



Universidad Nacional de Río Cuarto
Facultad de Ciencias Exactas,
Físico-Químicas y Naturales

"1985-2025. 40º ANIVERSARIO DEL CIN"
"AÑO DE LA RECONSTRUCCIÓN DE LA NACIÓN ARGENTINA"

RÍO CUARTO, 26 de marzo de 2025.

VISTO el Expediente Nro: 147380 y el proyecto de Convenio de Cooperación entre la Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales y la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC), el INTA y la Empresa TECNORED ENERGÍA S.A, presentado por la Secretaría de Extensión de la FCEFQyN, y,

CONSIDERANDO:

Que, la firma del presente acuerdo resulta de interés para nuestra institución ya que en la Planta de tratamiento de efluentes domiciliarios de las residencias universitarias de la UNRC, se han dispuesto Humedales Construidos para el tratamiento de los mismos, en los cuales se utiliza una macrófita nativa como material vegetal, con alta eficiencia. Sin embargo, esta tecnología de tratamiento tiene como consecuencia que se genera una elevada producción de biomasa vegetal, que debe ser adecuadamente dispuesta para no provocar situaciones de contaminación puntual.

Que en relación a esto, su utilización para la producción de biogás mediante biodigestores anaeróbicos, es una opción sustentable para su eliminación. Adicionalmente, conocer la calidad del digestato anaeróbico que se obtiene como residuo de este proceso es de gran interés con el propósito de su posterior utilización como biofertilizante.

Que las interacciones que se generarán permitirán avanzar en el sistema de tratamiento de los efluentes domiciliarios, analizar la producción de gas por la biomasa generada en conjunto con la Empresa Tecnored S.A., y realizar estudios con los digestatos obtenidos, gracias a la experticia de investigadores del INTA.

Que, además, los resultados obtenidos serán de gran valor para determinar la disposición final de todos los residuos generados, en el marco de una economía circular.

Que el convenio tendrá una duración de cuatro (4) años a partir de la fecha de suscripción del mismo.

Que se cuenta con el dictamen de la Dirección de Asuntos Jurídicos N° 9574, obrante a foja 35, visto de la Secretaría de Extensión y Desarrollo de UNRC, obrante a foja 36, y que deberá ser autorizado por el Consejo Superior.

Que el mismo cumple con los requisitos establecidos en las Reglamentaciones vigentes.

Que se cuenta con el Despacho favorable de la Comisión de Investigación, Posgrado y Transferencia.



Universidad Nacional de Río Cuarto
Facultad de Ciencias Exactas,
Físico-Químicas y Naturales

"1985-2025. 40º ANIVERSARIO DEL CIN"
"AÑO DE LA RECONSTRUCCIÓN DE LA NACIÓN ARGENTINA"

Por ello y en uso de las atribuciones conferidas por el Artículo 32 del Estatuto de la Universidad Nacional de Río Cuarto.

**EL CONSEJO DIRECTIVO
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS
FÍSICO-QUÍMICAS Y NATURALES**

R E S U E L V E:

ARTICULO 1ro.- Aprobar el **Convenio de Cooperación entre la Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales y la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC), el INTA y la Empresa TECNORED ENERGÍA S.A,** según ANEXO de la presente resolución.

ARTICULO 2do.- Elevar la presente Resolución para su tratamiento al **Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería para su posterior elevación y tratamiento al CONSEJO SUPERIOR de la UNRC.**

ARTICULO 3ro.- Regístrese, comuníquese. Tomen conocimiento las Áreas de competencia. Cumplido, archívese.

DADA EN LA SALA DE SESIONES DEL CONSEJO DIRECTIVO DE ESTA FACULTAD, A LOS VEINTE DÍAS DEL MES DE MARZO DEL AÑO DOS MIL VEINTICINCO.

RESOLUCIÓN Nro.:067/2025



Universidad Nacional de Río Cuarto
Facultad de Ciencias Exactas,
Físico-Químicas y Naturales

"1985-2025. 40º ANIVERSARIO DEL CIN"
"AÑO DE LA RECONSTRUCCIÓN DE LA NACIÓN ARGENTINA"

ANEXO

CONVENIO DE COOPERACIÓN ENTRE LA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICO-QUÍMICAS Y NATURALES Y LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO, TECNORED ENERGIA S.A. Y EL INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA

Entre la Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC), representada en este acto por la Sra. Rectora, Prof. Marisa ROVERA, la Facultad de Cs. Exactas Físico-Químicas y Naturales de UNRC, representada por el Sr. Decano, Dr. Germán BARROS, D.N.I. N° 24.333.232, en adelante la "FCEFQyN-UNRC", la Facultad de Ingeniería de UNRC representada por el Sr. Decano, Pablo DE LA BARRERA, D.N.I. N° 26.925.712, en adelante la "FI-UNRC", con domicilio en Ruta Nacional 36 Km. 601 de la ciudad de Río Cuarto, por otra parte, la empresa TECNORED ENERGIA S.A. en adelante "LA EMPRESA", con domicilio en Mitre 857 de la ciudad de Río Cuarto, representada en este acto por su Presidente Horacio Germán PINASCO, D.N.I. N° 13.955.001, y el Centro de Investigación en Ciencias Veterinarias y Agronómicas del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, en adelante "INTA", con domicilio legal en Rivadavia 1439 de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, representada en este acto por el presidente del Consejo Directivo, Ing. Agr. Nicolas BRONZOVICH, DNI: 22.855.224, Dr. Oscar Alberto TABOGA, D.N.I. N° 16.273.232, denominadas en conjunto las PARTES, y considerando:

- Que UNRC y LA EMPRESA suscribieron un Convenio Marco Expediente N° 120387, aprobado por Resolución de Consejo Superior N° 266/16.
- Que UNRC e INTA renovaron el Convenio Marco, Expediente N° 63295, aprobado por Resolución de Consejo Superior N° 347/18.

Las PARTES convienen en celebrar el presente Convenio sujeto a las siguientes artículos:

OBJETO

Artículo 1º- El Objetivo del presente trabajo es "Determinar las condiciones operativas que permitan maximizar la producción de biogás y la calidad del digerido anaeróbico, a partir de material vegetal residual proveniente del tratamiento de efluentes domiciliarios, pre-tratados con hongos o extractos enzimáticos fúngicos, utilizando biodigestores anaeróbicos en escala laboratorio y piloto".



Universidad Nacional de Río Cuarto
Facultad de Ciencias Exactas,
Físico-Químicas y Naturales

"1985-2025. 40º ANIVERSARIO DEL CIN"
"AÑO DE LA RECONSTRUCCIÓN DE LA NACIÓN ARGENTINA"

Artículo 2º- Para el logro de los objetivos mencionados en el artículo 1º se estructurará un Programa de Trabajo de cuatro años de duración, cuyas actividades se detallan en el Anexo I que forma parte del presente convenio.

Artículo 3º- Por parte de FCEFQyN-UNRC se designa como Coordinador de las actividades a la Dra. Cintia Paisio, DNI N° 27.872.126, por la FI-UNRC al Mg. Javier Zizzias D.N.I. N° 16.832.937, como coordinador por INTA se designa a la Dra. Patricia Bres, D.N.I. N° 25.197.585 y como Coordinador por parte de la EMPRESA se designa al Ing. Qco. Germán Bertaina, D.N.I. N° 31.042.846

Artículo 4º- Se designan como investigadores participantes de FCEFQyN-UNRC a la Dra. Paola González, D.N.I. N° 23.226.123, al Dr. Víctor Busto, D.N.I. N° 25.136.587 y a la Mic. María del Rosario Quevedo, D.N.I. N° 33.885.829.

Por la FI-UNRC al Mic. Carlos Bettera, D.N.I. 22.942.315, a la Ing. Nadia Balsamo, D.N.I. N° 30.310.422 y a la Ing. María Isabel Pontín, D.N.I. N° 20.283.773. Por INTA a la MSc. María Eugenia Beily, D.N.I. N° 29.435.657 y por la EMPRESA se designa como colaboradora a la Bioq. Carla Reynot Crenna, D.N.I. N° 40.503.759.

Artículo 5º- Los coordinadores de las PARTES deberán presentar, al término de las actividades, un informe con las tareas realizadas y resultados obtenidos a las dependencias correspondientes de la UNRC, al INTA y a la EMPRESA.

Artículo 6º- Las PARTES tienen la facultad de controlar y verificar la evolución de las actividades programadas.

Artículo 7º- En caso de que surja la posibilidad de desarrollar un nuevo producto apto para su uso comercial, a partir de las investigaciones desarrolladas en el presente acuerdo, las PARTES deberán acordar un nuevo convenio.

OBLIGACIONES DE LA UNRC

Artículo 8º- La FCEFQyN-UNRC y la FI-UNRC, a través de los departamentos correspondientes y bajo la coordinación de la Dra. Cintia Paisio y el Mg. Javier Zizzias, realizarán los trabajos necesarios para el logro de los objetivos indicados en el artículo 1º, que se efectúen en la UNRC, asumiendo el pago de los costos inherentes a dichos ensayos.

OBLIGACIONES DEL INTA

Artículo 9º- El INTA, bajo la coordinación de la Dra. Patricia Bres, realizará los trabajos necesarios para el logro de los objetivos indicados en el artículo 1º, que se efectúen en el INTA, asumiendo los costos inherentes a dichos ensayos, financiándose a través de proyectos de la cartera programática del INTA.

OBLIGACIONES DE LA EMPRESA



Universidad Nacional de Río Cuarto
Facultad de Ciencias Exactas,
Físico-Químicas y Naturales

"1985-2025. 40º ANIVERSARIO DEL CIN"
"AÑO DE LA RECONSTRUCCIÓN DE LA NACIÓN ARGENTINA"

Artículo 10º- La EMPRESA bajo la coordinación del Ing. Qco. Germán Bertaina realizará los trabajos necesarios para el logro de los objetivos indicados en el artículo 1º, que se efectúen en las instalaciones operativas de la misma, localizadas en el laboratorio de Tecnoled Energía S.A., asumiendo el pago de los costos inherentes a dichos ensayos. Asimismo, el personal de la misma participará en ensayos efectuados en la UNRC en concepto de asesor, manipulando equipamiento y reactivos específicos, que serán aportados por los grupos de investigación de la UNRC, asumiendo estos últimos también los costos de tales ensayos.

PROPIEDAD DE LOS RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

Artículo 11º-: Cada parte continúa siendo propietaria de sus propios conocimientos previos, su know-how, sus sistemas de computación, diseños, modelos, marcas, obras, creaciones y/u otros resultados protegidos o no, sea que estos hayan sido obtenidos con anterioridad a la firma de este convenio, o desarrollados o adquiridos con independencia de las tareas previstas en el mismo.

Se entenderá por resultados de investigación los datos, conocimientos y/o información, generados por el equipo de trabajo a partir de la ejecución de las acciones previstas en el plan de trabajo del Anexo I, tangibles o intangibles, cualquiera sea su forma o naturaleza, así como cualquier derecho unido a ellos, incluidos los derechos de propiedad intelectual, tales como derechos de autor, derechos sobre diseños y modelos industriales, patentes, u otras formas de protección semejantes que sean susceptibles de protección por la legislación de patentes de invención o por otro tipo de registro legal, o aquellos resultados que no sean protegibles legalmente por patentes o por otro tipo de registro pero que puedan ser utilizados en el proceso productivo y adquieran por ello importancia económica.

La propiedad sobre los mencionados resultados de investigación surgidos del presente convenio pertenecerá a las PARTES conforme al aporte inventivo efectuado por cada una de ellas, lo cual deberán acordar en un nuevo acuerdo.

USO DE LOS RESULTADOS

Artículo 12º- En caso de que a partir del presente convenio surgieran resultados de investigación susceptibles de explotación o con valor comercial, la EMPRESA tendrá la opción de adquirir una licencia exclusiva para el uso y/o explotación comercial de dichos resultados por un plazo de hasta 90 días luego de finalizado el convenio. Durante este plazo, la UNRC y el INTA se abstendrán de otorgar/negociar con terceros otras licencias para el uso y/o explotación comercial de los resultados.

La opción de licencia deberá ejercerse mediante notificación fehaciente a las Secretarías de Extensión de la FCEFQyN-UNRC y la FI-UNRC y la Dirección Nacional Asistente de Vinculación Tecnológica del INTA dentro del plazo indicado. Si



Universidad Nacional de Río Cuarto
Facultad de Ciencias Exactas,
Físico-Químicas y Naturales

"1985-2025. 40º ANIVERSARIO DEL CIN"
"AÑO DE LA RECONSTRUCCIÓN DE LA NACIÓN ARGENTINA"

se eligiese ejercer la opción, las PARTES darán inmediatamente comienzo a las negociaciones tendientes a celebrar el convenio de licencia.

Caso contrario los resultados de investigación, la tecnología y/o capacidad resultante podrá ofrecerse a otro tercero interesado.

PUBLICACIONES

Artículo 13º- La EMPRESA, reconoce la necesidad de la UNRC y del INTA de efectuar publicaciones y en general divulgar los resultados del Proyecto. Sin perjuicio de ello y a fin de proteger también los derechos de la EMPRESA, el Coordinador de FCEFQyN, de FI-UNRC y del INTA entregará al Coordinador de la EMPRESA, el borrador que será sometido a publicación y/o la transcripción de la presentación a congreso correspondiente con una antelación de veinte (20) días a la fecha de presentación. La EMPRESA deberá contestar en un plazo no mayor a los veinte (20) días y en caso de ausencia de respuesta, la UNRC y el INTA podrán realizar la publicación pertinente.

En los trabajos publicados constarán los autores, su grado de participación, así como el hecho de que el trabajo a publicar se origina en el presente convenio.

UTILIZACIÓN DE LOGOS, NOMBRES, MARCAS Y/O EMBLEMAS

Artículo 14º- La EMPRESA deberá utilizar el logo, nombre, marca y/o emblema de la UNRC y del INTA en toda publicación o actividad de difusión de las tareas y/o resultados del presente convenio. En los casos que los fines perseguidos sean comerciales, se deberá además hacer una evaluación económica del uso del logo, nombre, marca y/o emblema de la UNRC y del INTA, que se negociará en la respectiva licencia.

CONFIDENCIALIDAD

Artículo 15º- Las PARTES se comprometen a no revelar la información resultante de este acuerdo o de su realización y se obligan a adoptar todas las medidas necesarias para que dicha información no sea divulgada, siendo responsables por la actuación de su personal dependiente y/o contratado al efecto e instrumentaran en relación a la información confidencial las medidas y formas que crean conveniente respecto de aquellas.

La confidencialidad regirá por el período de duración de este convenio y durante cinco (5) años con posterioridad al mismo.

Para ello las PARTES deberán contar con autorización escrita para transmitir dicha información, salvo aquella que sea requerida por autoridad pública debidamente fundada.

PROHIBICIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS



Artículo 16º - Las PARTES no podrán ceder a terceros los derechos derivados del presente convenio, sin el consentimiento previo de la otra Parte.

RELACIÓN DE LAS PARTES

Artículo 17º - Los bienes muebles e inmuebles que las PARTES destinen al desarrollo de este convenio, continuarán en el patrimonio de la parte a la que pertenecen o con cuyos fondos fuesen adquiridos, salvo determinación expresa en contrario para cada caso.

Artículo 18º - Los elementos que fuesen facilitados por una de las PARTES a la otra en calidad de préstamo deberán ser reintegrados a la que los facilitó una vez cumplida la finalidad para la que fueron entregados, en buen estado de conservación, excepto el desgaste debido al uso normal y a la acción del tiempo.

Artículo 19º - En cualquier circunstancia o hecho que tenga relación con este convenio, las PARTES mantendrán la individualidad y autonomía de sus respectivas estructuras técnicas y administrativas y asumirán particularmente las responsabilidades consiguientes. Ninguna de las PARTES tiene obligación con respecto a la otra en asuntos ajenos o extraños al motivo del presente acuerdo.

Artículo 20º - Las PARTES se comprometen a consultarse recíprocamente en el caso de existir la posibilidad de convenir con otras instituciones y/o empresas la realización de actividades que puedan afectar lo acordado en el presente convenio.

Artículo 21º - En caso de que la EMPRESA se fusione y/o transfiera deberá informarlo a la UNRC y al INTA, quienes decidirán sobre la continuación del presente convenio con la nueva empresa.

RESCISIONES

Artículo 22º - No obstante, el período estipulado en este instrumento, cualquiera de las PARTES podrá rescindir este convenio en cualquier momento dando aviso por escrito en forma fehaciente a la otra parte con treinta (30) días de anticipación.

RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS

Artículo 23º - Las PARTES se comprometen a resolver directa y amistosamente entre ellas, los desacuerdos y discrepancias que pudieran originarse en el planeamiento y ejecución del acuerdo, y en caso de contienda judicial se someten a la jurisdicción de los Tribunales Federales de la ciudad de Río Cuarto, constituyendo domicilios legales los ya mencionados.

NOTIFICACIONES / COMUNICACIONES

Artículo 24º - Todas las comunicaciones entre las PARTES referentes a este convenio, se efectuarán por escrito por carta certificada con aviso de retorno, carta



Universidad Nacional de Río Cuarto
Facultad de Ciencias Exactas,
Físico-Químicas y Naturales

"1985-2025. 40º ANIVERSARIO DEL CIN"
"AÑO DE LA RECONSTRUCCIÓN DE LA NACIÓN ARGENTINA"

documento, y se considerarán cumplidas cuando su destinatario las haya recibido en los siguientes destinos, según corresponda:

UNRC:

Ruta Nacional 36 Km. 601

CP 5800 Ciudad de Río Cuarto

T.E.: +54 358 4676432

FAX:+54 358 4676530

INTA:

Av. Rivadavia 1439

CP C1033AAE Ciudad Autónoma de Buenos Aires
4338 4600

T.E.: +54 11

EMPRESA:

Mitre 857

CP 5800 Ciudad de Río Cuarto

T.E. +54 358 4650327

DURACIÓN DEL CONVENIO

Artículo 25º - El presente acuerdo tendrá vigencia a partir de su firma y regirán por el plazo dispuesto en el Artículo 2º.

En prueba de conformidad se firman tres (3) ejemplares de un mismo tenor y a un solo efecto, a los días del mes de de 20...

por la FCEFQyN-UNRC

por la FI-UNRC

Por la EMPRESA

por el INTA



ANEXO 1

Título: "Evaluación de la producción de biogás a partir de material vegetal residual obtenido del tratamiento de efluentes domiciliarios"

Contexto del proyecto:

En estudios previos efectuados por el grupo de investigación de la UNRC se estableció que *Shoenoplectus americanus*, especie juncácea nativa de la Provincia de Córdoba, es eficiente para el tratamiento de efluentes domiciliarios a escala in vitro y en mesocosmos. En función de esto, actualmente se están desarrollando Sistemas de Humedales Construidos (SHC) con esta planta a escala piloto, en la planta de tratamiento de efluentes de las residencias universitarias de la UNRC (PTEDR-UNRC). Como consecuencia del uso de esta herramienta tecnológica de tratamiento de efluentes se genera una elevada producción de biomasa vegetales, que debe ser adecuadamente dispuesta para no provocar situaciones de contaminación puntual.

En este sentido su utilización para la producción de biogás mediante biodigestores anaeróbicos, es una opción sustentable. Para definir el Potencial Bioquímico de Biogás/Metano (PBG/M) se cuenta con instrumentos diseñados por docentes/investigadores de la UNRC, que consisten en una serie de minibiodigestores de 200 ml de capacidad, conectados individualmente a un manómetro que permite chequear la producción de biogás de cada uno. En ellos es posible evaluar en simultáneo diez condiciones operativas distintas, lo que esto posibilita definir las condiciones óptimas para la producción del biocombustible en un plazo de tiempo breve, en una escala pequeña de trabajo. El dato de PBG/M, junto a otros parámetros, son necesarios para el diseño y escalado de manera de dar un óptimo aprovechamiento al material vegetal proveniente de SHC. De allí que el trabajo colaborativo con la Empresa Tecnoed S.A., reconocida por su experiencia en este rubro y que cuenta con biodigestores de diferentes capacidades, se convierte en una opción apropiada para arribar a los resultados requeridos.

Al respecto también es necesario considerar que este material vegetal posee como componente principal de su biomasa, material lignocelulósico, siendo la lignina un compuesto recalcitrante para la mayoría de los organismos implicados en la biometanogénesis, lo que va en detrimento de la producción del biocombustible. Para salvar esta desventaja, existen pretratamientos a los que puede ser sometida la biomasa que permiten degradar a esta macromolécula, por lo que sus productos se biodisponibilizan y pueden luego ser aprovechados para la generación de biogás. Entre ellos se destacan los tratamientos biológicos que implican enzimas lignilolíticas derivadas de hongos, que poseen alta especificidad y bajo



requerimiento de energía. En particular los hongos del género *Pleurotus* producen ligninasas y celulasas y pueden ser cultivados en Sistemas de Fermentación Sólida, o bien en cultivos sumergidos en fermentadores, utilizando biomasa lignocelulósica como sustrato.

Se configura así una posibilidad biotecnológica e integrada en la que el material vegetal proveniente como residuo del tratamiento de efluentes, pretratado con cultivos fúngicos capaces de biodegradar la lignina, puedan mejorar la producción de biogás.

Objetivos generales:

Determinar las condiciones operativas que permitan maximizar la producción de biogás a partir de material vegetal residual proveniente del tratamiento de efluentes domiciliarios, pre-tratados con hongos o extractos enzimáticos fúngicos, utilizando biodigestores anaeróbicos en escala laboratorio y piloto.

Objetivos particulares:

- 1-Obtener material vegetal residual post-tratamiento de efluentes domiciliarios y someterlo a la acción de hongos o extractos fúngicos para promover la degradación de la lignina.
- 2-Optimizar las condiciones operativas que permitan maximizar la producción de biogás a partir del material vegetal pre-tratado en mini-biodigestores a escala laboratorio.
- 3-Seleccionar las mejores condiciones operativas y de pretratamiento, y repetir los ensayos Batch en el laboratorio de Tecnoed Energía S.A, en reactores de 500 ml, con el fin de respaldar los resultados.
- 4-Ensayar la producción de biogás en un sistema de reactores con régimen continuo durante al menos dos tiempos de retención hidráulica (TRH), corroborando la estabilidad del sistema en el tiempo. Estas pruebas se realizarán en el laboratorio de Tecnoed Energía S.A.
- 5-Evaluar la calidad de los digeridos proveniente de los reactores semicontinuos para determinar su aptitud y uso agronómico.

Materiales y métodos:

Objetivo 1: Obtener material vegetal residual del tratamiento de efluentes domiciliarios y procesarlo mediante hongos o extractos fúngicos para promover la degradación de la lignina.

En este estudio se trabajará con la especie vegetal *Schoenoplectus americanus*. Los efluentes serán tomados de la PTEDR-UNRC, a partir de la salida de un



sedimentador primario, los cuales circularán en continuo a través de dos sistemas de HC (de 400 L) en paralelo, uno expuesto a las plantas y otro sin ellas (control).

Los HC usados serán de tipo Filtro Flotante en los cuales las plántulas de *S. americanus* flotarán mediante la utilización de mallas plásticas para cerramientos, de modo de cubrir el 60% de la superficie.

La duración de cada experimento será de dos (o más meses, según necesidad) y las muestras de efluentes para efectuar análisis físico-químicos y microbiológicos serán tomadas cada 15 días, a fines de establecer la eficiencia del proceso de tratamiento, tomando en consideración variables como la temperatura ambiental y la tasa de carga hidráulica utilizada.

Finalizado cada experimento, la fracción aérea de las plantas serán cosechadas y procesadas como se describe a continuación para su utilización en biodigestores.

Alternativa 1 "uso directo": el material post-cosecha se somete a picado y se lo dispone para estabilización durante 15 días en pilas tipo compostaje. Pasado ese periodo se lo somete a biodigestión.

Alternativa 2 "uso directo más agregado de enzimas": a la alternativa I se le agregan complejos enzimáticos lignocelulolíticos obtenidos de fermentaciones sumergidas de *Pleurotus sp.* y se lo somete a biodigestión.

Alternativa 3 "pretratamiento por fermentación sólida": el material post-cosecha se lo deja secar al sol por 10 - 15 días, se lo pica a 3 a 5 cm, se lo humecta por 24 horas, se pasteriza a 80 °C por 1,5 horas, se inocula con *Pleurotus sp.* y se incuba 30 días a temperatura ambiente. Pasado este tiempo se lo somete a biodigestión.

Finalmente se analiza la productividad de biogás/metano.

Objetivo 2: Optimizar las condiciones operativas que permitan maximizar la producción de biogás a partir del material vegetal pre-tratado en mini-bidigestores en escala laboratorio.

Los factores que ayudan a tener una producción de biogás más eficiente son: tipo de sustrato (nutrientes disponibles y sistemas de pretratamiento), la carga volumétrica, tiempo de retención hidráulico, nivel de acidez y pH, relación Carbono/Nitrógeno y presencia de compuestos inhibidores del proceso.

Inicialmente se calcularán los Sólidos Totales y Volátiles, Demanda Química de Oxígeno y Nitrógeno tanto en el sustrato procesado como en el inóculo a utilizar, para con ello poder calcular la carga con cada uno de los minibidigestores de 200 mL de capacidad. Como inóculo bacteriano se utilizará digestato activo que proporcionará la empresa Tecnoed Energía S.A., proveniente de una planta industrial alimentada mayormente con purín de cerdo y forraje. Las botellas alimentadas con sustrato vegetal y I inóculo anaerobio serán tamponadas con



solución tampón H_2CO_3/HCO^- . Para desplazar el oxígeno del interior de los reactores se inyectará helio durante 90 segundos y posteriormente comenzará el proceso de biodigestión anaeróbica, que se desarrollará a temperatura controlada, a pH 6,5-7,6, durante 40 días, con agitación mecánica simultánea para favorecer el mezclado.

Se procesarán controles consistiendo en inóculo sin sustrato vegetal y sustrato vegetal sin inóculo bacteriano y se modificarán variables de control del proceso tales como la relación sustrato/inóculo, el pH, la temperatura y la agitación, con el fin de optimizar el proceso de biodigestión metanogénica. Periódicamente se monitoreará la concentración del biogás midiendo el cambio de la presión en el interior de los reactores. Los resultados serán expresados mediante curvas de producción de biogás por gramo de sólido soluble de sustrato.

A partir de estos estudios se definirán las condiciones operativas que permiten una mayor producción de biogás en esta escala de trabajo, las cuales serán contrastadas con los potenciales teóricos previamente calculados, y también reproducidas posteriormente a mayor escala.

Es importante destacar que estos ensayos serán efectuados íntegramente en el campus de la PTEDRUNRC por el grupo de trabajo de la universidad, aunque personal de la Empresa participarán en los mismos asesorando y colaborando de manera frecuente, por lo que dichas personas podrán eventualmente estar presentes en estas instalaciones.

Objetivo 3: Seleccionar las mejores condiciones operativas y de pretratamiento, y repetir los ensayos Batch en el laboratorio de Tecnoled Energía S.A.

Con la finalidad de corroborar los resultados recopilados en los ensayos anteriores, se seleccionarán las opciones más prometedoras de las ensayadas (en principio 2 o 3 condiciones operativas), teniendo en cuenta las diferentes variables utilizadas y los diferentes pretratamientos utilizados, y se correrán ensayos en reactores de 500 ml, en modalidad batch, en el laboratorio de Tecnoled Energía S.A.

Para la medición del gas generado, se utilizarán gasómetros de campana invertida, registrando diariamente la producción, y al final del ensayo la calidad del biogás, expresada en concentración volumen en volumen de metano.

Los ensayos se realizarán durante 40 días, o bien hasta que la producción diaria sea igual o menor al 1% de la producción acumulada hasta el día de la medición.

Objetivo 4: Ensayar la producción de biogás en un sistema de reactores con régimen continuo en el laboratorio de Tecnoled Energía S.A.



Con motivo de evaluar la estabilidad en el tiempo del proceso de digestión anaerobia, se realizarán ensayos de estabilidad en reactores de 2,7 l de volumen útil, con gasómetros campana invertida, con alimentación diaria y retiro de digestato (sistema continuo).

Con la experiencia generada en las etapas anteriores, se utilizarán las condiciones más eficientes (pretratamiento y condiciones operativas) para la producción de biogás en un sistema continuo, durante al menos dos TRH (Tiempo de Retención Hidráulica), para observar la producción que puede obtenerse en continuo y la calidad del gas generado.

Objetivo 5. Evaluar la calidad de los digeridos proveniente de los reactores semicontinuos para determinar su aptitud y uso agronómico.

El digerido obtenido, bajo condiciones estables y óptimas de operación de los reactores semicontinuos, será caracterizado mediante distintas variables fisicoquímicas para determinar su calidad agronómica. Se realizarán estudios comparativos para validar los criterios de aptitud de aplicación en agricultura según normativas nacionales, regionales o internacionales.

Las determinaciones analíticas, el análisis e interpretación de los resultados obtenidos será realizado por el INTA (Laboratorio de Transformación de Residuos-IMyZA), bajo la vinculación y colaboración con las partes involucradas en este convenio.

Tratamiento de los datos: Todos los ensayos se realizarán de manera independiente, al menos por duplicado. El análisis estadístico de los datos se efectuará mediante el software R (versión 3.1.1). Se efectuará el test t o análisis de la varianza de una vía ANOVA y los test a posteriori, según corresponda.

Detalle de Actividades:

- Durante el primer y segundo año se prevé realizar los objetivos 1 y 2.
- En el tercer y cuarto año se prevé efectuar el objetivo 3, 4 y 5.

Bibliografía

- Groppelli, E.; & Giampaoli, O. (2001). El Camino de la Biodigestión. Primera Edición. Editorial UNL: Santa Fe: 189 p.
- Irma DELFÍN-ALCALÁ y Carmen DURÁN-DE-BAZÚA (2003). BIODEGRADACIÓN DE RESIDUOS URBANOS LIGNOCELULÓSICOS POR Pleurotus. Rev. Int. Contam. Ambient. 19 (1) 37-45, 2003



Universidad Nacional de Río Cuarto
Facultad de Ciencias Exactas,
Físico-Químicas y Naturales

"1985-2025. 40º ANIVERSARIO DEL CIN"
"AÑO DE LA RECONSTRUCCIÓN DE LA NACIÓN ARGENTINA"

-Mulat, D.G., Dibdiakova, J. & Horn. S.J. Microbial biogas production from hydrolysis lignin: insight into lignin structural changes. *Biotechnol BiQfuels* 11. 61 (2018).

-Jin, X., Ai, W.. & Dong, W. (2022). Lignocellulose degradation, biogas production and characteristics of the microbial community in solid-state anaerobic digestion of wheat straw waste. *Life Sciences in space Research*. 32. 1-7. <https://doi.org/10.1016/J.LSSR.2021.09.004>.

Patricia Bres, María Eugenia Beily, Diana Crespo. Ensayo potencial bioquímico metanogénico: una metodología clave para conocer la energía de las biomásas — Buenos Aires: Ediciones IN"FA, 2()22.58



Universidad Nacional de Río Cuarto
Confeccionado el Lunes 31 de marzo de 2025 a las 09:42:30

Este documento se valida en <https://fd.unrc.edu.ar> con el identificador: **DOC-2025_067_Convenio especifico entre UNRC Tecnoled Inta 1 [38e6e2]**.

Documento firmado conforme Ley 25.506 y Resolución Rectoral 255/2014 por:



GERMAN GUSTAVO BARROS
Decano
Facultad de Cs. Exactas Fco. Qcas. y Nat.

MARÍA EUGENIA FERROCCHIO
Secretaria Académica
Facultad de Cs. Exactas Fco. Qcas. y Nat.