segundo Año	\$ 624600,00	\$ 2640038,07	\$ 3264638,07

#### Tercer Año

Becarios Inciso 5	Cantidad	Pesos	Origen del financiamiento	
1. Becario Alumno Fac.Reg.	0	\$ 0,00	-	-
2. Becario Alumno UTN-SAE	0	\$ 0,00	-	-
3. Becario Alumno UTN-SCyT	0	\$ 0,00	-	-
4. Becario BINID	0	\$ 0,00	-	-
5. Becario Posgrado-Doctoral en el país	1	\$ 624600,00	UTN- SCTyP	Facultad Regional
6. Becario Posgrado Doctoral en el extranjero	0	\$ 0,00	-	-
7. Becario Posgrado - Especialización	0	\$ 0,00	-	-
8. Becario Posgrado - Maestría en el país	0	\$ 0,00	-	-
9. Becario Posgrado - Maestría en el extranjero	0	\$ 0,00	-	-

Docentes Investigadores y Otros - Inciso 1	Cantidad	Pesos
1.Administrativo	0	\$ 0,00
2.CoDirector	1	\$ 896771,07
3.Director	1	\$ 1029769,00
4.Investigador de apoyo	3	\$ 713498,00
5.Investigador Formado	0	\$ 0,00
6.Investigador Tesista	0	\$ 0,00
7.Otras	0	\$ 0,00
8.Técnico de Apoyo	0	\$ 0,00

Totales	Inciso 5	Inciso 1	Total
Tercer Año	\$ 624600,00	\$ 2640038,07	\$ 3264638,07

TOTAL GENERAL	Inciso 5	Inciso 1	Total General
Todo el Proyecto	\$ 1873800,00	\$ 7920114,21	\$ 9793914,21

#### 15.2 Bienes de consumo - Inciso 2

Año del Proyecto	Financiación Anual	Solicitado a
1	\$ 40.000,00	UTN - SCTyP
2	\$ 40.000,00	UTN - SCTyP
3	\$ 40.000,00	UTN - SCTyP
Total en Bienes de Consumo		\$ 120.000,00

#### 15.3 Servicios no personales - Inciso 3

Año	Descripción	Monto	Solicitado a
1	Inscripciones a Congresos	\$ 10.000,00	Facultad Regional
2	Inscripciones a Congresos	\$ 10.000,00	Facultad Regional



**16. Co-Financiamiento**

Año	RR.HH.	Bienes de Consumo	Equipamiento	Servicios no personales	Bibliografía	Software	Total
1	\$3.264.638,07	\$40.000,00	\$233.000,00	\$10.000,00	\$0,00	\$0,00	\$3.547.638,07
2	\$3.264.638,07	\$40.000,00	\$200.000,00	\$10.000,00	\$0,00	\$0,00	\$3.514.638,07
3	\$3.264.638,07	\$40.000,00	\$8.000,00	\$10.000,00	\$0,00	\$0,00	\$3.322.638,07
Total del Proyecto	\$9.793.914,21	\$120.000,00	\$441.000,00	\$30.000,00	\$0,00	\$0,00	\$10.384.914,21

**Financiamiento de la Universidad**

Universidad Tecnológica Nacional - SCyT

\$ 9.350.014,21

Facultad Regional

\$ 1.034.900,00

**Financiamiento de Terceros**

Organismos públicos nacionales (CONICET, Agencia, INTI, CONEA, etc.)

\$ 0,00

Organismos / Empresas Internacionales / Extranjeros

\$ 0,00

Entidades privadas nacionales (Empresas, Fundaciones, etc.)

\$ 0,00

Otros

\$ 0,00

Total

\$ **10.384.914,21****Avales de aprobación, Financiamiento y Otros**

	Orden	Nombre de archivo	Tamaño
<a href="#">Descargar</a>	1	CVAR_GATTIMN.pdf	199789
<a href="#">Descargar</a>	3	CVARCAMACHO_ALBERTOGUSTAVO.pdf	202208
<a href="#">Descargar</a>	4	ConvenioINTA-UTN2021.pdf	1069574
<a href="#">Descargar</a>	5	CvCarrozasep-2021.pdf	892522
<a href="#">Descargar</a>	6	Categorizacion3MNGATTI.pdf	2977527
<a href="#">Descargar</a>	7	08categorizacionCAMACHO.pdf	2478657
<a href="#">Descargar</a>	8	CVdeMgJorgeLuisFernández.pdf	3186595
<a href="#">Descargar</a>	9	CV-MARIANIEVESDEOLIVEIRA2022.pdf	179871
<a href="#">Descargar</a>	10	CVFabianaRTorres.pdf	560251
<a href="#">Descargar</a>	11	AnexoIIValorizaciónderesiduos.pdf	816382
<a href="#">Descargar</a>	12	AnexoIVValorización.pdf	734995
<a href="#">Descargar</a>	13	AUTORIZACIÓNUSOLABORATORIO-Residuos.pdf	139851
<a href="#">Descargar</a>	14	RESOLUCIÓN541marcelaGattiProyectoValorizaciónResiduos.pdf	740207
<a href="#">Descargar</a>	15	AvalesfirmadoautoridadesValorizaciónderesiduos.pdf	542815

**Curriculums (Curriculums de los integrantes cargados en el sistema)**