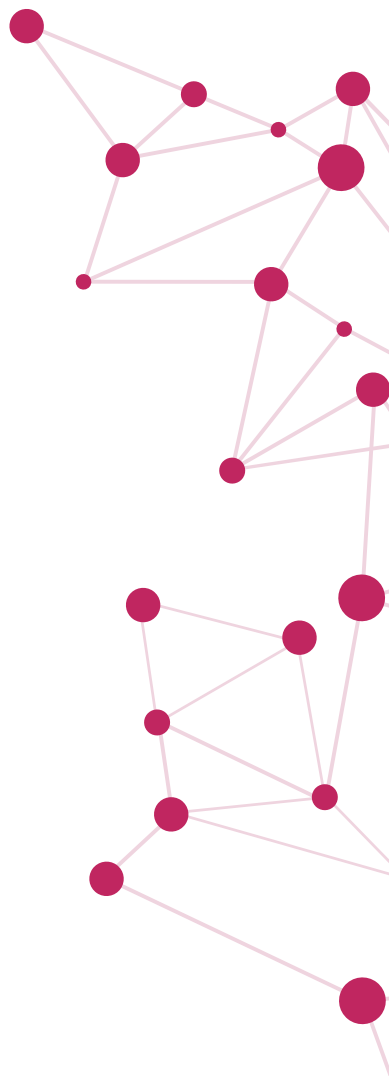


# JORNADAS I+D BONAERENSES 2022

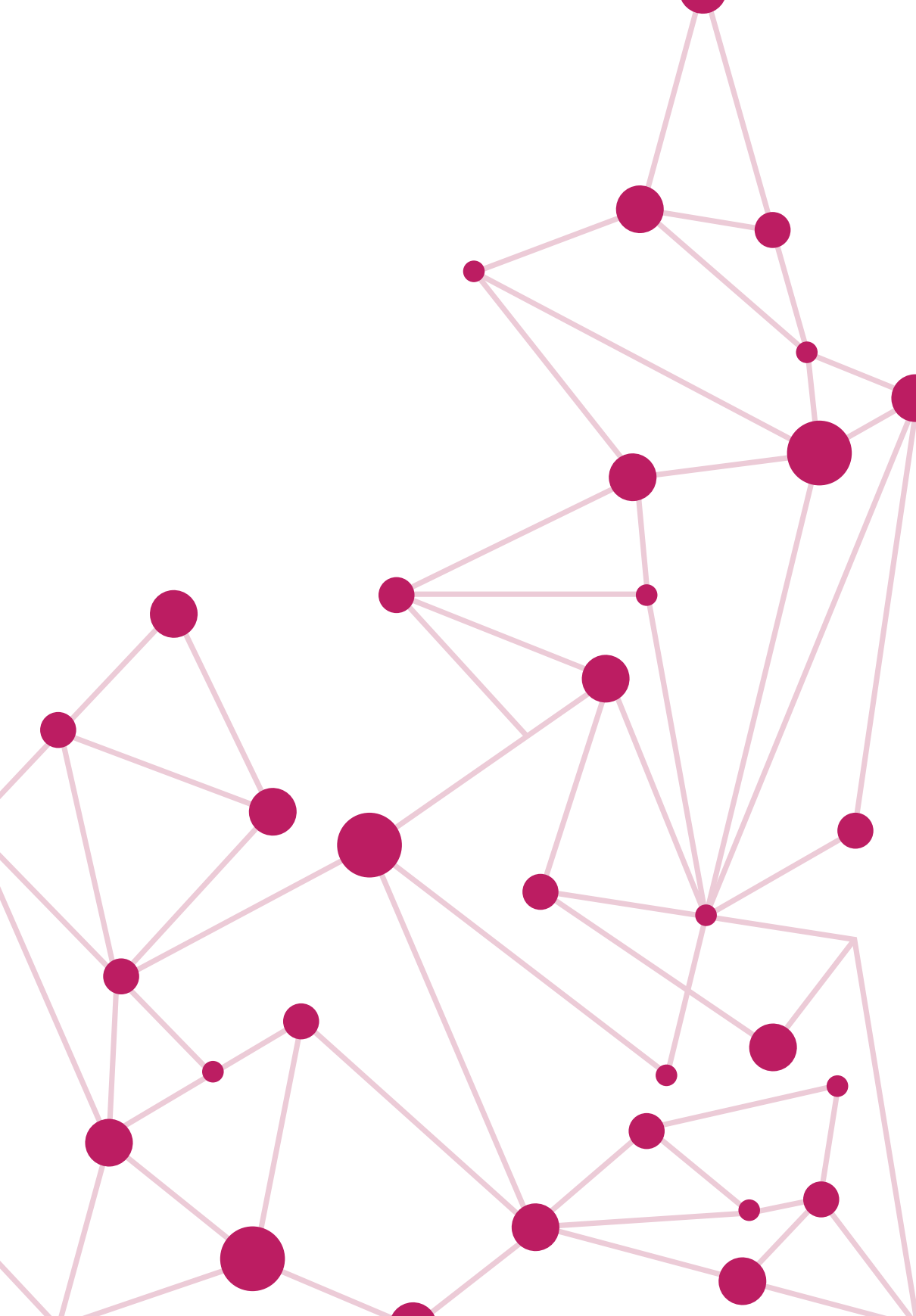
Relatorías de investigación y desarrollo



**CIC**

COMISIÓN DE  
INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS







# JORNADAS I+D BONAERENSES 2022

Relatorías de Investigación y Desarrollo



COMISIÓN DE  
INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

## AUTORIDADES

### **Axel Kicillof**

GOBERNADOR

### **Augusto Costa**

MINISTRO DE PRODUCCIÓN, CIENCIA E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

### **Federico Agüero**

SUBSECRETARIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

### **Alejandro Villar**

PRESIDENTE DE LA COMISIÓN DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

### **Juan Ignacio Brardinelli**

DIRECTOR PROVINCIAL DE VINCULACIÓN Y TRANSFERENCIA

# **JORNADAS I+D BONAERENSES 2022**

Relatorías de Investigación y Desarrollo

## Equipo editorial

**Coordinación editorial**  
Anaclara Mendes Tello

**Dirección de arte y diseño**  
Pablo Amadeo González

**Ilustraciones**  
Antonella Giordanino

**Diseño**  
Laura Signorio / Denisse Patraut

---

Jornadas I+D Bonaerenses 2022 : relatorías de Investigación y Desarrollo /  
Marina Clemente ... [et al.] ; compilación de Anaclara Mendes Tello. - 1a ed. -  
La Plata : Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de  
Buenos Aires, 2023.  
Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online  
ISBN 978-987-98816-7-5

1. Proyectos de Investigación. I. Clemente, Marina. II. Mendes Tello, Anaclara, comp.  
CDD 607.3

---

La responsabilidad por las opiniones expresadas en los libros, artículos, estudios y otras colaboraciones incumbe exclusivamente a los autores firmantes, y su publicación no necesariamente refleja los puntos de vista de la Comisión de Investigaciones Científicas.

---

 **COMISIÓN DE  
INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS**

Calle 526 e/ 10 y 11 | La Plata | Argentina



La **Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires** (CIC), organizó en 2022 las primeras **Jornadas I+D Bonaerenses**. Se trató de una serie de encuentros centrados en cuatro ejes temáticos relacionados con el desarrollo tecnológico en el área de la agricultura, la biotecnología y la energía, con el objetivo de fortalecer el sistema científico de la provincia.

El objetivo principal de estas jornadas fue crear espacios de encuentro y articulación para el desarrollo de redes de investigación en la provincia de Buenos Aires, involucrando a Centros de Investigación CIC, universidades y otras instituciones afines. Estas articulaciones buscan fortalecer las capacidades locales en ciencia y tecnología y promover una estrategia de desarrollo inclusiva y sostenible.

Las primeras **Jornadas I+D Bonaerenses** constaron de cuatro eventos científicos que se celebraron en los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2022 en distintas Universidades Nacionales con asiento en la provincia de Buenos Aires.

Este material reúne una serie de documentos, ponencias, artículos y planes de trabajo presentados por quienes participaron en dichas jornadas, y propone inaugurar un espacio de publicación y divulgación científica para las redes I+D de la Provincia.

---

15

---

19

21

23

33

47

59

---

69

71

73

83

97

107

127

147

155

---

**173**

175

177

185

195

---

**209**

211

213

225

---

**243**

## Hacia la construcción de una red estratégica de investigación y desarrollo

El Gobierno de la Provincia de Buenos Aires ha demostrado su compromiso con la ciencia, la tecnología y la innovación a través de una clara política que está en estrecha relación con las necesidades productivas y su agenda social, ambiental y económica. Para lograr una mejor organización, gestión y gobernanza del sistema científico tecnológico de la provincia, es necesario construir consenso entre las instituciones y los actores del Sistema Científico Tecnológico de la provincia de Buenos Aires y trabajar en una colaboración interdisciplinaria para desarrollar soluciones eficaces.

Durante el año 2022, el personal científico, las becarias y los becarios de la CIC recibieron un aumento por jerarquización y mejoras salariales, lo que mejoró sus remuneraciones. Además, se realizaron mejoras edilicias en la sede central y el Campus Tecnológico de Gonnet, se otorgaron subsidios para mejorar los centros propios y se relanzó la convocatoria de becas de entrenamiento, incorporando 80 nuevos ingresos durante el año.

En cuanto al presupuesto, la CIC recibió un refuerzo del 40% en 2022. Este incremento se destinó principalmente a partidas de remuneraciones, estipendios, subsidios a la investigación y bienes de uso. Este aumento permitió fortalecer los centros y fomentar la investigación, el desarrollo y la innovación científica en la provincia.

En este marco, se establecieron tres ejes transversales para las políticas de la CIC: el impacto, que busca dirigir la investigación científica y el desarrollo tecnológico a los problemas detectados y abordados en la agenda en la provincia; la territorialidad por la que se procura que el desarrollo de la actividad científica y tecnológica se extienda a todo el territorio bonaerense, garantizando la participación de las diferentes instituciones del sistema provincial de ciencia y tecnología; y la perspectiva de género que tiene como objetivo alcanzar la equidad de género en la ciencia.

Estas políticas, por un lado, se enfocaron en mejorar la gestión y la comunicación de los procesos de convocatoria para becas, investigadores, personal de apoyo, proyectos, publicaciones y participación y orga-

nización de reuniones científicas. Asimismo, para impulsar el desarrollo tecnológico, la transferencia y la innovación, se definieron cuatros áreas prioritarias en las que se concentrarán los esfuerzos y recursos para generar resultados en el mediano plazo.

El primer paso para esta política fueron las primeras Jornadas I+D Bonaerenses, que se organizaron con el objetivo de fortalecer el sistema científico local y promover una estrategia de desarrollo sostenible e inclusiva para la provincia. Este documento recoge los resultados y experiencias de los encuentros que se centraron en cuatro ejes temáticos seleccionados para el desarrollo tecnológico en la provincia: agricultura, biotecnología, energía y maquinaria agrícola.

Los encuentros fueron diversos en estructura y formato, abarcando desde debates y presentaciones en distintas universidades nacionales con sede en la provincia de Buenos Aires, como un evento en la Chacra Experimental de Mercedes del Ministerio de Desarrollo Agrario. Cada jornada se centró en un tema específico, desde cannabis medicinal y el cáñamo en la industria hasta la eficiencia energética y la transformación digital en la maquinaria agrícola.

En definitiva, este documento es un testimonio de los esfuerzos realizados por la CIC para fomentar la investigación científica y el desarrollo tecnológico en la provincia de Buenos Aires, y para mejorar la vida de las personas a través de la innovación. Es importante destacar que estas jornadas estuvieron enfocadas en el desarrollo de redes de investigación dentro del sector científico bonaerense, por lo que los participantes fueron personal I+D vinculado a cada temática.

Cada jornada abordó un eje temático en particular y reunió a una mesa técnica de referentes en la materia para exposiciones científico-técnicas y espacios de debate y trabajo en conjunto. Con estos encuentros, la CIC busca construir una red científico-tecnológica en temas estratégicos para la provincia, que permita integrar a los distintos actores de la comunidad científica y tecnológica para impulsar la investigación y producción de productos y servicios a base de procesos biotecnológicos para la agricultura sustentable.

En resumen, las primeras Jornadas I+D Bonaerenses organizadas por la CIC tienen como objetivo construir espacios de articulación y discusión en torno a temas estratégicos relacionados con la investigación y el desarrollo en las áreas de cannabis, agricultura, biotecnología y energía, con el fin de impulsar el crecimiento y fortalecimiento de la industria en la provincia de Buenos Aires y en Argentina en general. Es una oportu-

nidad para que las y los especialistas compartan sus conocimientos y experiencias, fomentar la colaboración entre universidades, instituciones gubernamentales y empresas, y abordar los desafíos y oportunidades presentes y futuros en estos sectores.

**ALEJANDRO VILLAR**

PRESIDENTE DE LA COMISIÓN DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS





# CANNABIS MEDICINAL & CÁÑAMO EN LA INDUSTRIA





## CANNABIS MEDICINAL Y CÁÑAMO EN LA INDUSTRIA

### **La jornada "Cannabis Medicinal y Cáñamo en la Industria" se llevó a cabo el 30 de septiembre en la Universidad Nacional de Hurlingham**

Tuvo como objetivo profundizar y dar a conocer los avances en materia de conocimiento y desarrollo de la industria del Cannabis, tanto medicinal como de cáñamo, a través de la discusión y el análisis de los desafíos y propuestas en tres ejes: desafíos técnicos, desafíos político-institucionales y desafíos y propuestas de vinculación con otros actores. Estos ejes, bajo el nombre de "desafíos", buscaban obtener insumos y conocer las inquietudes y dificultades que tiene la comunidad científica en torno al tema de la jornada.

Además, se propusieron diferentes modalidades de red para facilitar la colaboración y el avance en el campo de la investigación y la industria del Cannabis.

Gracias a la participación de más de 70 actores y expertos en la temática, se logró una amplia visión de los desafíos y oportunidades que enfrenta la industria del cannabis en la actualidad y se propusieron soluciones y estrategias para avanzar en su desarrollo y aprovechamiento en beneficio de la sociedad.

A modo de síntesis de la jornada, se identificaron varias barreras y propuestas clave para el desarrollo de la industria del Cannabis en Argentina. Algunas de estas barreras incluyen la falta de financiamiento en infraestructura, equipamiento, tecnología e insumos, y la necesidad de un marco regulatorio claro para la investigación, el cultivo y los usos del Cannabis. También se destacó la importancia de la articulación público-privada y la necesidad de vincularse con actores sociales, institucionales y el sector privado.

Por otro lado, se propusieron soluciones como la implementación de un sistema de información provincial y la creación de bancos de genoplasmas, así como el acceso a tecnologías y equipamiento para el desarrollo de genéticas y tecnologías de extracción. Además se puso en valor el potencial tecnológico que presenta la

región bonaerense en materia de cultivos y desarrollo de softwares y maquinarias agrícolas, que podrían ser utilizados para insertarse en el mercado internacional.

## Estrategias biotecnológicas para producir Cannabis

Micropropagación clonal y biofertilizantes para  
Cannabis de uso medicinal

Marina Clemente, María Micaela González,  
María Julia Estrella y Analía Sannazzaro

### Introducción

El artículo discute el potencial del mercado del cannabis en Argentina y la importancia de desarrollar prácticas de cultivo basadas en evidencia para maximizar la producción de cannabis con técnicas de clonación *in vitro*. La micropropagación permite la rápida producción de plantas con características deseadas y la preservación genética a largo plazo. Además, se describe el uso de bio-fertilizantes en el cultivo de cannabis para aumentar la producción de plantas, reducir los efectos negativos del estrés ambiental y modular la producción de metabolitos secundarios. También se menciona la importancia de establecer un banco de germoplasma de *Cannabis sativa* para preservar la diversidad genética de la especie.

El cannabis (*Cannabis sativa* L.) es una de las fuentes vegetales más antiguas de aceites, resinas, medicina y fibras textiles. Dicha planta contiene más de 100 fitocannabinoides (terpenofenoles) con variadas propiedades farmacológicas. Dos de ellos, el  $\Delta^9$ -tetrahidrocannabinol ( $\Delta^9$ -THC) y cannabidiol (CBD) son las sustancias más estudiadas. Además el cannabis es una gran fuente de fibra natural que se remonta a la Edad Neolítica en China, donde se cultivaba para producir cuerdas, papel y fibras textiles. De hecho, hoy en día, el cannabis se usa para fabricar variedades de productos como alimentos saludables, cosméticos, ropa y biocombustibles, entre otros. Según su contenido en los cannabinoides principales, *Cannabis sativa* puede clasificarse en 5 quimiotipos. El quimiotipo I posee alto contenido de THC y bajo contenido de CBD (THC/CBD > 1). El segundo quimiotipo posee THC y CBD, en una proporción cercana a la unidad (THC ~ CBD), pero por lo general con una ligera prevalencia de CBD. El quimiotipo III contiene principalmente CBD

y una cantidad de THC inferior al 0,3% (THC/CBD < 1). El quimiotipo IV contiene cannabigerol (CBG) como principal cannabinoide, aunque también está presente el CBD. Finalmente, el quinto quimiotipo posee cantidades indetectables de cannabinoides. Aunque los factores ambientales pueden modificar la cantidad de cannabinoides presentes en diferentes partes de la planta en diferentes etapas de crecimiento, la distribución de las proporciones de CBD:THC en la mayoría de las poblaciones se encuentra regulada genéticamente.

En Argentina, se estima que el mercado del cannabis podría alcanzar alrededor de USD 450 millones ajustando por dos parámetros básicos (población y PBI per cápita en paridad de poder adquisitivo) y podría fomentar la creación de más de 10000 puestos de trabajo para 2025. Además, se estima que el cannabis podría convertirse en otro *commodity* de exportación, tal como ocurre con los granos o la carne. Por lo tanto, es primordial avanzar en el desarrollo de ciencia basada en evidencia que aporte al conocimiento de las condiciones ambientales y las prácticas de horticultura que permitan maximizar la producción de cannabis con procedimientos de clonación que garanticen a los productores la generación de nuevas plantas de manera rápida y eficiente respetando las genéticas generadas.

### **Cultivo de cannabis *in vitro***

Las plantas de *Cannabis sativa* son dioicas, es decir que cuentan con dos tipos de individuos: machos y hembras. Esto es muy útil cuando se busca obtener nuevas variedades. Sin embargo, la polinización cruzada y la fecundación entre individuos genéticamente diferentes favorece la producción de individuos genéticamente nuevos y, por ende, la generación constante de variabilidad en las poblaciones. Esto dificulta mantener la eficacia de determinadas variedades seleccionadas por sus contenidos de THC/CBD cuando son cultivadas a partir de semillas. De hecho, la calidad y cantidad de biomasa producida es muy variable debido a la naturaleza alógama de la planta de cannabis. Por lo tanto, para mantener la consistencia en el perfil de cannabinoides, se ha propuesto que su cultivo se lleve a cabo a través de la propagación vegetativa. La técnica de micropropagación surge con el objetivo de obtener plantas que conserven características deseadas, de manera rápida y masiva, en un entorno altamente contro-

lado y en condiciones asépticas. Esta técnica se ha utilizado durante décadas en plantas de valor medicinal y agrícola; una gran cantidad de plantas medicinales requeridas por la industria farmacéutica se micropropagan a escala comercial. La micropropagación consiste en tomar pequeñas secciones del tejido de una planta o estructuras enteras, como yemas, y cultivarlas en condiciones artificiales, en presencia de diferentes hormonas vegetales, para regenerar plantas completas. Los cultivos *in vitro* se realizan en cámaras o salas de cultivo de varios niveles o incluso en recipientes apilables equipados con iluminación LED. Esto permite mantener un gran número de plantas en un espacio muy pequeño lo cual es particularmente atractivo para los productores que quieren mantener una gran biblioteca genética pero no quieren dedicar la cantidad de espacio que se necesitaría de otra manera. El cultivo de tejidos *in vitro* también ofrece una variedad de enfoques que pueden ayudar a la preservación genética a largo plazo, mediante las técnicas de crecimiento lento (*low grow*) o criopreservación. Lo que es más importante, debido a la naturaleza estéril del cultivo de tejidos vegetales, es que se puede utilizar para producir propágulos libres de insectos/patógenos/virus para reducir las presiones bióticas.

Es importante tener en cuenta que el material a ser cultivado *in vitro* es genotipo-dependiente. Por eso, hay una considerable variación en la respuesta, debida a la amplia variación entre genéticas. En cuanto al uso de la micropropagación para la producción de *C. sativa*, se han publicado hasta la última década algunos protocolos de regeneración *in vitro* para diferentes genotipos de cannabis y diferentes tipos de explantos utilizando, principalmente, segmentos nodales y discos de hojas. Asimismo, se ha informado una considerable variación en la respuesta de los cultivos y en la vía morfológica. Por lo tanto, debido a la amplia variación entre genéticas y variedades de plantas de cannabis todavía persisten cuellos de botella en las etapas de regeneración y crecimiento de las plantas cultivadas *in vitro* para lograr un sistema de producción rápido, confiable y eficiente. En este sentido, es de relevancia seguir investigando sobre estrategias que permitan optimizar la producción de cannabis mediante el uso del cultivo *in vitro* con el objetivo de establecer protocolos estandarizados de micropropagación para el cultivo de *C. sativa*. Por ello, nos hemos propuesto desarrollar un repertorio de germoplasma de plantas medicinales de élite clona-

das *in vitro* de forma segura y estable que permita la disponibilidad futura de cannabinoides activos y farmacológicamente deseables.

En el Instituto Tecnológico de Chascomús (INTECH) hemos comenzado a establecer protocolos de propagación *in vitro* de plantas de cannabis sativa seleccionadas según sus perfiles genéticos, teniendo en cuenta el contenido relativo de CBD/THC. El procedimiento consta de la selección de nodos axilares (o discos), seguida de una etapa de regeneración de brotes y elongación, para la cual ensayamos diferentes hormonas en distintas concentraciones. También evaluamos diferentes hormonas para llevar a cabo el enraizamiento, al cual sigue una etapa de rusticación. Nuestros resultados demuestran que las plantas rusticadas se desarrollan normalmente, y además, que se conservan los niveles de CBD y THC entre las plantas madre y propagadas.



**Figura 1:** Procedimiento de micropropagación de *Cannabis sativa* L. . A) Selección de nodos axilares, B-C) Etapa de propagación de brotes y elongación, D) Etapa de enraizamiento, E-F) Etapa de rusticación, G) Floración, H-I) Secado de cogollos y extracción de cannabinoides

Para la etapa de rusticación en adelante, observamos la necesidad de sostener los requerimientos nutricionales de las plantas de cannabis y es con este objetivo que nos propusimos evaluar el uso de biofertilizantes.



## Uso de bio-fertilizantes

Las plantas albergan distintas comunidades microbianas beneficiosas sobre y dentro de sus tejidos y órganos, las cuales contribuyen a su crecimiento facilitando la absorción de nutrientes minerales, induciendo la resistencia a las defensas contra los patógenos y modulando la producción de metabolitos secundarios. Las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) y los endófitos estimulan el crecimiento de las plantas produciendo fitohormonas como las auxinas, las giberelinas, el ácido abscísico y el etileno, o modulando los niveles de fitohormonas endógenas de la planta. Las propiedades PGPR también incluyen la fijación de nitrógeno, la producción de sideróforos para quelar el hierro y ponerlo a disposición de las raíces, la solubilización de minerales y la producción de la enzima ACC deaminasa que promueve el crecimiento de la planta y disminuye la susceptibilidad al estrés. Además, cada vez hay más evidencias acerca de la importancia del microbioma de las plantas como potenciador sistémico del sistema inmunitario de las mismas.

En el caso de la producción de cannabis, existen muy pocos trabajos acerca del uso de PGPR para su cultivo, debido a las restricciones legales que existían en el pasado. Es bien conocido que el genotipo de la planta y los factores edáficos moldean de forma cooperativa la estructura y la diversidad de las comunidades microbianas de la raíz, a través de mecanismos complejos como la modulación de los exudados de la raíz, la morfología de la raíz y la regulación del sistema inmunitario de la planta. En este contexto, dado que los fitoquímicos del cannabis poseen propiedades antimicrobianas bien documentadas, pueden actuar inhibiendo o favorecen la colonización de bacterias en las proximidades de las raíces. En este sentido, en el presente proyecto nos proponemos identificar y caracterizar el microbioma asociado a las variedades de *C. sativa* en estudio, indagando si su composición se mantiene en las plantas micropropagadas, respecto de las plantas madre.

Por otra parte, en nuestro instituto, el grupo de Microbiología del Suelo cuenta con una colección de aislamientos obtenidos de diferentes especies vegetales (Lotus, soja, agropiro, festuca). Hay que mencionar que muchos de los estudios que han comenzado a desentrañar el microbioma del cannabis en los últimos años han identificado sistemáticamente especies de *Pseudomonas* como com-

ponentes principales de las comunidades de la rizosfera, la filosfera y la endosfera del cannabis. *Pseudomonas* spp. y otras Proteobacterias relacionadas se encuentran comúnmente como parte de la comunidad central de colonizadores de la raíz del cannabis, independientemente de los diferentes sistemas de cultivo, sustratos de crecimiento, condiciones climáticas y características del huésped estudiados en diversas ubicaciones geográficas. Nosotros en este momento estamos realizando a campo con varios aislamientos de *Pseudomonas* (y otros géneros) que tienen acción sobre muy diferentes especies vegetales y por eso además evaluaremos su potencial acción sobre el cannabis. En otras etapas, evaluaremos además si los aislamientos de nuestra colección son capaces de proteger contra el ataque de patógenos (control biológico), incrementar el rendimiento de flores por planta y/o reducir el impacto de estreses ambientales asociados al cultivo de cannabis.

Además, la marihuana y el cáñamo son modelos atractivos para explorar las interacciones planta-microbioma. Las rizobacterias y endofitos son capaces de provocar respuestas fisiológicas de la planta, que a su vez influyen en la producción de metabolitos secundarios en la planta huésped. Se sabe que en otras plantas existen endófitos que producen una colección de metabolitos secundarios a partir de precursores similares a los de las plantas, posiblemente como una adaptación del entorno del huésped. Por lo tanto, a futuro, sería de gran relevancia avanzar en el estudio de aquellos microorganismos que sean capaces de modular las vías de señalización que regulan la biosíntesis de los cannabinoides y que conducen a eventuales cambios en la cantidad o calidad de los productos finales.

### **Establecimiento de un banco de germoplasma para conservar las plantas propagadas**

La generación de un banco de germoplasma de *Cannabis sativa* es de importancia a nivel provincial y nacional. Es conocido que la conservación en forma de semillas es la forma más simple de preservación. Sin embargo, esta práctica se vuelve inviable cuando las semillas no están disponibles o son de producción escasa. Dadas las características de cultivo de cannabis, para el cual a lo largo de los años se han seleccionado ejemplares feminizados para alcan-

zar una mayor homogeneidad de los componentes activos, principalmente para CBD, la obtención de semillas, además de generar una mayor heterogeneidad en el material vegetal, se ha vuelto una práctica difícil, sumado a que favorece la obtención de descendencia tanto de plantas macho como de plantas hembras. Por lo tanto, teniendo a la micropropagación como punto de partida, en el presente proyecto nos proponemos poner a punto técnicas de preservación *in vitro* del material vegetal propagado mediante clonación y que garantice la conservación de la fidelidad genética sin promover la variabilidad. En particular, se plantea optimizar e implementar las técnicas de preservación mediante crecimiento lento (*slow grow*) y criopreservación del material vegetal para su uso a largo plazo.

Un aspecto importante de la preservación genética es reconocer que todas las plantas mutan a medida que crecen, incluidas aquellas cultivadas en condiciones *ex vitro*. Las fuentes de tejido utilizadas para la micropropagación tienen cierta probabilidad de experimentar mutaciones, denominadas variaciones somaclonales, que pueden ser problemáticas para el mantenimiento de líneas clonales de plantas. Las técnicas de crecimiento lento consisten en utilizar medios de cultivo en combinación con una intensidad de luz baja o incluso oscuridad, para limitar el crecimiento, y así, permitir la conservación con una tasa de mutaciones menor. Por otro lado, a temperaturas criogénicas ( $N_2$  líquido,  $-196\text{ }^\circ\text{C}$ ), se detiene el metabolismo de la planta y la división celular, por lo que la conservación a dichas temperaturas puede usarse para almacenar la genética de la planta indefinidamente y eliminar la acumulación de mutaciones genéticas durante el período de almacenamiento. Existen varios métodos de criopreservación, pero las técnicas de vitrificación han resultado exitosas para muchas especies, incluida *C. sativa*. En este caso, se tratan los explantos acondicionados con crioprotectores que promueven la deshidratación de las células al mismo tiempo que penetran en su interior antes de su congelación en  $N_2$  líquido. Si bien requiere un costo inicial significativo e instalaciones más sofisticadas, los estudios en otras especies han demostrado que a menudo es más rentable que la conservación *in situ* a largo plazo. Como tal, la criopreservación representa el enfoque más efectivo para mantener la fidelidad genética de las líneas clonales durante períodos prolongados y puede ser económicamente ventajoso.

## Biografías de las autoras:

**Marina Clemente** (Buenos Aires, 1968). Licenciada en Ciencias Biológicas. Se desempeña como investigadora principal de CONICET en el Instituto Tecnológico de Chascomús (INTECH, UNSAM-CONICET). Sus líneas de investigación comprenden las áreas de Biotecnología Vegetal y Vacunas en Plantas. Tiene una vasta experiencia, más de 15 años con más de 20 trabajos publicados en revistas internacionales sobre bio-farming, demostrando experiencia en la transformación y cultivo vegetal, así como en técnicas de edición génica en plantas, las cuales son utilizadas como biorreactores para expresar proteínas heterólogas. Ha dirigido un total de 5 Tesis Doctorales y ha co-dirigido otra. Además, dirigió 3 becarios postdoctorales y 2 investigadoras de CONICET. Ha recibido financiamiento propio de diferentes organismos públicos y ha realizado actividades de gestión institucional y universitaria. Ha realizado actividades de evaluación como jurado de Tesis Doctorales y de Licenciatura, evaluadora de pares de ANPCyT y CONICET y par consultor en numerosas revistas internacionales (ORCID ID: 0000-0002-1620-5823).

Correo electrónico institucional y/o personal: mclemente@intech.gov.ar / marinaclemente@hotmail.com

**María Micaela González** (Bolívar, Buenos Aires, 1978). Bioquímica (UNLP), Doctora de la Universidad de Buenos Aires (Área Química Biológica), Investigadora Adjunta-CONICET - Profesora Adjunta-UNSAM (Tecnatura Universitaria en Laboratorio, Área Química). Instituto Tecnológico de Chascomús (INTECH) – Escuela de Bio y Nanotecnologías (UNSAM) – CONICET. Su trabajo se centra en el estudio de la fotoquímica, propiedades antimicrobianas per se y fotoinducidas y distintas formas de administración de alcaloides naturales y sintéticos. Producto de dichas investigaciones publicó 18 trabajos científicos (15 de ellos en revistas internacionales con referato) y ganó (como integrante del grupo de trabajo) el 2° Premio INNOVAR (edición 2014) en la categoría Fitomedicina. Dirigió una Tesina de Grado. Ha realizado actividades de evaluación como jurado de Tesis de posgrado (UNSAM y UNLP), y de proyectos de investigación (ANPCyT y CONICET). Actualmente se desempeña como investigadora y profesora adjunta en el INTECH, en la ciudad de Chascomús, donde también es integrante del Consejo Docente (INTECH-UNSAM) y del Comité Evaluador de la Carrera de Personal de Apoyo (CONICET). (ORCID ID: 0000-0001-7994-9566)

Correo electrónico institucional y/o personal: [mgonzalez@intech.gov.ar](mailto:mgonzalez@intech.gov.ar) / [acim2@hotmail.com](mailto:acim2@hotmail.com)

**María Julia Estrella** (Buenos Aires, 1965). Lic en Cs Biológicas y Doctora de la Universidad de Buenos Aires, Investigadora Independiente-CIC - Profesora Adjunta-UNSAM (Tecnicatura Universitaria en Laboratorio e Ingeniería en Agrobiotecnología (Área Microbiología)). Miembro de la Comisión de Doctorado en Biología Molecular y Biotecnología de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de General San Martín. Especialista en análisis de diversidad genética y funcional de bacterias del suelo que tienen interés para la producción agrícola. Autora de 24 trabajos publicados en revistas internacionales, en distintas temáticas vinculadas con el estudio de bacterias de interés agrícola. Posee experiencia en formación de estudiantes de grado y en dirección y co-dirección de Tesis doctorales y tesinas de grado. Recibió 1er premio Bernardo Leicach al mejor trabajo en ciencia aplicada, presentado en la XXIII Reunión Latinoamericana de Rizobiología (2007): Evaluación taxonómica, simbiótica y fisiológica de simbiontes de *L. tenuis* para la formulación de inoculantes de alta calidad en la región de la Pampa Deprimida del Salado. Entidad otorgante: BIA-GRO SA. Experiencia en Asesorías técnicas a empresas (Asesoría y curso capacitación sobre aspectos básicos y aplicados del uso de biofertilizantes a empresa Zuccardi). Participación como investigadora en Servicio tecnológicos de alto nivel (STAN CONICET) N° 3135: Título: Análisis de calidad de inoculantes para tratamientos profesionales de semillas. Actualmente se desempeña como directora a cargo del Laboratorio de Microbiología del Suelo en el INTECH. (ORCID ID: 0000-0002-1620-5823)

Correo electrónico institucional y/o personal: [estrella@intech.gov.ar](mailto:estrella@intech.gov.ar)

**Analía Sannazzaro** (Rosario, 1972) Licenciada en Biotecnología de la UNR y Doctora en Biología Molecular y Biotecnología de la UNSAM - Investigadora Adjunta del CONICET - Profesora Adjunta de la UNSAM. Miembro del Consejo Directivo del INTECH (2019-actual). Especialista en microbiología agrícola, su trabajo está centrado en el estudio de bacterias del suelo que se asocian con las plantas, haciendo uso de técnicas experimentales y computacionales para comprender las bases de esta asociación bajo condiciones de estreses ambientales. Posee una amplia experiencia en el aislamiento y caracterización de bacterias con actividades de promoción del crecimiento vegetal y en su evaluación tanto en condiciones controladas como a campo. La Dra. Sannazzaro ha dirigido 2 Tesis Doctorales y codirigido otras 2.

Además, ha dirigido 6 Tesis de Licenciatura o trabajos finales de Grado y 7 pasantías de alumnos de grado. Es autora de 19 trabajos publicados en revistas científicas internacionales. Ha recibido financiamiento propio de diferentes organismos públicos y ha realizado actividades de gestión institucional y universitaria. Ha realizado actividades de evaluación como jurado de Tesis Doctorales y de Licenciatura, proyectos de ANPCyT y CONICET y par consultor en revistas internacionales (ORCID ID: 0000-0003-3191-1299). Correo electrónico institucional y/o personal: [analia@intech.gov.ar](mailto:analia@intech.gov.ar) / [sannazza@gmail.com](mailto:sannazza@gmail.com)

## Metabolitos secundarios de *Cannabis sativa*

### Desarrollo de plataformas micro/nanotecnológicas para liberación controlada

María Luisa Franchi, Luciana Mentasti, Luciano Protti Cosenza,  
Alexander Aguila Wharton, Agustina Fernández y Gastón Pablo Barreto

#### Introducción

La planta de *Cannabis sativa* L. pertenece a la familia Cannabaceae (Magnoliopsida, Urticales). Desde la antigüedad la humanidad la ha cultivado y utilizado por su valor terapéutico y nutricional (Caplan et al., 2017), sus propiedades psicoactivas, como fuente de fibras (Chandra et al., 2017) y con fines espirituales (Small, 2018). Contiene más de 500 compuestos químicos, donde más de 100 se clasifican como cannabinoides, siendo los más abundantes el THC (delta-9-tetrahydrocannabinol), el CBD (cannabidiol); además de flavonoides y los terpenos (Bouso, 2017; Kopustinskiene et al., 2022; Pagano et al., 2022). Estos compuestos orgánicos se vuelven bioquímicamente activos tras la inhalación, digestión o absorción a través de la piel, siendo en su mayoría, los cannabinoides (Rasera et al., 2021)

Desde un punto de vista químico se han definido 3 tipos de plantas, en relación de la concentración de los principales cannabinoides: relación THC/CBD alta (superior a 1) que es psicoactivo; relación THC/CBD media (cerca a 1) que tiene una baja actividad psicoactiva; y el tercer tipo, que tiene < 0,3% de THC y se caracteriza por una baja proporción de THC/CBD, que no es psicoactivo y se utiliza para fabricar fibra y aceites. Otros cannabinoides presentes en la planta son el cannabinol (CBN), cannabicitrol (CBL), cannabicromeno (CBC), cannabigerol (CBG), monometiliter del cannabigerol (CBGN), cannabielsoina (CBE), cannabitriol (CBT), cannabinodiol (CBND), dehidrocannabifurano, cannabicitrano, cannabiripsol que aparecen en concentraciones diferentes según la variedad de *C. sativa*. Estas sustancias son biosintetizadas en su forma ácida (CBGA, THCA, CBDA, etc) y pueden sufrir procesos de descarboxilación conduciendo a sus formas neutras (Ramos Atance & Fernández Ruiz, 2000b; Wallace, 2005; Pinar-Sueiro et al., 2011; Citti et al., 2018; Kopustinskiene et al., 2022; Pagano et al., 2022).

Todas las plantas de la especie producen compuestos activos, pero cada variedad produce diferentes concentraciones y proporciones. Este hecho no solo depende de la base genética, sino también de las condiciones de crecimiento y cultivo, manifestándose distintos quimiotipos (Lewis et al., 2018). Cada quimiotipo contiene concentraciones variables de cannabinoides, terpenos, sesquiterpenos, entre otros componentes (Rabgay et al. 2019; Pascual et al., 2018 y Pisanti et al., 2017). Algunas de estas moléculas bioactivas son beneficiosas para un amplio rango de condiciones clínicas, incluyendo dolor, inflamación, epilepsia, trastornos del sueño, los síntomas de esclerosis múltiple, anorexia, esquizofrenia y otras afecciones (Whiting et al., 2015; National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2017), gracias al descubrimiento conjunto de un sistema cannabinoide endógeno o sistema endocannabinoide, que mantiene un equilibrio molecular, biológico y fisiológico, y a los receptores de cannabinoides localizados principalmente en el sistema nervioso central, sistema inmune y sistema nervioso periférico (Bousso, 2017; Kopustinskiene et al., 2022; Pagano et al., 2022).

### **Aspectos Legales y Antecedentes**

Las restricciones legales aplicadas al cultivo de cannabis desde la década de los 50, han tenido un impacto negativo sobre los avances científicos a nivel mundial (Small, 2018). Como resultado, gran parte del conocimiento sobre cannabis y su cultivo circulaba a través de la comunicación informal entre cultivadores no regulados (Decorte y Potter, 2015). Desde 2015, en nuestro país, la realidad vinculada al uso de derivados cannábicos en distintas patologías se ha multiplicado rápidamente a escalas que han generado preocupación en múltiples niveles. La necesidad de regulación por parte del Estado, puesta en evidencia a partir de la divulgación instalada por las Organizaciones No Gubernamentales (“MAMA CULTIVA” y “CAME-DA”), Asociaciones Cannábicas y distintos actores, ha derivado en la aprobación de la ley nacional N° 27350. Dicha ley contempla el desarrollo de investigaciones científicas, la producción nacional de cannabis y derivados y la ampliación de importaciones y distribución de productos relacionados. Desde la aprobación de la ley en el año 2017 han surgido varios grupos de investigación con interés y proyección en el estudio de líneas de investigación relacionadas



con problemáticas en torno al empleo de cannabis. La actual disposición normativa (Resolución 800/2021 RESOL-2021-800-APN-MS) establece la autoprovisión a través del cultivo para sí, mediante un tercero u organización civil. En este marco, es necesario un escenario de abordaje interdisciplinario entre actores del Estado capaces de generar protocolos de buenas prácticas de cultivo, extracción y administración de bioactivos y aportar conocimiento académico a un esquema de construcción cultural preexistente y constituido.

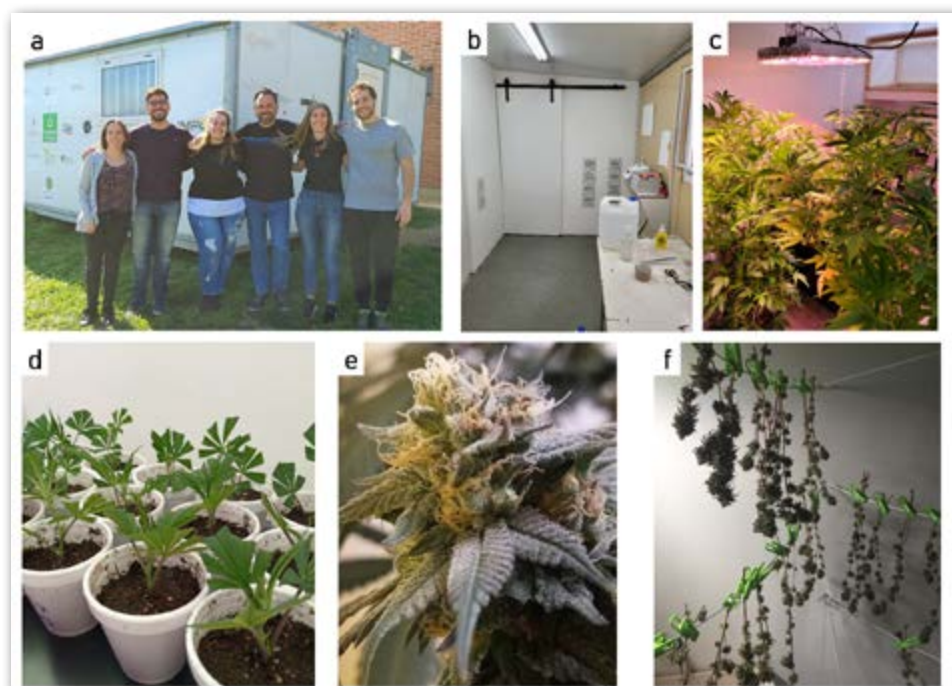
Desde el año 2018 integrantes del grupo de investigación (Dr. Barreto, Ing. Mentasti y Lic. Magariño) iniciaron actividades experimentales relacionadas con la extracción y caracterización analítica de derivados cannábicos en el marco de un proyecto de investigación aprobado por la Facultad de Ingeniería (FIO) de la UNCPBA (Barreto *et al.*, 2019a, 2019b, 2019c).

En el año 2021 fue aprobado el proyecto “*Cannabis Sativa* L.: obtención y caracterización de derivados para uso terapéutico generados a partir de la construcción cultural de saberes populares” (código 03-PIO-57E, Res. 043/2021) que permitió la inauguración de un cultivo experimental en las instalaciones de la FIO. Este espacio tiene como objetivo la obtención de material vegetal en condiciones controladas y reproducibles. En dicho proyecto participaron el Dr. Barreto como director, la Dra. Franchi como investigadora, la Lic. Mentasti como becaria y el estudiante Citati como integrante de la asociación civil Cannabis Activa. El recorrido dentro de la temática ha incentivado la generación de líneas de investigación asociadas, articulando las capacidades con otras Instituciones Académicas/Científicas. En vinculación con la temática, el Dr. Barreto realizó una estancia de investigación en la Universidad del País Vasco (Lejona, Bilbao) en el marco de un vínculo tecnológico entre dicha institución y la empresa Sovereign Fields S.L. (resol-2021-50-apn-dir#conicet) del 1/8/2021 y el 31/1/2022 (“Optimización de estrategias analíticas para el análisis cuantitativo de moléculas bioactivas derivadas de cannabis en sistemas de liberación controlada”).

### **Nuestras propuestas actuales de trabajo**

Teniendo en cuenta que se han diseñado formulaciones de cannabinoides que abarcan desde preparaciones a base de hierbas hasta medicamentos recetados altamente regulados, y un enfoque farma-

céutico moderno e integral para la administración puede comenzar con el empleo de la planta de cannabis para uso médico, y luego pasar al desarrollo de extractos de calidad controlada, la completa evaluación de sus perfiles analíticos y estudios para determinar la administración de la dosis correcta para efecto terapéutico óptimo. Este enfoque es posible si se optimizan las variables de cultivo, de tal manera de lograr reproducibilidad en los metabolitos secundarios biosintetizados por los diferentes genotipos. Para lograr uniformidad en la producción de estos compuestos por parte de los distintos genotipos de cannabis, en nuestro equipo de trabajo, el Ing. Agrónomo Alexander Aguila Wharton en su plan de trabajo de beca doctoral titulado “Evaluación agronómica y bioquímica de genotipos de *Cannabis sativa* L. de uso medicinal en condiciones controladas” realizará la evaluación tanto agronómica como bioquímica de los genotipos de cannabis de uso medicinal en condiciones controladas, en el módulo de cultivo presente en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Centro de la Provincia de Buenos Aires (Figura 1). Para ello, realizará la caracterización de los genotipos de cannabis por sus atributos morfológicos, como así también a través de sus perfiles composicionales de cannabinoides y terpenos. Con el fin de diferenciar los genotipos de cannabis se emplearán marcadores moleculares del tipo Inter Simple Sequence Repeats (ISSRs), que tienen como ventajas su elevada capacidad de detectar variaciones, su alta reproducibilidad y las bajas concentraciones de DNA requeridas. A su vez, evaluará experimentalmente las prácticas de cultivo controlado haciendo foco en procesos productivos.



**FIGURA 1 |** (a) Integrantes del equipo de trabajo frente al módulo de cultivo ubicado en la FIO-UNCPBA, (b) interior del módulo de cultivo, (c) sala de estadio vegetativo, (d) esquejes, (e) detalle de inflorescencia femenina y (f) inflorescencias durante el proceso de secado.

De manera complementaria y en relación con esta propuesta orientada hacia la obtención de material vegetal de calidad, la Dra. Agustina Fernández en su plan de beca postdoctoral “Desarrollo de biomateriales para la liberación controlada de moléculas bioactivas presentes en *Cannabis sativa* L. con alto contenido de cannabidiol” trabajará en la producción de material vegetal químicamente uniforme empleando protocolos de micropropagación *in vitro* que permitan obtener homogeneidad química en los extractos de cannabis. Estos ensayos de micropropagación serán llevados a cabo en colaboración con la Dra. Lina Merino de la Universidad Nacional de Hurlingham (UNAHUR), en las instalaciones de la Biofábrica-UNAHUR. A su vez, también realizará la obtención de materiales

micro y nanométricos a base de biopolímeros para la liberación controlada de cannabidiol y/o terpenos con actividad terapéutica.

De la familia de metabolitos secundarios presentes en la planta de cannabis, existe un fuerte interés en entender los efectos, además de los cannabinoides, THC y CBD; de los terpenos tales como mirceno, nerolidol o betacariofileno. Varios estudios realizados han intentado interpretar los diversos mecanismos de acción desde un enfoque de efecto sinérgico (o séquito), donde la combinación entre cannabinoides y/o distintos terpenos, podrían potenciar o inhibir distintos procesos bioquímicos (Russo, 2011, El Hammadi et al. 2021, 2022). Usualmente, una vez que un principio activo es suministrado al organismo se distribuye a distintos órganos y/o tejidos, en los cuales pueden ocurrir su inactivación o bien su acción puede resultar indeseada o nociva, llevando a la aparición de efectos secundarios negativos. En los distintos casos donde se han demostrado efectos terapéuticos promisorios, se ha evidenciado la necesidad de incrementar la biodisponibilidad de cannabinoides (Rubio, 2013). En general, esta biodisponibilidad depende de muchos factores, incluida su bioaccesibilidad, absorción, distribución, metabolismo y excreción, además de la inestabilidad fisicoquímica que presentan dichos principios activos (McClements, 2020). Del mismo modo, se han diseñado formulaciones de cannabinoides que abarcan desde preparaciones a base de hierbas hasta medicamentos recetados altamente regulados, y el desarrollo de tales medicamentos requiere que se realicen ensayos controlados para establecer la eficacia terapéutica, los rangos de dosis y la seguridad de dichos medicamentos (Bruni et al. 2018).

Los cannabinoides son moléculas altamente lipofílicas, con muy baja solubilidad acuosa, susceptibles a la degradación en medio acuoso, a través de acción de la luz la temperatura, así como por autooxidación (Fairbairn et al., 1975; Grotenhermen, 2003; Pacifici et al., 2018). Tanto el THC como el CBD son altamente lipofílicos y tienen poca biodisponibilidad oral (cerca del 6%). La ingesta oral provoca un efecto más prolongado ya que la forma más psicoactiva del THC se crea enzimáticamente en el hígado después de la metabolización (Rasera et al. 2021), sin embargo, la baja biodisponibilidad oral de los cannabinoides se debe al extenso metabolismo hepático de primer paso que sufren, a la inestabilidad del pH gástrico y/o baja solubilidad del agua, lo que lleva a una absorción incompleta (Lodzki

et al. 2003), por tanto, las formulaciones cumplen un papel crucial en el aumento de la solubilidad y la estabilidad fisicoquímica de dichas moléculas. Formulaciones oleosas o alcohólicas de CBD pueden llegar a aumentar su biodisponibilidad oral, sin embargo, esta se mantiene menor al 20% (Sosnik et al. 2021). Las estrategias comúnmente utilizadas en los productos comercializados incluyen la formación de sales (mediante el ajuste de pH), codisolvencia (p. ej., uso de etanol, propilenglicol, PEG400, etc.), micelización (p. ej., uso de polisorbato 80, cremophor ELP, etc.), (nano)/(micro)-emulsificación, formación de complejos (p. ej., ciclodextrinas) y encapsulación en formulaciones a base de lípidos (p. ej., liposomas) y nanopartículas (Lawrence & Rees, 2000; Allen & Cullis, 2004, 2013; Kumari et al., 2010), tal como se ilustra en la Figura 2.



**FIGURA 2 |** Distintos sistemas de *drug delivery* empleados para el diagnóstico y/o tratamiento de distintas enfermedades. Adaptado de Gunay et al. (2016)

A lo largo de los estudios, se han desarrollado una amplia variedad de plataformas basadas en partículas para encapsular y administrar bioactivos hidrófobos, como fármacos no polares, vitaminas, entre otros. Muchas de estas plataformas también son adecuadas para el encapsulado y suministro de cannabinoides también hidrófobos (McClements, 2020) o incluso los terpenos (Astruc-Diaz, 2012; El-Hammadi et al., 2021, 2022).

Los sistemas de administración de fármacos basados en nanotecnología (materiales poliméricos y co-poliméricos, naturales o sintéticos, biodegradables o biocompatibles) son herramientas prometedoras frente al desarrollo de nuevas técnicas que permitan la administración de fármacos ya que son transportadores utilizados para atrapar moléculas diana para su entrega en los sitios deseados (Cuestas et al., 2013; Glisoni & Sosnik, 2014a, 2014b; Glisoni et al., 2015). Desde hace más de dos décadas se han documentado las ventajas de utilizar formulaciones farmacéuticas de tamaños nanométricos para fines médicos y clínicos, ya que mejoran la solubilidad y estabilidad del fármaco, mejorando su eficacia y rendimiento (D'Souza, 2014). Los polímeros (naturales o sintéticos) son compuestos que se incluyen en los sistemas de administración de fármacos ya que pueden controlar su liberación, mejorar la solubilidad minimizando la degradación y reduciendo su toxicidad, además de facilitar el control de la absorción del fármaco lo que contribuye a su eficacia terapéutica (Rubio, 2013; Singh et al., 2014). A su vez, la naturaleza del polímero influye en el tamaño y en el perfil de liberación de los fármacos encapsulados; el polímero natural suele desencadenar una liberación inmediata, mientras que el sintético permite una liberación más prolongada del principio activo (Astruc-Diaz, 2012). Las nanopartículas poliméricas presentan una serie de ventajas que las destacan, como ser: permiten una alta carga y estabilidad del fármaco encapsulado, protegen de la degradación a lo largo del sistema digestivo, ofrecen una liberación controlada de la carga y/o su difusión, permiten su modificación en cuanto a la administración específica del lugar, favoreciendo la disolución del polímero a valores definidos de pH, incluso a una liberación controlada en el tiempo (Astruc-Diaz, 2012).

Dentro de un amplio rango de biomateriales, el ácido poli(láctico-co-glicólico) (PLGA), un polímero biocompatible, mecánicamente fuerte e hidrofóbico, ha demostrado ser muy valioso como matriz

portadora de fármacos, y son varios los antecedentes donde se lo utiliza como portador específico del cannabinoide sintético CB13 (Martin-Banderas et al. 2012; Rubio, 2013, Duran-Lobato et al. 2014, 2015; Berracoso et al. 2017), THC (Rubio, 2013, Martin-Banderas et al. 2015; Duran Lobato et al. 2022), del CBD (Fraguas & Fernandez et al. 2020; Fraguas y Torres et al. 2020), e incluso, como matriz portadora de terpenos (El-Hammadi et al. 2021, 2022). Formulaciones con polietilenglicol (PEG) también han dado resultados alentadores para administraciones de CBD (Paudel et al. 2010), THC (Moreno Capellan, 2012), e incluso la utilización de PEG para la modificación superficial de PLGA (Rubio et al. 2013; Duran Lobato et al. 2015; Berracoso et al. 2017, El hammadi et al. 2021, 2022). Por otro parte, la pectina es un polisacárido aniónico biodegradable que se utiliza típicamente en la industria alimentaria, pero ha comenzado a utilizarse como dispositivo médico y suministro de medicamentos (Smistad et al., 2012; Marras-Marquez et al., 2015; Haghghi et al., 2018), si bien no se digiere en el tracto gastrointestinal superior, si mediante enzimas pectinolíticas producidas por la microflora del colon, absorbiendo por completo (Sriamornksak, 2011; Shishir et al., 2018). La conjugación de pectina y quitosano a través de una reacción química, puede mejorar el suministro de fármacos y el perfil de liberación controlada en el tracto gastrointestinal, comparado al su de un solo biopolímero (Morris et al., 2010; Shishir et al., 2019).

En este contexto, toma relevancia la posibilidad de desarrollar sistemas de liberación controlada de derivados cannábicos y/o terpenicos, empleando distintos copolímeros biodegradables o combinaciones de los mismos, y para ello, el Lic. Luciano Protti Cosenza se encuentra desarrollando una Beca Doctoral CONICET-ANLAP titulada “Desarrollo de plataformas nanotecnológicas para la liberación controlada de moléculas bioactivas presentes en *Cannabis sativa* L.” donde el eje principal de trabajo se enfoca en la caracterización de derivados cannábicos, el fraccionamiento de sus componentes y el desarrollo de plataformas nanotecnológicas a base de biopolímeros (PLGA, quitosano, alginatos y/o pécticas) para la liberación controlada de cannabinoides y/o terpenos con actividad terapéutica. Una vez evaluada la capacidad y eficiencia de encapsulación por parte de las plataformas nanotecnológicas desarrolladas a base de biopolímeros, se procederá al estudio de la cinética de liberación *in vitro* de los cannabinoides/terpenos en medios simulados.



## Bibliografía

- Astruc-Diaz, F. (2012). Université Claude Bernard Lyon 1.
- Allen, T. M., & Cullis, P. R. (2004). *Science*, 303 (5665), 1818–1822.
- Allen, T. M., & Cullis, P. R. (2013). *Advanced Drug Delivery Reviews*, 65(1), 36–48.
- Barreto, Gastón; Sarlingo, Marcelo; Mentasti, Luciana. (2019a). VII *Jornada de Extensión del Mercosur*. Universidad de Passo Fundo, Brasil.
- Barreto, Gastón; De Figueiredo, Karina; Magariño, Micaela; Saxler, Antonio; Mentasti, Luciana. (2019b) Arg. Bs. As. Libro. Artículo Breve. XXXII Congreso Argentino de Química. Asociación Química Argentina.
- Barreto, Gastón; Mentasti, Luciana; Magariño, Micaela. (2019c) Argentina. Buenos Aires. Libro. Resumen. Exposición. Expo cannabis ARG 2019.
- Berrocso, E., Rey-Brea, R., Fernández-Arévalo, M., Micó, J. A., & Martín-Banderas, L. (2017). *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, 13(8), 2623–2632.
- Bouso, J. C. (2017). Edicions Bellaterra.
- Bruni, N., Della Pepa, C., Oliaro-Bosso, S., Pessione, E., Gastaldi, D., & Dosio, F. (2018). *Molecules*, 23(10).
- Caplan, D., Dixon, M., Zheng, Y. (2017). *HortScience* 52, 1796–1803.
- Chandra, S., Lata, H., ElSohly, M. A., Walker, L. A., & Potter, D. (2017). *Epilepsy & Behavior*, 70, 302–312.
- Citti, C., Pacchetti, B., Vandelli, M. A., Forni, F., & Cannazza, G. (2018). *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 149, 532–540.
- Cuestas, M. L., Glisoni, R. J., Mathet, V. L., & Sosnik, A. (2013). *Journal of Nanoparticle Research*, 15(1), 1389.
- Fraguas-Sánchez, A. I., Fernández-Carballido, A., Simancas-Herbada, R., Martín-Sabroso, C., & Torres-Suárez, A. I. (2020). *International Journal of Pharmaceutics*, 574, 118916.
- Fraguas-Sánchez, A. I., Torres-Suárez, A. I., Cohen, M., Delie, F., Bastida-Ruiz, D., Yart, L., Martín-Sabroso, C., & Fernández-Carballido, A. (2020). *Pharmaceutics*, 12(5), 1–19.
- Gunay M. S., Ozer A. Y., & Chalon S. (2015) *Curr. Neuropharmacol.*, vol. 14, no. 4, pp. 376–391.
- Decorte, T., Potter, G. (2015). *Int. J. Drug Policy*, 26, 221–225.
- D'Souza, S. (2014). *Advances in Pharmaceutics*, 2014, 1–12.
- Durán-Lobato, M., Álvarez-Fuentes, J., Fernández-Arévalo, M., & Martín-Banderas, L. (2022). *Scientific Reports*, 12(1), 1297.
- Durán-Lobato, M., Martín-Banderas, L., Gonçalves, L. M. D., Fernández-Arévalo, M., & Almeida, A. J. (2015). *Journal of Nanoparticle Research*, 17(2), 61.



- Durán-Lobato, M., Muñoz-Rubio, I., Holgado, M. Á., Álvarez-Fuentes, J., Fernández-Arévalo, M., & Martín-Banderas, L. (2014). *Journal of Biomedical Nanotechnology*, 10(6), 1068–1079.
- El-Hammadi, M. M., Small-Howard, A. L., Fernández-Arévalo, M., & Martín-Banderas, L. (2021). *Industrial Crops and Products*, 164, 1–11.
- El-Hammadi, M. M., Small-Howard, A. L., Jansen, C., Fernández-Arévalo, M., Turner, H., & Martín-Banderas, L. (2022). *International Journal of Pharmaceutics*, 616, 121524.
- Fairbairn, J. W., Liebmann, J. A., & Rowan, M. G. (1975). *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 28(1), 1–7.
- Fraguas-Sánchez, A. I., Fernández-Carballido, A., Simancas-Herbada, R., Martín-Sabroso, C., & Torres-Suárez, A. I. (2020). *International Journal of Pharmaceutics*, 574, 118916.
- Fraguas-Sánchez, A. I., Torres-Suárez, A. I., Cohen, M., Delie, F., Bastida-Ruiz, D., Yart, L., Martín-Sabroso, C., & Fernández-Carballido, A. (2020). *Pharmaceutics*, 12(5), 1–19.
- Glisoni, R. J., Quintana L, S. S., Molina, M., Calderón, M., Moglioni, A. G., & Sosnik, A. (2015). *Journal of Materials Chemistry B*, 3(24), 4853–4864.
- Glisoni, R. J., & Sosnik, A. (2014a). *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 14(6), 4670–4682.
- Glisoni, R. J., & Sosnik, A. (2014b). *Macromolecular Bioscience*, 14(11), 1639–1651.
- Grotenhermen, F. (2003). *Clin Pharmacokinet*, 42(4), 327–360.
- Haghighi, M., Yarmand, M.S., Emam-Djomeh, Z., McClements, D.J., Saboury, A.A., Rafiee-Tehrani, M. (2018). *Int. J. Biol. Macromol.*, 112, 626-637.
- Kopustinskiene, D. M., Masteikova, R., Lazauskas, R., & Bernatoniene, J. (2022). *Antioxidants*, 11(4), 660.
- Kumari, A., Yadav, S. K., & Yadav, S. C. (2010). *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 75(1), 1–18.
- Lawrence, M. J., & Rees, G. D. (2000). *Advanced Drug Delivery Reviews*, 33.
- Lodzki, M., Godin, B., Rakou, L., Mechoulam, R., Gallily, R., & Touitou, E. (2003). *Official Journal of the Controlled Release Society*, 93(3), 377–387.
- Martín-Banderas, Josefa Álvarez-Fuentes, Matilde Durán-Lobato, Consolación Melguizo, Mercedes Fernández-Arévalo, & M Angeles Holgado. (2012). *International Journal of Nanomedicine*, 5793.
- Martín-Banderas, L., Muñoz-Rubio, I., Prados, J., Álvarez-Fuentes, J., Calderón-Montaño, J. M., López-Lázaro, M., Arias, J. L., Leiva, M. C., Holgado, M. A., & Fernández-Arévalo, M. (2015). *International Journal of Pharmaceutics*, 487(1–2), 205–212.

- Marras-Marquez, T., Peña, J., Veiga-Ochoa, M.D. (2015). *Int. J. Pharmaceutics*, 479 (2), 265-276
- McClements, D. J. (2020). *Annual Review of Food Science and Technology*, 11(1), 45–70.
- Moreno Capellán, L. (2012). Universidad Autonoma de Madrir - Facultad de Ciencias.
- Morris, G., Kök, S., Harding, S., Adams, G. (2010). *Biotechnol Genet Eng Rev.*, 27: 257-84.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2017). Washington, DC: The National Academies Press.
- Pacifici, R., Marchei, E., Salvatore, F., Guandalini, L., Busardò, F. P., & Pichini, S. (2018). *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM)*, 56(4), 94–96.
- Pagano, C., Navarra, G., Coppola, L., Avilia, G., Bifulco, M., & Laezza, C. (2022). *International Journal of Molecular Sciences*, 23(6), 3344.
- Pascual, D., Sánchez-Robles, E. M., García, M. M., & Goicoechea, C. (2018). *Biochemical Pharmacology*, 157, 33–42.
- Paudel, K. S., Hammell, D. C., Agu, R. U., Valiveti, S., & Stinchcomb, A. L. (2010). *Drug Development and Industrial Pharmacy*, 36(9), 1088–1097.
- Pinar-Sueiro, S., Rodríguez-Puertas, R., & Vecino, E. (2011). *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología*, 86(1), 16–23.
- Pisanti, S.; Malfitano, A.M.; Ciaglia, E.; Lamberti, A.; Ranieri, R.; Cuomo, G.; Abate, M.; Faggiana, G.; Rabgay, K., Waranuch, N., Chaiyakunapruk, N., Sawangjit, R., Ingkaninan, K., & Dilokthornsakul, P. (2020). *Journal of the American Pharmacists Association*. 60 (1), 225-234.
- Ramos Atance, J. A., & Fernández Ruiz, J. (2000b). *Adicciones*, 12(5), 41–58.
- Rasera, G. B., Ohara, A., & de Castro, R. J. S. (2021). *Trends in Food Science & Technology*, 115, 31–41.
- Rubio, I. M. (2013). Tesis Doctoral. Facultad de Farmacia. Universidad de Sevilla.
- Russo, E. (2011). *British Journal of Pharmacology*, 163(7), 1344–1364.
- Shishir, M.R.I., Xie, L., Sun, C., Zheng, X., Chen, W. (2018). *Trends in Food Science & Technology*, 78, 34-60.
- Shishir, M.R.I., Karim, N., Gowd, V., Xie, J., Zheng, X., Chen, W. (2019). *Food Hydrocolloids*, 95, 432-444.
- Singh, G., Kaur, T., Kaur, R., & Kaur, A. (2014). *International Journal of Pharmacology and Pharmaceutical Sciences*, 1, 30–42.
- Small, E. (2018). *Genet. Resour. Crop Evol.* 65, 1071–1107.
- Smistad, G., Bøyum, S., Alund, S.J., Samuelsen, A.B.C., Hiorth, M. (2012). *Carbohydrate Pol.*, 90 (3), 1337-1344.

- Sosnik, A., Shabo, R. B., & Halamish, H. M. (2021). *Pharmaceutics*, 13(12), 2142.
- Sriamornsak P. (2011). *Expert Opin. Drug Deliv.* 8 (8):1009-23.
- Stinchcomb, A. L., Valiveti, S., Hammell, D. C., & Ramsey, D. R. (2004). *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 56(3), 291–297.
- Wallace, W. (2005). Patent Núm. US 6949582 B1.
- Whiting, P.F., Wolff, R. F., Deshpande, S., Di Nisio, M., Duffy, S., Hernandez, A. V., Schmidtkofer, S. (2015). *Jama*, 313 (24), 2456-2473

## Biografías de los autores y autoras

**Dr. Gastón Pablo Barreto** (Olavarría, 1981). Profesor en Física y Química (UNCPBA) – Doctor de la Facultad de Ciencias Exactas de la UNLP (mención Química). Profesor Adjunto de la Facultad de Ingeniería de la UNCPBA e Investigador Adjunto del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), con lugar de trabajo en la sede Olavarría del Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del centro de la provincia de Buenos Aires.  
<http://orcid.org/0000-8095-006X>  
[gastonpablobarreto@gmail.com](mailto:gastonpablobarreto@gmail.com)

**Dra. María Luisa Franchi** (Olavarría, 1981). Ingeniera en Alimentos (UNQ) – Doctora de la Facultad de Ciencias Exactas de la UNLP (mención Biología). Docente Ayudante exclusiva de la Facultad de Ingeniería de la UNCPBA.  
<https://orcid.org/0000-0002-2712-3751>  
[luisa.franchi@fio.unicen.edu.ar](mailto:luisa.franchi@fio.unicen.edu.ar), [luisafranchi7@gmail.com](mailto:luisafranchi7@gmail.com)

**Ing. Luciana Mentasti** (Olavarría, 1992). Ingeniera Química (UNCPBA) – Estudiante Doctorado en Ingeniería de la Facultad de Ingeniería de la UNCPBA. Docente Ayudante simple de la Facultad de Ingeniería de la UNCPBA y becaria doctoral del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), con lugar de trabajo en la sede Olavarría del Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del centro de la provincia de Buenos Aires.  
<http://orcid.org/0000-0002-1277-3516>  
[lucianamentasti@gmail.com](mailto:lucianamentasti@gmail.com)

**Lic. Luciano Protti Cosenza** (Paraná, 1995). Licenciado en Biología, Facultad de Ciencia y Tecnología (UADER) – Estudiante Doctorado en Ciencias Aplicadas, Mención Ambiente y Salud de la Facultad de Ciencias Exactas de la UNCPBA. Becario doctoral cofinanciado del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y de la Agencia Nacional de Laboratorios Públicos

(ANLAP), con lugar de trabajo en la sede Olavarría del Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del centro de la provincia de Buenos Aires.

<https://orcid.org/0000-0003-2868-8620>

[lprotticosenza@gmail.com](mailto:lprotticosenza@gmail.com)

**Ing. Alexander Peter Aguila Wharton** (El Calafate, 1996). Ingeniero Agrónomo Facultad de Ciencias Agropecuarias (UNC) – Estudiante Doctorado en Ciencias Aplicadas, Mención Ambiente y Salud de la Facultad de Ciencias Exactas de la UNCPBA. Becario doctoral del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), con lugar de trabajo en la sede Olavarría del Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del centro de la provincia de Buenos Aires.

<https://orcid.org/0000-0002-9940-267X>

[alexawpeter@gmail.com](mailto:alexawpeter@gmail.com)

**Dra. Agustina Fernández** (Olavarría, 1991). Licenciada en Biotecnología y Biología Molecular de la Facultad de Ciencias Exactas de la UNLP– Doctora de la Facultad de Ciencias Exactas de la UNLP, área Ciencias Biológicas. Becaria posdoctoral del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), con lugar de trabajo en la sede Olavarría del Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del centro de la provincia de Buenos Aires.

<https://orcid.org/0000-0002-4051-0406>

[agustinaf.alzuri@gmail.com](mailto:agustinaf.alzuri@gmail.com)

## Coproducción, confianza y autoridad

Propuesta epistemológica sobre las investigaciones  
en cannabis medicinal

María de los Ángeles Martini

### Introducción

Gran parte de la producción de conocimiento socialmente relevante en América Latina es el resultado de investigaciones organizadas en cooperación, ya sea interdisciplinaria, intersectorial o interinstitucional (Hidalgo 2014). En este sentido, considerarnos las investigaciones argentinas en ciencias de la vida sobre cannabis medicinal como un caso paradigmático de trabajo colaborativo a través de la formación de diversas redes de conocimiento: Red de Cannabis y sus usos medicinales (RACME-CONICET); Cannabis Medicinal Argentina (CAMEDA); Mamá Cultiva Argentina (MCA); Asociación para Usuarios de Cannabis Medicinal (APUCAM), solo por nombrar algunas.

Estas redes se formaron en la última década como parte de un proceso que configuró el cannabis medicinal en un problema público. La definición de este problema fue el resultado de una serie de bifurcaciones y bucles de retroalimentación. A fines del siglo veinte, la agenda antiprohibicionista en nuestro país reunía a profesionales, asociaciones de usuarios de drogas, asociaciones de cultivadores, organizaciones no gubernamentales e instituciones, como hospitales y universidades, trabajando en torno del paradigma de reducción de daños.

Veinticinco años después (2011-2012), los debates se dirigían a la despenalización de la tenencia de drogas. Los activistas, vistos como “usuarios responsables”, trabajaron con los legisladores en la elaboración de proyectos de ley (Corbelle 2016). En cambio, el uso terapéutico del cannabis se visibilizaba sólo en relación con las personas que vivían con VIH y como modo de paliar los efectos adversos de la medicación.

A partir de 2015, las madres fueron quienes demandaron la regulación del cannabis medicinal para sus hijos e hijas con enfermedades de tratamiento complejo. Desde ese momento, los colectivos

de madres, usuarios, cultivadores solidarios, médicos, investigadores y políticos reclamaron acceso al uso terapéutico del cannabis (Díaz 2018; 2019; 2020; 2020a; Labiano 2018; Romero 2019; Romero y Aguilar 2020). Así, las demandas iniciales por un consumo recreativo se replegaron frente a los reclamos centrados en necesidades terapéuticas y paliativas del dolor. Sin embargo, la sanción en 2017 de la Ley N° 27.350 de la “Investigación médica y científica de uso medicinal de la planta de cannabis y sus derivados” no constituyó una resolución satisfactoria para gran parte de los colectivos que luchaban por la normalización del cannabis. El Decreto Reglamentario 883/2020 y la Ley 27.669/2022 (marco regulatorio para el desarrollo de la industria del cannabis medicinal y el cáñamo industrial) sitúan el problema del cannabis medicinal en nuestro país en una nueva fase. La recepción y reapropiación por parte de los colectivos activistas y el público en general de la nueva “legalidad” alcanzada por el cannabis medicinal parecen acelerar los tiempos.

Esta brevísima síntesis del proceso de problematización pública de la producción y consumo de cannabis medicinal focaliza en la diversidad de agentes que se han reunido y se reúnen en torno de la definición, resolución y estabilización de este problema. El propósito de nuestro artículo es delinear algunos interrogantes epistemológicos, de los que un abordaje coproductorista de las investigaciones sobre cannabis medicinal en ciencias de la vida debe dar cuenta a fin de interpretar pero también de contribuir a la construcción de modos colaborativos de confianza y autoridad entre comunidades de prácticas académicas y no académicas. Con este objetivo, explicitamos, en primer lugar, los compromisos filosóficos y sociológicos que asumimos en la investigación de las prácticas científicas, a saber: un abordaje coproductorista del conocimiento científico y una perspectiva pragmatista de los problemas públicos, que nos permiten comprender las maneras en que se generan y se reformulan conjuntamente los órdenes cognitivo, social y natural en las arenas públicas. En segundo lugar, argumentamos a favor de una epistemología social que postula el testimonio de los demás como generador del conocimiento. En este sentido, la confianza y la autoridad se sitúan en el centro de la reflexión epistemológica. A partir del giro colaborativo, los estudios sociales de la ciencia no pueden eludir la indagación de los modos en que se configuran la confianza y la autoridad en redes donde intervienen agente con

saberes de diversa naturaleza. Por último, esbozaremos algunos interrogantes-guía en la investigación de la confianza y la autoridad tanto al interior de las comunidades argentinas de ciencias de la vida, como en la interacción de colectivos académicos y no académicos para la generación de conocimiento científico.

## **Coproducción**

El proyecto de investigación que llevamos adelante en la Universidad Nacional de Moreno (Centro de Estudios de Medios y Comunicación, Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales), “Problemáticas epistemológicas, ontológicas y ético-políticas en torno a la coproducción de la práctica científica”, se enmarca en los estudios sociales de la ciencia desde una perspectiva coproductorista.

La tesis central de los lenguajes de la coproducción sostiene la producción simultánea de los órdenes epistémico, natural y social: las maneras de hacer-conocimiento científico —la realización, la estabilización y el cambio del conocimiento científico del mundo— son al mismo tiempo maneras de hacer-orden social y natural —de configurar el mundo y la organización de la vida de la gente en ese mundo. Este giro colaborativo asume los compromisos ético-políticos que implican la generación y justificación de conocimiento, reconociendo que las maneras en que conocemos y representamos el mundo natural y social son inseparables de las maneras en que elegimos vivir en él (Jasanoff, 2004).

Analizados desde una perspectiva interaccional, los estudios coproductoristas focalizan en los acuerdos entre la ciencia y otras áreas de la vida social en momentos de conflictos manifiestos y de cambios. Las prácticas de hacer-identidades, hacer-discursos y hacer-instituciones se ponen en juego en las arenas públicas. En este sentido, nuestra indagación presenta una doble vía de análisis: por un lado, reconstruimos y examinamos los modos en que el conocimiento científico colabora en la formación de discursos, identidades e instituciones en la sociedad. Por otro lado, investigamos la manera en que la ciencia incorpora los conocimientos producidos por colectivos no académicos. Estos colectivos buscan generar y estabilizar nuevos discursos, identidades e instituciones que se ajusten a sus reivindicaciones y necesidades, desafiando los conceptos científicos vigentes, en algunas situaciones, y, en otras ocasiones, colaborando con las comunidades científicas.

En esta dirección, indagamos las situaciones en que el conocimiento científico se ve atravesado por problemas públicos. Como parte de las arenas públicas, el conocimiento científico se inserta en un teatro de acciones conjuntas y coordinadas que es al mismo tiempo un teatro de conflicto y controversias, en donde individuos y colectivos se encuentran alrededor de cuestiones compartidas, solucionan cuestiones problemáticas o elaboran estrategias de interés conjunto. El análisis de los procesos de problematización pública posibilita comprender las maneras en que el conocimiento científico interviene en las disputas en torno de la definición de esos problemas, su resolución y estabilización institucional (Quéré y Terzi 2015; Cefaï 2014; Cefaï y Terzi 2012).

Los procesos, que dieron por resultado la sanción en Argentina de un conjunto de leyes de honda repercusión social, son ejemplos de desplazamientos y resignificaciones de los límites de la práctica científica y de los reacomodamientos de los órdenes natural y social. La Ley Nacional de Identidad de género (Ley N° 26743, 2012); la llamada “Ley Nacional de Muerte digna” (Ley N° 26742, 2012), que complementó la Ley Nacional sobre los Derechos del paciente, historia clínica y consentimiento informado (Ley N.º 26529, 2009); la Ley Nacional sobre los Derechos de Padres e Hijos durante el Proceso de Nacimiento (Ley N° 25929, 2015); la Ley Nacional de Salud mental (Ley N° 26657, 2010); la Ley de acceso integral a los procedimientos y técnicas médico-asistenciales de reproducción médicamente asistida (Ley N.º 26862, 2013); la Ley que **regula el acceso a la interrupción voluntaria y legal del embarazo y a la atención postaborto de todas las personas con capacidad de gestar** (Ley N° 27.610, 2021); La ley que regula la investigación médica y científica del uso medicinal de la planta cannabis y sus derivados (Ley N° 27.350, 2017) y la ley que establece el marco regulatorio para el desarrollo de la industria del cannabis medicinal y el cáñamo industrial (Ley N° 27.669, 2022) visibilizan cómo en las arenas públicas se intenta dar sentido a experiencias sociales complejas que involucran conocimiento científico.

A la vez, el análisis de los problemas públicos en los que interviene el conocimiento científico abre interrogantes acerca de quiénes están legitimados para participar de los procesos de definición de tales problemas; cuáles son los dispositivos que actúan a la hora de atribuir confianza a la palabra de algunas personas en detrimento de



otras; cómo se configura la autoridad de los generadores de conocimiento. Estas cuestiones focalizan en las identidades de las personas cuyo testimonio aporta a la configuración de conocimiento, pero, al mismo tiempo, ponen en evidencia las exclusiones, las opresiones, las desigualdades y las injusticias epistémicas (Fricker, 2017). Atravesada por las urgencias políticas, la pandemia vivida en los últimos años se constituyó en un caso paradigmática de problema público atravesado por conocimiento científico. Estos períodos caracterizados como de ciencia posnormal (Funtowicz y Ravetz 2000) permiten visibilizar la complejidad de los procedimientos de investigación en ciencias de la vida, donde prevalece la exigencia de soluciones inmediatas a los problemas, la necesidad de asegurar la calidad de la información y un grado elevado de incertidumbre. El caso de la pandemia provocada por el Sars-Cov-2 evidenció las maneras en que la puesta en cuestión de la credibilidad del conocimiento científico exigió reexaminar los mecanismos de atribución de confianza y autoridad tanto a los individuos como a las instituciones.

### **Confianza y autoridad**

El estudio de la confianza en la palabra de los otros y de la autoridad en la generación y justificación del conocimiento científico se constituyó en tema fundamental de los estudios sociales de la ciencia desplazando la centralidad de la verdad. Los trabajos realizados en la sociología del conocimiento científico de los años ochenta contribuyeron a señalar la complejidad del papel de la confianza en la práctica científica. Según el postulado de equivalencia, propuesto por Barnes y Bloor (1982), todas las creencias están a la par con respecto a las causas de su credibilidad. No es que se igualen las creencias en el sentido de considerarlas todas verdaderas o, por el contrario, todas falsas. Los autores sostienen que, independientemente de su verdad o falsedad, el hecho de su credibilidad debe considerarse igualmente problemático. La confianza no puede ser remitida a la verdad de las afirmaciones, ni la desconfianza a su posible falsedad.

Para comprender el valor de la confianza es necesario analizar el rol epistémico-moral del testimonio de los demás en la generación y justificación del conocimiento. Martin Kusch (2002) analiza el testimonio en la tensión entre las epistemologías individualistas y la epistemología comunitaria, que sustenta. Para las primeras, el cono-

cimiento es una posesión fundamental del individuo, que solo cobra una dimensión social gracias a la transmisión de un individuo a otro. Por el contrario, afirma Kusch (2002), el término “conocimiento” y sus cognados (“conocer”, “conocedor”) marcan un estatus social y los estatus sociales existen solo en la medida en que hay comunidades que los constituyen, imponen o conceden. En este sentido, la existencia del conocimiento depende de la existencia de las comunidades. Así, el conocimiento es social no solo porque es un estatus social sino porque se atribuye a grupos más que a individuos.

Kusch (2002) considera que reescribir una epistemología comunitaria implica desvincular el testimonio de los contextos judiciales y de la epistemología individualista que subyace a estos. El testimonio en los casos judiciales es considerado un mecanismo para la transmisión de información, sin interpretación, de una experiencia directa. Sin embargo, si se acepta que el conocimiento solo puede ser atribuido a colectivos, entonces el testimonio no puede radicar en la mera transmisión individual de información. Lejos de ser meros reportes individuales, los testimonios forman parte del trabajo colectivo de crear y modelar las representaciones tanto del orden social como del orden natural. El centro de nuestras prácticas de conocimiento son instituciones de testimonio y esas prácticas son un bien colectivo.

Pero, si el conocimiento es una institución de testimonio, algo de peso se pone en juego cuando aceptamos el relato de los otros. Las atribuciones de conocimiento honran a los buenos testimoniantes por contribuir a la existencia y el florecimiento de la comunidad. Por el contrario, negar la atribución de conocimiento a alguien es una manera de censura y deshonor. Más aún, la práctica de deshonor señala a alguien como incapaz de participar en la constitución de un bien colectivo y como inadecuado para ser parte de un grupo. En otras palabras, negar el estatus de conocedor tiene como función expulsarlo de la comunidad (Kusch 2009).

Aceptar que nuestro conocimiento del mundo requiere de la palabra de los demás, lleva a la vez a sostener que ese conocimiento se vale del conocimiento sobre las otras personas: cómo son ellas en tanto fuentes de testimonio, si se puede confiar en ellas y bajo qué circunstancias. En este sentido, todo conocimiento se produce en un campo moral y moviliza apreciaciones sobre las virtudes y características de los testigos (Shapin 2016, 2015; Shapin y Shaffer 2005; Bloor 1996, 1997; Barnes 1988, 1995; Haraway 2021).

## Cannabis medicinal. Una propuesta epistemológica

De acuerdo con los compromisos filosóficos y sociológicos precedentes, proponemos dos líneas de indagación que aborden las economías de confianza desde una perspectiva coproductorista: por un lado, la reconstrucción de las lógicas de confianza y autoridad que se construyen al interior de comunidades científicas locales; por el otro, la interpretación de las economías de confianza y de los modos de configurar autoridad en las redes de conocimiento.

En relación con el primer punto, estimamos de importancia revisar los instrumentos de comunicación que las comunidades científicas argentinas, fundamentalmente de ciencias de la vida, tiene a mano y valoran a la hora generar el conocimiento en tanto bien colectivo. Las publicaciones *preprints* en ciencias de la vida constituyen un dispositivo nuevo de comunicación científica. La celeridad en la difusión del conocimiento que conllevan los *preprints* se hizo especialmente visible en los casos de las epidemias de Ébola y Zika y la pandemia producida por el virus SARS-CoV-2. La comunidad científica ha respondido a la pandemia de COVID-19, con más de 125.000 artículos publicados sobre esta temática en los diez meses siguientes al primer caso confirmado. Más de 30.000 de estos artículos fueron publicados primero en formato *preprint* (Fraser *et al.*, 2021). Se evidencia un gran compromiso científico y público con los *preprints* relacionados con COVID-19, dado que estos resultaron más accesibles, citados y compartidos que los *preprints* de otras temáticas. Cabe esperar que este uso se siga dinamizando después de la experiencia de los últimos años (Martini y Filippi 2022). Nuestra propuesta radica en promover el examen de las prácticas de publicación y uso de los *preprints* sobre cannabis medicinal en la comunidad científica argentina en busca de reconstruir y evaluar los criterios de credibilidad que sustenta esta comunidad de práctica.

En cuanto al segundo punto, las redes de conocimiento responden a un armado complejo y suelen tener una composición altamente heterogénea, debido a la formación académica de sus integrantes y a la inclusión en los equipos de trabajo de personas provenientes de ámbitos no académicos, espacios gubernamentales y organizaciones no gubernamentales. Justamente, estos trabajos de colaboración requieren de la construcción de una confianza mutua y de la legitimidad de una autoridad en el conocimiento. Asimismo,

se ven obligados a tomar decisiones acerca de cuáles son los modos más adecuados de comunicar al gran público los resultados obtenidos que generen credibilidad. En este sentido, consideramos pertinente abordar varios interrogantes en relación con la confianza y la autoridad al interior de la red: ¿qué aspectos de la interacción entre académicos y no académicos obstaculizan o posibilitan el trabajo colaborativo en las redes de conocimiento sobre cannabis medicinal?; ¿qué compromisos epistemológico-ético-políticos sustentan los distintos colectivos que forman la red y qué incidencia tienen sobre la confianza y la autoridad de los otros?; ¿quiénes quedan excluidos de las redes sobre la base de la no atribución de conocimiento y la negación de la confianza como testimoniantes?

Los vínculos dinámicos que se presentan tanto al interior como por fuera de las redes de conocimiento de cannabis medicinal entre activistas, colectivos de usuarios e investigadores conlleva a interrogantes en relación con los diferentes lazos cognoscitivos que entretienen. Gracias a estos vínculos se comparten entre las distintas comunidades de práctica las dificultades y obstáculos que se presentan a la hora de consolidar la aspiración del Decreto 883/2020 de “avanzar en proyectos de producción, [de modo que] resulta imperante alentar la investigación en la materia [y] promover la capacitación de los profesionales de la salud.” En este respecto, los interrogantes en torno a la interacción apuntan, por un lado, a los mecanismos a través de los cuales las organizaciones de activistas promueven en el ámbito académico y profesional la investigación científica, el desarrollo de estudios de postgrado, el compromiso de las universidades y la formación de los profesionales de la salud. Un ejemplo es la relación de la asociación Cannabis Medicinal Argentina (CAMEDA) con INTA Castelar en la organización de ciclos de conferencias en este sentido. Por otro lado, los investigadores cuentan con herramientas y prácticas de control y producción que podrían favorecer a los usuarios y productores independientes. Sin embargo, la dispersión de estos últimos dificulta la interacción. Cabe entonces interrogarse acerca de cuáles son los recursos y los dispositivos con que cuentan los investigadores de modo que puedan promover asociaciones estables y ampliadas de usuarios que faciliten la transferencia de servicios, prácticas y conocimiento.

## Bibliografía

- Barnes, B. (1988). *The nature of power*. Cambridge: Polity Press.
- Barnes, B. (1995). *The Elements of Social Theory*. London: UCL Press.
- Bloor, D. (1997). *Wittgenstein, Rules, and Institutions*. London: Routledge.
- Bloor, D. (1996). "Idealism and the sociology of knowledge". *Social Studies of Science*, 26 (4): 839-856.
- Bloor, D. y Barnes, B. (1982), "Relativismo, racionalismo y sociología del conocimiento", en Hollis, Martin; Lukes, Steven (eds.), *Racionalidad y relativismo*, Cambridge, Massachusetts: MITPress.
- Cefaï D. & C. Terzi (dir.) (2012), *L'Expérience des problèmes publics*, Paris, Éditions de l'EHESS, série « Raisons pratiques » 22.
- Cefaï, D. (2014), "Introducción. La cultura de los problemas públicos", en Gusfield, J. (2014), *La cultura de los problemas públicos*, Buenos Aires, Siglo XXI, 65-92.
- Corbelle, F. (2016). *Dar la cara como "usuario responsable"*. *El activismo político de los usuarios de drogas: De la clandestinidad al Congreso Nacional*. Consultado 15 de noviembre de 2021: <http://repositorio.filo.uba.ar/handle/filodigital/3181>
- Díaz, M. C. (2018), "Haciendo camino al andar: notas etnográficas sobre seminarios y jornadas de uso medicinal de cannabis en Argentina (2015-2017)", *Revista Pensamiento Penal*. Consultado el 1 de noviembre de 2021: <http://www.pensamientopenal.com.ar/doctrina/46213-haciendo-camino-al-andar-notas-etnograficas-sobre-seminarios-y-jornadas-uso-medicinal>.
- Díaz, M. C. (2019), "Cultivar a vida. Uma etnografia entre ativistas canábicos na Argentina", Tesis (Doctorado en Antropología), Programa de Pós-Graduação em Antropologia Social, Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Díaz, M. C. (2020). "Convertirse en especialista en cultivo y uso terapéutico de cannabis. Contextos, conocimientos y formas de asesoramiento entre activistas cannábicos en Argentina". *Redes. Revista de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología*, 26 (50), 209-233.
- Díaz, M. C. (2020a), "Redes y conocimientos acerca del uso terapéutico de cannabis en Argentina", *Question*, 1, (65), 1-20.
- Fraser, N., Brierley, L., Dey, G., Polka, J. K., Pálffy, M., Nanni, F. y Coates, J. A. (2021). The evolving role of preprints in the dissemination of COVID-19 research and their impact on the science communication landscape. *PLoS biology*, 19(4), e3000959.
- Fricker, M. (2017), *Injusticia epistémica. El poder y la ética del conocimiento*, Barcelona: Herder.

- Funtowicz, S. y Ravetz, J. R. (2000). *La ciencia posnormal. Ciencia con la gente*. Barcelona: Icaria y Antrazyt.
- Haraway, D. (2021). *Testigo\_Moderato@Segundo\_Milenio.HombreHembra(c)\_Conoce\_Oncorata(R)* Buenos Aires: Rara Avis.
- Hidalgo, C. (2014). “Problemas complejos y socialmente relevantes: el desafío de consolidar redes de conocimiento”, en Fernández, V.; Repetto, L.; Vienni, B.; von Sanden, C. (eds.) (2014). *En clave\_inter. Interdisciplinas, instituciones y políticas públicas*. Montevideo: Espacio interdisciplinario de la Universidad de la República, 17-28.
- Jasanoff, S. (2004), *States of Knowledge: The Co-Production of Science and Social Order*. London, Routledge.
- Kusch, M. (2002). *Knowledge by Agreement: The Programme of Communitarian Epistemology*. Oxford: Oxford University Press.
- Kusch, M. 2009. “Testimony and the Value of Knowledge”. En *Epistemic Value*, edited by A. Haddock, A. Millar, and D. Pritchard, Oxford: Oxford University Press, 60-94.
- Martini, M. A. y Filippi, C. V. (2022). “Preprints en las ciencias de la vida: objetos frontera, cooperación y estandarización”. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad —CTS*, 17(49), 69-90.
- Quéré, L. y Terzi, C. (2015), “Pour une sociologie pragmatiste de l’expérience publique: quelques apports mutuels de la philosophie pragmatiste et de l’ethnométhodologie”, *SociologieS*.
- Romero, L. (2019). “Medical Cannabis in Argentina”. *Pharmacy in History*, 61(3-4), 78-88.
- Romero, L. A., & Aguilar, O. (2020). Introducción al Dossier Políticas y conocimientos alrededor de los usos medicinales de cannabis en América Latina. *Resdes. Revista de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología*, 26 (50), 107–114.
- Shapin, S. (2015). *Nunca pura*. Buenos Aires: Prometeo.
- Shapin, S. (2016). *Una historia social de la verdad*. Buenos Aires: Prometeo.
- Shapin, S. y Schaffer, S. (2005). *El Leviathan y la bomba de vacío. Hobbes, Boyle y la vida experimental*, Bernal: Universidad Nacional de Quilmes.

## Biografía de la autora

**María de los Ángeles Martini** es Doctora en Epistemología e Historia de la Ciencia (UNTREF). Es profesora titular de la Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales de la Universidad Nacional de Moreno y de la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad de Buenos Aires. Es investigadora en ambas instituciones. Sus intereses se centran en temas epistemológicos en torno a

la coproducción del conocimiento científico. Es autora del libro *La ciencia y sus límites. La historiografía de Steven Shapin*, Ciccus-Clacso, 2013; editora del libro *Dilemas de la ciencia. Perspectivas metacientíficas contemporáneas*, Biblos, 2014; co-editora con Roberto Marafioti del libro *Pasajes y Paisajes. Reflexiones sobre la práctica científica*, UNM Editora, 2016. Ha publicado artículos en revistas especializadas nacionales e internacionales sobre temas de filosofía de la ciencia e historiografía de la ciencia.

Forma parte de la Universidad Nacional de Moreno y Universidad de Buenos Aires

**ORCID** <https://orcid.org/0000-0003-3593-3217>

**Correo electrónico institucional y/o personal**

mariadelosangelesmartini@gmail.com / mmartini@unm.edu.ar





## Cannabionides: medicina veterinaria y humana

Investigación básica y estudios clínicos en diversas patologías

Paola Ferrero

### Introducción

El sistema endocannabinoide (SEC) regula funciones metabólicas, la percepción del dolor, el apetito y el sueño, entre otros procesos, en numerosas especies animales. Está formado por ligandos, llamados endocannabinoides, receptores a los que se unen y enzimas que intervienen en su metabolismo, con el fin de generar señales subcelulares que permitan mantener el equilibrio de estas funciones biológicas (Silver, 2019). La desregulación del sistema endocannabinoide se ha encontrado asociada a patologías cardíacas, hepáticas, coagulopatías, neurodegenerativas, entre otras (Zou y Kumar, 2018).

Debido a algunas similitudes estructurales y/o funcionales entre los endocannabinoides, fitocannabinoides y cannabinoides sintéticos, los organismos con SEC son capaces de responder a los cannabinoides exógenos. Esto permite abordar ensayos para conocer la farmacocinética, la farmacodinamia y las interacciones de los cannabinoides con medicamentos, alimentos u otros compuestos que forman parte del preparado mediante el cual los cannabinoides se incorporan al organismo (Macarrone, 2020). La generación de conocimiento sobre el mecanismo de acción de cannabinoides y las vías de señalización que modulan es relevante para su consideración en el tratamiento de síntomas en diferentes patologías.

Mi labor científica en el estudio de los cannabinoides incluye tres aristas diferentes. La primera se enmarca en la investigación preclínica en un modelo animal en el que es posible reproducir patologías humanas, con el fin de estudiar el efecto de la modificación de genes responsables de síntomas y realizar tratamientos con sustancias de uso terapéutico. El objetivo de este tipo de investigación en el campo de las ciencias básicas, es generar conocimientos que constituyan una plataforma para abordar posteriormente ensayos clínicos. Por ejemplo, el impacto de los cannabinoides sobre el sistema cardiovascular es controvertido. Se ha mostrado que los cannabinoides pueden jugar un rol beneficioso en el tratamiento y prevención de patologías asociadas a alteraciones de la presión sanguínea, desórdenes metabólicos, aterosclerosis, infarto de miocardio y arritmias.

Sin embargo, también se han observado efectos negativos de los cannabinoides en algunos parámetros cardíacos. Por ejemplo, la activación del receptor CB1 en tejido cardíaco produce un efecto inotrópico negativo (Eid, 2018). Por lo tanto, explorar cómo los cannabinoides modulan la función cardíaca en modelos preclínicos, puede aportar información para conocer la seguridad en ensayos clínicos y tratamientos en pacientes.

El segundo campo de mi actividad científica se enmarca en la investigación traslacional y clínica. Las tareas se enfocan en contribuir a diseñar relevamientos y ensayos con el fin de conocer aspectos sobre el consumo de cannabinoides en medicina humana y medicina veterinaria. En ambos casos, el punto de partida ha sido iniciar relevamientos sobre la situación actual del consumo de cannabinoides para tomar medidas a futuro que permitan realizar un acompañamiento de pacientes por parte de los profesionales de la salud y garantizar el acceso a un material seguro para realizar tratamientos.

En tercer lugar, desarrollamos un proyecto de naturaleza aplicada con el fin de conectar a profesionales de la salud que llevan adelante tratamientos con cannabinoides para que compartan información en tiempo real sobre los resultados terapéuticos, mediante información ordenada y verificada científicamente. A continuación se detallan aspectos de cada una de las actividades.

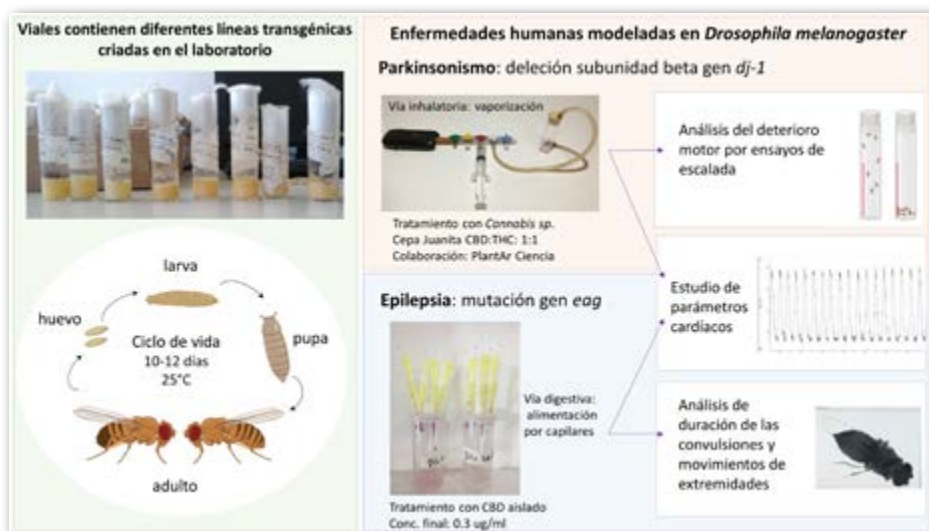
### **Cannabinoides en parkinsonismo y epilepsia**

En mi laboratorio, estudiamos dos patologías humanas en la mosca de la fruta *Drosophila melanogaster*, como organismo modelo. *Drosophila melanogaster* es un insecto cuyo ciclo de vida dura alrededor de 12 días a 25°C, y produce muchos individuos. Esto permite estudiar varias generaciones en un corto período de tiempo. Su genoma está completamente secuenciado y alrededor del 75% de los genes están conservados entre la mosca y el humano (Ugur y col, 2016). Este hecho, sumado a la posibilidad de generar numerosas líneas de moscas transgénicas, hace posible inducir alteraciones genéticas que nos permitan estudiar múltiples aspectos fisiopatológicos humanos en este organismo. Enfermedades humanas como Alzheimer, parkinsonismo, cardiopatías, obesidad y diabetes entre otras, han sido modeladas en *Drosophila*. Sustancias como el alcohol, tabaco, cafeína y los cannabinoides se han explorado en este organismo (Ferrero, 2021).

Para estudiar los cannabinoides con fines terapéuticos, utilizamos una línea transgénica que presenta un tipo de parkinsonismo de origen gené-

tico (por una delección en el gen que codifica para la subunidad beta de la proteína DJ-1) y otra línea cuyos individuos presentan un tipo de epilepsia (por mutación del gen *eag* que codifica para un canal de potasio). Se ha observado que existe un compromiso cardíaco tanto en pacientes que presentan ciertos tipos de parkinsonismo como de epilepsia. De acuerdo con esto, estudiamos individuos adultos de *Drosophila* que manifiestan características propias de cada enfermedad, tratados y no tratados con cannabinoides, comparados con un grupo control de individuos sanos para estos genes. Así, los objetivos de estos proyectos de investigación vigentes en mi laboratorio son: 1 observar si el tratamiento con cannabinoides revierte el deterioro motor asociado al parkinsonismo, 2: observar si se modifica la duración de los episodios convulsivos en la epilepsia 3: comprobar si existe compromiso cardíaco en estas patologías y si los cannabinoides tienen un impacto positivo, negativo o neutro en la función del corazón. 4; indagar otros componentes del SEC como los receptores TRPs.

La administración de cannabinoides ha sido mediante vaporización como por vía oral. Se utilizó una cepa de quimitipo 2 para tratar el parkinsonismo y CBD aislado para tratar la epilepsia. Los ensayos para analizar ambas líneas se enfocaron en estudiar el movimiento y parámetros de la función cardíaca. Los resultados preliminares indicaron que los síntomas motores como la duración de los episodios convulsivos se redujeron. A su vez, para el modelo de parkinsonismo se ha observado que los cannabinoides restauran parámetros cardíacos afectados por la enfermedad. En el caso del modelo de epilepsia los experimentos se encuentran en curso con el fin de analizar si existen y cuáles son, los parámetros modulables por la aplicación de CBD en este modelo. La figura 1 resume el flujo de trabajo con *Drosophila melanogaster*. Limitaciones: los resultados contribuyen a la promoción general de conocimiento; se requieren estudios en otros modelos y ensayos clínicos para tomar decisiones sobre tratamientos. Equipo de trabajo: Carlos Valverde, Juliana Lordi, Paola Ferrero.



**Figura 1.** *Drosophila melanogaster* como organismo modelo para el estudio de cannabinoides en enfermedades humana

## Cannabinoides y trastorno motor complejo

Si bien el cannabis medicinal ha sido una propuesta terapéutica para problemas de salud refractarios a algunos tratamientos farmacológicos actuales, la evidencia sobre su uso en pediatría es escasa y de calidad variable. Un equipo médico del Hospital Sbarra de la ciudad de La Plata ha tomado la iniciativa de abordar un relevamiento en una subpoblación de pacientes pediátricos con trastorno motor complejo (TMC) y necesidades complejas de salud (NCS). El TMC es una combinación de varios tipos de movimientos anormales y variaciones del tono muscular que se asocian con una disminución en la calidad de vida. El potencial terapéutico de los cannabinoides para el TMC se basa en la comprensión actual de la farmacología de los cannabinoides y su mecanismo de acción (Libzon y col, 2018).

Por lo tanto, se ha iniciado un estudio observacional, descriptivo y transversal, cuyos objetivos buscan conocer las características generales del uso del cannabis medicinal en la población pediátrica con NCS y TMC, su perfil epidemiológico, las vías de acceso y provisión, el perfil funcional, las dosificaciones utilizadas, los efectos beneficiosos percibidos por los cuidadores respecto a la espasticidad, distonía y calidad de vida, así como los efectos secundarios y no deseados. La población de estudio se constituirá

por pacientes de 0 a 18 años que presentan necesidades complejas de salud y cursan con TMC, asistidos en el Hospital Dr. Noel H. Sbarra de la ciudad de La Plata, que utilizan cannabis medicinal, desde enero 2019 a noviembre 2023. Los datos se recolectarán a través de una encuesta dirigida al familiar responsable. Consideramos que los resultados a obtener contribuirán a generar un diagnóstico situacional sobre la temática, que nos permitirá plantear estrategias para investigaciones futuras que generen evidencia sobre su eficacia terapéutica y sus efectos sobre la espasticidad, distonía y la calidad de vida en la población pediátrica tratada. Asimismo, permitirá sentar las bases para abordar tratamientos en un marco de seguridad, garantizando el acceso y acompañamiento por el equipo de salud. Limitaciones: es un estudio observacional que no constituye en sí mismo un tratamiento, sin embargo la información recabada será un punto de partida para diseñar estrategias adecuadas de acompañamiento a pacientes.

Equipo de trabajo: Josefina Leporace Guimil, Carolina Oroná, Marcos Castillo, Paola Ferrero

## **Cannabinoides en medicina veterinaria**

La evidencia sobre usos de cannabinoides en medicina veterinaria ha crecido a nivel internacional. Se ha estudiado la distribución de los receptores cannabinoides y desregulaciones del SEC asociadas a patologías. Sumado a esta información, ensayos y reportes de casos indican que los cannabinoides tienen utilidad en el control del dolor, osteoartritis y epilepsia idiopática, entre otras afecciones (Coelho y col, 2021).

En la Argentina, los equipos de trabajo que llevan adelante proyectos de investigación/ensayos clínicos, sobre sus efectos en animales, son escasos. Sin embargo, existen muchos pacientes que son tratados con preparados que contienen cannabinoides en condiciones en que otros fármacos son insuficientes o no producen los efectos esperados. Considerando que la administración de fitocannabinoides podría mejorar la calidad de vida de pacientes con diversas patologías, el objetivo de este trabajo fue realizar un diagnóstico situacional de pacientes tratados con cannabinoides en la Argentina, con el fin de identificar patologías y su respuesta a diferentes quimiotipos.

Desde Veterinarios Cannábicos Argentinos se realizó la primera encuesta nacional dirigida a veterinarios/as entre los meses de mayo y noviembre de 2021. De los pacientes tratados con cannabinoides, un 77% correspondió a caninos, un 21% a felinos y 2% a otras especies.

Los profesionales utilizaron uno de los tres quimiotipos de *Cannabis sativa*. En caninos, las patologías predominantes fueron dolor, trastornos de la conducta y convulsiones. Para dolor, se utilizaron predominantemente quimiotipos 1 y 2, en las otras dos patologías, el quimiotipo 3. Los pacientes mostraron mejoras de los síntomas a diferentes tiempos evaluados. Actualmente, se encuentra en curso el análisis de datos del subgrupo de felinos. En este grupo las patologías incluyen desde dermatopatías a trastornos de conducta, dolor, gingivostomatitis, entre otras. Hasta el momento, los datos indican que, mediante una correcta evaluación de cada caso, es posible administrar cannabinoides para mejorar síntomas y la calidad de vida de caninos y felinos. Este estudio transversal constituye un punto de partida para generar evidencia científica en función de las necesidades de los pacientes. Limitaciones: es un primer relevamiento en el cual por ejemplo, en el subgrupo de felinos la información extraída es más escasa que en el subgrupo de caninos. No obstante se espera ampliar las investigaciones en ambos grupos de pacientes.

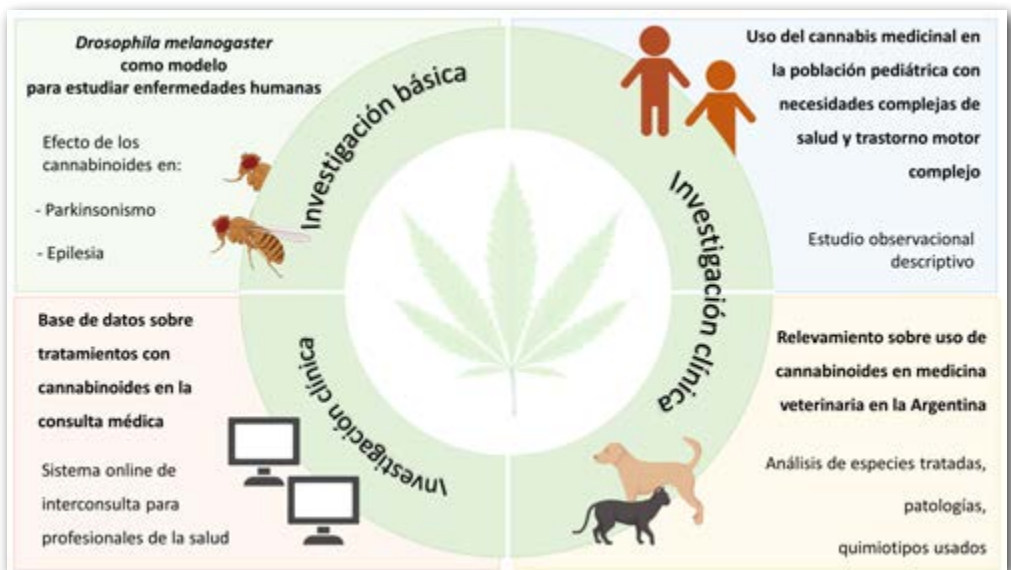
Equipo de trabajo: Veterinarios Cannábicos Argentinos, Comisión de Veterinaria (Racme), Diana Banach, Paola Ferrero.

### **Base de datos para profesionales**

Esta base de datos interactiva constituye una herramienta para conectar a profesionales de la salud. Se trata de adquirir, ordenar y utilizar la información sobre tratamientos abordados con cannabinoides en las consultas médicas con el fin de que los/as profesionales de la salud cuenten con información en tiempo real que les permita definir un marco sobre el cual abordar sus tratamientos. Este proyecto surge para atender a la necesidad de los profesionales de localidades del interior de la provincia y del país, que no cuentan con centro científicos/tecnológicos/educativos con especialistas en el tema y permite conectarlos con colegas para compartir experiencias en el uso de cannabis medicinal. La base de datos facilitaría: 1, ordenar la información existente sobre pacientes que consumen diferentes fitocannabinoides y acuden a la consulta médica; 2, conocer efectos beneficiosos y adversos de los distintos componentes consumidos en sus diferentes formas de presentación y administración (aceite, cogollo, tintura, crema, ungüento; vías inhalatoria, digestiva, dérmica); 3, conocer las proporciones y variedades de cannabis más adecuadas para cada enfermedad y condición médica de los pacientes; 4, aportar información preliminar para desarrollar protocolos en ciencia básica y traslacional; 5, integrar la información con otras bases de datos para promover estudios multicéntricos.

**Implementación:** la base de datos tendrá asignado un dominio. Los profesionales accederán a la misma mediante un registro de usuario que requerirá autorización por parte de los administradores. Luego de constituir un usuario registrado, cada médico podrá ingresar información de sus casos que se guardará en la plataforma. A los efectos del uso científico de los datos, la información de cada paciente ingresado a la base, se almacenará con un número de identificación únicamente. Luego se analizará y se ordenará para aportar datos estadísticos que sirvan como referencia a otros profesionales que quieran consultar la base. La información a coleccionar está estandarizada según criterios internacionales para poder ser comparada con datos obtenidos a través de cualquier protocolo estándar implementado en los centros de atención/investigación. **Limitaciones:** la información no constituye un ensayo clínico controlado, se trata de reunir reportes que aporten información inicial para futuros diseños clínicos. **Equipo de trabajo:** Fernando Cejas, Roberto C Garibolgio, Paola Ferrero

La **figura 2** resume las líneas de trabajo descritas. En conclusión, la investigación sobre cannabinoides, desde un abordaje integral con relación a las disciplinas científicas y a los equipos de trabajo conformados por diferentes profesionales, contribuirá a la generación de conocimiento y a implementar acciones concretas en un marco de seguridad sobre su uso terapéutico en pacientes.



**Figura 2:** Líneas de trabajo sobre cannabinoides en investigación básica y clínica.

## Bibliografía

- Zou S, Kumar U. Cannabinoid Receptors and the Endocannabinoid System: Signaling and Function in the Central Nervous System. *Int J Mol Sci.* 2018; 19(3):833. doi: 10.3390/ijms19030833. PMID: 29533978; PMCID: PMC5877694.
- Maccarrone, M. Phytocannabinoids and endocannabinoids: different in nature. *Rend. Fis. Acc. Lincei* 31, 931–938 (2020). <https://doi.org/10.1007/s12210-020-00957-z>
- Eid BG. Cannabinoids for Treating Cardiovascular Disorders: Putting Together a Complex Puzzle. *J Microsc Ultrastruct.* 2018; 6(4):171-176. doi: 10.4103/JMAU.JMAU\_42\_18. PMID: 30464888; PMCID: PMC6206749.
- Ugur B, Chen K, Bellen HJ. Drosophila tools and assays for the study of human diseases. *Disease Models & Mechanisms.* 2016; 9(3):235.
- Ferrero P. How similar are you to the fruit fly? Ferrero P. *Physiological Mini Reviews.* 2021; September-October: 54-64.
- Libzon S, Schleider LB, Saban N, Levit L, Tamari Y, Linder I, Lerman-Sagie T, Blumkin L. Medical Cannabis for Pediatric Moderate to Severe Complex Motor Disorders. *J Child Neurol.* 2018; 33(9):565-571. doi: 10.1177/0883073818773028. Epub 2018 May 16. PMID: 29766748.
- R C Coelho MP, de O P Leme F, A Moreira F, E M T Branco S, M Melo M, G de Melo E. Current review of hemp-based medicines in dogs. *J Vet Pharmacol Ther.* 2021; 44(6):870-882. doi: 10.1111/jvp.13016. Epub 2021 Oct 3. PMID: 34605042.

## Biografía de la autora

**Paola Viviana Ferrero** (Bragado, 1976). Doctora en Ciencias Biológicas (UNLP). Investigadora independiente de CONICET en el Centro de Investigaciones Cardiovasculares "Dr Horario E. Cingolani" Facultad de Ciencias Médicas. CONICET/Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Profesora de farmacogenética de la Universidad Nacional del Noroeste de la provincia de Buenos Aires (UNNOBA). Es autora de publicaciones científicas en revistas internacionales con referato. Su línea de investigación sobre cannabis ha sido declarada de interés municipal por el Concejo Deliberante de la ciudad de La Plata (2019). Integra la Red Argentina de Cannabis Medicinal (RACME). Ha dirigido proyectos de extensión sobre Cannabis en la UNNOBA y participa de capacitaciones como docente en el tema, en cursos de formación de la UNLP, Mamá Cultiva y la diplomatura superior sobre cannabis, de la UNAJ.



Forma parte del Centro de Investigaciones Cardiovasculares "Dr Horario E. Cingolani" Facultad de Ciencias Médicas. CONICET/Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Universidad Nacional del Noroeste de la provincia de Buenos Aires (UNNOBA).

ORCID: 0000-0002-5582-642X

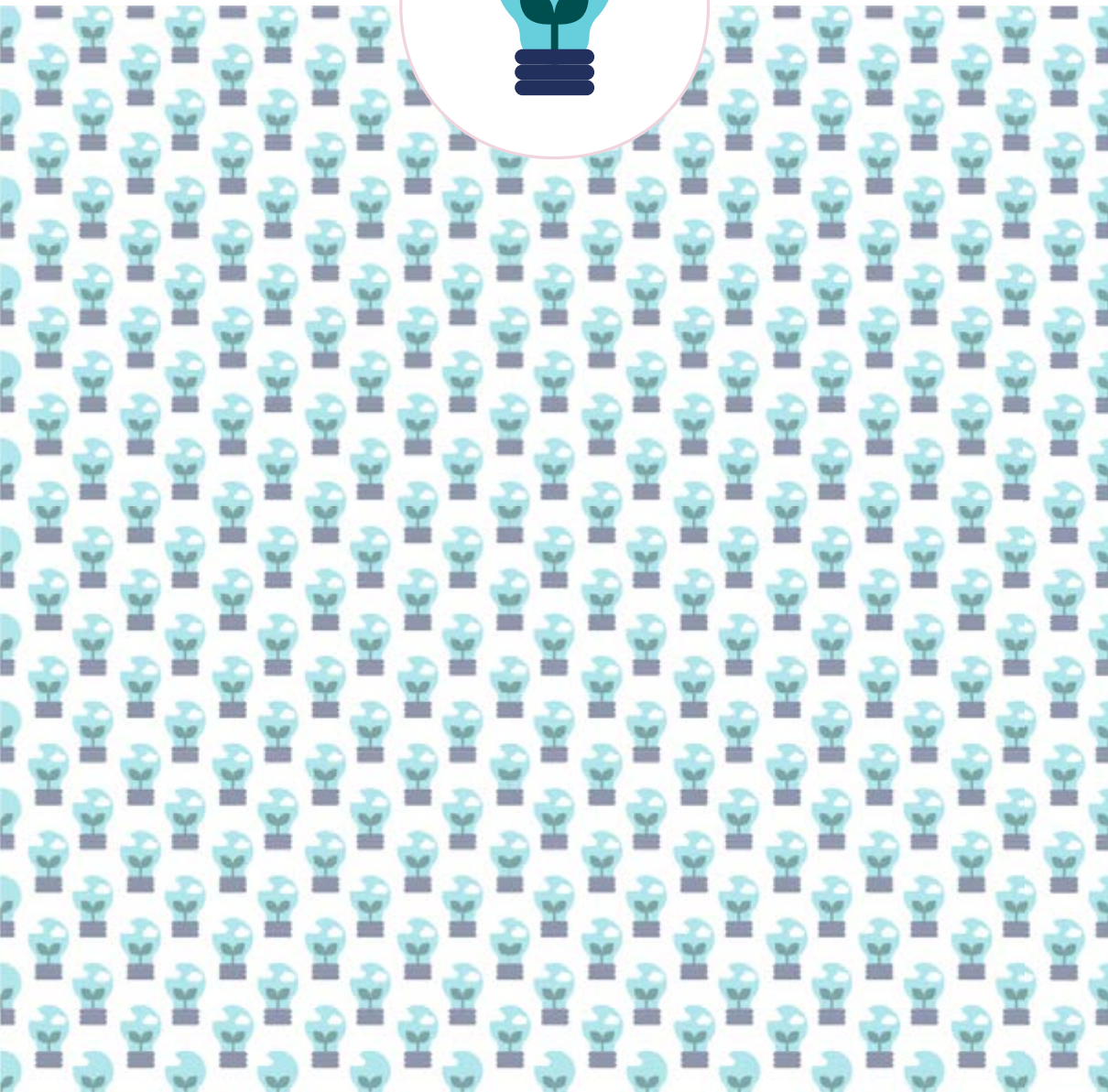
Correo electrónico institucional y/o personal:

[pvferrero@comunidad.unnoba.edu.ar](mailto:pvferrero@comunidad.unnoba.edu.ar)

[paoferrero@gmail.com](mailto:paoferrero@gmail.com)



# EFICIENCIA ENERGÉTICA





## EFICIENCIA ENERGÉTICA

**La jornada "Eficiencia Energética" tuvo lugar el 20 de octubre en la Universidad Nacional de Luján, con la participación de 80 investigadores e investigadoras de la Provincia de Buenos Aires.**

La eficiencia energética es una estrategia fundamental para optimizar el uso de la energía y mejorar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios obtenidos a partir de su uso, sin comprometer la calidad de vida de los usuarios. Para lograrlo, es necesario implementar medidas de gestión de la energía, invertir en tecnologías de mayor rendimiento, utilizar procesos productivos más eficientes y fomentar hábitos de uso responsable. Además, la eficiencia energética se complementa con las energías renovables, ya que permite aumentar su participación en la matriz energética de manera más rápida y reducir los costos totales del sistema energético nacional. Por último, el aumento de la eficiencia energética a nivel nacional también contribuye a la mitigación del cambio climático a través de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Durante la jornada se presentaron y repasaron los avances tecnológicos de proyectos ejecutados por Universidades con asiento en la Provincia y centros de investigación asociados a la CIC. Asimismo, se generó un espacio taller con el objetivo de favorecer la vinculación entre los participantes. Como resultado, concluimos que la implementación de medidas de eficiencia energética requiere la adopción de tecnologías y soluciones innovadoras, debido a la falta de acceso a equipos y tecnología de vanguardia, y a la falta de capacitación en técnicas avanzadas. Es importante investigar y desarrollar nuevas tecnologías y soluciones que permitan mejorar la eficiencia energética en la provincia de Buenos Aires. Como así también que se analicen las oportunidades de colaboración con el sector privado y otras instituciones para impulsar la innovación y el avance técnico.

Asimismo, es fundamental abordar líneas de investigación que promuevan una mejora en el desempeño energético, a través de la aplicación de sistemas de gestión eficientes, energías de origen reno-

vables no desarrolladas y aprovechamiento de subproductos industriales para la generación de energía.

Por último, para promover la eficiencia energética en la Provincia, se requiere la cooperación y el apoyo de diferentes instituciones y organismos gubernamentales, a fin de impulsar y sostener el financiamiento y las políticas de apoyo a la investigación.

## Laboratorio de Eficiencia Energética Aplicada

Avances para Implementar Experiencias sobre Desempeño Energético

José L. Maccarone , Pascual Osvaldo, Inti Rodríguez,  
Carlos Kuhn, Lautaro Bifano y Marcelo Gil

### Resumen

En estos últimos años la adecuación de las tarifas energéticas ha impulsado acciones de capacitación con vistas a mejorar la gestión de las energías utilizadas, qué si bien contemplan ejemplos prácticos, los mismos no son experiencias prácticas. Para dar respuesta a esta demanda y realizarla con el mayor grado de competencia posible, es que bajo el marco del presente proyecto se propone el desarrollo e implementación de un Laboratorio dedicado a las prácticas de Gestión y de Eficiencia Energética aplicada a las organizaciones en general y en particular a las PyMEs.

De esta forma se puede cumplir con el principal objetivo, ofrecer a las PyMEs de la región un espacio de desarrollo de competencias con vistas a mejorar el desempeño energético, optimizando algunas de las variables de sus procesos.

### Introducción

#### Contexto

En el año 2011 se publica la norma IRAM / ISO 50001 “Sistema de Gestión de la Energía para las Organizaciones”, a nivel internacional esta norma surge como pedido de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (UNIDO) quien reconoce que la industria necesita dar respuesta efectiva al cambio climático y a la gestión de la energía.

UNIDO [1] solicita a ISO desarrollar una Norma Internacional de gestión de la Energía. Para lo cual la ISO crea en el 2008 el comité ISO-TC 301 “Gestión de la Energía”. El TC 301 es el encargado del desarrollo y participaron 44 países miembros como así también el Consejo Mundial de Energía (CME). Tanto para la Versión original de la ISO como de la IRAM/ ISO 50001 2018 (versión actualizada a la fecha) y sus guías de referencia trabaja el Comité de Gestión Energética del IRAM y desde sus inicios, integrantes del Centro CODAPLI participan en el TC 301.

Los integrantes de CODAPLI del área de Energía y específicamente de Eficiencia Energética participan activamente en el Programa de Energía de la Universidad Tecnológica Nacional y en la Red Tecnológica Nacional sobre Eficiencia Energética de la Universidad, desde el 2014 participando de Proyectos de Integración Regional sobre la temática.

### Líneas de investigación y desarrollo

Dentro de las Políticas de Estado de la Argentina [2], se considera importante la incorporación en las carreras de arquitectura e ingeniería la temática de Eficiencia Energética, de hecho, en los nuevos diseños curriculares aparece el tema en alguna de las actividades reservadas a cada especialidad, en particular en la Carrera de Ingeniería en Energía Eléctrica [3].

El resultado esperado es convertir a la gestión de los energéticos en un pilar de las fuentes de energía, de tal manera que se convierta por sí sola en una fuente más, es decir el kWh que deja de consumir un usuario queda libre para que lo pueda aprovechar otro usuario, sin necesidad de invertir en nueva generación.

Las adecuaciones de las tarifas energéticas, ha impulsado acciones por parte del sector privado, instituciones y sector académico, relacionadas a la capacitación sobre la temática y existe una creciente oferta de la misma.

Si bien la gestión de los recursos energéticos requiere de un componente formativo teórico, también es cierto que, al estar relacionado con la operación y mantenimiento de equipos y procesos, requiere de un componente práctico. Pero el **problema** es que la mayoría de la capacitación que se ofrece cuentan con ejercicios y ejemplos, pero carecen de prácticas y experiencias. Y en particular en la UTN de la Región de La Plata no existe específicamente un laboratorio dedicado a las prácticas de Gestión y de Eficiencia Energética aplicada a las organizaciones.

Para dar **respuesta al problema** se puede plantear como alternativa obtener el componente práctico realizando análisis del desempeño energético utilizando instalaciones reales concentradas en un laboratorio de prácticas y experiencias.

Para aportar en esta dirección, el proyecto tiene como **objetivo** desarrollar e implementar un laboratorio para que las carreras de Ingeniería de la Facultad y las PyMEs de la Región puedan contar con un espacio acorde para realizar prácticas, experiencias y capacitación. Laboratorio que denominamos Laboratorio de Eficiencia Energética Aplicada (LEEA).



En cuanto a la **metodología** para desarrollar las prácticas, se basa en las experiencias de los trabajos de extensión y desarrollo [4] de los integrantes del grupo Tratamiento de Señales de Sistemas Eléctricos dependientes del Centro CODAPLI. Los conocimientos fueron adquiridos en trabajos desarrollados en empresas PyME y parados en las necesidades de las Organizaciones intervenidas, se proponen las experiencias como prácticas en el laboratorio.

## Desarrollo

Si nos referimos a poder realizar prácticas que tengan que ver con el saber hacer para que un equipo, un proceso, sea más eficiente, eficaz y efectivo en cuanto al uso de la energía, tenemos que referirnos a las transformaciones de energía que se realizan en todo proceso porque sin lugar a dudas, al mismo tiempo que se va transformando un producto o desarrollando un servicio paralelamente se van desarrollando transformaciones de energía.

La figura 1, quiere esquematizar una organización en la cual ingresan energías, se transforman y el producto o servicio final sale de ese proceso con una componente energética determinada. Y para ser más eficiente y mejorar el desempeño energético es necesario que la componente de energía de todo el proceso sea menor para el mismo objetivo, o sea para el mismo producto. Por lo tanto, se deben conocer los procesos y equipos para poder accionar en busca de un menor consumo de energía para el mismo resultado.

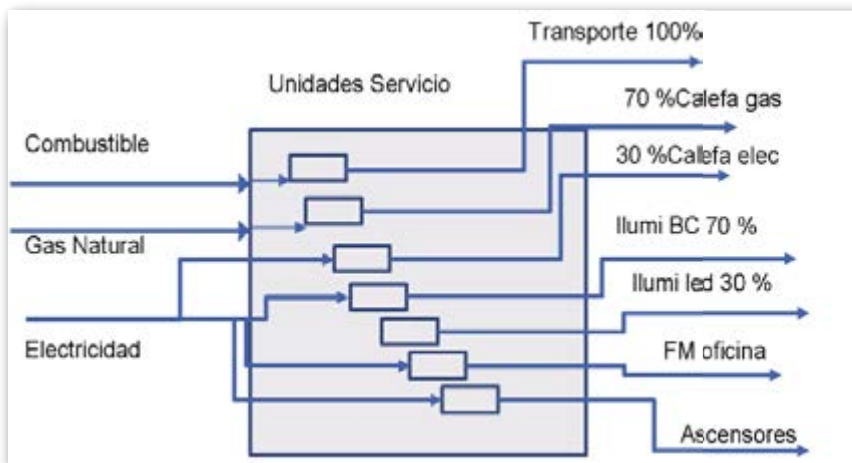


Figura 1: Esquema de Consumo – Transformación – Uso de la Energía

Esta figura esquematiza las energías y los combustibles más utilizados, tales como el gas, la electricidad, combustibles líquidos y agua, los que se pueden transformar en vapor, en frío, en calor, fuerza motriz, en agua tratada para proceso, en iluminación, en aire comprimido para proceso, en transporte, entre otros.

En esas transformaciones se encuentran los puntos clave a tener en cuenta al momento de decidir cómo reproducir en un laboratorio la experiencia que emule a dicho proceso y cubra varias necesidades no satisfechas o por lo menos no aún en su totalidad. Tal el caso que se plantea en este trabajo, es decir la experiencia en el laboratorio para el aprendizaje académico, pero también es de utilidad para cubrir otras necesidades de la región tales como el entrenamiento de técnicos para las industrias, o las pruebas de equipos o simulación de procesos similares a los reales.

De la experiencia con las PyMEs surge una primera lista de prácticas a desarrollar en el Laboratorio, las cuales contempla: Termografía, Motores Eléctricos, Calidad de Producto y Servicio en Instalaciones eléctricas de Baja y Media Tensión, Iluminación, Sistemas de Climatización, Sistemas de Combustión, Sistemas de Compresión, Sistemas de Bombeo, temas generales sobre Balance Energético, Revisión Energética, Auditoría Energética, entre otros. En este trabajo se describen algunas experiencias desarrolladas mientras que otras se encuentran en proceso.

### **Implementación de un método ágil para la experiencia sobre motores eléctricos asincrónicos trifásicos**

Particularmente en las industrias el 60 % de la energía consumida es del tipo eléctrica y casi el 70 % está relacionado con motores eléctricos, en los motores eléctricos asincrónicos el mayor aprovechamiento energético se presenta a una carga entre el 75 y 85 % de la potencia nominal, los motores averiados al rebobinarlos no mantienen su rendimiento especificado por el fabricante, normalmente baja por cada rebobinado un 1 a 2 %, los arranques suaves y los variadores de velocidad ayudan a mantener un mejor rendimiento cuando la carga es variable en el proceso. Existen cuatro tipos de motores según sea su caracterización en base a la eficiencia del mismo, siendo el E1 el menos eficiente y hasta el momento en el mercado el E4 el más eficiente. La realidad en las intervenciones en las industrias PyMEs, en general estos temas no son abordados correctamente más allá de que el personal involucrado tenga una vasta experiencia y capacitación para realizar sus tareas específicas. En este aspecto la realidad nos indica que los motores eléctricos son herramienta vital

para el proceso de la producción y en muchas oportunidades no se encuentran trabajando a su potencia óptima o cercana a ella, por otro lado, motores que son rebobinados varias veces y se los consideran a su rendimiento original, motores que cuentan con variador de velocidad, pero se desaprovecha su máximo rendimiento, etc. Esto sucede porque no se sabe que medir, como medir y como interpretar los resultados de diferentes situaciones que se presentan en la realidad, como ser los parámetros operativos de producción.

Por ese motivo una parte de este laboratorio hace foco en la eficiencia energética de motores eléctricos asíncronos trifásicos, en una primera etapa hasta potencia de 2,5 kW, adaptando el método de medición desarrollado por investigadores de la Universidad de Durham (Reino Unido) y la Universidad Politécnica delle Marche (Italia) [5]. Método que permite determinar la potencia mecánica en el eje de un motor eléctrico asíncrono por medios opto eléctricos, y en el LEEA se utiliza para la determinación de la eficiencia energética para distintos estados de carga. Estas pruebas se realizan con equipamiento de la marca De Lorenzo perteneciente al Laboratorio de Máquinas Eléctricas y con la utilización de desarrollos de los equipos complementarios necesarios para llevar adelante esta tarea.

Para determinar la eficiencia energética del motor el método, se basa en la medición de la potencia eléctrica consumida y la potencia mecánica que eroga un motor eléctrico en su eje. Para medir la potencia eléctrica se utiliza un Registrador y para obtener la potencia en el eje del motor se mide la deformación torsional que se produce en una varilla metálica que vincula el motor bajo ensayo con una carga mecánica variable en el eje, esta deformación es proporcional al torque. La deformación torsional se obtiene mediante sensores fotoeléctricos ubicados en cada uno de los extremos de la barra metálica. La principal ecuación utilizada es:

$$P_{\text{eje}} = K \frac{\Delta t}{t_i^2}$$

En donde:  $t_i$ : Tiempo entre pulsos de una revolución completa medido sobre el mismo sensor, lado motor y  $\Delta t$ : Tiempo entre pulsos lado motor-lado generador K: es una constante que se determina ensayando la barra de torsión, aplicando un momento de torsión conocido y midiendo el ángulo que se deforma.

Los resultados obtenidos hasta ahora (postergados en parte por la Pandemia) se ha enfocado en hallar la constante K.

Como primera conclusión de este desarrollo podemos afirmar que el método es aplicable en el laboratorio LEEA, es una alternativa ágil en su

ejecución para la determinación de la eficiencia del motor asincrónico a distintos estados de carga, y por ser de muy bajo costo se incorpora a las prácticas del LEEA [6].

Los pasos a seguir para esta experiencia, establecer una tabla de errores para distintos estados de carga, tomando como comparación un medidor de torque de clase 0,2.

### **Implementación de un Kit para uso de Cámara de Termografía**

El desarrollo de un kit específico para el uso de una cámara para análisis de termografía incluye 4 tipos de problemas diferentes. Este kit puede emular un desequilibrio de cargas o una situación en la cual un interruptor termo-magnético se encuentra sobrecargado o el caso de un motor trifásico en el cual aparece un sobrecalentamiento en una de sus bobinas por diferentes tipos de fallas o cómo el efecto de emisividad de los cuerpos puede dar una lectura errónea de temperatura de un proceso o equipo.

Para los instructores y docentes se prepara un apunte a modo de repaso teórico sobre los conceptos generales de la Termografía, de tal manera que sirva al objetivo de proporcionar el conocimiento complementario a los profesores de otras Carreras de Ingeniería que no estén tan familiarizados con la temática y deseen incorporar la práctica en su materia. También se complementa con un resumen sobre la utilización de la Cámara para Termografía del Laboratorio y una descripción del Tablero o Kit. Las 4 prácticas desarrolladas por pasos y resuelta de tal manera que sirvan de guía al momento de realizarlas. Los alumnos tienen la descripción y guía de uso de la Cámara para Termografía, del kit que utilizan y las guías de los 4 trabajos prácticos no resueltos, pero con todos los pasos como para resolverlo [7]. Como resultado, se puede decir que se pudo poner a prueba en cursos de extensión con muy buena aceptación y para el 2023 estará disponible para las cátedras que lo requieran.

### **Desarrollo de un software para implementación, seguimiento y control de un Sistema de Gestión de Energía para PyMEs**

Para que las PyMEs no se vean obligadas a traspasar todos los incrementos energéticos a precio, es necesario aplicar herramientas de gestión enfocadas a mejorar el desempeño energético del conjunto, procurando un resultado de menor consumo a igual producción o igual consumo con mayor producción.

El objetivo es disponer de un espacio adecuado para que las PyMEs a través de un software en red puedan realizar la implementación, seguimiento y control del sistema de gestión de la energía. Esto les permite obtener un uso más racional del recurso energético y lograr los objetivos deseados de mejorar su desempeño energético en menor tiempo.

Para el desarrollo de la dinámica del software se utilizó la misma metodología aplicada en trabajos propios basados en Sistema de Gestión Energética, enmarcado en la norma IRAM / ISO 50001-2018. Por otro lado, los datos para las pruebas se obtuvieron de la experiencia adquirida a través de la participación del equipo en análisis energético de procesos productivos de PyMEs de nuestra Región [8], [9]. El software es una herramienta sencilla, se puede acceder a través del sitio web con un usuario y clave única por cada PyME, [10], [11].

La versión actual se está probando con dos PyMEs y en el año 2023 se utilizará para la implementación del Sistema de Gestión de la Energía de la UTN La Plata.

### **Resultado general y conclusión**

A partir de la implantación de este proyecto queda disponible un espacio en donde se puede experimentar sobre cómo proceder para mejorar el desempeño energético de un proceso en particular y en la PyME en su conjunto. También apunta a concientizar a la sociedad sobre un uso más racional de la energía que utilizamos.

Algunas de estas experiencias fueron utilizadas en el curso realizado en la UTN La Plata a fines del año 2018, bajo la denominación “Programa Ejecutivo en Desarrollo de Proyectos de Energías Renovables”, específicamente utilizado en el módulo 8 sobre Eficiencia Energética.

El software de Gestión de la Energía está siendo transferida a una Curtiembre del tipo Cooperativa de Trabajo. Y se continua con las actualizaciones para continuar mejorando sus prestaciones.

Todas las experiencias disponibles en un mismo lugar: Laboratorio de Prácticas sobre Eficiencia Energética para que puedan estar disponibles para las cátedras relacionadas a la temática de las carreras de Ingeniería de la Facultad Regional, como también disponibles para Instituciones y Empresas de la Región.

Se puede concluir que la implementación de este laboratorio es un pilar para sostener la transversalidad de la temática en todas las carreras de ingeniería de la Facultad. Y punto de partida para otras iniciativas regionales.

## Bibliografía

- [1] United Nations Industrial Development Organisation, <http://www.unido.org/>
- [2] Jornada de eficiencia energética en los programas-universitarios, año 2017
- [3] Resolución 1565-2021, APN ME, Ministerio de Educación de la Nación. <https://www.argentina.gob.ar/>
- [4] “Nuestros Trabajos” web del Software de Gestión de la Energía Planergy versión 2022, <https://sge.frlp.utn.edu.ar/sge/>
- [5] Zappalá D., Bezziccheri M., Crabtree C. y Paone N. (2018). Non-intrusive torque measurement for rotating shafts using optical sensing - of zebra-tapes. *Measurement Science and Technology*, 29(6), 065207.
- [6] Maccarone, J. L., Amoresano, C., Osvaldo, P., Gil, M., Abraham, A., Arozameña, G., & Bifano, L. (2022). Implementación del ensayo para calcular la eficiencia de un motor de hasta 2,4 kW en función de la determinación de la potencia mecánica en el eje, por medios opto-eléctricos. *Ingenio Tecnológico*, 4, e032. <https://ingenio.frlp.utn.edu.ar/index.php/ingenio/article/view/72>
- [7] KIT para ensayo de Termografía, (2017), Manual de uso de la KIT para Termografía, LEEA (Laboratorio de Eficiencia Energética Aplicada), Centro CODA-PLI, UTN La Plata.
- [8] Maccarone, J.; Gil, M.; Pascual, O; Fata, O.; (2017), Caracterización Energética de un Parque Industrial, *IIº Congreso de Investigación y Transferencia Tecnológica en Ingeniería Eléctrica – UTN Buenos Aires – ISSN 25913913*
- [9] Gil, M.; Maccarone, J. (2016), Instrumentos de seguimiento y control para la implementación de una Plan de Gestión Energética en Organizaciones, *CLADE 2016 (Congreso Latinoamericano de Distribuidoras Eléctricas) – Córdoba – Argentina - Memorias del Congreso*.
- [10] Bifano, L., Maccarone, J. L., Gil, M., & Pascual, H. O. (2021). Sistema de software para la gestión energética enmarcado en la norma IRAM-ISO 50001. *Ingenio Tecnológico*, 3, e022. <https://ingenio.frlp.utn.edu.ar/index.php/ingenio/article/view/e022>
- [11] Software de Gestión de la Energía para PyMEs, Planergy versión 2022, <https://sge.frlp.utn.edu.ar/sge/>

## Biografía de los autores

**José Luis Maccarone** (La Plata, 1961). Ingeniero Electricista, Ingeniero Laboral, MBA y Doctor en Ciencias de la Administración. Director de la Carrera de Ingeniería en Energía Eléctrica de la UTN La Plata, Co-director del Centro

de I+D CODAPLI de la UTN, Profesor Titular de la Cátedra Proyecto Final de la carrera de Ingeniería en Energía Eléctrica de la UTN La Plata, Profesor de Postgrado en la Maestría de Energía Renovable de la UTN Avellaneda y La Plata. Integrante del Consejo del Programa de Energía de la Universidad Tecnológica Nacional. Integrante del Comité TC 301 de la ISO / IRAM Sistemas de Gestión de la Energía para las Organizaciones, siendo uno de los co-autores de la Norma IRAM 50001-2011, 50001-2018 y en los últimos 10 años participó activamente en el desarrollo de las guías de referencias de la norma. Co-autor del desarrollo de un Software para implementación, seguimiento y control de un Sistema de Gestión de la Energía para PyMEs, cuyo registro de autor se obtuvo en el 2021 y fue presentado en el programa “Desde el Conocimiento en C5N – conducido por Jaime Perczik”. Actualmente Dirige el proyecto “Desarrollos relacionados a los temas energéticos que ayudan en el camino de transformación a ciudades inteligentes”. Desde el año 2020 es Miembro Titular de la Academia Panamericana de Ingeniería.

**Inti Ezequiel Rodríguez** (La Plata, 1994) Ingeniero Electricista. Actualmente Ayudante Diplomado en las materias *Accionamientos y Controles Eléctricos* de 5to año y en *Máquinas Eléctricas 1* de 3er año, ambas materias correspondientes a la carrera de Ingeniería en Energía Eléctrica de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata. A su vez, realiza la coordinación de cursos de extensión para personal técnico de YPF y no técnico de EDELAP. Publicaciones realizadas en el XI SEMINARIO NACIONAL DE ENERGÍA Y SU USO EFICIENTE con el trabajo “*En el camino de transformación a ciudades inteligentes Centro de Carga de EVS – Caso San Miguel del Monte*” y en el IV CONGRESO DE ENERGÍAS SUSTENTABLES con el trabajo “Desarrollos relacionados a los Temas Energéticos, que Ayudan en el Camino de Transformación a Ciudades Inteligentes”. Participo en la organización del III CONGRESO DE INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA EN INGENIERIA ELÉCTRICA y en el VIII SEMINARIO NACIONAL DE ENERGÍA Y SU USO EFICIENTE. Residente de la ciudad de La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata, categoría de investigador en proceso.

**Carlos Javier Kuhn** (Monte 1995). Desde 2018 Alumno investigador en el Laboratorio de Eficiencia Energética Aplicada (LEEA) del departamento de Ingeniería en energía eléctrica La Plata. Alumno de 5to Año, técnico electromecánico. Actualmente trabajando en el sector privado para Servintel International en el sector de Ingeniería y proyecto.

**Héctor Osvaldo Pascual** (La Plata, Argentina 1968). INGENIERO ELECTRICISTA, recibido en la UTN La Plata (1987-1993) obteniendo la *medalla de oro*, por parte de la Academia Nacional de Ingeniería por haber egresado con el más elevado promedio de calificaciones. DOCTOR EN INGENIERÍA, título obtenido en la Facultad de Ingeniería de la UNLP (1996-2002). Profesor Titular de las cátedras: “*Instrumentos y Mediciones Eléctricas*” y de “*Integración Eléctrica II*”, ambas materias forman parte de la carrera de Ingeniería en Energía Eléctrica de la UTN La Plata. Profesor de Postgrado de la asignatura “*Sistemas Inteligentes*” de la Especialización en Energía Eléctrica, Mención Transmisión y Distribución, dictada en la UTN Santa Fé. Fundador y director del Grupo de I+D de Tratamiento de Señales en Sistemas Eléctricos (TSSE), ubicado en el Dto. de Ingeniería Eléctrica de la UTN La Plata, bajo la órbita del cual fue autor o coautor de más de 50 publicaciones realizadas en diferentes revistas y eventos científicos de carácter nacional e internacional. Dirigió exitosamente diferentes proyectos de I+D vinculados con el programa de incentivos del MinCyT, a través de los cuales se lograron transferencias concretas al sector de bienes y servicios. Los temas de investigaciones en los cuales actualmente se desarrolla son: “Calidad de la Energía Eléctrica y su impacto en equipos e instalaciones”, “Análisis y determinación de Pérdidas Técnicas en los sistemas eléctricos” y “Medición y procesamiento de datos proveniente de equipos y sistemas eléctricos”.

**Marcelo Rafael Gil** (Ensenada, 1968). Ingeniero Industrial, estudios de postgrado en Gestión de la Energía UNLa-CNEA e Ingeniería Ambiental UTN-La Plata, Director de la Carrera de Ingeniería Industrial UTN La Plata desde junio de 2018 a junio de 2022, Profesor Adjunto de la Cátedra Instalaciones Industriales de la carrera de Ingeniería Industrial de la UTN La Plata, Co-autor del desarrollo de un Software para implementación, seguimiento y control de un Sistema de Gestión de la Energía para PyMEs, cuyo registro de autor se obtuvo en el 2021 y fue presentado en el programa “Desde el Conocimiento en C5N – conducido por Jaime Perczik”. Actualmente Dirige el proyecto “Modelo metodológico para la implementación de Gestión de la Energía en Pymes”. Código: UTN 8096 aprobado por la S.C.y T. y P. de la U.T.N. y presentado por Departamento de Ingeniería Industrial de la UTN-FRLP.



## Monitorear la transición energética argentina

Avances hacia la construcción de una herramienta

Luca Bianchetti

### Resumen

El presente trabajo se enmarca en una investigación más amplia que busca describir el avance de la transición energética en Argentina. En este se presentan cuatro dimensiones (seguridad energética, democracia y ciudadanía, justicia y sostenibilidad ambiental) que se proponen utilizar al describir la transición energética desde el enfoque de la triple sostenibilidad, así como también la operacionalización de las variables que se suscriben a estas dimensiones y su respectiva disponibilidad.

### Introducción

El problema ambiental es ampliamente conocido y ha sido estudiado en el ámbito científico desde múltiples disciplinas y escuelas de pensamiento. Particularmente en el campo de la economía, el artículo de Boulding (1966) abrió camino a la economía ecológica, una nueva perspectiva desde dónde entender el crecimiento económico.

A nivel gubernamental, en el año 2000 los países miembros de Naciones Unidas acordaron los Objetivos de Desarrollo del Milenio, que desde el año 2015 incluyen la dimensión sustentable, en su nueva versión: los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Particularmente, para la corriente década 2020-2030 los ODS priorizan hacer frente a la creciente pobreza, empoderar mujeres y niñas, y afrontar la emergencia climática (Naciones Unidas, 2019). En la presente propuesta se hace especial foco en los objetivos N°7 “Energía asequible y no contaminante”, N°9 “Industria, Innovación e Infraestructura”, N°11 “Ciudades y comunidades sostenibles” y N°13 “Acción por el clima”. Éstos son conducentes a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y, por lo tanto, contribuyen a la transición hacia la sostenibilidad. Particularmente en Argentina la mayor cantidad de emisiones provienen del sector energético (MAyDS, 2019), por lo cual repensar la matriz de dicho sector toma mayor relevancia, pero sin menoscabar otras dimensiones del desarrollo (CEPAL, 2017).

Teniendo en cuenta la importancia del sector energético, la transición energética hace referencia a un “cambio estructural en el sistema de provisión y utilización de la energía” (Carrizo, Nuñez Cortés y Gil, 2016, p.25), un cambio de paradigma, tanto en los modos de producción como de consumo de energía de una región. Para Vanegas Cantarero (2020), en países periféricos la transición energética incluye la expectativa de desarrollo económico, inclusión social y sostenibilidad ambiental.

Existen diversos estudios que abordan el análisis de la transición energética para el caso argentino (CEP XXI, 2021; Bastante et al., 2019; Clementi et al., 2019). Sin embargo, ninguno de ellos utiliza una herramienta que refleje la complejidad y multidimensionalidad del desafío, así como tampoco existen herramientas accesibles y actualizadas para el monitoreo ciudadano. Particularmente la descripción de la transición energética se ha hecho desde un enfoque en la sustitución de fuentes de energía, pero no necesariamente en la búsqueda de mejora de eficiencia energética (Recalde et al., 2018).

Es por eso que, en un proyecto de investigación más amplio buscamos describir el progreso de la transición energética en Argentina desde el enfoque de las tres sostenibilidades, cuyo principal reto es lograr, en simultáneo, sostenibilidad social, macroeconómica y ecológica (Möhle y Schteingart, 2021; CEPAL, 2021; Gallopin, 2006; Dourojeanni, 1999). Esto se sustenta en que el desafío de la transición energética adquiere una complejidad adicional en los países menos desarrollados, entendiendo que la misma debe construirse en el marco de la triple sostenibilidad. Como paso previo para alcanzar el objetivo antes descrito, es necesario primero definir y considerar la disponibilidad de la información necesaria. Este artículo presenta resumidamente la identificación y definición de las dimensiones y variables a considerar en el análisis del progreso de la transición energética argentina desde el enfoque de la triple sostenibilidad y releva la disponibilidad de dicha información.

## **Materiales y métodos**

Para el diseño de un instrumento que permita el monitoreo de la transición energética en Argentina se construirá un tablero dinámico. Los tableros o *dashboards* son herramientas útiles cuando se busca unificar información y posibilitar la visualización gráfica de la misma, de manera tal de colaborar en el proceso de toma de decisiones (Córdova Viera et al., 2021).

Al construir el tablero se utilizará la metodología Dicrev-Dash (Delgado et al., 2021) dado que ha demostrado ser una metodología útil para la construcción de tableros de visualización de datos. Estos pueden ser elaborados con éxito por individuos indistintamente de si los mismos poseen conocimientos en programación o no, lo que motiva su utilización.

Este método se compone de seis fases (ver figura 1) 1. Analizar e identificar los requerimientos de la audiencia, 2. Establecer el objetivo del tablero, 3. Preprocesamiento de los datos, 4. Estructura del tablero, 5. Diseño del tablero y 6. Implementación del tablero.



**Figura 1.** Fases de Dicrev-Dash

Fuente: Elaboración propia en base a Delgado et al. (2021)

En relación con las dos primeras fases, se ha hecho mención en el marco conceptual antes expuesto. El análisis de la evolución de la transición energética a nivel de la gestión pública es altamente complejo debido a la naturaleza multidisciplinaria del proceso. Por ello, el propósito de la construcción de este tablero es colaborar en el diseño y evaluación de políticas públicas, facilitar la toma de decisiones, y así contribuir al logro de las tres sostenibilidades.

A continuación, se procede a realizar la tercera fase de la metodología propuesta, es decir, el preprocesamiento de los datos. En esta fase, lo importante es entender los datos con los que se cuenta. Para eso se proponen 4 pasos: 1. Identificación y entendimiento de los datos, 2. Limpieza de datos, 3. Eliminación de los valores típicos o *outliers* e 4. Integración de datos provenientes de otras fuentes.

## Resultados

Con el fin de establecer las dimensiones y variables útiles en el diseño de un instrumento que tenga por objetivo monitorear el avance de la transición energética se ha decidido utilizar las cuatro dimensiones que propone Vanegas Cantarero (2020) para el monitoreo de la transición energética en Argentina, ya que se adecúan al marco teórico de la triple sostenibilidad. Para ello y avanzando en el primer paso de la tercera fase de la metodología antes propuesta se procede a identificar y entender los datos. A continuación, se definen las dimensiones propuestas:

- Seguridad energética: Accesibilidad, que no existan faltantes de energía, mejorar la soberanía energética y reducir la intensidad de la demanda.
- Sostenibilidad ambiental: Reducir los niveles de emisión de carbono, monitorear los niveles de degradación ambiental para identificar ineficiencias y remarcar la necesidad de redirigir esfuerzos.
- Democracia y ciudadanía: Mayor democracia en el sector energético, equidad social intentando lograr que las ganancias de este proceso estén disponibles para toda la sociedad, especialmente para los sectores más vulnerables.
- Justicia: La esencia de la justicia energética es la necesidad de hacer sistemas energéticos equitativos y no discriminatorios. Los ciudadanos deberían poder acceder a información de alto nivel que les permita ser parte en el proceso de toma de decisiones.

Siguiendo las variables propuestas por Vanegas Cantarero (2020) se identifican a continuación las mismas detallando definiciones, disponibilidad de la información, fuente, si es necesario hacerle un tratamiento o no e información adicional en caso de ser necesaria.

### 1. Seguridad Energética

#### 1.1. Participación de las energías renovables por sector económico

Definición: Oferta interna total de energías renovables (eólica, solar y biocombustibles) en cada uno de los sectores económicos de Argentina (residencial, comercial y público, transporte, agropecuario e industria).

Fuente: Balances Energéticos Nacionales (BEN) producidos por la Secretaría de Energía de la Nación de forma anual.

Disponibilidad: 1960 – 2021 (La aparición de renovables es recién a partir del año 2004 y sólo para dos sectores).

Tratamiento: Los BEN son cuadros de doble entrada por año. Es necesario transformar esta información a un formato de serie de tiempo para poder ser interpretada como tal.

Información adicional: La oferta interna total de los BEN es lo que en publicaciones extranjeras se conoce como *Primary Consumption* (Secretaría de Gobierno de Energía, 2019).

### 1.2. Participación de las energías renovables en el consumo energético final

Definición: Oferta interna total de energías renovables (eólica, solar y biocombustibles) en el total de la oferta interna total de energía de Argentina.

Fuente: Balances Energéticos Nacionales (BEN) producidos por la Secretaría de Energía de la Nación de forma anual.

Disponibilidad: 1960 – 2021 (La aparición de renovables es recién a partir del año 2004).

Tratamiento: Los BEN son cuadros de doble entrada por año. Es necesario transformar esta información a un formato de serie de tiempo para poder ser interpretada como tal.

### 1.3. Consumo de energía por unidad de PIB

Definición: Oferta interna total respecto del nivel de Producto Interno Bruto (PIB).

Fuente: Balances Energéticos Nacionales (BEN) producidos por la Secretaría de Energía de la Nación de forma anual e INDEC, Dirección Nacional de Cuentas Nacionales.

Disponibilidad: 2004 – 2021

Tratamiento: Los BEN son cuadros de doble entrada por año. Es necesario transformar esta información a un formato de serie de tiempo para poder ser interpretada como tal. La información energética que proveen los mismos está medida en miles de toneladas equivalentes de petróleo (kTEP) y se decidió pasarla a kilowatt hora (KWh). En cuanto al PIB, está en valores de millones de pesos a precios de 2004 con frecuencia trimestral, por lo cual se suman los trimestres para obtener el total anual y se multiplican los valores por un millón (1.000.000). Por último, se hace la división entre el consumo final de energía y el PIB para obtener la relación de cuánta energía se consumió por cada peso gastado.

### 1.4. Consumo final de energía per cápita

Definición: Oferta interna total respecto del nivel de población.

Fuente: Balances Energéticos Nacionales (BEN) producidos por la Secretaría de Energía de la Nación de forma anual e INDEC.

Disponibilidad: 2004 – 2021

Tratamiento: Los BEN son cuadros de doble entrada por año. Es necesario transformar esta información a un formato de serie de tiempo para poder ser interpretada como tal. La información energética que proveen los mismos está medida en miles de toneladas equivalentes de petróleo (kTEP) y se decidió pasarla a giga watt hora (GWh). En cuanto a la población, está en miles por lo cual se multiplican los calores por mil (1.000). Por último, se hace la división entre el consumo final de energía y la población para obtener la relación de cuánta energía se consumió per cápita.

### 1.5. Precio promedio de la electricidad

Definición: Precio medio ponderado de la energía por mega watt hora (MWh) demandada (monómico). Los precios mensuales se obtienen de los distintos cargos a pagar por energía, potencia, transporte y servicios relacionados a la actividad de generación y transporte de energía (CAMMESA, 2022).

Disponibilidad: 2005 – 2021

Fuente: CAMMESA

Tratamiento: No es necesario hacer ningún tratamiento a los datos.

### 1.6. Dependencia neta de las importaciones

Definición: Nivel de exportaciones neto de las importaciones.

Fuente: Balances Energéticos Nacionales (BEN) producidos por la Secretaría de Energía de la Nación de forma anual.

Disponibilidad: 1960 – 2021

Tratamiento: Los BEN son cuadros de doble entrada por año. Es necesario transformar esta información a un formato de serie de tiempo para poder ser interpretada como tal. Es necesario restar los valores de la categoría “Importaciones” de los de la categoría “Exportaciones y búnker”.

Información adicional: Si los valores son negativos entonces el país tendrá una dependencia neta de las importaciones.

## 2. Sostenibilidad ambiental

### 2.1. Emisiones per cápita

Definición: Inventario total de GEI de la República Argentina dividido por la cantidad de habitantes (población total).

Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Dirección Nacional de Cambio Climático.

Disponibilidad: 1990 – 2018

Tratamiento: No es necesario hacer ningún tratamiento a los datos.

## 2.2. Emisiones por unidad de PIB

Definición: Inventario total de GEI de la República Argentina dividido por el PIB por año. Se realizó a precios constantes con el 2004 como año base, ya que se cuenta con serie histórica anterior a ese año.

Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Dirección Nacional de Cambio Climático.

Disponibilidad: 1990 – 2018

Tratamiento: No es necesario hacer ningún tratamiento a los datos.

## 2.3. Huella ecológica

Definición: Emisiones basadas en el consumo (Peters et al., 2012; Aichele & Felbermayr, 2012)

Fuente: Global Carbon Project. Global Carbon Budget 2020.

Disponibilidad: 1990 – 2019

Tratamiento: Se convierten los valores de millones de toneladas equivalentes de carbono a millones de toneladas equivalentes de dióxido de carbono.

## 3. Democracia y ciudadanía

### 3.1. Legislación y sistema de apoyo a los consumidores

Definición: Multas aplicadas en defensa de las y los consumidores

Fuente: Información sobre las multas aplicadas por la Dirección Nacional de Defensa del Consumidor y Arbitraje del Consumo y la Dirección de Protección Jurídica al Consumidor.

Disponibilidad: 08/2020 – 08/2022

Tratamiento: Los datos están en formato mensual, se suman para obtener la cantidad anual, pero sólo se pueden utilizar los datos de 2021 que es el único año completo.

### 3.2. Cantidad de trabajos verdes

Definición: Aquellos que cumplen con estándares de trabajo decente y se desarrollan en sectores con sostenibilidad ambiental (Organización Internacional del Trabajo, 2019).

Fuente: N/D

Disponibilidad: N/D

Tratamiento: N/D

Información adicional: Sólo existe un informe de la Organización Internacional del Trabajo del año 2019, que releva los empleos verdes y su incidencia en el empleo asalariado registrado, en miles de puestos de trabajo y en porcentaje para el año 2015. No existe un relevamiento periódico de esta variable ni ninguna *proxy*.

### 3.3. Punto de vista cívico / Apropiación cívica

Definición: Siguiendo a Faust (2010), será la existencia de un consenso entre miembros del Estado y la sociedad del país o región considerado dónde se aplican las políticas energéticas.

Fuente: N/D

Disponibilidad: N/D

Tratamiento: N/D

Información adicional: No existen relevamientos sobre la percepción de la sociedad respecto a este aspecto.

### 3.4. Gobernanza participativa

Definición: Según Skelcher y Torfing (2010), será la existencia de ciudadanos como actores involucrados.

Fuente: N/D

Disponibilidad: N/D

Tratamiento: N/D

Información adicional: No existen relevamientos sobre la percepción de la sociedad respecto a este aspecto. Se consideró como *proxy* la cantidad de personas que han participado de las audiencias públicas en cuestiones energéticas, pero tampoco existe esta información.

### 3.5. Energía producida por hogares particulares o cooperativas (% del total)

Definición: Es la energía que producen los hogares particulares y/o las cooperativas.

Fuente: N/D

Disponibilidad: N/D

Tratamiento: N/D

Información adicional: No existen relevamientos de esta información.



## 4. Justicia

### 4.1. Acceso a combustibles modernos para cocinar

Definición: Proporción de la población que depende principalmente de combustibles y tecnologías limpias para cocinar. Los combustibles y tecnologías limpias se definen de acuerdo con las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS) sobre la calidad del aire interior: la combustión de combustibles en los hogares. Esto incluye a los hogares que dependen principalmente de la electricidad, el biogás, el gas natural, el gas licuado de petróleo (GLP), los combustibles solares o el alcohol para cocinar.

Fuente: Organización Mundial de la Salud

Disponibilidad: 1990-2020

Tratamiento: No es necesario hacer ningún tratamiento a los datos.

### 4.2. Matrícula femenina en escuelas secundarias (% bruto)

Definición: Porcentaje de jóvenes niñas en edad de asistir a la escuela secundaria y que efectivamente así lo hacen.

Fuente: Socio-Economic Database for Latin America and the Caribbean (CEDLAS and The World Bank)

Disponibilidad: 2004 – 2020

Tratamiento: Los datos están de forma semestral, con lo que es necesario pasarlos a formato anual. Adicionalmente hay algunas consideraciones a tener en cuenta por cambios en la metodología de la medición de la Encuesta Permanente de Hogares (fuente primaria desde donde se construyen los datos) así como también datos faltantes.

### 4.3. Acceso a la información

Definición: Se toma el indicador “Usuarios de internet” del componente “Acceso a la información y la comunicación” del Índice de Progreso Social. Este indicador puede incluir tanto estimaciones como datos de encuestas correspondientes a la proporción de individuos que utilizan Internet, basados en los resultados de las encuestas nacionales de hogares.

Fuente: International Telecommunications Union

Disponibilidad: 2000 – 2021

Tratamiento: No es necesario hacer ningún tratamiento a los datos.

### 4.4. Acceso a la electricidad

Definición: Proporción de la población con acceso a la electricidad.

Fuente: IEA, World Energy Outlook-2021

Disponibilidad: 2000, 2005, 2010, 2015 y 2020

Tratamiento: No es necesario hacer ningún tratamiento a los datos.

#### 4.5. Acceso a justicia

Definición: “¿Disfrutan los ciudadanos de un acceso seguro y efectivo a la justicia?” Las respuestas se recogen en una escala ordinal y luego se convierten en una escala de 0 a 1. El 0 significa que el acceso seguro y efectivo a la justicia es inexistente y el 1 significa que el acceso seguro y efectivo a la justicia se observa casi siempre.

Fuente: Varieties of Democracy (V-Dem) Project.

Disponibilidad: 1789 – 2021

Tratamiento: No es necesario hacer ningún tratamiento a los datos.

#### Discusión y conclusiones

De los resultados obtenidos se obtiene la Tabla 1, con la disponibilidad de variables. En color más claro se distinguen las variables disponibles y en color oscuro las que no tienen disponibilidad.

Seguridad Energética	Sostenibilidad ambiental	Democracia y ciudadanía	Justicia
Participación de las energías renovables por sector económico	Emisiones per cápita	Legislación y sistema de apoyo a los consumidores	Acceso a combustibles modernos para cocinar
Participación de las energías renovables en el consumo energético final	Emisiones por unidad de PIB	Cantidad de trabajos verdes	Matrícula femenina en escuelas secundarias
Consumo de energía por unidad de PIB	Huella ecológica	Punto de vista cívico / Apropiación cívica	Acceso a la información
Consumo final de energía per cápita		Gobernanza participativa	Acceso a la electricidad
Precio promedio de la electricidad		Energía producida por hogares particulares o cooperativas	Acceso a justicia
Dependencia neta de las importaciones			

**Tabla 1.** Disponibilidad de variables

Fuente: Elaboración propia.

Para construir un tablero que permita hacer el seguimiento de la transición energética bajo el enfoque de la triple sostenibilidad en el caso argentino, se dispone de la información de forma parcial.

La dimensión “Democracia y ciudadanía” es la que presenta menor cantidad de indicadores disponibles. De hecho, la única variable que se ha llegado a construir es de formato mensual reciente (datos a partir de agosto de 2020), con lo cual no resulta útil para construir una descripción anual de la transición energética en Argentina a lo largo de los años ya que muchos de los indicadores pertenecientes a las otras dimensiones llegan hasta 2021.

Se revela así la necesidad de que desde el sector público se sistematice la recolección de este tipo de información. La misma reviste gran importancia por su relevancia en la descripción del concepto de democracia energética y la comunicación entre Estado y ciudadanía.

En vistas de los resultados expuestos, se procede al cumplimiento de las fases posteriores en la construcción del tablero, teniendo en cuenta las limitaciones que la escasez de cierta información produce en el mismo.

## Bibliografía

- Aichele, R., & Felbermayr, G. (2012). Kyoto and the carbon footprint of nations. *Journal of Environmental Economics and Management*, 63(3), 336-354. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2011.10.005>
- Bastante, M., Bazán, M., Serricchio, C., Grignaffini, D., & Riádigos, R. (2019). Hojas de ruta de Transición Energética en Argentina. Un modelo energético sostenible para Argentina en 2050. Deloitte & Co. S.A.
- Bithas, K., & Kalimeris, P. (2022). Coupling versus Decoupling? Challenging Evidence over the Link between Economic Growth and Resource Use. *Sustainability*, 14(3), 1459. MDPI AG. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/su14031459>
- Boulding, K. E. (1966). The Economics of the Coming Spaceship Earth. En H. Jarret (3° ed.), *Environmental Quality in a Growing Economy* (3-14). The John Hopkins Press.
- Carrizo, S.C., Nuñez Cortés, M., & Gil, S. (2016). Transiciones energéticas en Argentina. *Asociación Civil Ciencia Hoy*, 25(147), 25-30
- CEP XXI. (2021). Indicadores ambientales en el sector productivo argentino.
- CEPAL. (2017). “El cambio climático y el sector de energía en América Latina” Síntesis de políticas públicas sobre cambio climático. [https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/sintesis\\_pp\\_cc\\_cambio\\_climatico\\_y\\_el\\_sector\\_de\\_energia.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/sintesis_pp_cc_cambio_climatico_y_el_sector_de_energia.pdf)
- CEPAL. (2021). Construir un nuevo futuro: Una recuperación transformadora con igualdad y sostenibilidad. United Nations. <https://doi.org/10.18356/9789210047456>
- Clementi, L., Ise, A., Berdolini, J. L., Yuln, M., Villalba, S., & Carrizo, S. (2019). El mapa de la transición energética argentina. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 39(2), 231-254. <https://doi.org/10.5209/aguc.66938>
- Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, Asamblea General de Naciones Unidas. (1987). *Nuestro Futuro Común*.
- Córdova Viera, Y., Martínez Borrego, J., & Córdova Viera, E. (2021). Propuesta de metodología para el diseño de dashboard. *Revista Cubana de Transformación Digital*, 3(2), 56-76. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.5545998>
- Delgado, M., Pando, D., & Maldonado-Mahauad, J. (2021). Dicrev-Dash: Proposal for the Design, Creation and Evaluation of a Dashboard for Data Visualization. *Proceedings of the IV Latin American Conference on Learning Analytics*, 3059, 100-110. <http://ceur-ws.org/Vol-3059/>

- Dempsey, N., Bramley, G., Power, S., & Brown, C. (2011). The social dimension of sustainable development: Defining urban social sustainability. *Sustainable Development*, 19(5), 289-300. <https://doi.org/10.1002/sd.417>
- Dourojeanni, A. (1999). *La dinámica del desarrollo sustentable y sostenible*, CEPAL, LC/R.1925, Santiago de Chile.
- Eizenberg, E., & Jabareen, Y. (2017). Social Sustainability: A New Conceptual Framework. *Sustainability*, 9(1), 68. <https://doi.org/10.3390/su9010068>
- Faust, J. (2010). Policy Experiments, Democratic Ownership and Development Assistance. *Development Policy Review*, 28(5), 515-534. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7679.2010.00496.x>
- Gallopin, G.C. (2006). Sostenibilidad del desarrollo en América Latina y el Caribe: cifras y tendencias Honduras. *Revista de la CEPAL*.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación (6ª)*. McGraw Hill.
- MAyDS. (2019). *Inventario nacional de gases de efecto invernadero*. <https://inventariogei.ambiente.gob.ar/files/inventario-nacional-gei-argentina.pdf>
- Möhle, E., & Scheingart, D. (2021). *Hacia un ecodesarrollismo latinoamericano*. Nueva Sociedad, (295), 42-56.
- Naciones Unidas. (2015). *17 objetivos para transformar nuestro mundo*. Objetivos de desarrollo sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- Organización Internacional del Trabajo. (2019). *Cap. 1 Resumen ejecutivo y conclusiones*. En *Estimación del Empleo Verde en la Argentina*.
- Peters, G. P., Davis, S. J., & Andrew, R. (2012). A synthesis of carbon in international trade. *Biogeosciences*, 9(8), 3247-3276. <https://doi.org/10.5194/bg-9-3247-2012>
- Recalde, M., Zabaloy, F., & Guzowski, C. (2018). *El Rol de la Eficiencia Energética en el Sector Residencial para la Transición Energética en la Región Latinoamericana*. 20(47), 77-102.
- Secretaría de Gobierno de Energía, República Argentina. (2019). *Balance Energético Nacional Serie histórica — Indicadores (1960-2018)*. <http://datos.energia.gob.ar/dataset/balances-energeticos/archivo/56d81a40-ae3-4558-a875-f0b501fe8d95>
- Skelcher, C., & Torfing, J. (2010). Improving democratic governance through institutional design: Civic participation and democratic ownership in Europe: Improving democratic governance through institutional design. *Regulation & Governance*, 4(1), 71-91. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5991.2010.01072.x>
- Vanegas Cantarero, M. M. (2020). Of renewable energy, energy democracy, and sustainable development: A roadmap to accelerate the energy transition in developing countries. *Energy Research & Social Science*, 70, 101716. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.10171>

## Biografía del autor

**Luca Bianchetti** (Rosario, 1993). Estudiante de economía, becario y docente universitario en la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales (FCEyS) de la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP). Tiene una beca de investigación financiada por FUNDAR y desarrolla sus funciones de becario en el proyecto de investigación “Macroeconomía y desarrollo” del grupo de investigación Análisis Industrial, perteneciente al Centro de Investigaciones Económicas y Sociales (CIEyS), de la FCEyS-UNMDP. Es Ayudante Estudiante en las cátedras de Macroeconomía I y Microeconomía I y está en el último año de la carrera de Licenciatura en Economía.

<https://orcid.org/0000-0003-2426-4935>

[lbianchetti@mdp.edu.ar](mailto:lbianchetti@mdp.edu.ar)

## Producción de Hidrógeno Verde

Prefactibilidad técnico-financiera basado en energía solar fotovoltaica

Eterovic Jorge, Blanco Gabriel, Alterini Federico,  
Lohigorry Agustín y Fauroux Luis

### Resumen

Este proyecto plantea la prefactibilidad de la instalación de una planta piloto productora de hidrógeno verde mediante el uso de paneles solares fotovoltaicos. Se evaluará la factibilidad de destinar el mismo a la investigación, desarrollo, y reconversión de algunas modalidades de transporte del sistema actual de locomoción, principalmente basado en combustibles fósiles, y la escalabilidad de la planta electrolizadora.

### Introducción

El mundo avanza hacia la descarbonización de su matriz energética como su principal carta para enfrentar el cambio climático. Otros factores geopolíticos, y de independencia energética, también juegan su rol. En este contexto el hidrógeno verde, como vector de energías “limpias” y renovables, será esencial, y ya es parte de las estrategias energéticas de los países, sin menoscabo de su importancia como materia prima en diversos procesos industriales. La Argentina asumió compromisos de reducción de sus emisiones de gases de efecto invernadero ante la comunidad internacional, y trabaja en su hoja de ruta para el hidrógeno, no solo para cumplir con el objetivo ambiental en el ámbito local, sino también por la oportunidad ante los mercados de exportación que se perfilan. A nivel mundial en 2020 se consumieron cerca de 90 millones de toneladas de hidrógeno, principalmente en procesos industriales y refinerías, casi en su totalidad de origen fósil. El mercado del hidrógeno podría alcanzar 200 millones de toneladas en 2030, y para 2050 superar los 500 millones de toneladas.

Existen diversos procesos para la obtención comercial del hidrógeno, en la actualidad casi la totalidad del producido en Argentina, y en el mundo, es a través del reformado del gas natural con vapor de agua, cuya reacción libera hidrógeno, pero también dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Así, se desarrollan mecanismos de compensación, por ejemplo, forestación, y sistemas para secuestrar, y almacenar, las emisiones no deseadas, con

el objeto de obtener un hidrógeno más amigable, con el ambiente, que el mercado denomina el hidrógeno azul. De este modo podría pensarse a este último, que en Argentina se apuntalaría en las reservas gasíferas de Vaca Muerta, como un vector de transición hacia un destino de cero emisiones donde el hidrógeno verde está llamado a ser un actor disruptivo (*game changer*). Sin dudas, el desarrollo del hidrógeno azul podrá acelerar infraestructuras, y crear demanda, para cuando el verde encuentre condiciones de rentabilidad para su masificación.

En números del Consorcio H2ar, en Argentina, cada año se producen cerca de 400 kTon de hidrógeno; hoy es posible producir hidrógeno azul con 90% de captura a 1,4 – 1,8 USD/kg considerando un costo del gas natural de entre 3 y 5 USD/Mbtu. El hidrógeno verde podría igualar los costos del azul hacia 2030 en proyectos del orden de 1GW aislado de la red eléctrica (off-grid). El costo hasta podría duplicarse en escalas de 100 MW; sin embargo, un mayor grado de interacción con la red eléctrica (on-grid), mejoraría el factor de utilización al posibilitar la compra de energía verde a terceros y tendería a igualar el costo. La utilización del hidrógeno azul, con 90% de captura de CO<sub>2</sub>, significaría emisiones 66% menores a las de combustionar gas natural vs las cero emisiones del hidrógeno verde.

La Universidad Nacional de la Matanza (UNLaM), a través de su Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas, comenzó a investigar el manejo y control del gas de hidrógeno, hace más de dos años, en un proyecto centrado en la investigación sobre controladores de gas para promover el uso, y generación, del hidrógeno a nivel local, al que le valió la declaración de interés legislativo por parte de la Cámara de Diputados de la Provincia de Buenos Aires [3]. Continuando con el objetivo de contribuir al desarrollo de la economía del hidrógeno, ahora se procura dar un paso sustancial con la producción de hidrógeno verde con fines de investigación en el predio de su campus universitario, sería la primera planta en territorio bonaerense y una de las pocas a nivel nacional. La comunidad educativa y científica se verá, sin dudas, fuertemente beneficiada, se adquirirían habilidades necesarias para una eficiente producción, y uso seguro del hidrógeno, el proyecto contribuiría a la expansión, y mejora, de la oferta educativa siendo un punto de apalancamiento para el futuro desarrollo local de la tecnología, o parte de ella. Es un proyecto que trasciende el campo académico, que busca encontrar su legitimidad social en la contribución al medio ambiente, en su colaboración con el sector empresario, y al sector público que, fundamentalmente, deberá jugar un rol relevante para que una Argentina verde, y sustentable energé-



ticamente sea posible. A los normales desafíos técnicos y de mercado, en Argentina, se suma un contexto de grandes dificultades para acceder al financiamiento, a tasas competitivas, y el peso de los sectores vinculados a la extracción de hidrocarburos, que motorizan el desarrollo del hidrógeno azul como un “hijo” de las reservas gasíferas de Vaca Muerta. Argentina posee las condiciones para producir hidrógeno verde en gran escala, para exportación de energía y para las necesidades locales.

Las problemáticas a abordar por esta investigación, entonces, involucran las precauciones y conceptos para, en primer lugar, la obra civil que demanda la instalación de una planta piloto de obtención de hidrógeno. La misma, además, deberá contemplar la planificación de oficinas para el desarrollo de tareas y control, más un laboratorio de ensayos e investigación.

El esquema de análisis, entonces, se divide en la instalación de paneles solares fotovoltaicos suficientes para satisfacer la demanda de una planta electrolizadora de mediano porte (que será estudiada en detalle), una planta transformadora, estabilizadora y de control. La formulación de un laboratorio de electrónica, con el objeto de desarrollar tecnologías que permitan la escalabilidad de la planta electrolizadora al rango de 1 MW, y la validación de aspectos operativos y tecno-económicos en prototipo para aplicación comercial. También, un laboratorio de química que permita supervisar la calidad de insumos y productos. En segundo lugar, se analizará el acondicionamiento del insumo a electrolizar, la producción y almacenamiento del hidrógeno. También el montaje de un banco de pruebas para la reconversión de motores orientados al transporte pesado. En todas estas tareas se deben considerar las necesarias medidas de control y seguridad correspondiente.

## **Materiales y métodos**

Hoy en día, la energía primaria proviene principalmente de combustibles fósiles como el carbón, el gas natural y el petróleo crudo, los cuales generan un impacto negativo en el medio ambiente (emisión de gases de efecto invernadero, aumento de la temperatura global y consecuencias de ello). A raíz de esto, y potenciado por una demanda de energía creciente, por desarrollo económico y crecimiento poblacional, la generación de energía sustentable se ha convertido en un foco de atención en este sector.

La transición de una economía mayormente dependiente de los combustibles fósiles a un sistema de energía renovable tiene que hacer frente

a las cambiantes demandas tecnológicas del almacenamiento de energía y la incorporación de recursos energéticos fluctuantes como las turbinas eólicas y paneles solares fotovoltaicos. El almacenamiento en baterías químicas trae aparejada la problemática de su fabricación (minerales, otros recursos), su reciclado y disposición final, y, como alternativa, es aquí donde aparece la posibilidad de acumular calor, cuando se utiliza energía solar térmica, o hidrógeno, si se parte de fuentes renovables que generen electricidad, como la ya mencionada aplicación de la energía solar mediante paneles fotovoltaicos. El presente proyecto se aboca, justamente, al caso fotovoltaico, donde el hidrógeno es producido por electrólisis, y por su densidad energética ya comprimido, puede ser utilizado como combustible en la locomoción, principalmente de transporte pesado.

En la actualidad se disponen en el mercado de paneles solares, y también del conocimiento necesario para hacer posible la utilización de la energía obtenida. También, se dispone de la información de plantas piloto en el mercado, que permiten la obtención del hidrógeno.

## Resultados

A principio de los 2000 se comenzó con las investigaciones sobre la celda de electrolizador de óxido sólido (SOEC), porque se consideraba que esta ofrecía dos ventajas sobre la membrana de intercambio polimérica (PEM) y alcalina. Esto es que funcionan a altas temperaturas, permitiendo eficiencias muy altas a densidades de corriente razonablemente altas, permitiendo potencialmente (actualmente no es así) bajos costos de capital por kW.

Así, las SOEC deberían llegar a tener costos de capital muy bajos por capacidad instalada ya que sus membranas no requieren costosos catalizadores de metales nobles y la densidad de corriente es alta. Sin embargo, no se trata de una tecnología madura. Análogamente, la prioridad en el caso de la tecnología de membrana de intercambio polimérica es reducir los costos de fabricación por área de celda. A pesar de las grandes reducciones en la última década, las PEM comerciales aún tienen costos de capital más altos que sus contrapartes alcalinas.

Dada la natural variabilidad de la fuente de energía, ya sea por razones meteorológicas o por la propia variación a lo largo del día, se seleccionó la tecnología PEM por su versatilidad y, a su vez, por no utilizar sustancias que requieran autorizaciones especiales.

La utilización de esta tecnología traería aparejadas investigaciones para disminuir la utilización de metales preciosos, como platino e iridio

en el electrolizador, o para desarrollar membranas de intercambio con materiales más económicos y/o de mayor vida útil, factores muy relevantes para la escalabilidad y masificación de la tecnología.

### Discusión

Que los PEM puedan competir con los alcalinos depende principalmente de su potencial de reducción de costos. Para lograr esto se debe

- Desarrollar membranas de polímero más anchas y delgadas que sean igualmente resistentes a la degradación.
- Reducir las cargas de catalizadores de metales nobles para electrodos PEM.
- Reducir los costos de mano de obra a través de la producción en masa y nuevas técnicas de fabricación.
- Lograr economías de escala.

Otro dilema del futuro del transporte verde y a experimentar, es la pila de hidrógeno vs la combustión de hidrógeno, esta última con rendimiento energético muy inferior pero posiblemente de implementación más rápida, sobre todo en países como la Argentina con mayores dificultades para acceder a la tecnología y al crédito.

En el análisis económico de la inversión la variable más importante y difícil de determinar es la valorización de los beneficios del proyecto, sin perder de vista el objetivo de experimentar y contribuir al desarrollo de la tecnología y de impulsar un mercado interno para el hidrógeno verde, que hoy no existe.

### Conclusiones

La infraestructura eléctrica ya disponible en la UNLaM, es adecuada para la conexión del sistema solar fotovoltaico, si bien sería necesario realizar el tendido hasta la planta de electrólisis. A su vez, y considerando el régimen pluvial en la zona, estos techos son de fácil intervención para la recolección en cantidad suficiente del agua pluvial, que se utilizaría para la electrólisis. El proyecto deberá contemplar un sistema para la recolección, almacenamiento y tratamiento del agua de lluvia. La planta generadora de hidrógeno ocuparía un espacio equivalente al de uno o dos contenedores, según sea el dimensionamiento final, y a futuro, podrían añadirse etapas

de compresión y de despacho. UNLaM cuenta también con este espacio físico, y en una ubicación adecuada. Siendo este un análisis de prefactibilidad sólo se señalará, para una planta piloto de la magnitud mencionada, y en esta ubicación, la inversión necesaria en base a presupuestos de diferentes proveedores. El monto incluirá la planta solar fotovoltaica, el electrolizador, junto a sus equipos auxiliares, y el almacenamiento y tratamiento del agua. Los principales desafíos para el desarrollo de la cadena de valor del hidrógeno son de índole económica, de infraestructura y de conversión tecnológica. En este contexto, desde la UNLaM, se procuran realizar pruebas, y contribuir al desarrollo de tecnologías que permitan la utilización del hidrógeno como combustible, en motores estacionarios, y en el transporte pesado, donde resultaría más competitivo frente a la locomoción a baterías, hoy de litio por autonomía, tiempos de recarga, y una menor exigencia de espacio y peso para su funcionamiento. A su vez, la combustión directa del hidrógeno en motores térmicos podría cobrar relevancia, en países como la Argentina, frente a la pila de combustible, a pesar de un rendimiento energético inferior al del ciclo Otto (27% promedio), vs pila combustible, del 57%, por las mayores dificultades para acceder a la tecnología y al crédito.

Cabe destacar ciertas particularidades en relación a la locomoción pesada, o usos estacionarios, como reemplazo de combustibles fósiles, las que pueden enfocarse de dos maneras. La primera, y más desarrollada, es la de producir electricidad por medio de una pila de combustible, para luego con ella alimentar un motor eléctrico, en este caso con emisiones cero dado que al combinarse con el oxígeno del aire solo genera energía y agua limpia. La segunda, más incipiente en su desarrollo, consiste en su quemado directo en motores de combustión interna. Si bien hay una fuerte mejora en cuanto a emisiones, respecto a combustión de hidrocarburos, dado que no se genera dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) ni otras sustancias tóxicas como el dióxido de azufre, continúan presentes emisiones de óxidos nitrosos (NO<sub>x</sub>). Para evitar estas últimas emisiones, la industria avanza desarrollando sistemas postratamiento, que permitan eliminarlas en su mayoría, y/o trabajando, sobre la admisión de los motores con relaciones de aire muy superiores a la estequiométrica, a mayor cantidad de oxígeno, menor generación de NO<sub>x</sub>, entre otras opciones. Es de destacar, que también es posible trabajar con mezclas de combustibles donde el hidrógeno sea una parte, logrando una contribución parcial al ambiente.

Es posible que se esté en la puerta de entrada de una nueva era, donde el hidrógeno será una de las soluciones más prometedoras para reducir

emisiones a nivel global. Pero nada de eso será realidad sin condiciones de costo, e inversiones competitivas *per se*, o por beneficios fiscales y ambientales.

Al determinar el precio de venta del hidrógeno, por su equivalente en rendimiento por km recorrido, respecto a un motor térmico a diesel, hoy se obtendría un valor de venta cercano a los 4 USD/kg en EEUU, muy a inferior al que actualmente es posible conseguir en las estaciones de servicio de países desarrollados que recorren la transición. En números del Departamento de Energía de Estados Unidos, hoy es factible producir hidrógeno verde, en el país del norte, a un costo de 5 USD/kg, y de cumplirse el objetivo para 2030, ese valor se reduciría hasta 1 USD/kg (Hydrogen Shot Summit- 2021). Una mejora importante podría esperarse, entonces, en el precio en surtidor, y volver competitivo al hidrógeno verde para el usuario final en términos de gasto de combustible. También será necesaria una caída del precio de los vehículos. En EE.UU., se estima, por ejemplo, que hacia 2025, un camión de carga de 23 toneladas a celda de hidrógeno quintuplicará en precio de venta a su equivalente a diesel. Beneficios al consumo de energías limpias, o penalidades al consumo de combustibles fósiles, podrán ser parte del menú para una solución que le permita competir al hidrógeno frente al combustible fósil.

## Bibliografía

1. International Energy Agency. Global Hydrogen Review 2021, páginas 5 y 19.
2. Consorcio H2ar. Resumen de Resultados 2021.
3. Universidad Nacional de la Matanza. ReDDi, Análisis comparativo de sensores para flujo de hidrógeno, año 2020.
4. Cummins – Sala de Prensa. ¿Cómo funcionan los motores de hidrógeno? 26 de enero de 2022.
5. <https://www.cummins.com/es/news/2022/01/26/how-do-hydrogen-engines-work>
6. Departamento de Física Aplicada III. Universidad de Sevilla. 2015.
7. Ballard. Especificaciones de celda de combustible para vehículos heavy duty (Ballard FCmove HD+, septiembre 2021), pág. 2.
8. Fundación Naturgy. Hidrógeno: Vector energético de una economía descarbonizada, página 267.
9. Stanford University. Decarbonizing Heavy-Duty Transportation (2021), pág. 25.
10. Instituto Argentino de Ferrocarriles y Asociación Argentina de Hidrógeno. Hacia un prototipo de Tren Argentino Eléctrico a Hidrógeno.
11. Banco Interamericano de Desarrollo. Análisis de sustitución de combustibles del sistema de transporte fluvial de la Hidrovía Paraguay - Paraná.

## Biografía de autores

**Jorge E. Eterovic.** Ingeniero por la Universidad Tecnológica Nacional; Especialista en Criptografía y Seguridad Teleinformática y MBA en Dirección de Sistemas de Información. Profesor titular ordinario de grado en UNLaM, UM, USAL y UTN con 33 años de antigüedad y en posgrados del IUHIBA. Investigador Categoría II del Programa de Incentivos a Docentes e Investigadores del Ministerio de Educación. Director de varios proyectos de Investigación. Autor de numerosos trabajos científicos sobre Seguridad de la Información publicados en distintos congresos nacionales e internacionales. Decano del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas – UNLaM. Consultor free lance en Sistemas de Gestión de la Seguridad de la Información, Gestión de Riesgos de TI y Compliance. Director y jurado de numerosas tesis de posgrado. Miembro del Concejo Superior de la UNLaM; del Comité Académico de la Maestría en Informática Médica del Instituto Universitario del HIBA; del Comité Académico de la Maestría en Dirección de Sistemas de Información de la USAL. Evaluador de la Comisión Nacional de Educación y Acreditación Universitaria.

**Gabriel E. Blanco.** Ingeniero en Informática por la Universidad de la Matanza; Doctorando en Políticas y Gestión de la Educación Superior por la UNTRéF; *Master Executive en Dirección Estratégica y Tecnológica del ITBA, Especialista en derecho ambiental; Investigador categorizado. Vicedecano del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas – UNLaM. Director y Codirector de varios proyectos de Investigación. Más de 15 publicaciones. Participación y organización en más de 14 jornadas de perfeccionamiento. Contacto: g2blanco@unlam.edu.ar*

**Federico J. Alterini.** Ingeniero Industrial (UCA), con estudios de posgrado en Mercados de Gas Natural Y Electricidad (ITBA). Director Ejecutivo en *Negoxium. Ex Manager del Grupo Techint, con más de 20 años de experiencia en negocios siderúrgicos, upstream petrolero y energía. Expertise en M&A, desarrollo de negocios, valuaciones y planeamiento empresarial. Docente Investigador del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la UNLaM.*

**Agustín J. Lohigorry.** Licenciado en Análisis de Sistemas (UBA). Magíster en Dirección Estratégica y Tecnológica (ITBA-EOI). Diplomado en Gestión Eficiente de la Energía / Energy Manager (ITBA-EUREM), en Tecnología y Gestión de la Energía (UTN) y en Hidrógeno Verde (Clase Ejecutiva, UC Chile). Programa de Formación de Líderes Energéticos (CACME). Especialista en Transición Energética. Responsable de Proyectos y Comercial de RAYO. Asesor e Investigador del DIIT-UNLaM. Coordinador académico de la Diplomatura en Energía y Desarrollo Sostenible (DIIT-UNLaM-ISF-Ar). Presidente de la Comisión Directiva, co-Coordinador del área de Energía e integrante de la Comisión de Crisis Climática de Ingeniería Sin Fronteras Argentina.

**Luis E. Fauroux.** Magister en Gestión Ambiental, Ingeniero Químico. Docente de la cátedra de Química General, ciclo básico, y jefe de cátedra de Termodinámica para la carrera de Ing. Mecánica. Docente investigador, director y codirector de proyectos, con más de 20 publicaciones, en las áreas de investigación de Control de Calidad, Producción, Desarrollo de Aplicaciones en red para cálculo y gestión en general. Energías alternativas.





## Almacenamiento de energía en supercapacitores

El desafío de los materiales

Marcela Bavio, Pamela Ramos, Federico Ponce, Florencia Jerez

### Resumen

La matriz energética actual indica que aún somos dependientes de los combustibles fósiles, principales responsables de las emisiones de gases de efecto invernadero. La incorporación y almacenamiento eficiente de energías renovables y un aumento en la eficiencia de los procesos productivos son los desafíos a los cuales debemos enfrentarnos si queremos reducirlas. Es por ello que en nuestros proyectos planteamos el desarrollo de supercapacitores con nuevos materiales de electrodos utilizando métodos y precursores amigables con el medioambiente.

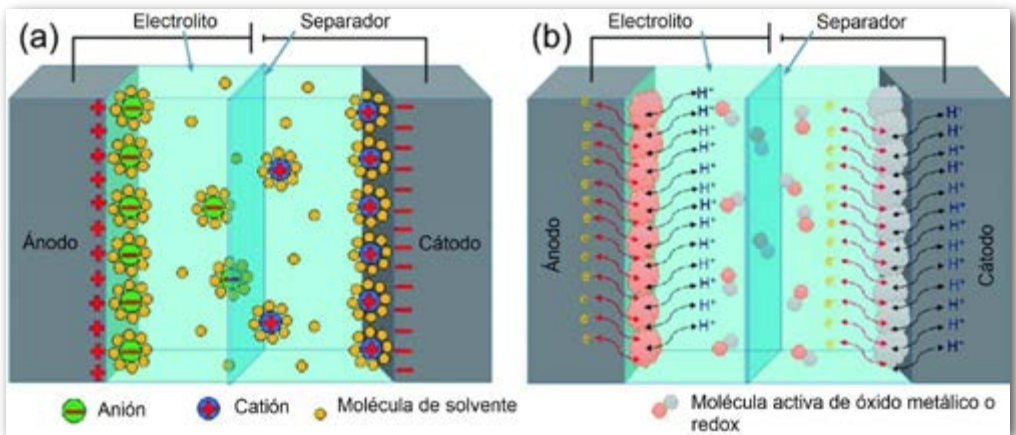
### Introducción

En los últimos años, el desarrollo industrial y tecnológico ha provocado un aumento en el consumo de energía debido a la demanda domiciliaria, de las empresas e industrias. Las principales fuentes de energía en el mundo y en Argentina siguen siendo provenientes de los combustibles fósiles como el carbón, petróleo y gas natural. Según el último informe 2021 de CAMMESA [1], la demanda total energética aumentó un 5.2% con respecto al año anterior, mientras que la potencia instalada para cubrir esta demanda aumentó sólo un 2.5%. El último informe del IPCC [2] estima que las actividades humanas han causado un calentamiento global de 1°C con respecto a los niveles preindustriales, y pronostica un aumento de hasta 1.5°C entre 2030 y 2050 si se continúan generando gases de efecto invernadero al ritmo actual. Es evidente que un cambio en la matriz energética hacia las energías renovables permitiría una disminución en las emisiones de CO<sub>2</sub>. La tendencia a nivel nacional y mundial es aumentar su aporte ya que permiten una generación más limpia y no producen gases que contribuyen al calentamiento global. Entre las más investigadas se encuentran la biomasa, la energía hidroeléctrica, geotérmica, eólica, solar y la producción electroquímica de energía [3]. En nuestro país, un análisis de la participación de las fuentes de energía permite determinar que la mayor

generación sigue siendo la térmica convencional (63.5 %), por sobre la hidráulica (17%), la energía nuclear (7.2%) y las renovables (12.3%) [1].

La concientización en el uso racional de la energía, el mayor desarrollo e incorporación de renovables a la matriz energética, un aumento en la eficiencia de los procesos productivos de energía y sistemas eficientes de almacenamiento energético se plantean como los desafíos en los próximos años. Entre los dispositivos de almacenamiento de energía, las baterías y los supercapacitores (SC) son los más utilizados [4,5]. Desde el punto de vista tecnológico, una batería y un SC son dispositivos almacenadores de energía, que convierten la energía de un tipo a otro. Los SC compiten con ventaja con las baterías en velocidad de respuesta y en número de ciclos de carga y descarga, pero su capacidad para almacenar energía es sensiblemente menor. Por lo tanto, la posibilidad de sustituir a las baterías se limita a algunas aplicaciones específicas para las que se necesitan potencias elevadas durante períodos breves y en las que sean necesarios frecuentes ciclos de carga y descarga. Últimamente se están llevando a cabo estudios en los cuales ambas tecnologías se complementan. Un ejemplo de ellos son los vehículos eléctricos o los robots móviles autónomos. Las baterías proporcionan la energía necesaria para el funcionamiento en condiciones estacionarias, mientras que los SC se encargan de suministrar los picos de potencia necesarios en pendientes o adelantamientos, de absorber los picos de energía cinética en las frenadas, o de alimentar el motor de arranque en las puestas en marcha [6,7].

Los SC están constituidos por un ánodo, un cátodo, un separador eléctrico, un electrolito y los colectores de corriente. Si el material activo del ánodo es el mismo que en el cátodo, se trata de SC simétricos, de lo contrario son asimétricos. A su vez, dependiendo del tipo de material activo se pueden diferenciar principalmente dos mecanismos de almacenamiento de energía. Uno corresponde al almacenamiento de carga electrostático en la interfaz electrodo/electrolito a través de un reordenamiento de las especies cargadas del electrolito sobre la superficie del electrodo (Fig.1a). El segundo corresponde a un almacenamiento de cargas electroquímico mediante la transferencia de cargas. En este caso se produce una reacción redox en la superficie de los electrodos, lo que genera un intercambio de electrones entre el material de electrodo y el electrolito (Fig.1b). Una combinación de estos procesos de almacenamiento proporciona los SC híbridos, en éstos existe un reordenamiento de especies iónicas en la superficie de los electrodos, pero además hay un aporte faradaico de reacciones redox [8].



**Figura 1.** Representación de un supercapacitor a) de doble capa. b) pseudo-capacitivo [9]

De acuerdo a lo descrito anteriormente, el electrolito y los materiales de electrodo son los mayores responsables de las propiedades energéticas de los SC. Con respecto al electrolito, es el que limita el potencial del SC, en la Fig.2 se analizan las propiedades de los electrolitos más utilizados en los SC.



**Figura 2.** Tipos de electrolitos para supercapacitores

Se han evaluado diferentes materiales activos para electrodos en SC: polímeros conductores, materiales carbonosos y óxidos metálicos, o combinaciones compuestas por dos o más de estos materiales [10-13]. La capacitancia, potencia y energía de estos dispositivos dependen principalmente de que los materiales activos de los electrodos tengan una elevada área superficial, capacitancia de doble capa o pseudocapacitancia, buena conductividad eléctrica y que sean fácilmente procesables.



**Figura 3.** Tipos de materiales para supercapacitores

Dentro de los materiales carbonosos, los más estudiados han sido los carbones activados (CA), negro de carbono, nanotubos de carbono, grafeno, óxido de grafeno. Dada su buena performance y bajo costo de producción los SC comerciales utilizan CA para los electrodos. Recientemente, la comunidad científica ha desarrollado CA cuya materia prima proviene de residuos lignocelulósicos como hojas de té, bambú, olivo, cáscara de nuez, algodón, cáscara de cebolla, entre otros [8].

El desafío actual de los SC y el aumento de su eficiencia se relaciona con el desarrollo de materiales de electrodo que tengan la capacidad de

almacenar energía en el menor volumen y peso posible. Nuestro grupo trabaja en el desarrollo de este tipo de materiales desde hace una década y ha ensamblado SC con ellos. A su vez, con el compromiso de aumentar las propiedades de almacenamiento y reducir la contaminación ambiental nos enfocamos en hacerlo mediante síntesis más amigables con el medioambiente. En este sentido sintetizamos materiales con el menor impacto posible en el ambiente, utilizando además residuos de diferentes industrias (harinera, agroindustria, cervecera, cannábica, yerbatera y olivícola), permitiendo valorizar abundantes desechos de otras actividades económicas que contaminan y generan problemas locales, regionales o nacionales si no se los trata adecuadamente [8,11].

## **Materiales y métodos**

### ***¿Cómo desarrollamos los materiales para los supercapacitores?***

El principal tema de investigación del grupo es el desarrollo de materiales eficientes para su aplicación en SC. La metodología a utilizar depende del tipo de material a sintetizar.

#### *Óxidos de cobre y óxidos de níquel:*

Mediante síntesis verde, utilizando  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  como precursor y reemplazando el agente reductor sintético por extracto natural de yerba mate. También, nanopartículas de óxido de níquel se sintetizaron mediante el método Sol-Gel, utilizando acetato tetrahidratado de níquel en etanol 60°C y ácido oxálico (en lugar de químicos agresivos).

#### *Ferritas de cobalto:*

Nanovarillas de ferritas de cobalto ( $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ ) se sintetizaron por co-precipitación asistida con polivinil alcohol (PVA) seguida de un tratamiento térmico. Se utilizaron sulfatos de los metales, ácido oxálico y PVA en solución acuosa. Posteriormente se filtra, seca, muele y se calcina a 300°C, y luego 2 horas a 600°C.

#### *Perovskitas dobles*

Perovskitas ( $\text{La}_2\text{NiMnO}_6$ ,  $\text{La}_2\text{CoMnO}_6$ ,  $\text{La}_2\text{CuMnO}_6$ ,  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuMnO}_6$ ) se sintetizaron por el método sol-gel con ácido cítrico, a partir de los nitratos de los metales. Los reactivos se mezclaron en solución acuosa y se evaporó el agua a 75°C. El lodo obtenido se secó en baño de arena a 90°C, se molió y luego se calcinó a 800-900°C en una mufla.

### *Carbones activados:*

En nuestro grupo desarrollamos CA a partir de residuos lignocelulósicos. Para ello se carboniza el residuo en ausencia de oxígeno entre 400 y 600°C. Se impregna y activa químicamente el carbonizado con KOH, ZnCl<sub>2</sub> o H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> en ausencia de oxígeno a 400 – 850 °C. Por último, se lava, neutraliza y secan los CA.

En nuestros proyectos de investigación utilizamos como precursor de los CA residuos lignocelulósicos provenientes de diferentes actividades industriales (rastreo de trigo, alperujo, poda de olivo, bagazo de cerveza, residuo harinero, algas invasoras, tallos y hojas de cannabis) o residuos domiciliarios como la yerba mate.

### *Materiales compuestos y nanomateriales:*

Generalmente se trata de mejorar las propiedades de un material con la incorporación de otro material con propiedades favorables adicionales, obteniendo así un efecto sinérgico. En este sentido, y con excelentes resultados, hemos desarrollado películas de polianilina (PANI), de PANI con Pt y PtRu, compuestos de ferrita de cobalto-carbono, negro de carbono-PtRu; nanotubos de PANI, nanotubos de carbono, nanopartículas de NiO; y nanocompuestos de NiO-CB, nanotubos de carbono con Pt, PtRu, PtSn y NiO, y PANI-nanotubos de carbono-negro de carbono.

### *¿Cómo sabemos si obtenemos las propiedades requeridas?*

Todos los materiales que se producen para electrodos de SC deben presentar determinadas características y propiedades, y conocerlas es importante para comprender los fenómenos físicos y químicos que condicionan sus capacidades de almacenamiento de energía.

Una de las principales es el área específica. Para determinarla se realizan estudios de adsorción/desorción de N<sub>2</sub>, que dan como respuesta distribución de tamaños de poros, volúmenes de poros y área específica (BET) del material.

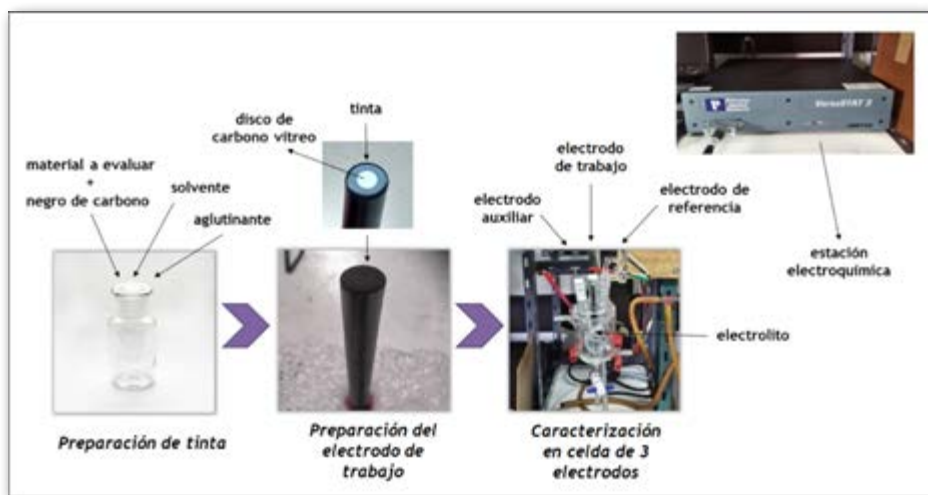
Por otro lado, se analizan los grupos superficiales y enlaces mediante espectroscopía de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR).

Para conocer la cristalinidad y estructura utilizamos difracción de rayos x (DRX), que nos proporciona información acerca de cómo están ubicadas las partículas en la red del sólido, qué espaciamiento hay entre ellas y el tamaño de la cristalita.

Utilizando microscopía electrónica de barrido con sonda de espectroscopía de dispersión de energía (SEM-EDS) y microscopía electrónica de transmisión (TEM), analizamos la morfología y la composición química de los materiales, observamos la porosidad, y en algunos casos obtenemos tamaño y forma de partículas.

### ¿Cómo evaluamos las propiedades de almacenamiento de energía?

Para determinar los parámetros específicos de almacenamiento de energía de los materiales se utilizan técnicas electroquímicas: voltamperometría cíclica (VC), medidas galvanostáticas de carga/descarga (GDC) y espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS). Para ello se utiliza una celda electroquímica de tres electrodos con un electrodo de referencia (hidrógeno, calomel o plata/cloruro de plata saturado), un contraelectrodo (chapa de platino de alta área superficial) y un electrodo de trabajo de carbono vítreo con el material a evaluar depositado sobre él (Fig.4). Nuestro grupo trabaja con electrolitos acuosos, que pueden ser sales neutras, ácidos o bases (Fig.2).

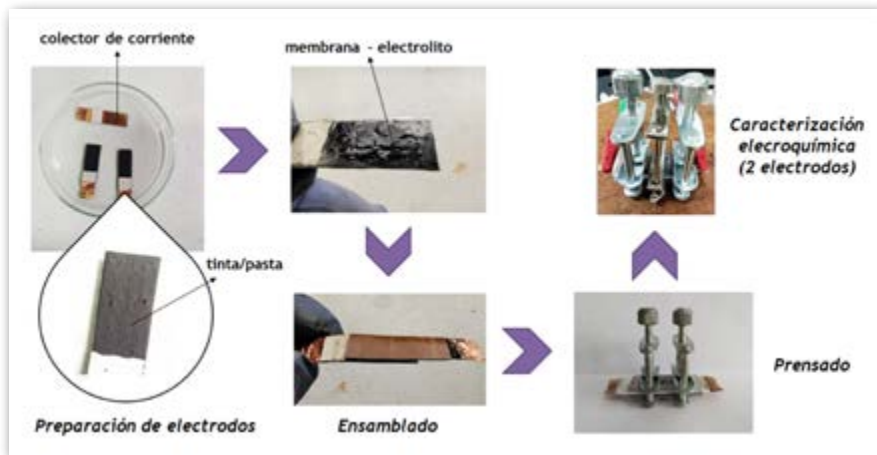


**Figura 4.** Caracterización electroquímica en celda de tres electrodos.

A partir de las técnicas utilizadas podemos calcular parámetros como la capacitancia ( $C_s$ ), energía ( $E_s$ ) y potencia específica ( $P_s$ ), eficiencia coulombica ( $\eta$ ), resistencias relacionadas con el material y con la solución electrolítica, capacitancia de doble capa, entre otros.



### ¿Cómo desarrollamos y evaluamos un supercapacitor?



**Figura 5.** Desarrollo de un supercapacitor.

Para evaluar electroquímicamente el SC lo hacemos con dos electrodos (Fig.1). Las técnicas que aplicamos son las mismas, pero ahora los parámetros obtenidos son del SC ensamblado con colectores de corriente, los materiales de electrodo, el electrolito y la membrana separadora (Fig.5). De esta manera podemos informar la capacitancia, potencia, energía, corriente, tensión, resistencia en serie equivalente, masa y volumen del SC.

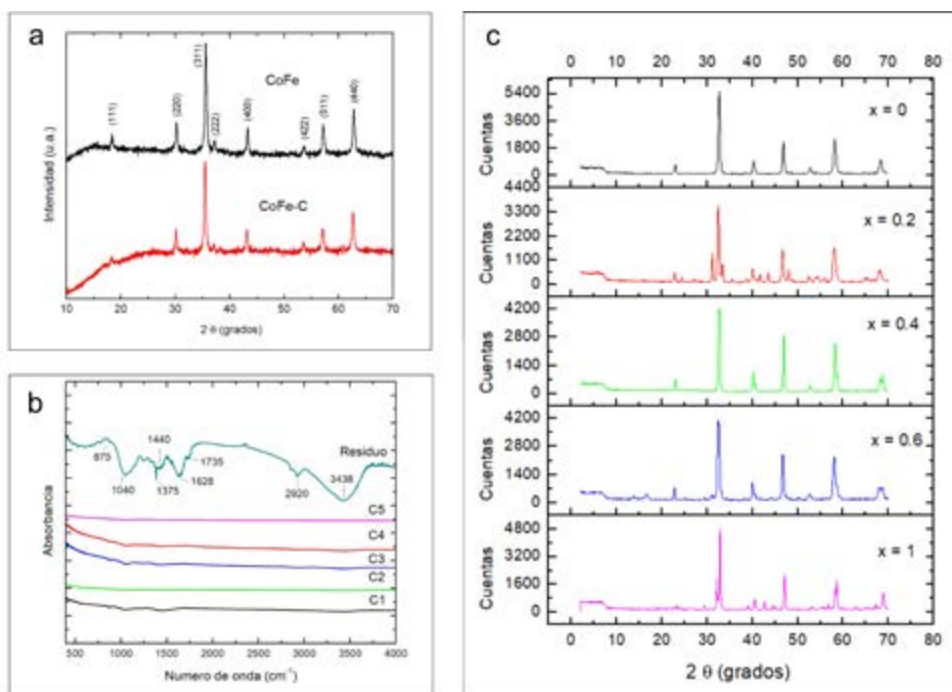
### Resultados y discusión

**Acerca de los materiales desarrollados: ¿cómo son?, ¿cuáles son sus propiedades y cómo se “ven”?**

En la Fig.6a se muestran difractogramas de ferrita de cobalto pura y combinada con carbono. Los picos de difracción observados permiten confirmar que ambas muestras tienen estructura de espinela cúbica y que el agregado de carbono no modifica la estructura cristalina de la ferrita, pero produce una expansión volumétrica de la red, (parámetro de red de 8,364 Å a 8,38 Å). En el caso de las perovskitas, los difractogramas (Fig.6b) permiten identificar los picos característicos de la estructura de perovskita doble para todas las muestras. Dependiendo de la proporción de dopaje con Sr, se producen distorsiones en la red sin modificarse la estructura cristalina.



El espectro infrarrojo del residuo de cannabis y los CA derivados se muestra en la Fig.6c. Los CA conservan los enlaces correspondientes a las bandas 3438, 2920, 1440, 1040 y 875  $\text{cm}^{-1}$ , asociados al agua adsorbida y a enlaces pertenecientes a la lignina, que es el componente más difícil de degradar en los materiales lignocelulósicos dada la estabilidad de los anillos aromáticos que la componen. De esta manera, podemos determinar cómo un tratamiento de carbonización de un residuo lignocelulósico y su activación química degrada el residuo dejando sólo algunos enlaces presentes.



**Figura 6.** DRX de a)  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  y  $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-C}$ , c)  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuMnO}_6$ , b) FTIR del residuo y CA de cannabis.

De acuerdo a lo analizado en la Tabla 1, los óxidos metálicos son los que menor área superficial presentan y los CA los de área mayor. En nuestros desarrollos logramos obtener áreas superficiales muy altas con los CA a partir de residuos industriales y domiciliarios. De acuerdo a la Tabla 1, es evidente que sólo un área superficial elevada no garantiza la máxima capacitancia, sino que es necesario un análisis de tipo y volúmenes

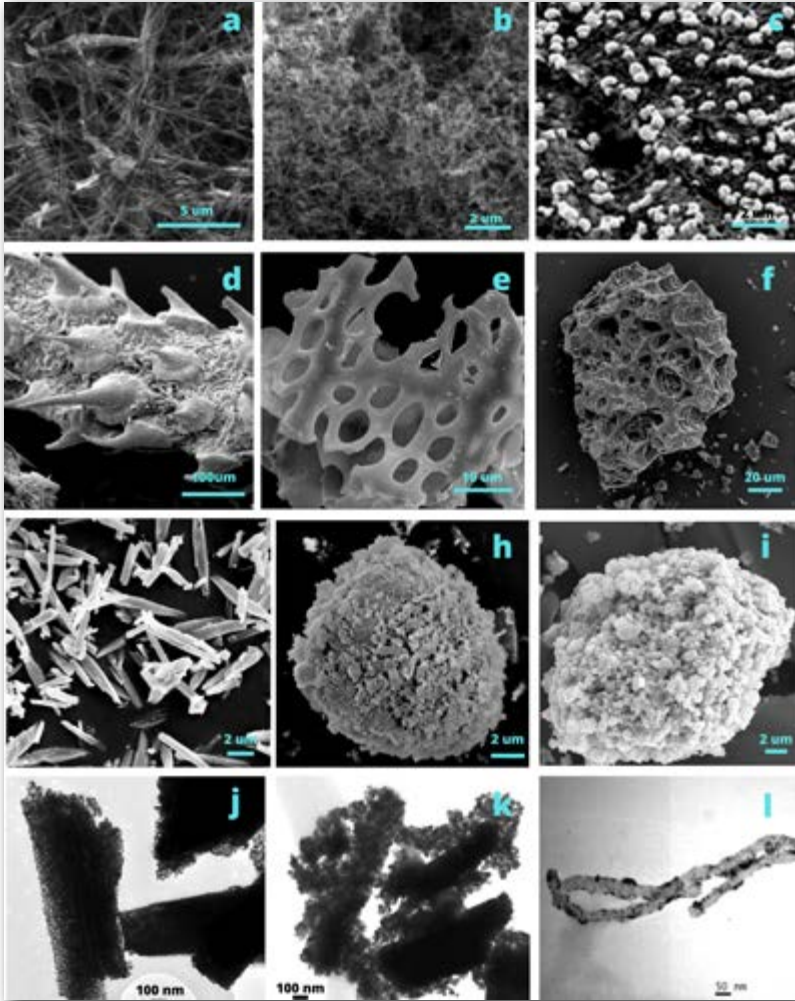
de poros, además de una caracterización exhaustiva del material. Esto se debe a que las perovskitas y ferritas son casos particulares de óxidos con estructuras bien definidas, que si bien no presentan un área superficial elevada, permiten el almacenamiento de cargas por otro tipo de mecanismos, incluyendo la pseudocapacitancia.

<b>Material</b>	<b>Área superficial (m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>)</b>	<b>Vtotal poros (cm<sup>3</sup> g<sup>-1</sup>)</b>	<b>Capacitancia específica (F g<sup>-1</sup>)</b>
<b>CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub></b>	41,195	0,983	548,1
<b>La<sub>1,8</sub>Sr<sub>0,2</sub>CuMnO<sub>6</sub></b>	4,22	0,011	448,7
<b>Carbón activado (Cannabis)</b>	2443,18	1,0444	195,8
<b>Carbón activado (Olivo)</b>	3100	1,66	410
<b>Carbón activado (Yerba mate)</b>	4280	1,0555	412,8

**Tabla 1.** Área superficial, volumen de poros y capacitancia específica de materiales.

Como puede observarse en las micrografías SEM, la morfología varía de acuerdo al tipo de material y síntesis llevada a cabo. En la Fig.7a pueden observarse nanohilos de PANI, y en la Fig.7b también se observa PANI pero sintetizada por otra vía (electroquímicamente) sobre un alambre de Níquel. La Fig.7c muestra el depósito electroquímico de PtRu sobre un compuesto de PANI-nanotubos de carbono. La Fig.7d es el carbonizado de cannabis, se evidencian aún las espículas de la planta; sin embargo, en la Fig.7e ya no pueden identificarse debido a que el carbón fue activado químicamente, permitiendo el desarrollo de una estructura porosa. La misma superficie porosa se observa en el CA de yerba mate (Fig.7f). Las figuras 7g, 7h muestran las imágenes de varillas de ferritas de cobalto (CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) y del compuesto ferrita de cobalto-carbono. El agregado de carbono (a partir de glucosa) a la ferrita cambia la morfología del material y esto repercute en las propiedades de almacenamiento energético, mejorándolas. La Fig.7i muestra un material compuesto de óxido de níquel-negro de carbono-PANI, puede observarse que existe un aglomerado de nanopartículas de elevada porosidad, favoreciendo su capacidad de almacenar energía. En la Fig.7j se observa la

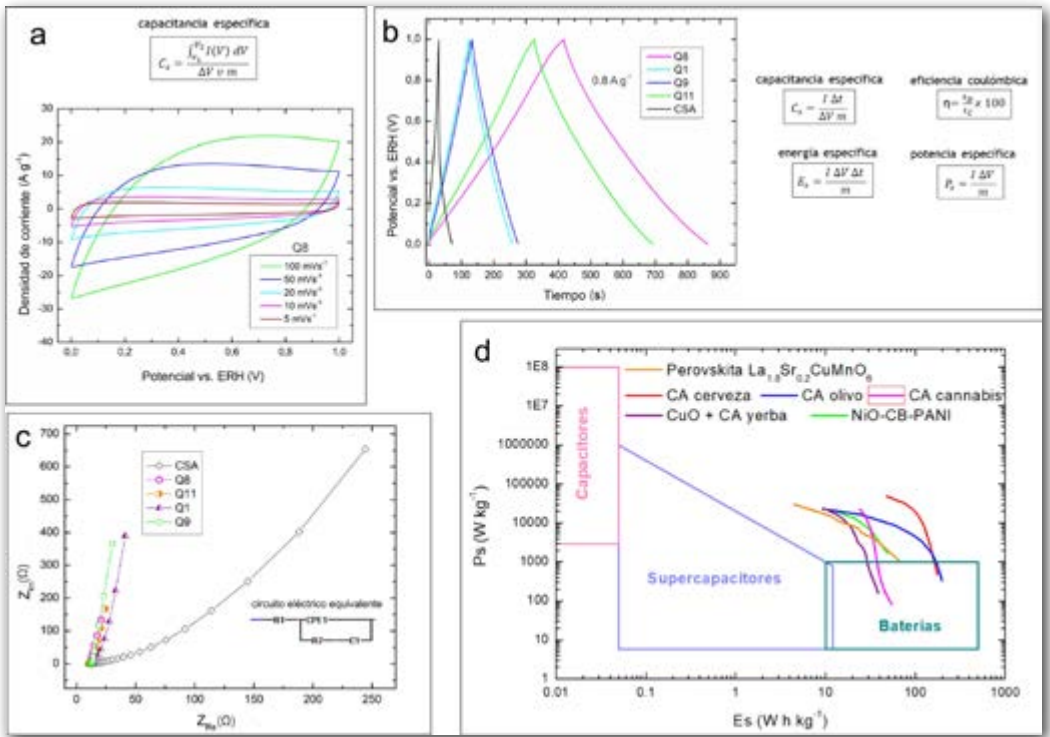
micrografía TEM de varillas de  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  y el recubrimiento de las mismas por partículas esféricas de carbono cuando se le deposita glucosa y luego se piroliza (Fig.7k). En la Fig.7l se observa el depósito espontáneo de nanopartículas de Pt-Ru sobre nanotubos de carbono.



**Figura 7.** Micrografías SEM: nanohilos de PANI sintetizados a) químicamente, b) electroquímicamente [14]. c) Ni/PANI/NTC/Pt [15]. d) Carbonizado de cannabis. e) CA de cannabis. f) CA de yerba mate. g)  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ . h)  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ -C. i) NiO-CB-PANI. [13] Micrografías TEM: j)  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ , k)  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ -C. l) NTC-PtRu.

Con respecto a las propiedades electroquímicas de los materiales desarrollados, en las Figuras 8a y 8b se observan las VC y GDC de CA a partir de la poda de olivo, respectivamente. A partir de estas medidas y con las ecuaciones insertas en la gráfica se puede obtener la capacitancia específica ( $Fg^{-1}$ ) de los CA. En la Fig.8b se observan las curvas de carga-descarga de cuatro carbones activados químicamente y del carbón sin activar de la poda de olivo a una densidad de corriente de  $0.8 Ag^{-1}$ . En ellas se observa una gráfica casi triangular, la pendiente positiva con aumento de potencial en el tiempo corresponde a la carga del material y la pendiente negativa con disminución de potencial a la descarga del material a la corriente indicada. De la gráfica y las ecuaciones insertas en la figura se pueden obtener los parámetros característicos de capacitancia específica ( $Fg^{-1}$ ), potencia específica ( $Wkg^{-1}$ ), energía específica ( $Whkg^{-1}$ ) y eficiencia coulombica (%). Un gráfico típico para analizar los diferentes parámetros de los sistemas de almacenamiento de energía es el gráfico Ragone, donde se grafica la potencia versus energía. En éste muestra las zonas típicas de los capacitores con altas potencias, pero bajas densidades energéticas, en el otro extremo las baterías con una alta capacidad de almacenamiento energético pero baja potencia y en la zona intermedia a los SC, con densidades energéticas menores que las baterías, pero mayor potencia. En la actualidad los mayores desafíos están en el desarrollo de materiales que puedan entregar la energía almacenada en un tiempo relativamente corto, pero que esa energía sea lo suficientemente alta. Esto implica un corrimiento hacia el extremo derecho superior del gráfico. En la gráfica mostramos algunos de los valores obtenidos por nuestro grupo para diferentes materiales como perovskitas, CA y materiales compuestos (Fig.8d).

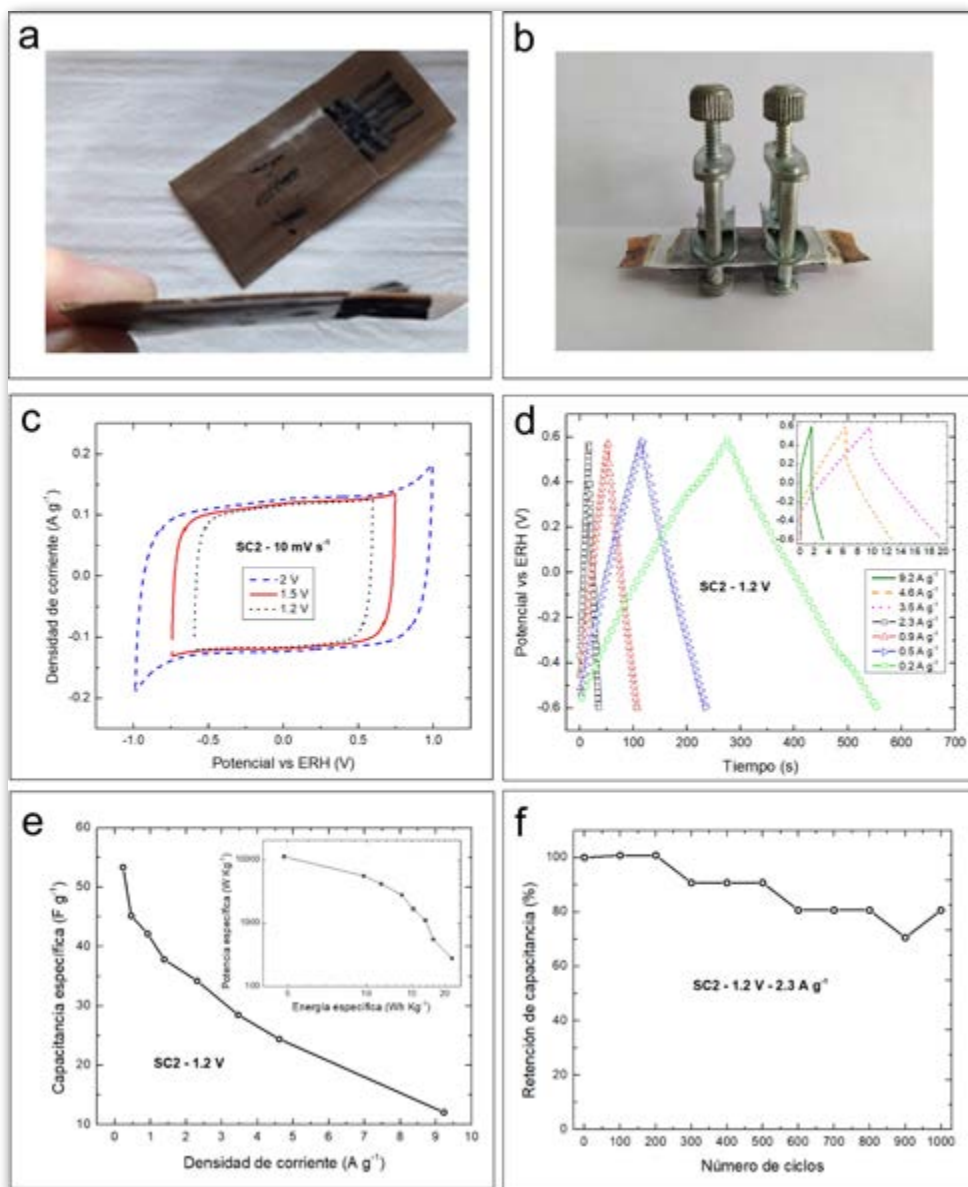
Mediante EIS y un modelado de circuito eléctrico equivalente (Fig.8c) se pueden obtener parámetros como las resistencias internas y del electrolito, capacitancias de doble capa y resistencia en serie equivalente, además de información acerca de los fenómenos fisicoquímicos a través de los cuales se produce el almacenamiento de energía en la superficie del material.



**Figura 8.** a) CV de un carbón activado (poda de olivo), a diferentes velocidades de barrido. b) GCD de diferentes carbones activados (poda de olivo). c) Diagrama de Nyquist, EIS, de CA de poda de olivo [11]. d) Diagrama de Ragone de diferentes materiales de electrodo.

### *Acerca de los supercapacitores desarrollados: ¿cómo son y qué propiedades de almacenamiento tienen?*

En la Fig.9a se muestran los SC simétricos desarrollados con dos electrodos de NiO-NTC, depositado sobre tela de carbón como colector de corriente, y una membrana polimérica impregnada con el electrolito (PVA-PVP-KOH). La Fig.9b muestra un SC simétrico con dos electrodos de carbón activado desarrollado a partir de residuos de olivo, depositado sobre una cinta de cobre como colector de corriente, y una membrana polimérica impregnada con el electrolito (PVA-KOH). El sellado de los SC se realizó con cinta de Teflon y parafilm.



**Figura 9.** a) Supercapacitor simétrico tela de carbón-NiO-NTC/PVA-PVP-KOH. b) Supercapacitor simétrico Cu-CA/PVA-KOH. VC, velocidad de barrido  $10 mV s^{-1}$ ; c) GDC; d) capacitancia específica vs. densidad de corriente, diagrama de Ragone (inserto); y e) ciclo de vida supercapacitor simétrico de CA [11].

En las figuras 9c a 9f se presentan algunos resultados del SC simétrico de carbón activado de poda de olivo, obtenidos de la caracterización electroquímica. Se estudió la estabilidad del electrolito (Fig.9c) y el mismo resultó estable para una ventana de potencial de 1,2 V, pero se descompone para ventanas de 2 V e incluso 1,5 V. En la Fig.9d se muestran los perfiles de carga-descarga galvanostática, y se calcularon las capacitancias, energías y potencias específicas (Fig.9e) a diferentes densidades de corriente. Se evaluó la retención de capacitancia en 1000 ciclos de carga-descarga (Fig.9f). La máxima capacitancia específica obtenida fue  $53,3 \text{ F g}^{-1}$  a  $0,23 \text{ A g}^{-1}$ , con una energía y una potencia específica de  $21,33 \text{ Wh kg}^{-1}$  y  $276,8 \text{ W kg}^{-1}$ . La retención de capacitancia luego de 1000 ciclos fue de 80,6%.

## Conclusiones

En Argentina los supercapacitores utilizados son importados y se fabrican utilizando principalmente carbón activado. El sistema de ensamblado de los supercapacitores es algo ya industrializado y conocido, por lo que los principales desafíos se encuentran en el desarrollo de materiales para la fabricación de electrodos con altas capacitancia, energía, potencia, eficiencia y estabilidad a través de numerosos ciclos de vida. Los carbones activados presentan buenos rendimientos para este tipo de dispositivos, sin embargo, la mayoría de los carbones activados son minerales o provenientes de maderas. Presentando una alternativa más sustentable, el estudio del desarrollo de nuevos materiales desde la comunidad científica aporta los primeros resultados para un posterior desarrollo de los mismos a una escala industrial.

Desde nuestro grupo desarrollamos materiales con métodos de síntesis más amigables con el medioambiente, utilizando reactivos suaves, reemplazando químicos sintéticos por extractos naturales propios de la química verde o utilizando residuos como precursores. De esta manera se sintetizaron materiales de tipo oxídico, polimérico, carbonosos y diversos materiales compuestos. Éstos presentaron propiedades adecuadas para su uso en el almacenamiento de energía en supercapacitores y además los procesos de obtención están diseñados para reducir el impacto de los mismos en el medioambiente. Estos materiales fueron probados en los propios supercapacitores optimizando la síntesis de membranas electrolíticas flexibles, para prototipos simétricos y asimétricos de tipo estado sólido, flexibles o tipo vial. Así, se ensamblaron supercapacitores con un voltaje de 1.2V y 1.15F de capacitancia, los cuales presentan valores de retención

de capacitancia superior al 80% en un ciclo de vida. El desarrollo de supercapacitores promueve una forma de almacenamiento de energía alternativa a la de las baterías y permite combinarlos con las mismas en sistemas de almacenamiento de energía para los vehículos eléctricos autónomos.



## Bibliografía

- [1]. M. El, "INFORME ANUAL 2021 Mercado Eléctrico Mayorista," 2022.
- [2]. IPCC, Calentamiento Global de 1,5 °C. 2019.
- [3]. Shrestha, A., Mustafa, A. A., Htike, M. M., You, V., & Kakinaka, M. (2022). Evolution of energy mix in emerging countries: Modern renewable energy, traditional renewable energy, and non-renewable energy. *Renewable Energy*, 199, 419-432.
- [4]. Kodama, H. (2014). Electrical energy storage devices & systems. *Hitachi Chem*, 57(57), 6-15.
- [5]. Krishna, K. S., & Kumar, K. S. (2015). A review on hybrid renewable energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 907-916.
- [6]. Benoy, S. M., Pandey, M., Bhattacharjya, D., & Saikia, B. K. (2022). Recent trends in supercapacitor-battery hybrid energy storage devices based on carbon materials. *Journal of Energy Storage*, 52, 104938.
- [7]. Roy, P. K. S., Karayaka, H. B., Yan, Y., & Alqudah, Y. (2019). Investigations into best cost battery-supercapacitor hybrid energy storage system for a utility scale PV array. *Journal of Energy Storage*, 22, 50-59.
- [8]. Shaker, M., Ghazvini, A. A. S., Cao, W., Riahifar, R., & Ge, Q. (2021). Biomass-derived porous carbons as supercapacitor electrodes—A review. *New Carbon Materials*, 36(3), 546-572.
- [9]. Saini, S., Chand, P., & Joshi, A. (2021). Biomass derived carbon for supercapacitor applications. *Journal of Energy Storage*, 39, 102646.
- [10]. Bavio, M. A., Acosta, G. G., & Kessler, T. (2014). Synthesis and characterization of polyaniline and polyaniline-carbon nanotubes nanostructures for electrochemical supercapacitors. *Journal of Power sources*, 245, 475-481.
- [11]. Ponce, M. F., Mamani, A., Jerez, F., Castilla, J., Ramos, P. B., Acosta, G. G., ... & Bavio, M. A. (2022). Activated carbon from olive tree pruning residue for symmetric solid-state supercapacitor. *Energy*, 125092.
- [12]. Bavio, M. A., Tasca, J. E., Acosta, G. G., Ponce, M. F., Fuentes, R. O., & Visintin, A. (2020). Study of double perovskite La<sub>2</sub>B (II) MnO<sub>6</sub> (B: Ni, Co, Cu) as electrode materials for energy storage. *Journal of Solid State Electrochemistry*, 24(3), 699-710.
- [13]. Jerez, F., Vitale, P., & Bavio, M. A. (2021). Production of NiO-CB-PANI for energy storage: From laboratory to bench scale. *Chemical Engineering Science*, 229, 116055.
- [14]. Marcela A. Bavio, Gerardo G. Acosta, Teresita Kessler (2014). Synthesis and characterization of polyaniline and polyaniline - Carbon nanotubes nanostructures for electrochemical supercapacitors. *Journal of Power Sources* 245, 475.

- [15].M.A. Bavio, T. Kessler, A.M. Castro Luna (2013). Pt–Ru polymeric electrocatalysts used for the determination of carbon monoxide. *Thin Solid Films* 527, 318.

### Biografía de autores y autoras

**Marcela A. Bavio** (Lanús, 1974). Dra en Ciencias Exactas (Química) y Profesora en Física y Química. Investigadora del CONICET en el Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Profesora de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Actualmente se desempeña como coordinadora de la línea de investigación en energías renovables del Núcleo Intelymec de la FIO-UNCPBA. Desarrolla su carrera de investigación en temáticas ambientales y en sistemas de almacenamiento de energía. Ha desarrollado materiales para la detección de monóxido de carbono, celdas de metanol y para supercapacitores. Presenta numerosas publicaciones en eventos científicos y revistas internacionales. Dirige proyectos de investigación relacionados con medioambiente y energía.

**Pamela B. Ramos** (Benito Juárez, 1984). Dra. en Ingeniería, mención Tecnología Química. Docente-Investigadora de la Facultad de Ingeniería de Olavarría. Pertenece al Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Ingeniera química y en Seguridad e Higiene de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Actualmente dirige un proyecto de investigación en temáticas relacionadas al desarrollo de materiales para aplicaciones ambientales. Desde 2018 se encuentra trabajando en el desarrollado de materiales para la captura de CO<sub>2</sub> y de contaminantes en medios acuosos como arsénico y mercurio. Además, realiza servicios a terceros y asesorías en análisis fisicoquímicos de aguas y tratamientos/caracterización de efluentes industriales.

**Federico Ponce** (Olavarría, 1991). Ing. Químico. Becario doctoral CONICET en el Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Ayudante diplomado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Desde 2018 trabaja en el desarrollo de

materiales para el almacenamiento de energía en supercapacitores, y cursa el Doctorado en Ingeniería, mención Tecnología Química. Su tema de tesis es “Desarrollo de nanoestructuras de perovskitas para su aplicación en sistemas de almacenamiento de energía”.

**Florencia Jerez** (Olavarría, 1994). Ing. Química. Becaria doctoral CONICET en el Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Ayudante diplomada de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Participa en proyectos de investigación relacionados al medioambiente y el almacenamiento de energía en supercapacitores desde 2017. Actualmente se encuentra desarrollando el doctorado en Ingeniería, mención tecnología química con tema de tesis “Desarrollo de nanomateriales a partir de residuos orgánicos domiciliarios y su aplicación en supercapacitores”.



## Eficiencia Energética en Empresas Recuperadas

La respuesta de Madygraf a la crisis climática y el costo de la energía<sup>3</sup>

Natalia Stein, Emiliano Sebastián Consoli,  
Lisandro Cohendoz y Diego Vereertbrugghen

### Resumen

El presente trabajo describe la búsqueda de respuestas estratégicas por parte de una empresa recuperada por sus trabajadores y trabajadoras, ante una situación adversa en relación a la disponibilidad y costo de la energía, lo que se enmarca en un contexto económico y ambiental desfavorable, tanto a nivel nacional como regional y global. La experiencia de la Cooperativa de Trabajo Madygraf Ltda, comprometida con una reconversión productiva que incluye la gestión de sus consumos para alcanzar mayor eficiencia energética, nos permite reflexionar sobre su posible y necesaria replicación a gran escala. Con el objetivo de profundizar dicho proceso, se puso en marcha un proyecto de vinculación y transferencia tecnológica con la Universidad Nacional de José C. Paz, financiado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo a través del Ministerio de Producción, Ciencia e Innovación Tecnológica de la Provincia de Buenos Aires. Además de los resultados que estas acciones están mostrando, con efectos directos en la estructura de costos de la cooperativa y con un impacto ambiental evidente, encontramos que los vínculos generados en esta experiencia contribuyen a fortalecer las redes de vinculación entre universidades y empresas locales. El desafío será lograr que el ejemplo que representa esta experiencia, mostrando que es posible que una empresa recuperada o cooperativa innove en procesos de este tipo, tenga un efecto multiplicador en el marco de una red de aprendizaje.

### Introducción

El presente trabajo describe la búsqueda de respuestas estratégicas por parte de una empresa recuperada por sus trabajadores y trabajadoras,

---

[3] Este trabajo se realiza en el marco del Proyecto PNUD N° Arg/16/024 con financiamiento del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo a través de la Subsecretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación del Ministerio de Producción, Ciencia e Innovación Tecnológica de la Provincia de Buenos Aires.

ante una situación adversa en relación a la disponibilidad y costo de la energía. Esto se enmarca en un contexto desfavorable tanto a nivel nacional como regional y global, que incluye dos dimensiones. En primer lugar, una dimensión económica denota una dinámica geopolítica donde las relaciones con los países exportadores de energía determina las posibilidades y costos de acceso para un país como Argentina. A su vez, la restricción externa en la disponibilidad de divisas incide en dichos márgenes de acción, sumado al retraso en el despliegue de la infraestructura necesaria para alcanzar la autosuficiencia. En segundo lugar, una dimensión ambiental se manifiesta en la tendencia mundial hacia la administración responsable de las fuentes y formas de producción de energía, evidenciándose en todo el mundo debates sobre la preferencia por la energía nuclear en oposición a los combustibles fósiles, por ejemplo, o en un marco más amplio, la discusión planteada como “ambientalismo versus desarrollo”. En este sentido, sí existe acuerdo sobre la necesidad de reducir el consumo energético y en consecuencia las emisiones de CO<sub>2</sub>, que tienen probados efectos sobre el ambiente y el bienestar actual y futuro de la humanidad.

En este contexto general, resulta oportuno describir un caso concreto de buenas prácticas energéticas, puesto que nos permite reflexionar sobre su posible y necesaria replicación a gran escala. La Cooperativa de Trabajo Madygraf Ltda. inició hace algunos años un trabajo de reconversión productiva que incluye la gestión de sus consumos para alcanzar mayor eficiencia energética. Con el objetivo de profundizar dicho proceso, se puso en marcha un proyecto de vinculación y transferencia tecnológica con la Universidad Nacional de José C. Paz, radicado en su Instituto de Estudios para el Desarrollo Productivo y la Innovación, e impulsado por docentes del Departamento de Economía, Producción e Innovación Tecnológica junto con la Dirección de Vinculación Tecnológica, dependiente de la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad.

### **Antecedentes**

El equipo universitario participante venía trabajando junto a cooperativas, empresas recuperadas por sus trabajadores y trabajadoras (ERT), y experiencias autogestivas de la Economía Popular, Social y Solidaria. Se entiende por ERT al proceso social y económico que presupone la existencia de una organización privada funcionando bajo el molde tradicional típicamente capitalista y donde, tras la quiebra, vaciamiento o inviabilidad, sus trabajadores y trabajadoras toman la dirección poniéndola en marcha nuevamente bajo formas autogestionarias (Ruggeri, 2014). Desde su refor-

ma en 2011, la Ley de Quiebras contempla en estos casos la conformación de una cooperativa de trabajo, para sostener la continuidad laboral. Actualmente el Registro Nacional de Empresas Recuperadas contabiliza 435 unidades productivas en todo el territorio nacional, sostenidas por 15.325 trabajadores y trabajadoras (INAES, 2022).

Integrantes del equipo -en ese entonces desde otra universidad- habían estudiado las dinámicas de poder atravesadas por el género en las ERT de la Ciudad de Buenos Aires (Consoli, Oliverio y Stein, 2018; Báez, Consoli y Navarro Brandán, 2018), y posteriormente el impacto que tuvieron las políticas implementadas por el gobierno entre 2016 y 2019, sobre el universo de las ERT y sobre Madygraf en particular. En aquel trabajo se describía el declive en la producción de la cooperativa, y se destacaba cómo eso conllevaba un menor consumo eléctrico, pero paradójicamente los costos de dicho consumo se disparaban debido a la desregulación de las tarifas (Oliverio y Consoli, 2017). Ya aquí se advertía el profundo impacto que tenía el costo de la energía sobre la sostenibilidad de la empresa.

Esto es coincidente con los informes de la situación general de las ERT presentados en aquellos años por el Programa “Facultad Abierta” de la Facultad de Filosofía y Letras de la UBA. El informe de 2016 señalaba que “el hecho más notorio que atenta, en estos momentos, contra la supervivencia de las empresas recuperadas es el tarifazo” (Ruggeri, 2016:33). Dos años después, diagnosticaban un panorama crítico de ahogo económico caracterizado por “la combinación de medidas macroeconómicas de clara matriz neoliberal” (Ruggeri, 2018:2), incluyendo medidas específicas que afectaban especialmente a las ERT. Veinte ERT cerraron y otras veinte paralizaron su actividad, con un 40% de ellas operando debajo del 30% de su capacidad instalada, lo que principalmente se debía al impacto de los aumentos desproporcionados en las tarifas (Ruggeri, 2018).

Al inicio del siguiente periodo de gobierno, la situación ocasionada por el COVID-19 y el correspondiente Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio, afectó seriamente los indicadores de PBI, pobreza, desempleo y actividad productiva, lo que requirió de la respuesta estatal mediante herramientas de política pública que apuntaran a “sostener a las unidades productivas y las fuentes de trabajo, así como brindar ingresos mínimos y asistencia a los sectores más desprotegidos de la población” (INAES, 2020:3). Las cooperativas de trabajo y ERT, sin embargo, encontraron inicialmente dificultades para acceder a estos instrumentos que en general eran direccionados a empresas tradicionales. Sí se vieron beneficiadas por un decreto que congeló tarifas de electricidad, gas y agua, y prohibió los

cortes de servicio por falta de pago. Respecto de las deudas acumuladas, se exigió a las prestadoras que otorgaran planes de facilidades, pero no se resolvía el reclamo del sector por una solución de fondo, consistente en la condonación o reducción de las deudas y el establecimiento de regímenes de tarifa diferencial. A pesar de estas medidas y si observamos a las cooperativas deudoras, las empresas distribuidoras de electricidad y gas continuaron enviando intimaciones, lo que afectó a un 30% de las unidades productivas (INAES, 2020).

Con tales antecedentes, el proyecto de vinculación acordado e implementado entre la UNPAZ y la Cooperativa Madygraf definió su marco de acción a partir de una caracterización del actual contexto en cuanto al acceso a la energía.

### **Crisis energética argentina**

A continuación presentaremos tres elementos que contribuyen a describir la situación energética del país.

#### ***Generación de la energía eléctrica***

La matriz energética argentina presenta una fuerte concentración en recursos energéticos provenientes de combustibles fósiles: petróleo y gas natural, aunque este último incrementó su importancia en los últimos años, pasando a representar cerca del 60% de las fuentes para la producción de energía eléctrica (CREEBA, 2006; British Petroleum, 2022). El reciente abaratamiento relativo del gas natural frente a otras fuentes de energía alternativas, estimula la demanda a la vez que desalienta su producción, lo que resulta en que las actividades de exploración no sean suficientes para garantizar la provisión necesaria. Por ello, las principales dificultades que atraviesa el sistema eléctrico argentino están vinculadas a la dependencia de los combustibles fósiles, además de problemas en el transporte y distribución que se traducen en deficiencias en las prestaciones del servicio (Nogar et al., 2021). Actualmente Argentina se enfrenta a la crisis energética global con un sistema de generación de energía eléctrica deficiente y altamente dependiente del gas natural.

#### ***Evolución de las tarifas de energía eléctrica***

La política tarifaria llevada adelante por la administración anterior al 2016 mostraba cierta estabilidad en el precio de la energía eléctrica para los consumidores, aunque implicaba enormes transferencias del Estado hacia



las empresas concesionarias de los servicios públicos. Posteriormente y sin cuestionar las ganancias de las empresas del sector ni la calidad del servicio, la gestión iniciada en diciembre de 2015 utilizó ambos argumentos -tarifas subvaluadas y subsidios- para avanzar en aumentos severos en las tarifas de energía eléctrica, provocando una enorme transferencia de recursos desde los usuarios hacia las empresas concesionarias (Observatorio de Servicios Públicos, 2022). Ello incidió en los ingresos de las familias y afectó especialmente a empresas recuperadas y PyMEs, aumentando de manera desproporcionada la participación de la energía eléctrica en el costo de producción.

En el nuevo ciclo político iniciado en 2020, la irrupción de la pandemia de COVID-19 hizo necesario el congelamiento temporal de las tarifas de servicios públicos y la prohibición de cortes por falta de pago, aunque -como se ha mencionado- las empresas distribuidoras de energía eléctrica continuaron dando curso a intimaciones de corte. Durante el año 2022 el Ente Nacional Regulador de la Electricidad (ENRE) autorizó aumentos en las tarifas de energía eléctrica que promediaban el 22% a nivel nacional. Se aumentaron subsidios a las familias y pequeñas empresas, y se quitaron aquellos destinados a grandes consumidores de energía, de modo que las empresas con consumos superiores a los 300 Kw. enfrentaron aumentos de entre 58 y 73%. Más recientemente comenzó a implementarse la segmentación tarifaria de la energía eléctrica y del gas, con la intención manifiesta de “ordenar los subsidios a la electricidad y el gas según los aspectos socio-económicos de cada hogar” (PEN, 18 de junio de 2022).

### ***Emisión de carbono***

El principal desafío mundial en términos ambientales es en la actualidad el calentamiento global, y la manera de contrarrestar este fenómeno es la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), de los cuales un 65% se vincula con el uso de combustibles fósiles. En 2018, estos cubrían el 80% de la demanda energética mundial (Nogar et al., 2021). Por ello, un acercamiento a la solución de esta problemática es la diversificación de las matrices energéticas de los países, el uso racional y eficiente de la energía, y el freno a la deforestación. En Argentina existen leyes que atienden esta problemática mediante el incentivo a la participación de fuentes renovables en la producción de energía, la promoción del uso de instalaciones hogareñas de energías renovables, el establecimiento de presupuestos mínimos de protección ambiental de los bosques nativos, o la fijación de metas de emisiones de GEI en el marco del acuerdo de Pa-

rís (Nogar et al., 2021). Por su parte la ONU, a través de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, pone especial énfasis en la mejora de la eficiencia energética (meta 7.3), y recomienda a los países de América Latina y el Caribe que fortalezcan sus políticas en esa dirección (ONU, 2019).

Ante esta caracterización, el presente trabajo busca destacar la articulación virtuosa entre la universidad pública y la organización de trabajadores y trabajadoras, la que permitió aprovechar innovaciones que no demandan alta inversión para superar los obstáculos de la coyuntura y aportar, adicionalmente, a la construcción de una red de aprendizaje organizacional que replique y haga crecer la experiencia en escala.

### **La empresa recuperada Madygraf**

Situada en el Parque Industrial de Garín (Ruta Panamericana km. 36,7), la Cooperativa de Trabajo Madygraf Ltda. tuvo su origen tras la fuga de los directivos de la imprenta multinacional R. R. Donnelley, luego de un proceso de vaciamiento y quiebra fraudulenta. De esta manera y sin previo aviso, se perderían los puestos de trabajo y medios de supervivencia de más de 400 trabajadores y trabajadoras y sus familias. El plantel operativo y administrativo resolvió entonces reanudar la producción, finalizando los trabajos pendientes y logrando mantener algunos clientes. Poco tiempo después quedó constituida formalmente la Cooperativa de Trabajo Madygraf Ltda., conformada por los ex trabajadores y trabajadoras de Donnelley. La Ley Provincial n° 14.929, promulgada en 2017, declaró de utilidad pública y sujeta a expropiación a la imprenta, transfiriendo la propiedad a la Cooperativa de Trabajo Madygraf Ltda. por tres años. Actualmente y con dicho plazo superado, Madygraf se mantiene en asamblea y movilización permanente, reclamando la expropiación definitiva.

Madygraf cuenta con una planta productiva de 14 mil m<sup>2</sup> cubiertos y 76 mil m<sup>2</sup> en total. La disposición de la planta responde a un diseño centrado en la producción masiva de diarios y revistas mediante el uso de prensas off-set rotativas. A las dificultades propias del proceso de recuperación de la fábrica –que están ampliamente documentadas en la literatura sobre el tema (Fajn, 2003; Rebón y Saavedra, 2006; Ruggeri, 2014)–, se agregó el proceso de reconversión productiva que debieron atravesar recientemente, debido al declive generalizado de la industria gráfica. El avance acelerado de la tecnología provocó un paulatino cambio en la conducta de los consumidores, migrando desde la prensa impresa hacia publicaciones digitales. Esta situación repercutió de manera drástica en el nivel

de producción de la fábrica, generando desequilibrios importantes entre la capacidad instalada y la demanda de artículos impresos, con su consecuente impacto en el sistema de costos. Además, como consecuencia de un diseño enfocado en la producción continua pensado para la fabricación masiva de material impreso, la disposición de los elementos físicos de la planta y de sus equipos auxiliares no responde a la situación productiva actual, lo que lleva a que el consumo sea desproporcionado en relación a la producción. Los hábitos de consumo también se habían ido moldeando según ese tipo de producción, lo que obstaculiza el uso racional de la energía eléctrica. El costo de la energía por unidad producida había pasado del 0,46% en diciembre del 2015, a 3% un mes más tarde, cerrando el año con un 4,5% (Oliverio y Consoli, 2017).

Por tal motivo, para garantizar la continuidad de la unidad productiva, la cooperativa se vio en la necesidad de modificar su operatoria, procurando diversificar productos y servicios ofrecidos, y readecuar procesos productivos y equipamiento para reducir la incidencia de los costos fijos en la estructura general de costos. Como nuevo producto, se inició la producción de bolsas de papel ecológicas, que conjugaba su compromiso ambiental con la detección de una nueva oportunidad de mercado. A su vez y en cuanto a la innovación de procesos, la cooperativa implementó diferentes acciones como el rediseño de los procesos de mantenimiento incorporando tecnología PLC -que facilita la ingesta de información y la detección temprana de fallas-; la automatización de los sistemas de enfriamiento para que dejaran de funcionar de modo permanente y pasar a un modelo de flujo controlado; y el monitoreo del consumo de energía eléctrica, que fue el principal hito con miras a su reducción. Para generar información sobre el consumo a lo largo de la cadena productiva y en cada área, se realizaron mediciones en los equipos y artefactos instalados y se desarrolló un software que monitorea el consumo de la fábrica en tiempo real.

Estas iniciativas en materia de eficiencia energética aportaron nueva información y tuvieron impactos positivos. A partir del análisis de los datos recolectados se pudo concluir que las soluciones de ingeniería eran insuficientes, y era necesario acompañarlas por un cambio en el comportamiento de la cooperativa en general. De allí surgió la propuesta de organizar institucionalmente y buscar financiamiento para estas acciones, lo que convergió con la iniciativa desde la Universidad Nacional de José C. Paz de sumarse a una convocatoria del Ministerio de Producción, Ciencia e Innovación Tecnológica de la Provincia de Buenos Aires, a través de su Subsecretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación.

## La contribución del proyecto de vinculación Madygraf-UNPAZ

El proyecto titulado “Eficiencia Energética 4.0: Implementación de un sistema de gestión de la energía eléctrica guiado por datos en la Cooperativa de Trabajo Madygraf” se propuso trabajar en el campo de la eficiencia energética bajo la óptica de la transformación digital. Esta experiencia de intercambio sociotécnico entre la universidad y la cooperativa implica el desarrollo de un sistema de gestión energética guiado por datos. Se establecieron tres puntos de acción que agrupan las tareas previstas en el plan de trabajo: (1) incorporación de procesos de trabajo que fomenten el cambio en los hábitos de consumo, (2) diseño de un sistema de ingesta de datos de consumo energético como soporte que facilita el seguimiento y guía la acción, y (3) automatización de procesos rutinarios; todos ellos alineados con la estrategia organizacional y preservando los rasgos centrales de la identidad de la cooperativa.

El eje central es la implementación de un *sistema de gestión energética* de alcance organizacional, que facilite la reducción del consumo de electricidad al mínimo posible. Esto implica incorporar buenas prácticas guiadas por los datos, lo que hizo necesario robustecer y mejorar el sistema existente de ingesta y monitoreo de datos sobre consumo energético, incorporando funciones de monitoreo en tiempo real, automatización de procesos rutinarios, y acceso remoto a comandos centrales y tableros de control.

Para el seguimiento de este sistema se definieron los siguientes indicadores claves de desempeño: (1) el ahorro de costos energéticos, (2) el consumo energético, y (3) la emisión de gases de efecto invernadero. A partir de la implementación de estas acciones, todos los campos mostraron reducciones sensibles. Comparando solamente el primer cuatrimestre del 2022 con el del 2021, y ante niveles de producción relativamente estables, el costo de la energía mostró un ahorro de más de dos millones de pesos; el consumo se redujo en 31 mil kWh -manteniendo los picos de potencia por debajo del objetivo de 290 kW-; y se logró una reducción en la emisión de gases de efecto invernadero en torno a 11,47 tCO<sub>2</sub>e.

### *Costo de la energía*

Analizando la serie desde el año 2021 se observa una tendencia creciente, pero a partir del inicio del proyecto en diciembre de ese año, y con niveles de producción estables, se puede ver una reducción sensible del costo de la energía, y una posterior estabilización. Realizando un análisis comparativo interanual, para los primeros cuatro meses del año 2022 el

ahorro mensual promedió los \$526.000, mientras que el cálculo del ahorro acumulado rondaba los \$2.104.724. Cabe aclarar que los montos en el siguiente gráfico están expresados en valores corrientes, con lo que no se ilustra el componente inflacionario.

**Figura 1**

Costo mensual de la energía eléctrica, en Pesos



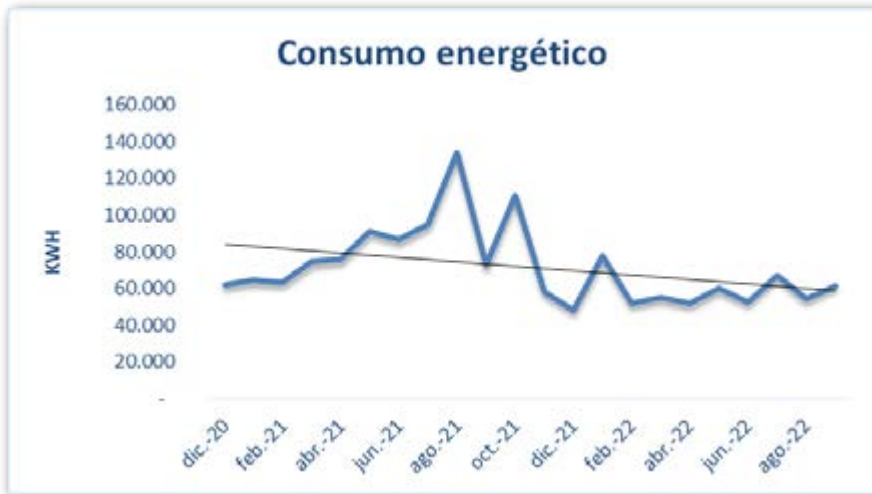
**Fuente:** Elaboración propia.

### ***Consumo energético***

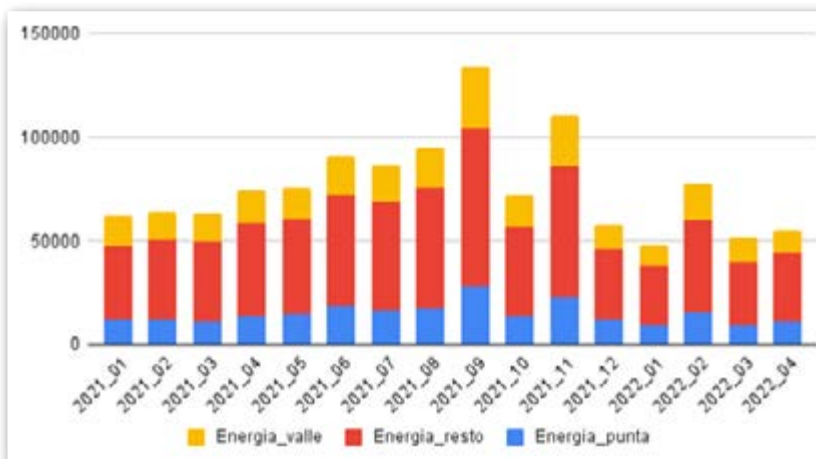
La reducción del consumo energético es fácilmente observable. Para el período analizado se registra el mayor consumo durante el mes de septiembre de 2021, mientras que el valor más bajo se registra en enero, que fue el segundo mes de implementación del proyecto. Si bien durante el mes de febrero se observa un consumo superior al promedio del año 2022, este se explica por razones de índole productiva.

**Figura 2**

Registro de Consumo, en kWh

**Figura 3**

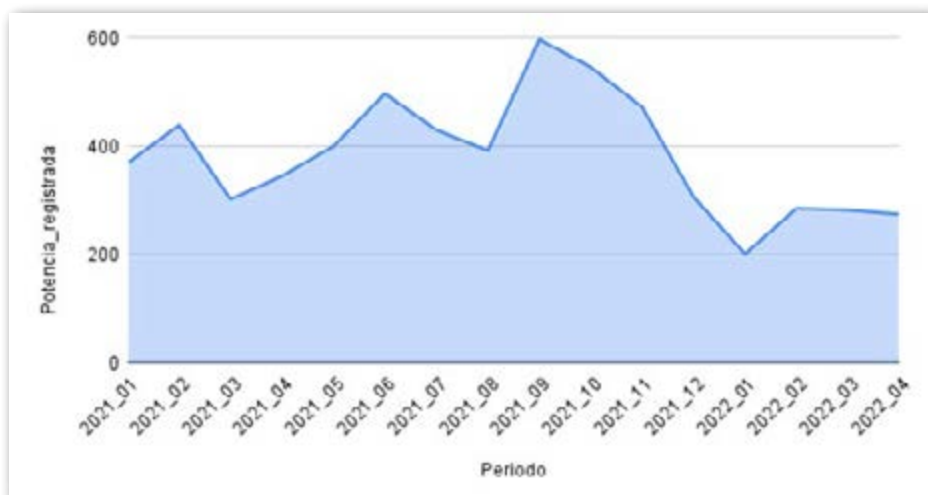
Registro de Consumo, en kWh, agrupado por franjas



**Nota:** Las prestadoras de energía agrupan las 24 horas del día en tres franjas horarias: "punta" con un precio más alto, "valle" con precio más barato, y el resto con precio intermedio.

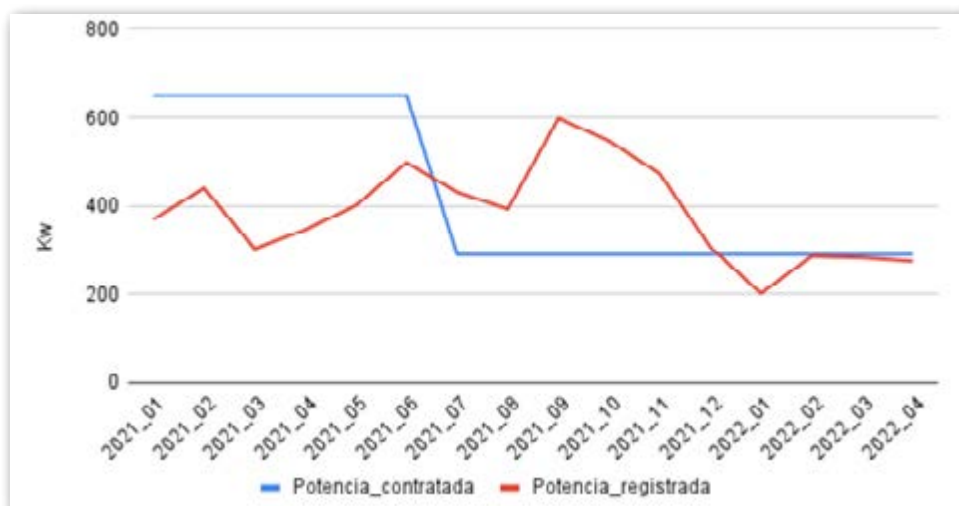
**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 4**  
Potencia Registrada, en kW



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 5**  
Potencia Registrada vs. Potencia Contratada, en kW

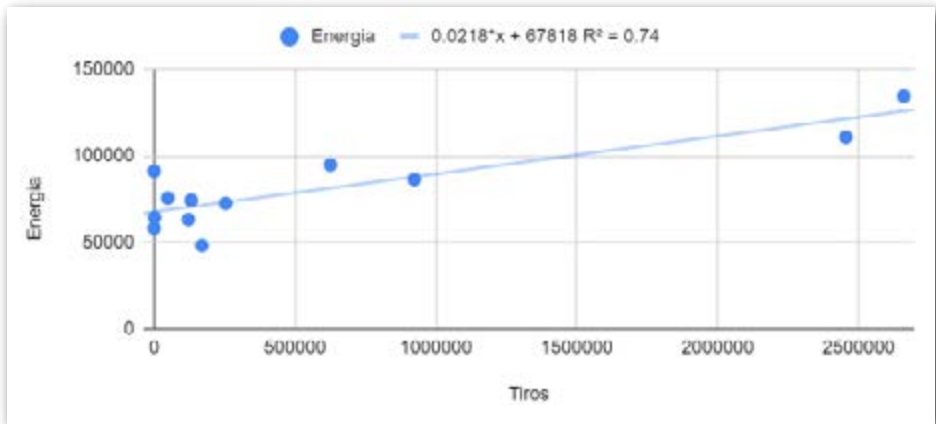


**Fuente:** Elaboración propia.

A partir de diciembre se observa que los picos de potencia tienden a ser controlados, lo que abrió la posibilidad de cambiar la contratación del paquete energético, accediendo a un cuadro tarifario más favorable. Para ello, la distribuidora exige que los picos de potencia permanezcan por debajo de los 290 kW, lo que se logró todos los meses. Incluso con un aumento en los volúmenes de producción en el mes de febrero -incrementándose el consumo-, los picos de potencia se mantuvieron por debajo del límite propuesto. Bajo estas condiciones, al realizar la comparación interanual del primer cuatrimestre y ante niveles de producción relativamente estables, se evidenció una reducción acumulada del consumo energético de 31.000 kWh, lo que equivale a un 11,72%.

- Línea base energética

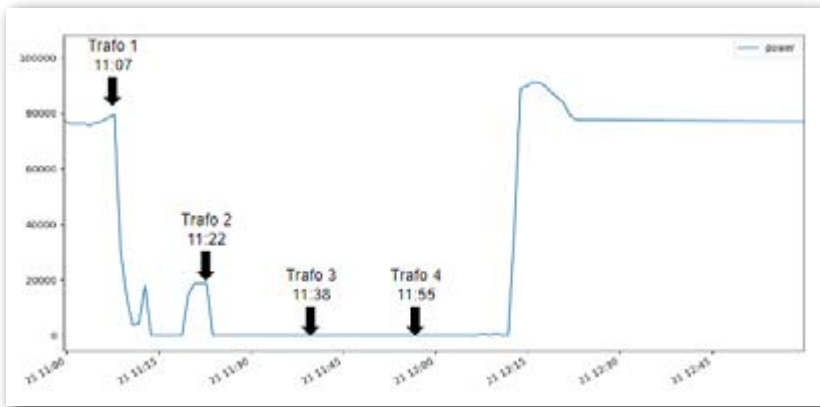
Se elaboró además una línea base que mide la correlación del consumo de energía respecto a la producción, con el fin de visualizar los ahorros energéticos.



- Consumo “stand-by”

Se realizaron mediciones del consumo de energía que permitieron pasar desde un consumo energético no productivo o en “stand-by” del 70% a uno del 30%.





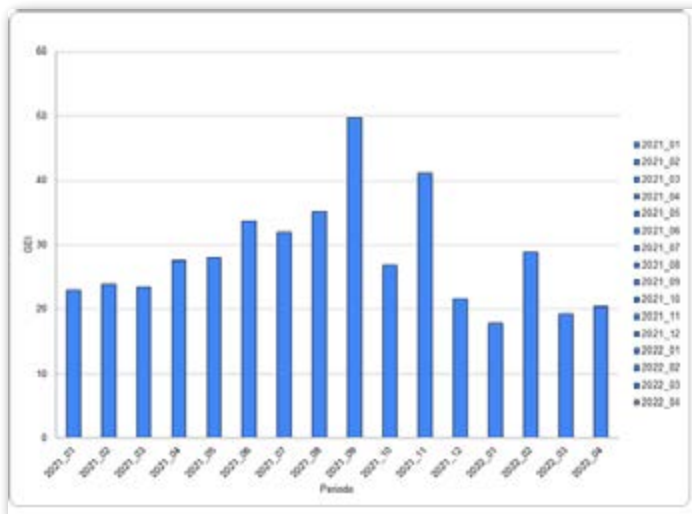
Fuente: Elaboración propia.

***Emisión de Gases de Efecto Invernadero***

La reducción de aproximadamente 31 mil kWh lograda en el primer cuatrimestre del 2022 -contando hasta el mes de abril inclusive-, equivale a 11,47 tCO<sub>2</sub>e que se han dejado de emitir, de manera acumulada, como consecuencia del ahorro energético.

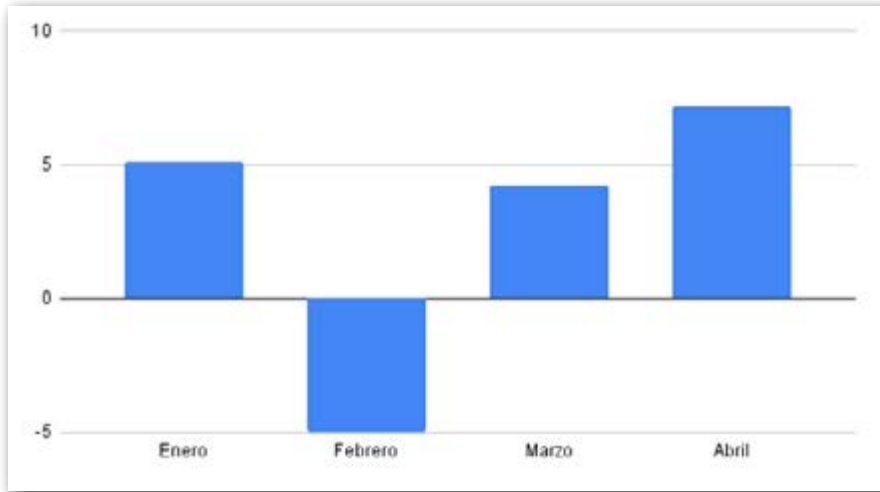
**Figura 6**

Huella de Carbono - GEI, en tCO<sub>2</sub>e por periodo



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 7**  
Reducción de GEI, en tCO<sub>2</sub>e



**Fuente:** Elaboración propia.

A continuación se presenta la evolución de los indicadores en los primeros cuatro meses de implementación del proyecto.

**Tabla 1**  
Cuadro Resumen de indicadores clave de desempeño

Mes	Costo de la Energía				Consumo de Energía en Kwh				Emisión Gases de Efecto Invernadero			
	Con medidas	Sin medidas	Ahorro \$	Ahorro %	2022	2021	Ahorro Kwh	Ahorro %	2022	2021	Ahorro GEI	Ahorro %
Enero	\$ 312.541	\$ 677.979	\$ 365.438	53,90%	48300	62100	13.800,00	22,22%	17,871	22,977	5,106	22,22%
Febrero	\$ 409.884	\$ 982.717	\$ 572.833	58,29%	78000	64500	-13.500,00	-20,93%	28,86	23,865	-4,995	-20,93%
Marzo	\$ 290.633	\$ 812.847	\$ 522.214	64,25%	52000	63400	11.400,00	17,98%	19,24	23,458	4,218	17,98%
Abril	\$ 351.024	\$ 995.263	\$ 644.239	64,73%	55100	74400	19.300,00	25,94%	20,387	27,528	7,141	25,94%
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1.364.082</b>	<b>\$ 3.468.806</b>	<b>\$ 2.104.724</b>	<b>60,68%</b>	<b>233.400,00</b>	<b>264.400,00</b>	<b>31.000,00</b>	<b>11,72%</b>	<b>86,36</b>	<b>97,83</b>	<b>11,47</b>	<b>11,72%</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

## Reflexiones finales

El fortalecimiento de las redes de intercambio como la que involucra este proyecto, permite ir consolidando un subsistema de conocimiento e innovación volcado al sector productivo. Cuando este se centra en las PyMES,

se garantiza además una mayor apropiación local de los beneficios de este intercambio, en términos de generación de empleo local y de integración y crecimiento de las cadenas de valor propias de la región. Si hablamos además de cooperativas, el excedente económico que se genera no sólo permanece en el territorio, sino que es apropiado de manera colectiva por sus trabajadores y trabajadoras.

Partiendo de la concepción de los sistemas nacionales de innovación, reconocemos la importancia de las vinculaciones y de la constitución de redes para el fortalecimiento del entramado productivo. El conjunto de organismos que constituyen las infraestructuras de soporte a la innovación resulta un poderoso instrumento de articulación del sistema, al ser estructuras de interfaz entre agentes. Como desafíos para el futuro próximo, se espera que los vínculos generados en esta experiencia fortalezcan las redes de vinculación entre universidades y empresas locales. Con esa perspectiva, el proyecto ha comenzado a desplegar articulaciones con otras empresas recuperadas, cooperativas y PyMEs que se inician en la gestión energética, y se busca fortalecer al Centro PyME de la UNPAZ para que pueda capitalizar esta experiencia e incorporar esta línea de trabajo como una de sus capacidades, en diálogo con otras universidades públicas.

A su vez, en términos ambientales, la búsqueda de la eficiencia energética tiene efectos que trascienden lo territorial. El desafío será lograr que el ejemplo que representa esta experiencia, mostrando que es posible que una empresa recuperada o cooperativa innove en procesos de este tipo, tenga un efecto multiplicador en el marco de una red de aprendizaje.

## Bibliografía

- Báez, C.; Consoli, E. y Navarro Brandán, D. (2018). Poder y género, una medición dentro de las empresas recuperadas. *Actas del X Encuentro de Investigadores Latinoamericanos en Cooperativismo*. Tomado el 17/07/22 de: <http://www.economicas.uba.ar/wp-content/uploads/2018/07/Doc.Cat%C3%A1logoCarolina.pdf>
- British Petroleum (2022). BP energy charting tool. *Statistical Review of World Energy*. Tomado el 17/07/22 de: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>
- Centro Regional de Estudios Económicos de Bahía Blanca Argentina [CREE-BA]. (2006). *Estudios especiales: La crisis energética argentina* (Informe N° 87). Fundación Bolsa de Comercio de Bahía Blanca. Tomado el 17/07/22 de: [https://www.creebba.org.ar/iae/iae87/Crisis\\_energetica\\_en\\_Argentina\\_IAE\\_87.pdf](https://www.creebba.org.ar/iae/iae87/Crisis_energetica_en_Argentina_IAE_87.pdf)
- Consoli, E.; Oliverio, E. y Stein, N. (2018, 6-8 de septiembre). *Una mirada sobre la perspectiva de género y poder en las empresas recuperadas de la Ciudad de Buenos Aires*. [Ponencia]. XI Jornadas de Economía Crítica, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina.
- Instituto Nacional de Asociativismo y Economía Social [INAES]. (2020). *Cooperativas de trabajo y empresas recuperadas durante la pandemia: impacto sanitario y productivo y alcances de las medidas de asistencia del Estado. Informe de encuesta nacional*. Comisión Técnica Asesora de Empresas Recuperadas, INAES / Programa Facultad Abierta, SEUBE, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires / Proyecto de Vinculación Territorial con cooperativas de trabajo y empresas recuperadas, Universidad Nacional Arturo Jauretche. Tomado el 17/07/22 de: <http://www.recuperadasdoc.com.ar/INFORME%20DE%20LA%20ENCUESTA%20NACIONAL%20SOBRE%20EMPRESAS%20RECUPERADAS%20Y%20COOPERATIVAS%20DE%20TRABAJO%20EN%20LA%20PANDEMIA.pdf>
- Instituto Nacional de Asociativismo y Economía Social [INAES]. (2022, Julio). *Registro Nacional de Empresas Recuperadas*. <https://www.argentina.gob.ar/inaes/registro-nacional-de-empresas-recuperadas>
- Nogar, A.; Clementi, L. y Decunto, E. (2021). Argentina en el contexto de crisis y transición energética. *Revista Universitaria de Geografía*, 30(1), 107-123. Tomado el 17/07/2022 de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=383267985004>
- Observatorio de Servicios Públicos (2022). *Informe de Monitor de Tarifas. Evolución de tarifas, comparativa con los ingresos familiares* (Documento de trabajo N°1). Universidad Nacional de La Plata. Tomado el 17/07/22 de: <https://unlp.edu.ar/observatorios/>

- Oliverio, E. y Consoli, E. (2017). Análisis sobre las Empresas Recuperadas Argentinas en 2016: estudio de caso. *Actas de las X Jornadas de Economía Crítica*. Universidad de General Sarmiento. Tomado el 17/07/22 de: [https://drive.google.com/drive/folders/0B9Ou85DoiqU\\_RGNHVDBSczM2b2M?resourcekey=0-asFIDOLI6jXAz0e-FtITLA](https://drive.google.com/drive/folders/0B9Ou85DoiqU_RGNHVDBSczM2b2M?resourcekey=0-asFIDOLI6jXAz0e-FtITLA)
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2019). *Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna*. Objetivos de desarrollo sostenible. Tomado el 17/07/22 de: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>
- Poder Ejecutivo Nacional [PEN]. (18 de junio de 2022) *Segmentación Energética*. Argentina.gob.ar. Tomado el 18/06/22 de: <https://www.argentina.gob.ar/subsidios>
- Ruggeri, A. (2014). *¿Qué son las Empresas Recuperadas? Autogestión de la Clase Trabajadora*. Ediciones Continente.
- Ruggeri, A. (2016) *Las empresas recuperadas por los trabajadores en los comienzos del gobierno de Mauricio Macri. Estado de situación a mayo de 2016*. Programa Facultad Abierta / Centro de Documentación de Empresas Recuperadas. Secretaría de Extensión Universitaria y Bienestar Estudiantil. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Buenos Aires. Tomado el 17/07/22 de: <https://www.recuperadasdoc.com.ar/informe-mayo-2016.pdf>
- Ruggeri, A. (2018) *Las empresas recuperadas por los trabajadores en el gobierno de Mauricio Macri. Estado de situación a octubre de 2018*. Programa Facultad Abierta / Centro de Documentación de Empresas Recuperadas. Secretaría de Extensión Universitaria y Bienestar Estudiantil. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Buenos Aires. Tomado el 17/07/22 de: <http://www.recuperadasdoc.com.ar/VI-Informe-Situacion-ERT-2018.pdf>

## Biografía de autores y autoras

**Natalia Stein** (Buenos Aires, 1985). Docente, investigadora y extensionista en la Universidad Nacional de José C. Paz. Es licenciada en Administración de la Universidad de Buenos Aires, donde también fue docente así como en las Universidades Nacionales de Santiago del Estero y del Chaco Austral. Integró equipos pedagógicos en diversos organismos y trabajó en el sector cooperativo en aspectos relacionados con la gestión y con la enseñanza. Escribió artículos y capítulos en libros sobre Economía Popular, Social y Solidaria, sobre Políticas Públicas y Educación Superior. Desde el Instituto de Estudios para el Desarrollo Productivo y la Innovación (IDEPI-UNPAZ) dirige y participa en proyectos de investigación y transferencia, e integra la Red Universitaria de Economía Social

y Solidaria (RUESS). Actualmente es becaria de investigación en la Universidad Nacional de General Sarmiento, donde cursa el Doctorado en Economía.

Pertenencia institucional: Instituto de Estudios para el Desarrollo Productivo y la Innovación (IDEPI), Universidad Nacional de José C. Paz (UNPAZ). ORCID: 0000-0002-6382-7895

Correo electrónico: [natalia.stein@docentes.unpaz.edu.ar](mailto:natalia.stein@docentes.unpaz.edu.ar)

**Emiliano Sebastián Consoli** (Buenos Aires, 1987). Investigador y docente de la Universidad de Buenos Aires y de la Universidad Nacional de José C. Paz. Es licenciado en Administración graduado en la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Buenos Aires, especialista en Docencia Universitaria en Ciencias Económicas (FCE-UBA) y doctorando en Ciencias Económicas, subárea Administración (FCE-UBA). Integra y dirige proyectos de investigación y de transferencia tecnológica en distintos organismos científicos y técnicos, como el Centro de Estudios Organizacionales de la FCE-UBA y el Instituto de Estudios para el Desarrollo Productivo y la Innovación de la Universidad Nacional de José Clemente Paz. Es secretario académico del Programa Interdisciplinario en Métodos Experimentales Aplicados a la Gestión y a la Economía de la FCE-UBA, y fue autor del libro digital Gestión de Datos en Organizaciones, de la editorial EDICON.

Pertenencia institucional: Instituto de Estudios para el Desarrollo Productivo y la Innovación (IDEPI), Universidad Nacional de José C. Paz (UNPAZ)

ORCID: 0000-0001-7795-2294

Correo electrónico: [emiliano.consoli@email.docentes.unpaz.edu.ar](mailto:emiliano.consoli@email.docentes.unpaz.edu.ar)

**Lisandro Cohendoz** (Buenos Aires, 1986). Ingeniero industrial, especializado en eficiencia energética y energías renovables. Es docente en la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires. Lleva diez años de experiencia en proyectos de ingeniería y consultoría, tanto en el ámbito público como privado, y realizó más de 30 auditorías energéticas en diversas industrias y sectores. Trabajó como consultor del Banco Mundial y de la Secretaría de Energía de Argentina, y actualmente es consultor en eficiencia energética para la Unión Europea.

Pertenencia institucional: Facultad Regional Buenos Aires, Universidad Tecnológica Nacional (UTN)

Correo electrónico: [lisandrocohendoz@gmail.com](mailto:lisandrocohendoz@gmail.com)

**Diego Vereertbrugghen** (Bariloche, 1984). Ingeniero civil, especializado en gestión de la energía, ambiente y desarrollo sostenible. Es magíster en Tecnologías Urbanas Sostenibles (UBA) y diplomado en Gestión de la Energía

(ITBA) - European Energy Manager (Cámara Argentino Alemana de la Industria). Como consultor independiente participó en estudios y proyectos de gestión de la energía y energías renovables, desde el diagnóstico hasta la implementación de los proyectos. Es docente en la Maestría en Tecnologías Urbanas Sostenibles de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires. Pertenencia institucional: Departamento de Hidráulica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires (UBA)  
Correo electrónico: [diego.vereertbrugghen@gmail.com](mailto:diego.vereertbrugghen@gmail.com)





## Eficiencia Energética en Sistemas de Cómputo

Procesadores y Software

Patricia Pesado, directora del III-LIDI,  
Facultad de Informática, UNLP – Centro Asociado CIC

### Resumen

La eficiencia energética se ha convertido en una métrica de calidad en el procesamiento de datos. Esto lleva a la investigación en arquitecturas de procesamiento, tecnologías de comunicación entre procesadores, metodologías de desarrollo de software, análisis de eficiencia de algoritmos y aplicaciones, así como medición en tiempo real del consumo de un sistema, para optimizar su rendimiento.

El escenario de investigación va desde las supercomputadoras a los sensores, incluyendo aplicaciones sobre móviles, robótica y tiempo real.

### Introducción

En nuestros días, el consumo energético es un punto clave en la economía de los países. Al mismo tiempo, el desarrollo de la tecnología en todos sus aspectos requiere un consumo creciente de energía.

En particular todos los temas relacionados con Informática (procesadores personales, celulares, sensores, robots, supercomputadores, etc.) requieren analizar la relación costo/beneficio que está determinada por el consumo energético. Esto ha generado grandes esfuerzos en la tecnología de los procesadores y en el monitoreo del consumo en ejecución de aplicaciones, tanto a nivel procesador como en sistemas multiprocesador como una supercomputadora o en sistemas totalmente distribuidos como las redes de sensores o los móviles con los que nos comunicamos (y también utilizamos como procesadores). El crecimiento de los servicios web y de la robótica tienen asociados también un crecimiento del consumo energético.

En la ciencia informática (y también en la electrónica actual) existe una investigación importante orientada a nuevas arquitecturas, nuevos sistemas de comunicaciones y nuevos algoritmos de procesamiento que optimicen el consumo de las aplicaciones.

Esta línea de I+D+I se enfoca en estudiar soluciones (en software, hardware y comunicaciones) que tengan la eficiencia energética como métrica de calidad, de modo de lograr rendimiento con menor consumo.

### **Materiales y Métodos**

En el III-LIDI nos focalizamos en diferentes escenarios de Investigación que podemos sintetizar en los siguientes puntos:

#### Arquitecturas

- Se investigan comparativamente arquitecturas de procesamiento (en particular en cómputo de altas prestaciones (HPC) orientadas a reducir consumo, tales como las placas aceleradoras GPU, FPGA, TPU y el soporte de software para el desarrollo de aplicaciones con ellas. Asimismo, se comparan los resultados con soluciones basadas en multicores convencionales y la posibilidad de arquitecturas híbridas que integran multicores con placas aceleradoras. En todos los casos se mide el rendimiento por Watt de consumo.

#### Algoritmos

- Se analiza la optimización de algoritmos para reducir el consumo, no sólo desde el punto de vista “estático” (es decir al escribir los algoritmos), sino también en ejecución estudiando medidas directas e indirectas de consumo. En particular se emplean los “contadores de hardware” que ofrecen los procesadores actuales para controlar el consumo en tiempo de ejecución.

Es de hacer notar que en esta línea también se trabaja con la recuperación de fallos de hardware y software, tratando de minimizar el consumo asociado con la recuperación de un sistema en falla.

#### Edge Computing

- Al estudiar el procesamiento en la capa “EDGE” que normalmente son sensores, se trata de analizar el consumo de los mismos y la posibilidad de “migrar” procesamiento de un sistema distribuido al nivel de los sensores, donde el consumo es menor y el requerimiento de comunicaciones con el objeto de sensado o control es menor.

Se estudian las redes de sensores y los protocolos más eficientes de comunicación desde el punto de vista energético, así como las comunicaciones con capas de procesamiento superiores como pueden ser servidores locales (capa “FOG”) o directamente con la nube (capa “CLOUD”). Además de estudiar los gestores de recursos más eficientes en cada capa y los lenguajes más adecuados para programar aplicaciones, se analiza la distribución óptima del procesamiento en aplicaciones concretas para reducir consumo.

### Móviles

- La importancia creciente del empleo de móviles (y la gestión del consumo de los mismos, con el gran número de aplicaciones que ejecutan permanentemente) ha llevado a tener una línea de I+D+I directamente relacionada con la optimización del consumo en móviles, comparando sistemas de soporte (Android, iOS por ej.) y también tecnologías para el desarrollo de las aplicaciones. Se han estudiado en particular las aplicaciones de mayor consumo (por ej. el streaming de video) sobre diferentes categorías de móviles y de sistemas operativos para los mismos, midiendo consumo.

### Aplicaciones en robótica

- Una línea de aplicaciones de interés es la robótica y en particular sistemas distribuidos basados en robots que cooperan en una dada aplicación y se comunican en tiempo real entre ellos y con algún servidor de procesamiento externo (que puede ser vía red local o por Internet). En estos casos se mide consumo y las estrategias para minimizar las comunicaciones a partir de procesamiento local en cada robot. Dado el crecimiento de las aplicaciones robóticas (que incluyen por ejemplo los vehículos sin conductor en el futuro cercano) esta línea permite generar conocimiento en un tema que es estratégico en el mediano plazo.

### Aplicaciones orientadas a minimizar consumo

- El III-LIDI ha desarrollado un tablero inteligente que se puede emplear en edificios (por ejemplo, en aulas de una Facultad) y que tiene un conjunto de sensores para monitorear el consumo de los aparatos conecta-

dos a la energía eléctrica. Asimismo, este tablero permite comunicarse en red con otros tableros y analizar consumo global de un edificio (o de una red de edificios), de modo de determinar (en tiempo real) cuestiones críticas para mejorar el rendimiento energético de todo el sistema.

Es de hacer notar que el desarrollo tuvo un Premio a la Innovación otorgado por YPF en 2018.

## Resultados

Los resultados más significativos que se pueden mencionar son:

- Estudio teórico y experimental de arquitecturas de procesamiento y algoritmos de aplicaciones específicas, con medida del rendimiento energético. Esto ha permitido tener conclusiones respecto de las arquitecturas y soportes de software más adecuados para las aplicaciones estudiadas [1-5].
- Tareas experimentales con redes de sensores, sistemas embebidos y robots estudiando capacidades de procesamiento, comunicación con servidores y optimización de performance energética [6-7].
- Estudio sobre plataformas de desarrollo para móviles y medición de aplicaciones en móviles, desde el punto de vista del consumo energético obteniendo conclusiones significativas respecto de la optimización de las mismas [8].
- Desarrollo de soluciones específicas (tales como el Tablero Inteligente para reducción de consumo eléctrico) orientadas a la aplicación del conocimiento surgido de las investigaciones [9].
- Formación de recursos humanos en grado y postgrado, incorporando la temática de Eficiencia Energética (desde la Informática) como un tema de interés general.

En el sitio web del III-LIDI (sección Publicaciones) se pueden ver numerosos artículos y presentaciones que se han realizado en relación con el tema.

## Conclusiones y Líneas de Trabajo Futuras

En el III-LIDI hace varios años que se trabaja en el tema eficiencia energética (incluso en relación con Universidades del país y del exterior) y

la conclusión general es que se trata de un tema en plena evolución que requiere investigación tecnológica y experimental.

Los resultados expuestos muestran algunos de los ejes y posibilidades dentro de las temáticas que cubre el Instituto.

Las líneas de I+D+I a futuro se focalizan en hacer crecer la investigación en redes de sensores y en placas aceleradoras, con particular énfasis en aplicaciones de Inteligencia Artificial y Big Data (en particular Machine Learning) que están en pleno crecimiento y requieren procesamiento intensivo de datos, con el mínimo consumo posible.

## Bibliografía

1. Balladini J., Rucci E., De Giusti A., Naiouf M., Suppi R., Rexachs D., Luque E. "Power Characterisation of Shared-Memory HPC Systems". Computer Science & Technology Series – XVIII Argentine Congress of Computer Science Selected Papers. ISBN 978-987-1985-20-3. Pp. 53-65. EDULP, La Plata (Argentina), 2013
2. Romero F., Pousa A., Sanz V., De Giusti A. "Consumo Energético en Arquitecturas Multicore. Análisis sobre un Algoritmo de Criptografía Simétrica". Proceedings of the XVIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. ISBN 978-987-1648-34-4
3. M. Costanzo, E. Rucci, U. Costi, F. Chichizola, and M. Naiouf, "Comparison of HPC Architectures for Computing All-Pairs Shortest Paths. Intel Xeon Phi KNL vs NVIDIA Pascal". En: Computer Science – CACIC 2020. Revised Selected Papers., Springer
4. M. Morán, J. Balladini, D. Rexachs, and E. Rucci. "Towards Management of Energy Consumption in HPC Systems with Fault Tolerance". Proceedings from the 2020 IEEE Congreso Bienal de Argentina (ARGENCON), págs. 1-8, doi. 10.1109/ARGENCON49523.2020.9505498, 2021.
5. E. Montes de Oca, L. De Giusti, A. De Giusti, M. Naiouf. "Análisis de consumo energético en Cluster de GPU y MultiGPU en un problema de Alta Demanda Computacional.", Actas del XXIV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2018). En prensa, octubre de 2018.
6. J. de Antueno, S. Medina, L. De Giusti and A. De Giusti, "Analysis, Deployment and Integration of Platforms for Fog Computing", Journal of Computer Science and Technology, 20(2), e12, October 2020
7. Medina, S., Romero, F., De Giusti, A. E., & Tinetti, F. G. (2019). Experiencias de análisis de consumo energético en redes de sensores. In XXV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC)(Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, 14 al 18 de octubre de 2019).
8. M. Pi Puig, J. M. Paniego, S. Medina, S. Rodriguez Eguren, L. Libutti, J. Lanciotti, J. de Antueno, C. Estrebou, F. Chichizola and L. De Giusti, "Intelligent Distributed System for Energy Efficient Control", Cloud Computing and Big Data. JCC&BD 2019. Communications in Computer and Information Science, vol 1050. Springer, Cham, 2019.
9. L. Corbalan, J. Fernandez Sosa, A. Cuitiño, L. Delía, G. Cáseres, P. Thomas, P. Pesado. "Development Frameworks for Mobile Devices: A Comparative Study about Energy Consumption". 5th IEEE/ACM International Conference on Mobile Software Engineering and Systems. Gothenburg, Sweden. 27 y 28 de Mayo del 2018.

**III-LIDI, Facultad de Informática, UNLP – Centro Asociado CIC**

<https://weblidi.info.unlp.edu.ar/>

El III-LIDI (Instituto de Investigación en Informática LIDI) es una Unidad de Investigación, Desarrollo, Transferencia e Innovación reconocida por el Consejo Superior de la Universidad Nacional de La Plata, que funciona en la Facultad de Informática de la UNLP. Fue creado en Marzo de 1984 como Laboratorio de Computación (LAC) por el Departamento de Matemáticas de la Facultad de Ciencias Exactas (del que dependía Informática), designándose a su Director Fundador Ing. Armando De Giusti. En Diciembre de 1986 fue denominado Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Informática (LIDI) dentro del nuevo Departamento de Informática de la Facultad de Ciencias Exactas. En 1995 fue aprobado formalmente como Laboratorio de la Facultad de Ciencias Exactas, por el Consejo Superior de la Universidad Nacional de La Plata (Expte. 700-39323). A partir de la creación de la Facultad de Informática, el 1° de Junio de 1999, pasó a integrar la nueva Unidad Académica. En Febrero de 2003 fue aprobado por el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Informática como Instituto y en 2005 por el Honorable Consejo Superior de la UNLP. El III-LIDI forma parte del Sistema Nacional de Computación de Alto Desempeño (SNCAD) del MINCyT por Resolución 065/12 de Diciembre 2012. El III-LIDI es Instituto de Investigación Asociado a la CIC desde Noviembre de 2016. Actualmente cuenta con más de 50 investigadores.

Directora: Lic. Patricia Pesado: [ppesado@lidi.info.unlp.edu.ar](mailto:ppesado@lidi.info.unlp.edu.ar)





## Diseño de generador eólico de baja potencia con materiales reciclados

Silvio Colombo, Martín Flores, Gonzalo Galarraga,  
Nicolás Mesiti y Carlos Muñoz

### Resumen

La creciente demanda de energía eléctrica a nivel global, como así también los avances en relación al cuidado del medio ambiente nos obligan a desarrollar nuevas tecnologías de generación cada vez más eficientes y al mismo tiempo con menor impacto ambiental. Es por eso que, para satisfacer estas demandas, resulta necesario un cambio de paradigma en los sistemas de generación de energía, dejando de lado por ejemplo el empleo de combustibles fósiles (con su conocido impacto) como materia prima para dicha generación y migrar al aprovechamiento de recursos naturales renovables como la energía solar, eólica y mareomotiz entre otras.

Debido a esto se plantea el diseño de un sistema modular de generación de energía eólica de eje vertical y baja potencia, eficiente y sustentable.

El diseño de las aspas tiene como objetivo mejorar el aprovechamiento de la corriente de viento, como así también la implementación de materiales reciclados para su producción.

El alcance del presente abarca el diseño y evaluación de comportamiento mecánico de distintos modelos de aspas, a fin de lograr la eficiencia buscada. Al mismo tiempo, se realizó el estudio de factibilidad técnica en función de las propiedades físicas, mecánicas y de conformado de diversos materiales de origen reciclable para su empleo en la fabricación de dichas aspas, para esto, se efectuaron las simulaciones por elementos finitos en cada uno de los diseños de aspas, variando el material a utilizar y analizando las ventajas y desventajas en cada caso.

La incorporación de la metodología de simulaciones por elementos finitos, permite el ahorro de tiempo de ensayos de campo, como así también el ahorro de materiales para prueba.

De este modo, con los resultados obtenidos de las simulaciones, se plantea una solución integral, eficiente desde el punto de vista energético y sustentable en cuanto a materiales empleados.

## Objetivo

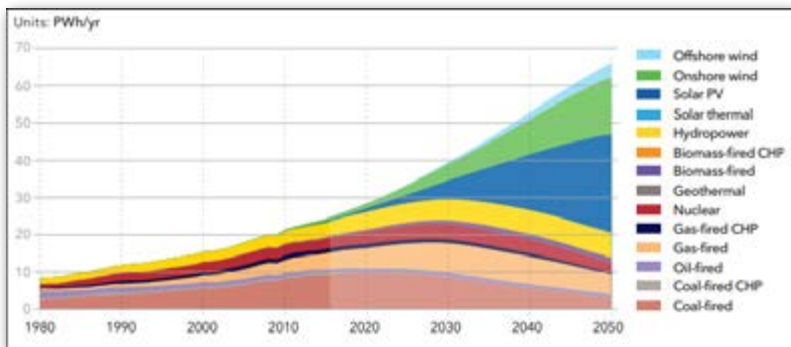
Diseñar un sistema modular de generación de energía eólica de eje vertical y baja potencia, eficiente y sustentable.

Identificar y testear, a través de un prototipo piloto, toda información técnica necesaria para optimizar el proceso de obtención de energía limpia, a través de la correcta selección del diseño de aspas y los materiales reciclados empleados para su construcción.

## Justificación

La creciente demanda de energía eléctrica a nivel global, como así también los avances en relación al cuidado del medio ambiente nos obligan a desarrollar nuevas tecnologías de generación cada vez más eficientes y al mismo tiempo con menor impacto ambiental. Es por eso que, para satisfacer estas demandas, resulta necesario un cambio de paradigma en los sistemas de generación de energía, dejando de lado por ejemplo el empleo de combustibles fósiles (con su conocido impacto) como materia prima para dicha generación y migrar al aprovechamiento de recursos naturales renovables como la energía solar, eólica y mareomotriz entre otras.

Se espera que para el año 2050, el 80% de la energía eléctrica generada a nivel mundial provenga de fuentes renovables, alrededor de un 40% provendrá de la fotovoltaica, mientras que la energía eólica, tanto terrestre como marítima, generarán un 30% del total (Fig.1). Los combustibles fósiles tendrán un pico de demanda hasta el año 2030 y luego comenzarán a decaer, no solo por la imposición de las energías renovables y la concientización por el cuidado del medioambiente sino también por nuevos estándares de eficiencia energética.



1 - Generación mundial de electricidad por tipo de central eléctrica

Otro de los puntos importantes que persigue este proyecto es el de la utilización de materiales reciclados y recuperados para el conformado de las palas, especialmente polímeros de consumo masivo que son muy fáciles de encontrar y cuya cultura de separación y reciclado no está todavía firmemente arraigada en la sociedad.

Con el fin de crear el prototipo de un Sistema de generación de Energía Eólica de uso hogareño ajustable a las necesidades del usuario, que no perturbe la visual, sea accesible y de fácil instalación, se diseñó un sistema modular interconectado capaz de generar un máximo de 900 W de potencia, donde se emplearán 3 módulos de 300 W cada uno.



2 - Prototipo piloto en testeo V1

### **Alcance**

Abarcaremos desde el diseño y evaluación del comportamiento fluido-mecánico de los distintos modelos de aspas, a fin de lograr la eficiencia buscada, como así también un estudio de factibilidad técnica en función de las propiedades físicas, mecánicas y de conformado de diversos materiales de origen reciclable para su empleo en la fabricación de dichas aspas. Para esto, se efectuaron diversos modelos matemáticos de simulación por elementos finitos donde se fueron variando los materiales a utilizar, analizando las ventajas y desventajas en cada caso, y las diferentes alturas que simulan la mejor ubicación respecto de las condiciones mínimas y necesarias de viento.

La incorporación de la metodología de simulaciones por elementos finitos, permite el ahorro de tiempo de ensayos de campo, como así también el ahorro de materiales para pruebas. De este modo, con los resultados obtenidos de las diferentes corridas de simulación, se plantea una solución integral, eficiente desde el punto de vista energético y sustentable en cuanto a materiales empleados.

## Desarrollo del Trabajo

### Generador de Eje vertical

Este tipo de aerogeneradores tiene la ventaja de que no necesitan sistemas de orientación. Esto es una gran ventaja, ya que no habría que diseñar ni fabricar estos mecanismos tan complejos de direccionamiento y se eliminarían los esfuerzos a los que se ven sometidas las palas ante los cambios de orientación del rotor. Así, por su disposición, hacen posible la colocación de los sistemas de conversión en el suelo, eliminando de esta forma pesadas cargas en las torres, algo que no se puede evitar en los de eje horizontal.

Dentro de los aerogeneradores de eje vertical existen dos diseños básicos: Savonius y Darrieus. El rotor Savonius, presenta sencillez en cuanto a técnicas de fabricación y a su bajo costo, aunque todo ello afecte a su eficiencia, haciendo que ésta no sea muy elevada. Este tipo de rotores suelen utilizarse en aplicaciones donde se requieren pequeñas potencias. En cuanto a los rotores Darrieus cada vez se están desarrollando más para la generación de electricidad, llegando incluso a competir con los de eje horizontal de palas aerodinámicas. Tienen un par de arranque nulo y entregan potencias altas por unidad de peso del rotor y por unidad de costo. La combinación de estos dos diseños de rotores ha dado lugar a un diseño de rotor Savonius con las palas torsionadas, para aumentar así su par de arranque. Este tipo de palas son las que seguirán el desarrollo del informe.



Generador Darrieus



Generador Savonius

## Análisis del recurso eólico y dimensionado

Como se especificó anteriormente, se realizará el desarrollo de un sistema modular de generación de 300 W cada uno capaz de ser interconectado. Por lo tanto, debemos obtener las dimensiones de palas capaz de poder absorber esa energía del viento.

Donde la energía cinética del viento es:

$$E_c = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v^3$$

$\rho$ : densidad del aire

A: Superficie considerada

v: Velocidad de viento

La siguiente tabla describe todas las dimensiones aproximadas de las que podemos obtener alrededor de 400W

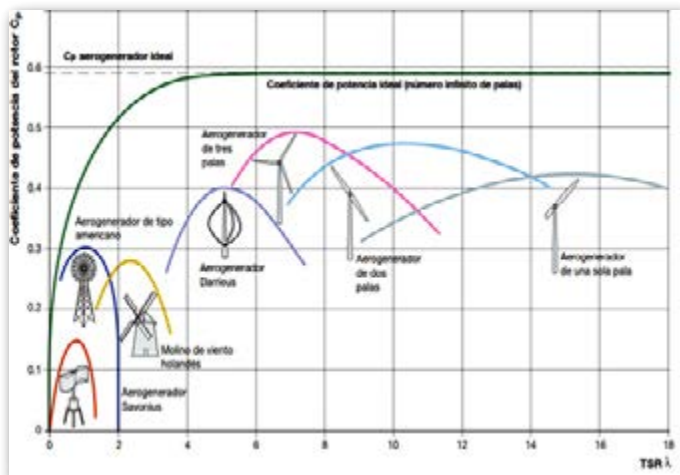
L [m]	$\phi$ [m]	P [W]	L [m]	$\phi$ [m]	P [W]	L [m]	$\phi$ [m]	P [W]	L [m]	$\phi$ [m]	P [W]
0.5		203.8	0.5		244.6	0.5		285.3	0.5		326.1
0.6		244.6	0.6		293.5	0.6		342.4	0.6		391.3
0.7		285.3	0.7		342.4	0.7		399.5	0.7		456.5
0.8		326.1	0.8		391.3	0.8		456.5	0.8		521.8
0.9		366.9	0.9		440.2	0.9		513.6	0.9		587.0
1.0	0.5	407.6	1.0	0.6	489.1	1.0	0.7	570.7	1.0	0.8	652.2
1.1		448.4	1.1		538.1	1.1		627.7	1.1		717.4
1.2		489.1	1.2		587.0	1.2		684.8	1.2		782.6
1.3		529.9	1.3		635.9	1.3		741.9	1.3		847.8
1.4		570.7	1.4		684.8	1.4		798.9	1.4		913.1
1.5		611.4	1.5		733.7	1.5		856.0	1.5		978.3

L [m]	$\phi$ [m]	P [W]	L [m]	$\phi$ [m]	P [W]	L [m]	$\phi$ [m]	P [W]	L [m]	$\phi$ [m]	P [W]
0.5	0.9	366.9	0.5	1.0	407.6	0.5	1.1	448.4	0.5	1.2	489.1
0.6		440.2	0.6		489.1	0.6		538.1	0.6		587.0
0.7		513.6	0.7		570.7	0.7		627.7	0.7		684.8
0.8		587.0	0.8		652.2	0.8		717.4	0.8		782.6
0.9		660.3	0.9		733.7	0.9		807.1	0.9		880.5
1.0	733.7	1.0	815.2	1.0	896.8	1.0	978.3	1.0	1076.1		
1.1	807.1	1.1	896.8	1.1	986.4	1.1	1076.1	1.1	1173.9		
1.2	880.5	1.2	978.3	1.2	1076.1	1.2	1165.8	1.2	1271.8		
1.3	953.8	1.3	1059.8	1.3	1141.3	1.3	1255.5	1.3	1369.6		
1.4	1027.2	1.4	1141.3	1.4	1222.9	1.4	1345.1	1.4	1467.4		
1.5	1100.6	1.5	1222.9	1.5		1.5		1.5			

De las dimensiones que presentan se resaltan en la tabla con color, se definió seguir con la primera, diámetro de 500 mm y altura de 1000 mm.

### Factor de potencia

El coeficiente de potencia indica con qué eficiencia el aerogenerador convierte la energía del viento en electricidad.



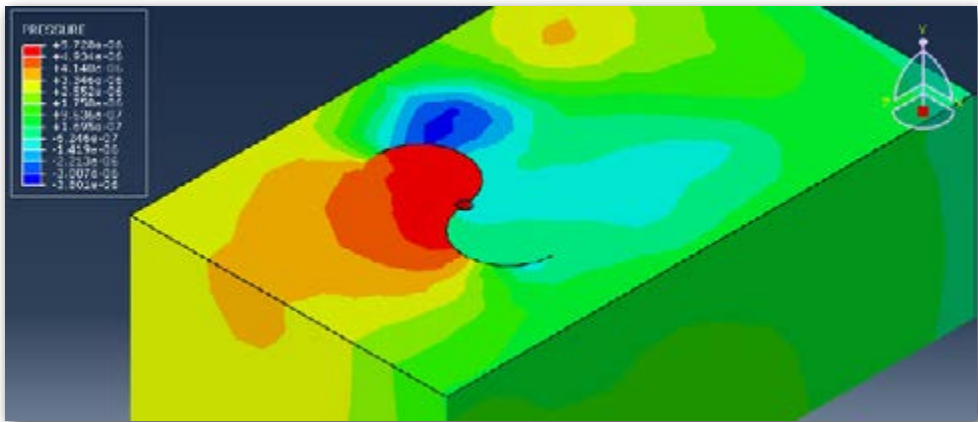
Curvas de factor de potencia para diferentes tipos de generadores.

Simplymente dividiendo la potencia eléctrica disponible por la potencia eólica de entrada, para medir como de técnicamente eficiente es un aerogenerador. En otras palabras, tomamos la curva de potencia y la dividimos por el área del rotor para obtener la potencia disponible por metro cuadrado de área del rotor. Posteriormente, para cada velocidad del viento, dividimos el resultado por la cantidad de potencia en el viento por metro cuadrado.

Como nuestro desarrollo se encuentra en etapa de prototipado no poseemos mediciones *in situ* para poder obtener las curvas de potencia entregada contra la energía del viento, procedemos a estimar de tablas el factor de potencia ( $C_p=0.2$ ) para los restantes cálculos de potencia.

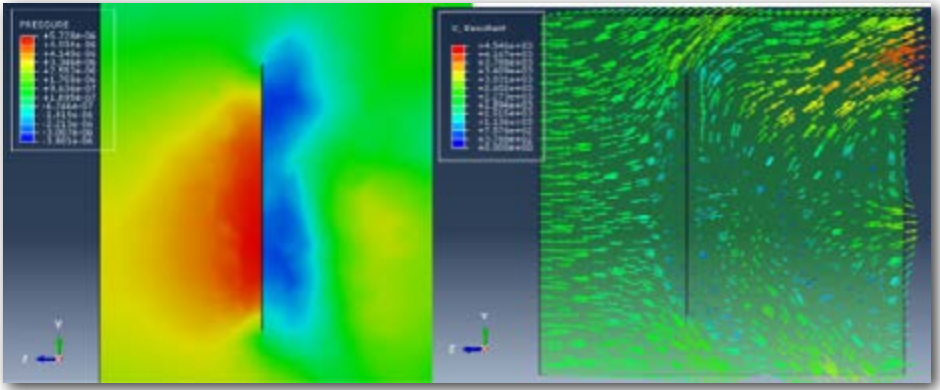
### Análisis fluidodinámicos

Como punto de partida para los análisis computaciones se planteo realizar un generador savonius típico, sin torsión, de los cuales obtuvimos gradientes de presión, velocidad, vorticidad, etc.



Presión Dinámica - Generador Tipo Savonius ( $h=500\text{mm}$ )

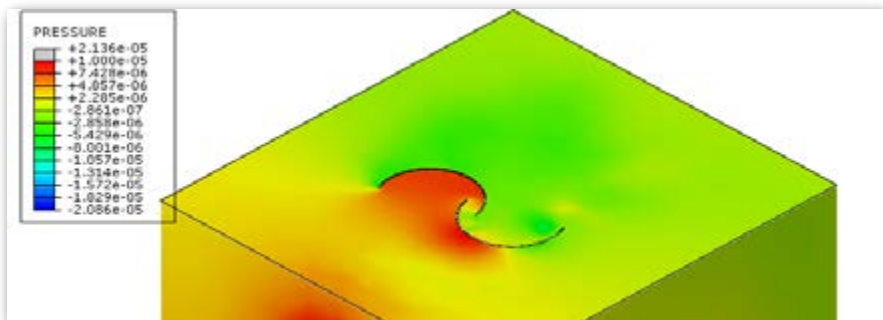
De las palas tipo Savonius se obtiene un resultado esperando, donde se genera una concentración de presión sobre la curvatura cóncava. Como puede verse en la imagen, el fluido alcanza un pico de presión dinámica de 6 Pa para una velocidad de 2m/s en el centro de las palas.



Gradiente de presión dinámica - Esquema vectorial

El gradiente de presión que se genera a lo largo de la pala se debe a la variación en la velocidad del fluido, tanto en magnitud como en dirección. En el centro de la pala tenemos la mayor resistencia al flujo, ya que presenta un cambio drástico de dirección, efecto que ocasiona una acción y reacción propia de la segunda ley de Newton en la interacción Pala-Fluido, de ahí que obtenemos nuestro pico de presión. A partir de ahí, los cambios en la dirección del fluido son más graduales como se representan en el mapa vectorial de velocidades en la imagen anterior. Esto provoca una caída en la presión dinámica sobre los extremos de la pala.

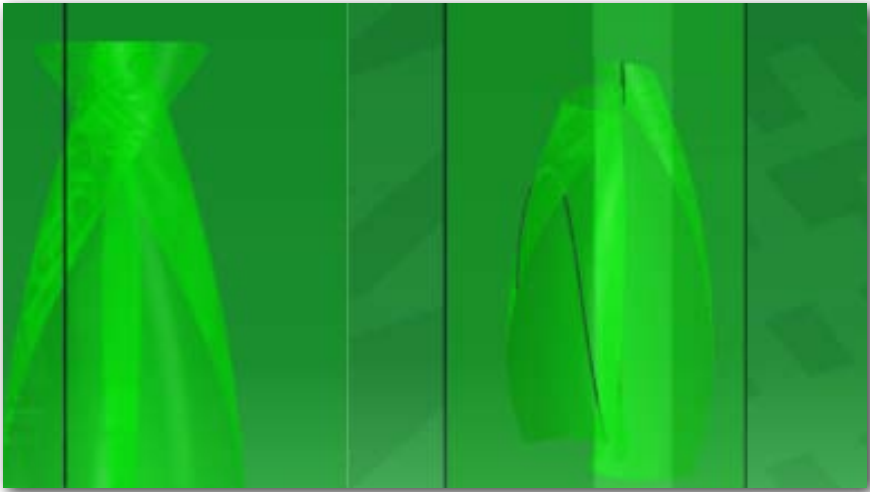
Generador tipo ADN:



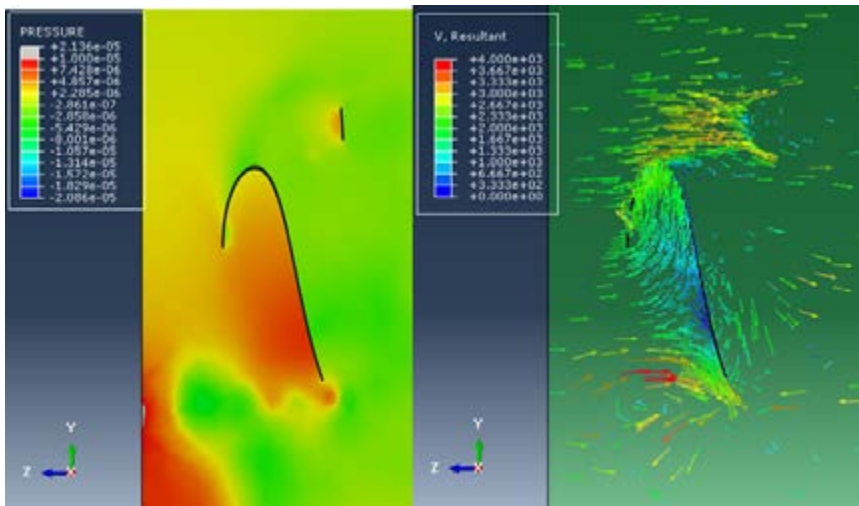
Las palas con forma de ADN a diferencia de lo expuesto anteriormente presentan una doble curvatura, por lo tanto, en todo momento presentara una sección de mayor eficiencia ante cualquier dirección de viento posi-



ble. De aquí que la superficie de pala perpendicular al fluido será menor, pero en este caso, obtenemos un mayor orden magnitud en los índices de presión dinámica. Como puede observarse en la imagen siempre la curvatura cóncava es la que mayor presión obtiene, en este caso, el valor de presión dinámica es aproximadamente de 15 Pa.

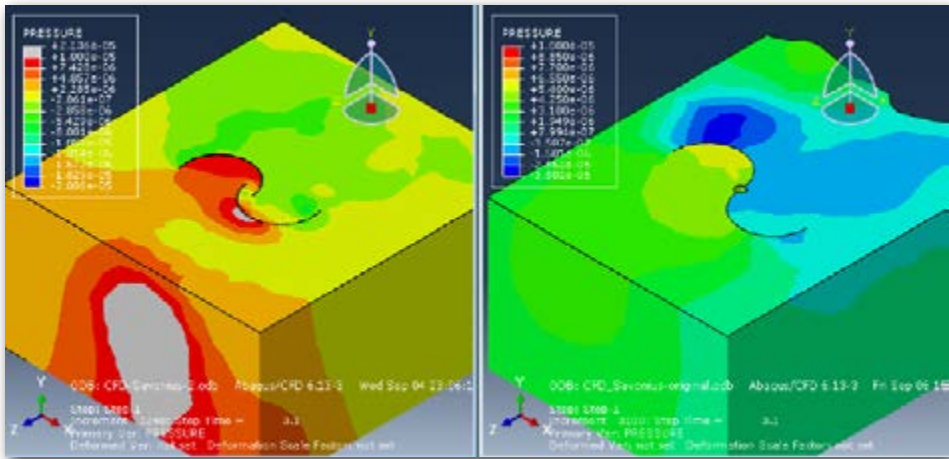


Ubicación de corte Pala ADN



Gradiente de presión dinámica - Esquema vectorial de velocidades

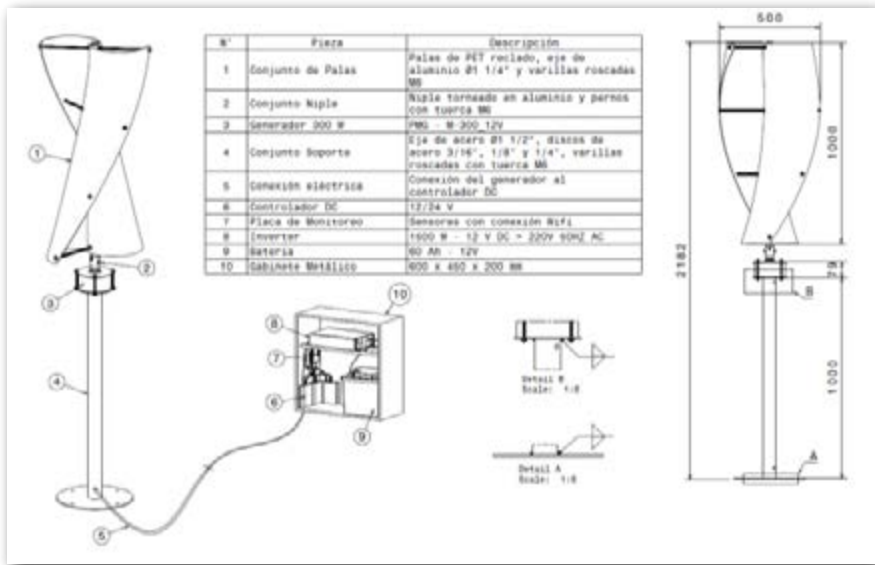
Con este tipo de pala se alcanzan mayores valores de presión debido a que la doble curvatura nos genera un ángulo contrario a la dirección del fluido, por lo tanto, el cambio en la dirección será mayor. Para lograr esto, las palas deben generar una reacción sobre el fluido de mayor impacto a las palas Savonius. Por lo tanto, ante las mismas condiciones (velocidad del fluido) las palas tipo ADN presentan mayor eficiencia.



Comparativa de presión dinámica sobre la sección perpendicular a la dirección del viento

### Análisis estructurales:

Antes de comenzar con los análisis estructurales se presentan los componentes requeridos para adaptar las palas tipo ADN a nuestro desarrollo del generador eólico de baja potencia. En el siguiente diagrama se encuentra la lista de componentes requeridos para su posterior prototipado.

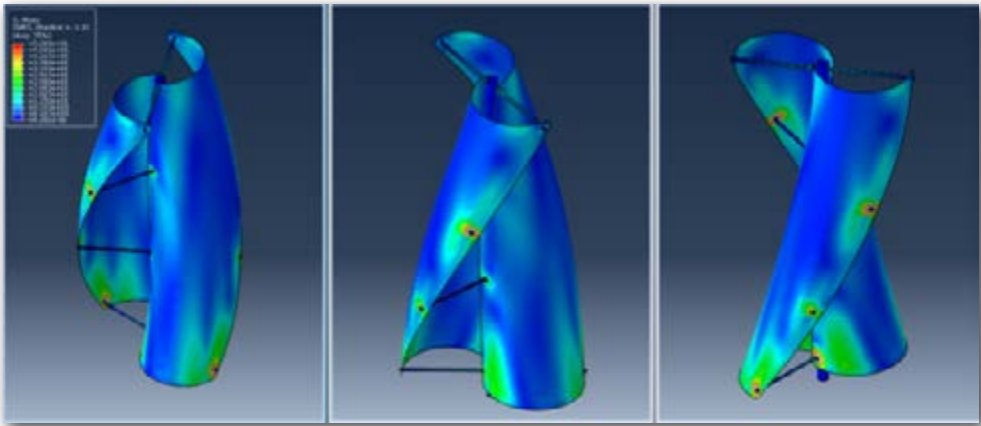


### Generador eólico de baja potencia

Para la caracterización de materiales se realizaron dos tipos de simulaciones sobre el generador basadas en las condiciones de trabajo en régimen o sobre su posible bloqueo de giro ante situaciones extremas que pongan en peligro su funcionamiento.

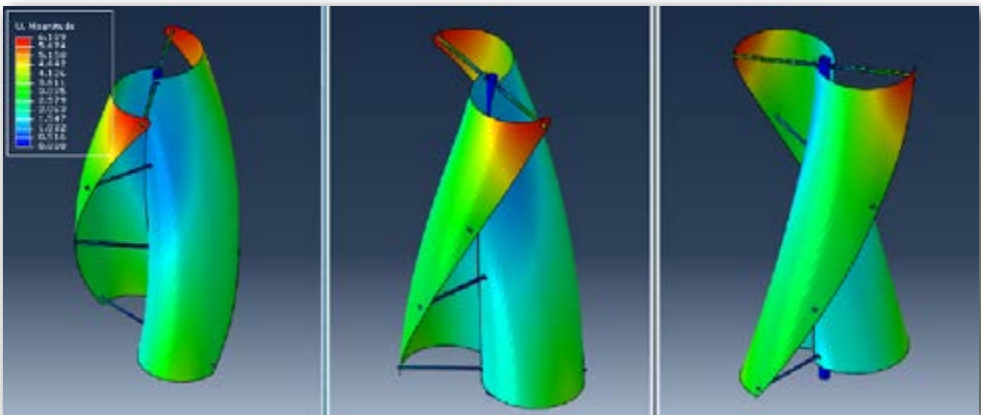
- Caso 1: Análisis en régimen antes cargas producidas por el efecto de las fuerzas centrífugas.
- Caso 2: Análisis en estado de bloqueo ante la acción de viento extremo.

Caso 1: La velocidad de rotación en régimen adoptada es de 400 rpm, donde vamos a poder visualizar el comportamiento estructural de cada componente del sistema.



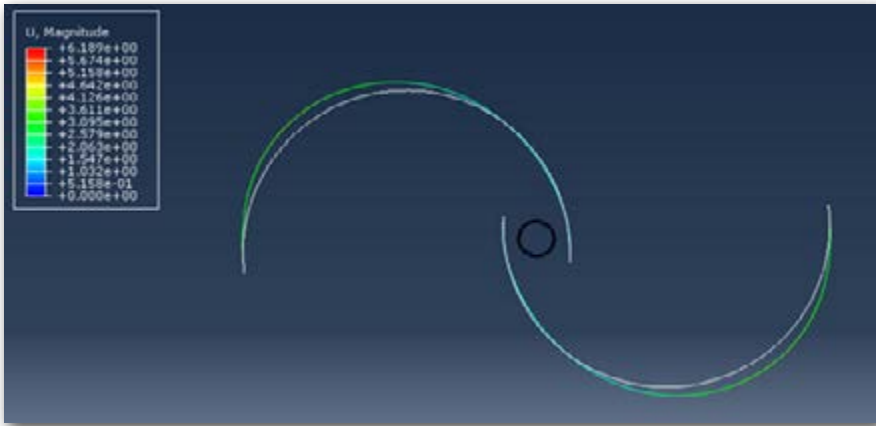
#### Análisis tensional del sistema antes el esfuerzo de rotación

El anclaje de las palas sobre los largueros soportes presentan concentraciones de tensiones, y hasta en algunos casos llegan a tensiones de plasticidad del PET. Esto representa un punto crítico para el diseño ya que son puntos de riesgo de rotura. Por lo tanto, al momento de la fabricación del prototipo debemos aplicar un refuerzo estructural para aumentar la rigidez de dichas zonas.



#### Análisis de desplazamientos

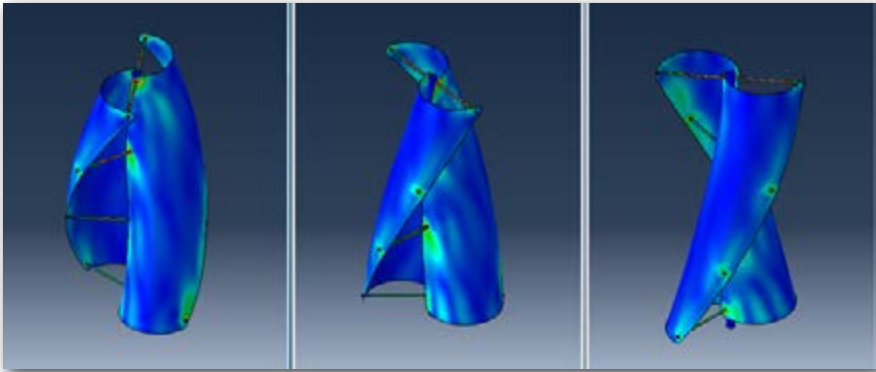
El desplazamiento máximo alcanzado bajo la carga inercial de rotación es de 7 mm, valor que no afecta el funcionamiento del sistema.



Sección inicial vs. sección desplazada bajo carga

### Caso 2: Bloqueo de giro

En este caso el análisis se basará en la aplicación de cargas de vientos cuando el generador se encuentra en estado de reposo o frenado mecánicamente. Esta situación es un punto crítico ya que la estructura cobra vital importancia para trasladar las reacciones sobre la base soporte del generador.



Análisis tensional

Los puntos críticos del sistema son similares al caso 1, obteniendo las mismas zonas de concentración de tensiones donde deberemos profundizar nuestros análisis.



El máximo desplazamiento obtenido en las palas es de 9 mm cambiando la curvatura de la sección. Esta deformación genera mayores esfuerzos sobre las uniones de las palas y los largueros, donde puede producirse la rotura de la pala. Por lo tanto, concluimos con el Caso 1, que se deberá realizar una mejora estructural para aumentar la rigidez de dichos puntos.

## Conclusiones

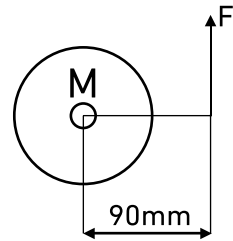
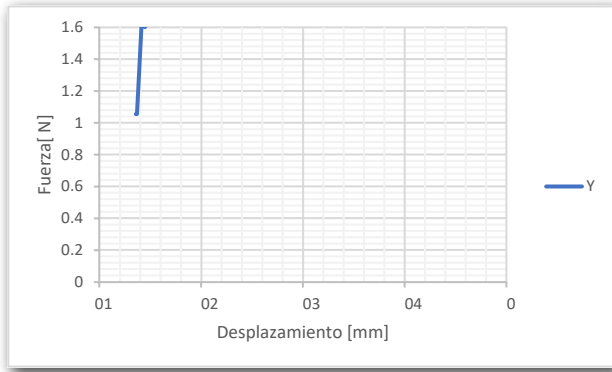
Desde el punto de vista técnico, consideramos que la versión de palas del tipo ADN es la que mejor se presta para el rendimiento en términos de generación de energía y oposición al viento, el prototipo presentado por lo tanto, permite obtener una generación de energía eléctrica considerable para un hogar de consumo promedio.

Respecto de los aspectos sociales, el sistema de aerogeneración hogareño que estamos proponiendo, es un actor protagónico, no solo en la educación para la toma de conciencia acerca de la importancia de las energías renovables, sino que además en el cuidado del medio ambiente por incorporar materiales reciclables de la industria de los alimentos y bebidas.

En el ámbito legal, el proyecto tiene muchas oportunidades de desarrollo, gracias a su potencial de crecimiento de la mano del régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica (Ley. 26190).

**Anexo**

## Velocidad de viento mínima de funcionamiento



Torque máximo del motor: 0.126Nm

$$Tq = p \cdot A \cdot d \quad Tq = \frac{\rho \cdot v^2 \cdot A \cdot d}{2}$$

Donde:

p: Presión dinámica

A: Área perpendicular al viento.

$\rho$ : densidad del aire (1.225 kg/m<sup>3</sup>) v: Velocidad del aire

d: distancia desde el eje del generador al centro de la pala (125 mm)

Velocidad [m/s]	Torque [Nm]
0	0,00
0,5	0,01
1	0,04
1,5	0,09
<b>2</b>	<b>0,15</b>
2,5	0,24
3	0,34
3,5	0,47
4	0,61

Llegando a una velocidad de 2 m/s se genera el torque necesario para vencer la inercia del motor.

## Bibliografía

- Asociación Argentina de Energía Eólica: <https://argentinaeolica.org.ar/>  
Journal of Clean Energy Technologies, Vol. 5, No. 5, September 2017: “*Design and analysis of vertical axis wind turbine for household application*”  
Y. Tahri “*Study of a Savonius wind turbine performance in a tunnel*”  
Det Norske Veritas “*Energy transition outlook*”

## Biografía de los autores

**Silvio Colombo** (Buenos Aires, 1975). Magister de la FIUBA en Dirección Industrial, Ingeniero Industrial de la UTN Facultad Regional Avellaneda. Me desempeño actualmente como Director de Carrera de Ingeniería en Materiales y la Lic. En Desarrollo de Recursos Energéticos de la Universidad Nacional de Avellaneda. Soy docente de Simulación Industrial en la Universidad Tecnológica Nacional donde además soy Investigador categorizado “D” y evaluador de proyectos de Medioambiente, Energías Renovables y Eficiencia Energética. Formo parte de la Comisión Directiva del Instituto Argentino del Envase, donde coordino las Iniciativas Save-Food para la reducción de pérdida y desperdicio de Alimentos y soy miembro representante de la World Packaging Organisation para Argentina, en el área de Sustentabilidad. Me desempeño además como Coordinador del Postgrado y Docente en los módulos de Ecodiseño y Gestión de Proyectos Envases y Embalajes y formo parte activa del Consejo Académico del Postgrado en Tecnologías de Envases y Embalajes de la Universidad Nacional de Rosario y del Instituto Argentino del Envase. Institución de pertenencia: Depto. de Tec. y Admin. - Universidad Nacional de Avellaneda.

**Martín Flores** (Buenos Aires, 1984) Ingeniero en Materiales de la Universidad Nacional de Avellaneda. Se desempeña actualmente como docente en Proyecto Tecnológico I de la Carrera de Ingeniería en Materiales. Conformo parte del Equipo de Investigación del Departamento de Tecnología y Administración de UNDAV. En lo profesional, se desempeña como auditor especialista en el área de corrosión de la industria naval. Institución de pertenencia: Depto. de Tec. y Admin. - Universidad Nacional de Avellaneda.

**Gonzalo Galarraga** (Buenos Aires, 1988) Ingeniero Aeronáutico de la Universidad Nacional de la Plata. Se desempeña actualmente como Coordinador del Laboratorio de Diseño y Simulación de Materiales. Conformo parte del Equipo de Investigación del Departamento de Tecnología y Administración de UNDAV. En lo



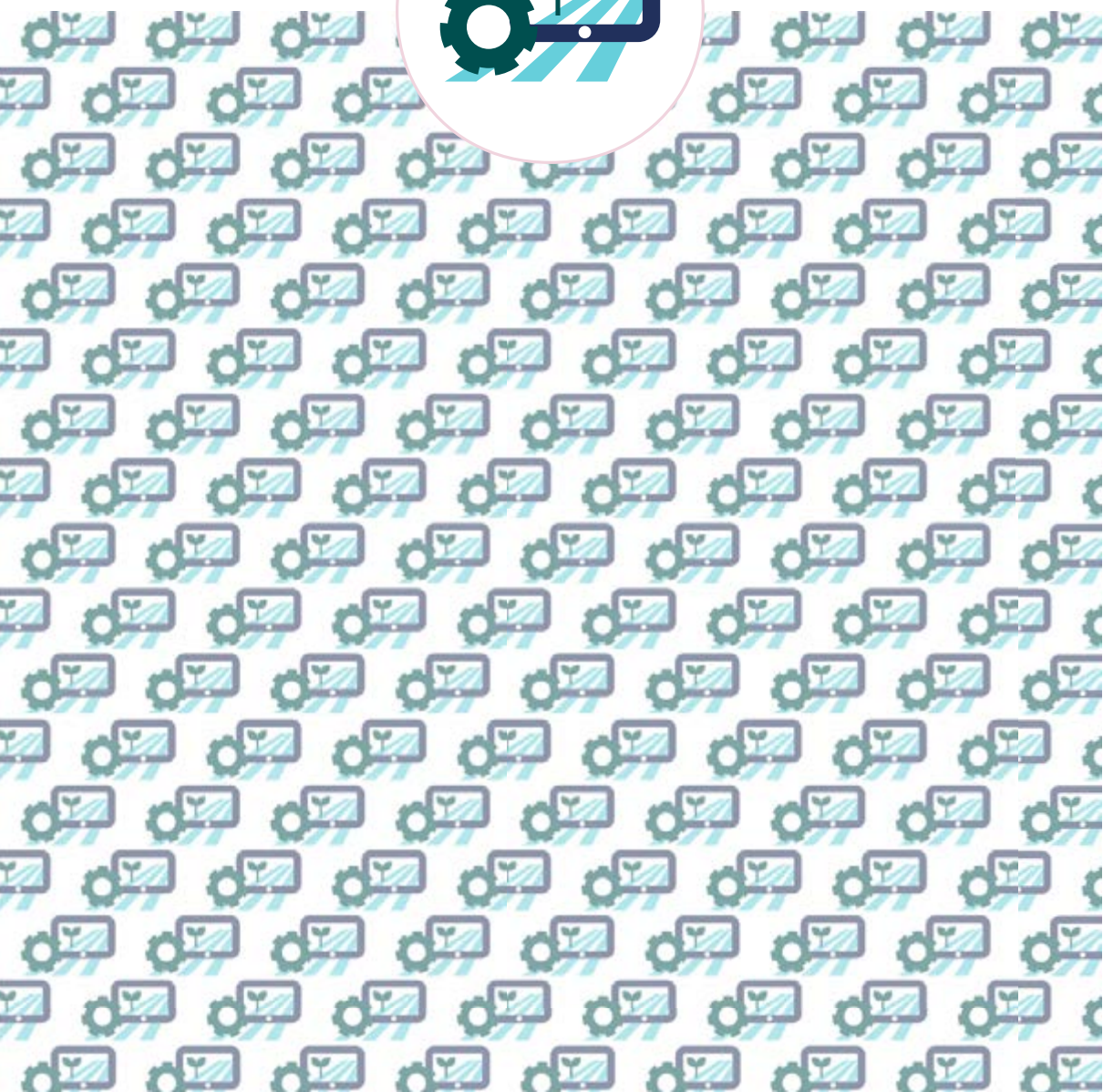
professional, se desempeña como Analista estructural y Mecánico en la industria aeroespacial (VENG – CONAE). Institución de pertenencia: Depto. de Tec. y Admin. - Universidad Nacional de Avellaneda.

**Nicolás Mesiti** (Buenos Aires, 1992) Ingeniero en Materiales de la Universidad Nacional de Avellaneda. Se desempeña actualmente como docente en Integridad Estructural y Trazabilidad de Materiales de la Carrera de Ingeniería en Materiales. Conformar parte del Equipo de Investigación del Departamento de Tecnología y Administración de UNDAV. En lo profesional, se desempeña como especialista en el área de corrosión de la petroquímica y energía. Institución de pertenencia: Depto. de Tec. y Admin. - Universidad Nacional de Avellaneda.

**Carlos Muñoz** (Buenos Aires, 1950) Ingeniero Mecánico de la Universidad Tecnológica nacional – Facultad Regional Haedo. Se desempeña actualmente como docente en Tecnología de Unión de Materiales de la Carrera de Ingeniería en Materiales. Conformar parte del Equipo de Investigación del Departamento de Tecnología y Administración de UNDAV. En lo profesional, tiene más de 40 años de experiencia en tecnologías de la soldadura y biomateriales en el área de la energía nuclear (CNEA). Institución de pertenencia: Depto. de Tec. y Admin. - Universidad Nacional de Avellaneda.



# MAQUINARIA AGRÍCOLA Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL





## MAQUINARIA AGRÍCOLA Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL

### **La jornada "Maquinaria Agrícola y Transformación Digital" se celebró el 11 de noviembre en la Universidad Nacional de Moreno**

En la jornada, luego de las exposiciones, se llevó a cabo un taller como actividad principal. En este taller, con el objetivo de interactuar, conocerse y debatir, se entregó a los participantes una ficha con cuatro ejes de análisis. Estos ejes, bajo el nombre de "desafíos", buscaban obtener insumos y conocer cuáles son las inquietudes y dificultades que tiene la comunidad científica en torno al tema de la jornada.

La agricultura de precisión es una técnica que utiliza tecnología de información y comunicación (TIC) y equipos especializados para optimizar el uso de recursos en la producción agrícola. Esta técnica puede tener un impacto positivo en el medio ambiente al reducir el uso de insumos y minimizar la contaminación. También puede mejorar la eficiencia y la productividad de la producción agrícola y, por lo tanto, contribuir a la seguridad alimentaria, entre otros grandes beneficios.

Sin embargo, presenta algunos desafíos que pueden afectar su implementación y adopción a nivel mundial. Algunos de estos desafíos incluyen el acceso a la tecnología, la falta de capacitación y conocimiento, los problemas de datos y privacidad, y los cambios en la política y la regulación.

En la provincia de Buenos Aires, algunos de los desafíos técnicos y de innovación en la agricultura de precisión incluyen facilitar mecanismos de patentamiento y registro de propiedad intelectual, la falta de personal técnico, y la dificultad de adquisición de insumos debido a la burocracia. También se mencionaron algunas formas de articular los vínculos e interacciones con actores ajenos a la comunidad científica, como generar una base de datos en línea de investigación y equipamiento.

Asimismo, es importante ahondar sobre líneas de investigación relacionadas a la agricultura de precisión, que ayuden a establecer

sistemas de manejo selectivo de los cultivos y del suelo de acuerdo a sus características físico-químicas y biológicas. En este sentido, es fundamental potenciar la generación de tecnología orientada al desarrollo de sistemas agroalimentarios sostenibles.

## Desarrollo de sensores de silicio para múltiples aplicaciones

Energía, agricultura y salud

Mónica Martínez Bogado, Mariana Tamasi, Analía Moreno,  
Nadia Kondratiuk, Martha Díaz Salazar y José María Olima

### Resumen

En el año 1998 se inició en la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) el desarrollo de radiómetros fotovoltaicos de bajo costo, utilizando como elemento sensor celdas fotovoltaicas de silicio cristalino fabricadas en el Laboratorio Fotovoltaico del Departamento Energía Solar del Centro Atómico Constituyentes. Se diseñaron, fabricaron y calibraron distintos prototipos para analizar el comportamiento de estos sensores y evaluar sus limitaciones. Su desempeño final en campo y su bajo costo permite en la actualidad comercializarlo tanto como a instituciones nacionales públicas, como laboratorios y grupos de investigación y universidades, como a empresas de la región. Debido a la interacción con los usuarios se comenzaron desarrollos de radiómetros destinados a los distintos usos en energía, ciencias agrarias y en salud como se detallará en el artículo.

### Introducción

La medición de la energía proveniente del Sol se considera necesaria, entre otras cosas, para:

- a) estudiar el impacto que los cambios en los niveles de radiación, debido a las variaciones periódicas o anómalas, tienen sobre las condiciones climáticas (variaciones en la nubosidad, en la cantidad de partículas en suspensión en la atmósfera y en el agua que se puede precipitar, se verían inmediatamente reflejadas en la radiación medida),
- b) determinar la influencia que la radiación solar a nivel de superficie tiene en el rendimiento de cosechas,
- c) estudiar el balance energético o el crecimiento de un cultivo particular,
- d) evaluar la evapotranspiración potencial del suelo y determinar así su estado hídrico (agua disponible y necesidad de riego),
- e) planificar el secado de productos vegetales con mayor eficiencia, y

- f) diseñar adecuadamente y monitorear sistemas fotovoltaicos, entre otros.

Las áreas que se perfilan como de impacto económico más directo para el corto y mediano plazo son: el seguimiento y cuantificación de la producción agropecuaria y forestal, el seguimiento y vigilancia de la actividad pesquera, la prevención y supervisión de desastres naturales, la evaluación y prospección de explotaciones del suelo y subsuelo, y el monitoreo y supervisión de problemas ambientales.

Atendiendo la necesidad de disponer en el país de sensores de radiación solar confiables y de bajo costo, en la década del '90 se iniciaron actividades tendientes a diseñar y construir en el país este tipo de sensores, aprovechando la experiencia del DES de la CNEA en el desarrollo de celdas solares de silicio cristalino. Desde entonces se realizan distintos trabajos de investigación y tesis de doctorado que sentaron las bases para el desarrollo de distintos dispositivos fotovoltaicos con diversas aplicaciones. En el año 1995 el entonces Grupo Energía Solar (GES) de la CNEA y por impulso del Dr. Hugo Grossi Gallegos perteneciente a la Red Solarimétrica (Durán 1998), comenzó a trabajar en el desarrollo de sensores de radiación terrestre aprovechando la experiencia en la fabricación de celdas solares de silicio cristalino. A partir del año 1997, el GES hoy Departamento Energía Solar (DES) trabaja en el desarrollo sensores de silicio para aplicaciones terrestres y espaciales, así como en el desarrollo de paneles solares para distintas misiones satelitales argentinas (Bolzi, 2013).

Si bien la tecnología de fabricación de dispositivos fotovoltaicos es una tecnología bien conocida, la importancia de este desarrollo radica en fortalecer y completar la tecnología adquirida en nuestros laboratorios para poder adaptarla a los distintos requerimientos de los usuarios de estos instrumentos, ya sea espaciales o terrestres. Asimismo, la versatilidad y adaptación a distintos usos (fotorradiómetros, medidores de radiación PAR y UV, sensores de posición espaciales para distintas misiones y tipos de satélites, entre otros). Los ensayos de campo y la calificación de los dispositivos abrieron más posibilidades para adaptarlos a otros usos.

### **Instrumentos**

Los sensores para aplicaciones terrestres, radiómetros o solarímetros constan de una base de aluminio, sobre la cual se monta el elemento sensor protegido por una cubierta de vidrio difusor sellado en su periferia.



La cubierta de vidrio tiene dos finalidades, por un lado proteger al sensor fotovoltaico de las condiciones ambientales y por el otro, mejorar la respuesta angular debido al esmerilado superficial del mismo.

Como se ha mencionado, el elemento sensor es una celda fotovoltaica de silicio monocristalino diseñada y fabricada por el DES de la CNEA (Bolzi et al., 1997), en particular estos sensores tienen un área activa de 13 mm<sup>2</sup>. La salida eléctrica de los dispositivos es una salida de tensión del orden de 10mV y dentro del intervalo de error, lineal con la radiación solar. En la Figura 1 se muestra el instrumento terminado.



**Figura 1** - Solarímetro fotovoltaico desarrollado por el DES-CNEA.

Los primeros instrumentos tuvieron como finalidad la medición de la radiación solar global, fueron calibrados por la Red Solarimétrica del Servicio Meteorológico Nacional y actualmente es realizada en el Grupo de Estudios de la Radiación Solar (GERSolar) de la Universidad Nacional de Luján. En estos momentos junto con investigadores del

Servicio Meteorológico Nacional (SMN), Universidad Nacional de Luján (UNLu) y del Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF) se obtuvo una adjudicación de un proyecto en la convocatoria del MINCYT de Proyectos Interinstitucionales en Temas Estratégicos para el “Desarrollo de infraestructura, capacidades de calibración y producción de instrumental destinados a la medición de energía solar a nivel nacional”. Este proyecto interinstitucional permitirá contar con laboratorios de calibración de instrumentos destinados a la radiación solar en distintos puntos de país.

Como ensayo en condiciones reales de utilización algunos de estos radiómetros han sido distribuidos a distintos grupos de investigación de Argentina desde hace más de dos años. Algunos de los radiómetros están siendo utilizados en condiciones reales de operación en ambientes adversos (alta radiación UV, gran amplitud térmica, etc.), tal como es el caso de la región de la Puna en el Norte Argentino o en el laboratorio del International Center of Earth Science (ICES) situado en la cadena montañosa del volcán Peteroa. Otro lugar de instalación de dos radiómetros a destacar es la Base Marambio en la Antártida Argentina. Uno de ellos está acoplado con un sistema fotovoltaico del proyecto IRESUD (proyecto cuya finalidad es introducir en el país tecnologías asociadas con la interconexión a la red eléctrica ([www.iresud.com.ar](http://www.iresud.com.ar)) y otro en posición horizontal. Estos radiómetros se encuentran acoplados al sistema fotovoltaico instalado allí por dicho proyecto y mide la radiación solar para poder evaluar el recurso y el instrumento en condiciones extremas. (Figura 2)



**Figura 2** – Radiómetro fotovoltaico instalado en la Base Marambio, Antártida Argentina.

En el área agronómica estamos trabajando con dos tipos de radiómetros. El denominado radiómetro PAR mide la radiación fotosintéticamente activa (radiación PAR) y los mismos son utilizados en el área agronómica y el gran interés radica en la posibilidad de la fabricación en el país, el bajo costo y la confiabilidad del instrumento (Tamasi, Martínez Bogado, 2013). Desde el año 2010 se están siendo utilizados los primeros prototipos por grupos de investigación, a través de los años fueron mostrando durabilidad y confiabilidad. En este sentido se sigue trabajando en función de mejorar el sensor, las pruebas de depósito de multicapas sobre el sensor que, de lograrlo, abaratarían los costos.

Otro tipo de radiómetro que tenemos a nivel prototipo (Figura 3) permite medir el Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI) que puede ser definido como un parámetro calculado a partir de los valores de la reflectancia a distintas longitudes de onda, y es particularmente sensible a la cubierta vegetal. Esta cualidad de la vegetación permite la realización de su valoración cualitativa y de facilitar la interpretación directa de los parámetros biofísicos de la vegetación. El utilizar estos índices tiene su fundamento en el particular comportamiento radiométrico de la vegetación y las longitudes de onda involucradas se encuentran en el intervalo de respuesta espectral de los sensores de silicio.



**Figura 3-** Primer prototipo de radiómetro agronómico (A. Moreno, 2022)

Por último, uno de los objetivos del DES es el desarrollo de sensores basados en silicio para aplicaciones en salud. Por un lado, se contempla continuar con el desarrollo de radiómetros para la medición de radiación correspondiente a distintas regiones del espectro electromagnético (UV, UVA, UVB, UVER). Para que un radiómetro de silicio funcione como un sensor de radiación ultravioleta (UV), es necesario la utilización de un filtro óptico que recorte la porción del espectro que no se desea sensor y para la optimización del dispositivo es necesario aumentar la respuesta espectral en la región UV de la celda de silicio que actúa como elemento sensible.

Las ventajas de desarrollar estos dispositivos residen principalmente en la posibilidad de proporcionar a instituciones universitarias y de ciencia y tecnología una herramienta fiable, con una disponibilidad más inmediata y a un costo menor en comparación con los instrumentos comerciales importados. En particular, la aplicación de los sensores de radiación ultravioleta es muy amplia: desde usos en grupos de investigación de diferentes disciplinas como la biología, agronomía, etc., hasta mediciones en zonas de alto nivel de radiación UV donde se puede estudiar el impacto de los cambios en los niveles de radiación debido a variaciones periódicas o anómalas. De esta manera se puede alertar de manera temprana sobre los posibles efectos negativos para la salud en las poblaciones de distintos emplazamientos.

Por otra parte, otro objetivo es trabajar con un nuevo desarrollo de dispositivos para aplicaciones en salud, incluyendo además de los sensores de radiación UV, el correspondiente a dosímetros para aplicaciones en protonterapia. En los últimos años se empezó a considerar la posibilidad de utilizar la tecnología de semiconductores para diseñar microdosímetros que puedan operar con precisión micrométrica con el objetivo de optimizar el tratamiento. La utilización de esta tecnología ofrece simplicidad ya que no se necesitan líneas de gases o fuentes de alta tensión utilizadas por otros métodos, bajo costo, y también la posibilidad de integrar los dispositivos con otros tipos de detectores.

## **Conclusiones**

La experiencia adquirida a lo largo de los años en la investigación y en el desarrollo de celdas solares de silicio y paneles solares para uso satelital permitió desarrollar sensores solares adaptados a distintos usos y según los requerimientos tanto en características eléctricas como en tamaño o diseño.

Las celdas solares de silicio cristalino modificadas para su uso como sensores de radiación solar representan una alternativa viable y de bajo costo para la realización de mediciones solarimétricas. En base a los resultados obtenidos puede afirmarse que el solarímetro fotovoltaico desarrollado por la CNEA muestra un comportamiento comparable a otros ya comercializados en el exterior, lo cual constituye una alternativa interesante para estudios de aprovechamiento de la radiación solar que no requieran demasiada precisión. Los radiómetros prototipo que están en la etapa de prueba, prometen buenos resultados y ya se tienen distintos proyectos adoptantes quienes los probarán en campo.

Estos dispositivos en cuanto a su uso espacial poseen varias ventajas respecto de otros sensores que se consiguen comercialmente: se pueden diseñar según los requerimientos en corriente y tamaño de cada misión satelital; en particular al estar integrados sobre una base y no dentro de ella permiten que el campo visual del sensor sea prácticamente de  $180^\circ$  y al tener un área activa circular, la respuesta es simétrica respecto su ángulo azimutal. Los sensores solares convencionales comerciales tienen masas de por lo menos cientos de gramos, otra ventaja de estos sensores desarrollados en CNEA es su bajo peso ya que pueden integrarse tanto sobre una base de aluminio como directamente sobre el panel. En particular esto es muy importante si se quieren utilizar en satélites de pequeños tamaños o nanosatélites.

## Bibliografía

- Bolzi C.G., Merino L.M., Tamasi M.J.L., Plá J.C., Durán J.C., Bruno C.J., Godfrin E.M., Lamagna A., Barrera M.P. y Quintero L.B. Elaboración y caracterización de celdas y paneles solares de silicio cristalino para su ensayo en el satélite SAC-A, *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 1 (2), 1-4 (1997).
- Bolzi C.; Martínez Bogado M. G.; Tamasi M. J. L.. Reseña del Desarrollo de Sensores Solares en CNEA para Misiones Satelitales. *Energías Renovables y Medio Ambiente* Vol 31, 2013, pp. 29-36.
- Durán J.C., Bolzi C.G., Godfrin E.M., Plá J.C., Merino L.M., Bruno C. J. y Tamasi M.J.L., 1998. Fabricación de radiómetros de bajo costo en la Argentina. Algunas propuestas teóricas y primeras experiencias. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 2 (2), 5.9-5.12.
- Moreno A. 2022. Desarrollo y fabricación de sensores fotovoltaicos de radiación: aplicaciones espaciales y radiómetros de espectro selectivo. Tesis de Doctorado en Ciencias Aplicadas y de la Ingeniería Escuela de Ciencia y Tecnología Universidad Nacional de San Martín.
- Tamasi, M. J. L., & Bogado, M. M. (2013). A theoretical approach to photosynthetically active radiation silicon sensor. *Thin Solid Films*, 534, 497-502.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a sus colegas del DES y del INN.

## Biografía de la autora

**Mónica Martínez Bogado** (Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 1968). Investigadora científica, Doctora en Ciencia y Tecnología, mención Física de la UNSAM. Desarrolla sus actividades en el Departamento Energía Solar de la Comisión Nacional de Energía Atómica y del Instituto de Nanociencia y Nanotecnología, CNEA/CONICET. Publica en revistas nacionales e internacionales y ha redactado de más de una centena de informes técnicos de carácter confidencial en el área terrestre y espacial. Lugar de residencia: Buenos Aires, Argentina. Departamento Energía Solar- Comisión Nacional de Energía Atómica Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (CONICET-CNEA) <https://orcid.org/0000-0002-1878-9535>  
Scopus Author ID: 8406553900

## Uniones soldadas en maquinaria agrícola

Soldadura de nuevos materiales en maquinaria agrícola

María José Castillo, Alejandro Mateos y Gianluca Lombardo

### Resumen

A pesar de la consolidada implementación de aceros avanzados en la industria automotriz, la incorporación de éstos en la agroindustria es aún incipiente. El presente artículo se centra en la descripción de tareas que se llevaron adelante en el marco de un proyecto de investigación y desarrollo, que tuvieron continuidad a partir de la vinculación de la Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires con el sector productivo.

### Artículo

En los últimos años se ha producido un notable incremento en el desarrollo de procesos de soldadura que conjuntamente, con una selección adecuada de consumibles y parámetros operativos, permiten una mayor velocidad de trabajo con mejoras en la calidad y reducción de costos durante la fabricación de componentes y estructuras asociadas a la maquinaria agrícola.

Por otro lado, el desarrollo de nuevos materiales, entre ellos, los aceros de alta resistencia han reemplazado a los aceros al carbono tradicionales en aplicaciones de la industria automotriz y de la construcción por sus ventajas en cuanto a propiedades mecánicas, resistencia a la corrosión y soldabilidad, permitiendo la reducción del peso de los vehículos y estructuras sin detrimento de su resistencia.[1]

En este sentido, el peso de un producto puede ser reducido sin pérdida de su capacidad para soportar carga mediante el cambio de un acero suave a un acero de alta resistencia. Este reemplazo de aceros es aún incipiente en el campo de la agroindustria y el transporte de carga nacional.[2]

La clasificación metalúrgica de los procesos de soldadura permite distinguir entre procesos en fase sólida, fase sólido líquida y procesos en fase líquida. Dentro de estos últimos están enmarcados los procesos que logran la unión mediante la fusión de los bordes de las piezas a unir y del material de aporte, si es que se utiliza. La fuente de calor más utilizada en los procesos de soldadura en fase líquida es el arco eléctrico, el cual se establece entre

la punta del electrodo o alambre, según sea el caso y el metal base. Particularmente, en la industria de la maquinaria agrícola, el proceso mayormente empleado es el de soldadura por arco de metal y gas (GMAW: Gas Metal Arc Welding) el cual requiere alimentar la soldadura a través de un alambre continuo, generalmente macizo y de características químicas y mecánicas similares a las del metal base a soldar. Por otro lado, este proceso necesita de protección gaseosa inerte o activa, lo que esto dificulta su utilización a campo ya que las corrientes de aire afectan de manera sustancial la protección por gas. Una alternativa en estos casos es el empleo del proceso de soldadura por arco con núcleo de fundente (FCAW: Flux Cored Arc Welding) el cual utiliza un alambre hueco continuo, con fundentes en su interior, pudiendo prescindir de la utilización de gas protector en la modalidad autoprottegida (FCAW-S: Flux Cored Arc Welding-Self). Este proceso debe buena parte de su flexibilidad a la amplia variedad de elementos que se pueden incluir en el núcleo de un electrodo tubular. El electrodo por lo regular consiste en una funda de acero de bajo carbono o de aleación que rodea un núcleo de materiales fundentes y de aleación. En función de los elementos incorporados en el interior del alambre tubular, es posible conferir al metal de soldadura ciertas propiedades mecánicas, metalúrgicas y de resistencia a la corrosión mediante un ajuste de la composición química [3].

Todos estos factores promueven grandes cambios en la filosofía de trabajo de las PyMES del sector, viéndose éstas en la necesidad de incrementar su caudal de conocimiento a fin de proponer soluciones técnicamente viables. Una manera de hacerlo es a través de la articulación con el ámbito universitario, mediante la conformación de redes de trabajo que apunten a la mejora de los procedimientos empleados en la fabricación de uniones soldadas, la optimización de los recursos y el incremento en las tecnologías disponibles.

En ciertas ocasiones, y para problemáticas puntuales, surge la necesidad de realizar capacitaciones que aborden temáticas específicas y conceptos concretos relacionados con los desafíos impuestos por la demanda del sector. Estas capacitaciones se desarrollan a partir de conceptos teóricos, que permiten a los diferentes actores vinculados al área de la soldadura fundamentar los procedimientos utilizados en la práctica. Esto es acompañado por instancias prácticas de trabajo, las que posibilitan verificar lo que indica la teoría y sientan las bases para introducir las soluciones propuestas, al mismo tiempo que otorgan a los soldadores una herramienta fundamental para la toma de decisiones, haciendo más eficiente y productiva su labor .



Sin dudas, las variables introducidas aquí resultan un cambio de paradigma fundamental que se fue -y continúa- dando hasta nuestros días. Todos estos avances tecnológicos y conocimientos transferidos y aplicados a la construcción de la maquinaria agrícola permiten dar un salto de calidad en los productos fabricados en nuestro territorio.

El objetivo de este proyecto se centró en el desarrollo de procedimientos de soldadura optimizados para la unión de aceros de alta resistencia utilizados en la fabricación de implementos y maquinaria agrícola y su posterior divulgación al medio, tanto científico como socio productivo.

### **Antecedentes**

Esta investigación tiene como antecedente el relevamiento realizado en el marco del proyecto PID PITEC 006/08: “Estudio de la influencia de los parámetros de soldadura sobre las propiedades de uniones soldadas con diferentes procesos utilizados en la industria de la maquinaria agrícola”, en donde se realizó un estudio diagnóstico que permitió definir las principales demandas y necesidades de la industria de la maquinaria agrícola.

En función del relevamiento realizado se halló que las empresas ejecutaban entre 1000 y 2000 uniones soldadas por semana, en su mayoría utilizando el proceso GMAW, con diferentes gases protectores. En cuanto a los materiales, se detectó mayormente la utilización de aceros tradicionales de bajo y medio carbono como el SAE 1010 y el SAE 1045, manifestando, en muchos casos, la necesidad de incorporar nuevos materiales en pos de obtener reducciones de peso sin pérdida en las propiedades mecánicas.

Si bien las empresas contaban con una alta tasa de producción que les permitía cumplir con sus objetivos, los procesos de fabricación en general y, los procesos de unión de materiales por soldadura, en particular, contaban con soldadores con baja preparación, tanto teórica como práctica, procedimientos ejecutados de hecho y no escritos y falta de control de calidad de las uniones ejecutadas.

A partir de este relevamiento se vio la necesidad de llevar adelante ciertas acciones que permitan, por un lado, incrementar la calidad en los procesos de unión y, por otro, organizar las actividades y estructurarlas según el tipo de material a soldar, el espesor de los aceros base involucrados, la posición de soldadura empleada, entre otras cuestiones. En este sentido, se trabajó en la definición de competencias para los diferentes puestos de soldadura, lo que permitió, posteriormente, ajustar y planificar las capacitaciones de los soldadores, auxiliares y operarios de soldadura

en ciertos tipos de juntas, selección de consumibles y metales base. Asimismo, se avanzó en la incorporación de nuevos materiales y se introdujeron nuevos procesos de unión hasta el momento no utilizados en este tipo de industrias. Por último, y a fin de acompañar el cambio de tecnología, se abordó un plan de asistencia técnica integral para los diferentes sectores vinculados a la producción y control de calidad de las uniones soldadas, lo que permitió incrementar el número de uniones soldadas libres de discontinuidades, optimizar recursos y, fundamentalmente, fortalecer el desempeño del capital humano asociado al sector soldadura a partir de los conocimientos adquiridos, otorgando una mayor seguridad a la hora de tomar decisiones y fundamentar su accionar diario.

### **Proyecto de investigación**

Para la realización de este proyecto se utilizaron como metales base dos aceros microaleados de alta resistencia de 6 mm de espesor, uno de origen nacional y otro importado. Estos materiales fueron caracterizados mediante el análisis de su composición química, observación metalográfica, ensayos de microdureza Vickers y pruebas de tracción.

Para la soldadura de las probetas se realizaron cupones de juntas soldadas a tope, con bisel en V de 30°, según el código AWS D1.1/D1.1M: 2010.[4]

Para la ejecución de las uniones soldadas se utilizaron los procesos de soldadura FCAW y GMAW, empleando dos metales de aporte y variando la velocidad de soldadura con el objetivo de obtener dos calores aportados diferentes. Asimismo, en el caso del proceso GMAW, se utilizaron dos gases protectores.

Las uniones obtenidas fueron caracterizadas macro y microestructuralmente analizando la zona afectada por el calor con el objetivo de observar los cambios microestructurales y las transformaciones de fases causadas por las diferentes velocidades de enfriamiento que se dan tanto en la zona sobrecalentada como de transformaciones. Asimismo, se evaluó el comportamiento del metal de soldadura a fin de detectar los microconstituyentes formados y la presencia de discontinuidades que muchas veces aparecen como consecuencia de los cambios de estado de agregación vinculados a los procesos de soldadura en fase líquida. Asimismo, se analizó el efecto del calor aportado en juntas multipasadas, ya que, en ciertos casos, las sucesivas pasadas de soldadura conllevan a recristalizaciones que afectan la calidad microestructural de las uniones soldadas, a partir, por ejemplo, de la nucleación de ciertas partículas que fragilizan la zona

afectada por el calor (Figura 1). Por otro lado, se realizó una evaluación mecánica a partir de la ejecución de perfiles de microdureza que permitieron evidenciar las variaciones de dureza a lo largo de toda la junta soldada, con barridos que abarcaron desde el metal base hasta el centro del metal de soldadura. Adicionalmente, de los cupones de prueba soldados se obtuvieron probetas de tracción en donde la dirección de ensayo era perpendicular al cordón de soldadura lo que permitió determinar la resistencia del conjunto soldado al mismo tiempo que se pudo observar la zona donde se localizó la falla (Figura 2).

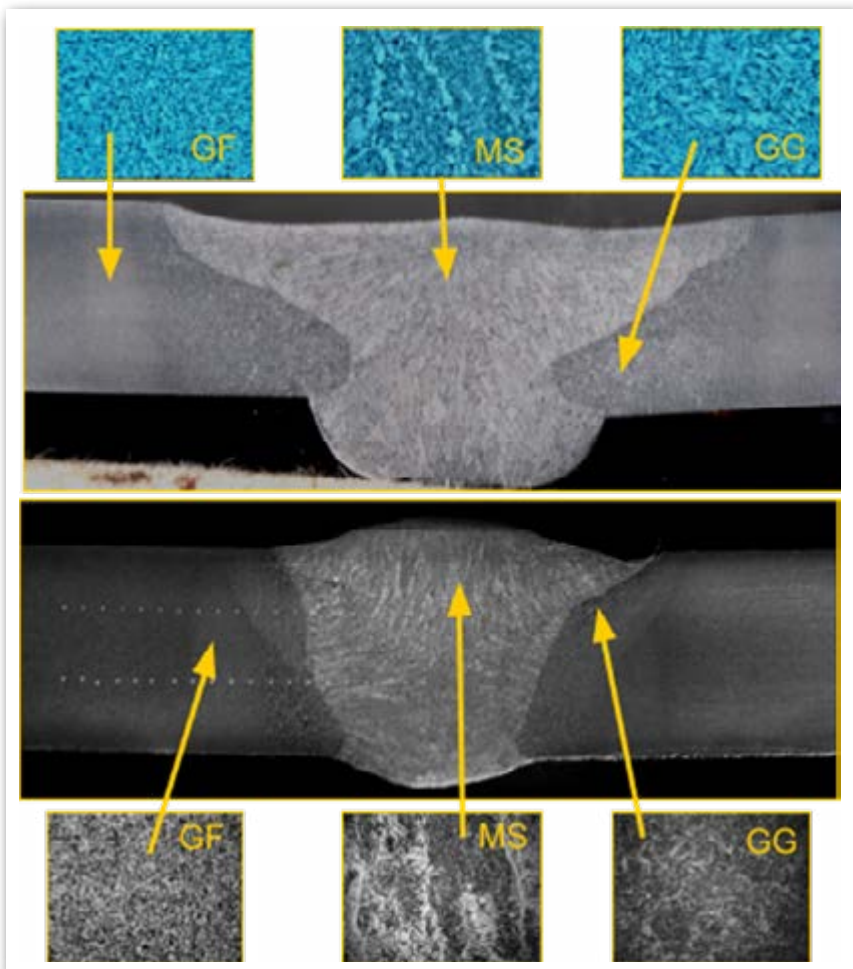


Figura 1. Junta a tope soldada. a) Proceso FCAW, b) Proceso GMAW



**Figura 2.** Probetas de tracción ensayadas. a) Material base, b) Junta soldada

En conclusión, a partir de la ejecución de este proyecto se lograron obtener resultados concretos, susceptibles de ser adoptados e implementados en la industria metalmeccánica provocando un salto de calidad e incremento de productividad en la fabricación de productos nacionales asociados a la industria de la maquinaria agrícola. En este sentido, se obtuvieron procedimientos de soldadura optimizados para los aceros microaleados utilizados. Además, se lograron definir variables y condiciones de trabajo para cada uno de los procesos de unión por arco eléctrico utilizados.

### **Aportes actuales**

En la actualidad, las empresas cuentan con un mayor caudal de información proporcionado por el intercambio e interrelación en el propio sector privado, la vinculación con el ámbito académico, el contacto con los proveedores y los conocimientos adquiridos, no obstante, se continúan hallando situaciones en donde las empresas pueden evolucionar en relación a los procesos de unión, ya sea a partir de la incorporación de nuevas tecnologías, aplicando principios de mejora continua o simplemente mejorando la operatividad y eficacia en el uso y aplicación de los procedimientos de soldadura. En este sentido, la Universidad Nacional de Noroeste de la Provincia de Buenos Aires (UNNOBA), a través del Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEMEJ), proporciona un aporte de gran interés en la región de incumbencia que se centra en el noroeste de la provincia de Buenos Aires.

En función de lo anteriormente descrito, es necesario atender las demandas continuas que surgen en su entorno, brindando asistencia técnica para la caracterización de aquellos nuevos materiales que se van incorporando al sector productivo, el diseño de procedimientos de soldadura

para nuevos componentes y estructuras, el dictado de capacitaciones específicas configuradas de manera particular para la demanda existente y la realización de caracterizaciones y análisis de juntas soldadas, así como también la evaluación de discontinuidades, imperfecciones y defectos a través de la realización de ensayos destructivos y no destructivos, según sea el caso. A través de todo ello, se busca promover la optimización en los procesos de unión que conlleve, por un lado, a la mejora de los productos y componentes soldados y, por otro, a un incremento en la productividad.

Cabe resaltar que, la universidad viene desarrollando distintas actividades en articulación con el sector de la maquinaria agrícola que promueven el uso de nuevas tecnologías lo que incrementa la eficiencia en los procesos, mejoran la productividad y calidad y, además, contribuyen a la disminución de las emisiones a partir del uso de nuevos materiales, los cuales permiten disminuir el peso de las estructuras y maquinarias sin detrimento de la resistencia.

En función de las experiencias obtenidas y de los trabajos realizados se lograron optimizar procesos de soldadura por arco eléctrico ejecutados sobre materiales convencionales, como los aceros de bajo y medio carbono y sobre materiales avanzados de alta resistencia. Asimismo, se realiza un acompañamiento de la innovación a partir de la asistencia técnica y el asesoramiento tecnológico.

Por otro lado, con todo el material recabado se generó nuevo conocimiento que permitió establecer conclusiones generales con resultados susceptibles de ser difundidos. En este sentido, se realizó la comunicación de los hallazgos a la comunidad científica a partir de publicaciones en congresos, conferencias, workshops y revistas. Además, los cursos dictados conformaron un canal extra de comunicación que permiten direccionar el conocimiento en función del estado de situación particular.

Por último, una de las aristas más importante que se desprende de todas las tareas realizadas se basa en la formación de recursos humanos, que contempla no sólo los externos al laboratorio que son los receptores de los conocimientos, sino también los propios integrantes de la comunidad universitaria; docentes, estudiantes de grado y estudiantes de posgrado. Este crecimiento conjunto se basa en el intercambio continuo con los actores principales de la producción de maquinaria agrícola del país.

## Bibliografía

- [1] VARIANTES MODERNAS EN EL PROCESO DE SOLDADURA. M.J. Castillo, A. Mateos. Boletín informativo N° 6. LEMEJ. 2021.
- [2] EVOLUCIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ACEROS MICROALEADOS SOMETIDOS A SOLDADURA SEMIAUTOMÁTICA CON ALAMBRE TUBULAR. C. Marconi, M.J. Castillo, L. Boccanera, N.M. Ramini. 12° Congreso Bina- cional de Metalurgia y Materiales. 2012.
- [3] AMERICAN WELDING SOCIETY/MANUAL DE SOLDADURA. TOMO I (8a EDICIÓN. Traducido de la Sa. edición en inglés: WELDING HANDBOOK WELDING PROCESSES. VOLUME 2. ISBN 968-880-767-2 Tomo I, ISBN 968- 880-766-4 Obra completa
- [4] An American National Standard Institute – ANSI. AWS D1.1/D1.1M:2010: Structural welding code – steel. Miami: American Welding Society. 2010.

## Biografía de los autores

**María José Castillo.** Ingeniera metalúrgica egresada de la UTN-FRSN. Especialista en Soldadura. Profesora adjunta ordinaria en el área Materiales y Estructuras UNNOBA. Tesista en maestría en Gestión de la Innovación y la Vinculación Tecnológica en el Sector Agroindustrial. Doctoranda en Ingeniería Mención Materiales donde trabaja en el desarrollo de aceros avanzados aplicados a la industria de la construcción. Directora ejecutiva del Laboratorio de Ensayos de Materiales y Estructuras donde en el 2019 fue distinguida junto a su equipo de trabajo por la UNNOBA como grupo destacado por el volumen y calidad de los servicios tecnológicos brindados en el área de materiales. Desde marzo del año 2021 es Prosecretaria de Investigación, Desarrollo y Transferencia de la UNNOBA. Participó del programa de consejerías tecnológicas como consejero integrante y consejero experto en el área de soldadura, desempeñando actividades en el cordón metalmecánico de Las Parejas-Armstrong-Las Rosas, en articulación con la fundación CIDETER. Ha integrado más de 20 proyectos de investigación y desarrollo vinculados a los materiales, procesos de fabricación y conformado. Ha desarrollado múltiples actividades en instituciones públicas y privadas, vinculadas a la ciencia y técnica de la soldadura, dictando capacitaciones en el ámbito de oficios y competencias laborales y asesorando técnicamente a empresas del rubro metalmecánico.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3676-6169>

email: [mariajose.castillo@nexo.unnoba.edu.ar](mailto:mariajose.castillo@nexo.unnoba.edu.ar)

**Alejandro Mateos.** Ingeniero Mecánico graduado de la Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires (UNNOBA). Jefe de Trabajos Prácticos en la cátedra Unión de Materiales por Soldadura, perteneciente al Área Materiales y Estructuras y docente en Proyecto de Máquinas y Vibraciones del Departamento de Informática y Tecnología. Investigador en formación en el Laboratorio de Ensayos de Materiales y Estructuras (LEMEJ), desempeñando actividades de investigación, desarrollo y transferencia. Integrante de proyectos de investigación sobre soldadura de aceros modernos, perfiles laminados y desarrollo de hormigones reforzados con fibras, Poliestireno expandido, etc. Representante de la UNNOBA en el Núcleo Disciplinario de Ingeniería Mecánica y de la Producción de la Asociación de Universidades Grupo de Montevideo (AUGM) y delegado adjunto de la Argentina ante la Federación Internacional del Hormigón (FIB). Actualmente, cursando el doctorado en Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora (UNLZ) con actividades dentro del LEMEJ.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6381-5448>

email: [aamateos@unnoba.edu.ar](mailto:aamateos@unnoba.edu.ar)

**Gianluca Lombardo.** Ingeniero Mecánico egresado de la Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires (UNNOBA) distinguido con el premio “Ing. Isidoro Marin” a egresados sobresalientes otorgado por la Academia Nacional de Ingeniería. Finalizando la carrera de Ingeniería Industrial. Becario Doctoral CIC-UNNOBA. Doctorando en Ciencias de Materiales en la Universidad Nacional de Mar del Plata con lugar de trabajo en el Laboratorio de Ensayos de Materiales y Estructuras LEMEJ UNNOBA, su temática de trabajo se enmarca en el desempeño a fatiga de uniones soldadas de aceros avanzados de alta resistencia ejecutadas por procesos de soldadura avanzados de última generación. Ayudante alumno de la cátedra de Materiales y Estructuras en UNNOBA durante 2018 y 2020 y en el área de Máquinas Térmicas en 2022. Por otra parte, se ha capacitado en el uso de herramientas relacionadas Lean Manufacturing, Kaizen, 5S, ISO 9000 y gestión de la calidad en PyMES.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0630-4297>

email: [glombardo@comunidad.unnoba.edu.ar](mailto:glombardo@comunidad.unnoba.edu.ar)





## Integración de receptores GNSS de bajo costo para aplicaciones científicas y tecnológicas

Luciano P. O. Mendoza, Andreas Richter y Eric Marderwald

### Resumen

En el marco de proyectos de investigación se integraron receptores GNSS de bajo costo, con bajo consumo de energía y con gran capacidad de almacenamiento de observaciones. El equipamiento fue diseñado específicamente para permitir el monitoreo continuo de parámetros de interés geocientífico, asociados a múltiples fenómenos (tectónica, terremotos, atmósfera, etc.). Estos receptores GNSS también pueden ser adaptado a aplicaciones prácticas (guiado de maquinaria, modelos digitales de elevación, etc.).

### Introducción

Las técnicas GNSS (Global Navigation Satellite Systems), incluyendo al GPS (Global Navigation System), tuvieron en su concepción tres aplicaciones directas: la navegación (instantánea), el posicionamiento (preciso) y la diseminación de tiempo (preciso). Sin embargo, rápidamente fueron adaptadas a infinidad de aplicaciones científicas, tecnológicas y hasta recreativas, incluyendo aplicaciones geodésicas (mantenimiento de marcos de referencia espaciales y temporales), geodinámicas (tectónica, subsidencia, rebote postglacial, efectos de carga superficial, etc.), sensoramiento remoto de la atmósfera (tropósfera, ionósfera) y de niveles de agua en suelo, sismología GNSS, monitoreo de estructuras de ingeniería (deformación de puentes, embalses, etc.), Sistemas de Información Geográfica (GIS), Agricultura de Precisión (AP, dosificación variable, mapas de rendimiento, guiado de maquinaria, etc.), *geocaching*, realidad aumentada (e.g., Pokémon Go), etc.. Desde los años 90 del siglo pasado, hasta la actualidad, los costos, las capacidades y las características tanto del *hardware* (los receptores) como del *software* GNSS específicos han evolucionado (miniaturización, menor costo, menor consumo energético, mejores algoritmos, nuevas señales, etc.), con el consiguiente impacto en todo el campo de aplicaciones mencionado.

Estas técnicas GNSS son empleadas profusa y cotidianamente en las múltiples líneas de investigación científica del laboratorio MAGGIA (Meteorología espacial, Atmósfera terrestre, Geodesia, Geodinámica, diseño

de Instrumental y Astrometría, UNLP - asociado CIC PBA). Por ejemplo, el laboratorio ha publicado bases de datos multianuales de vapor de agua atmosférico (IWV), aptas para su uso climatológico, en base a observaciones en un centenar de estaciones GNSS, distribuidas desde el sur de California (EEUU) hasta la Antártida (Bianchi et al. 2016, Meza et al. 2020). Así mismo, desde 2019 el laboratorio administra un servicio operacional, casi a tiempo real, para el monitoreo del contenido electrónico total (TEC) ionosférico (Mendoza et al. 2019a,b). Este sistema aprovecha la infraestructura pública GNSS en Latinoamérica, e incorpora datos en tiempo real provistos por más de 100 satélites, los que son rastreados 24/7 por más de 270 estaciones terrenas. Con estos datos se produce cada 15 minutos un mapa del estado actual de la ionosfera regional, el cual es puesto inmediatamente a disposición en línea (<https://wilkilen.fcaglp.unlp.edu.ar/ion/ultimo.png>), así como en una base de datos pública (<https://wilkilen.fcaglp.unlp.edu.ar/ion/magn/>). Más recientemente, MAGGIA ofrece desde 2022 un servicio operacional, casi a tiempo real, para el monitoreo del IWV troposférico (Aragón Paz 2021). Este sistema aprovecha la infraestructura pública GNSS en Argentina, Uruguay y Brasil, e incorpora datos satelitales en tiempo real rastreados 24/7 por más de 110 estaciones terrenas. Con estos datos se produce cada 60 minutos una representación, es decir un mapa, del contenido actual de vapor de agua precipitable en la atmósfera, el cual es puesto inmediatamente a disposición en línea (<https://wilkilen.fcaglp.unlp.edu.ar/tro/latest.html>), así como en una base de datos pública (<https://wilkilen.fcaglp.unlp.edu.ar/tro/magn/>). Los tres ejemplos anteriores se basan fundamentalmente en el aprovechamiento de las observaciones GNSS provistas por la infraestructura GNSS estatal (nacional y regional), sin requerir el uso de instrumental del laboratorio.

Por otra parte, en el laboratorio también se llevan adelante investigaciones geodésicas y geodinámicas que sí requieren el empleo de instrumental propio. Por ejemplo, recientemente se completó un proyecto multianual de integración de observaciones geodésicas, geológicas y sismológicas en Tierra del Fuego, de manera consistente y cuantitativa, buscando comprender mejor la deformación tectónica asociada al sistema de fallas Magallanes-Fagnano, es decir, el límite transformante entre las placas tectónicas Sudamericana y Scotia en el extremo sur de la Patagonia (Mendoza et al., 2021). Este sistema de fallas es justamente el responsable de la gran actividad sísmica en la isla. El resultado de esta investigación nos permitió ser el primer grupo de investigación, nacional o internacional, que observa, modela y cuantifica la relajación viscoelástica postsísmi-

ca en la región, aun detectable más de 60 años después del gran terremoto de magnitud Mw 7.7 de 1949. Fundamentalmente, logramos cuantificar la tasa de acumulación de momento sísmico a lo largo de los segmentos de la Falla de Magallanes-Fagnano en la isla, y logramos estimar que desde el año 1949 a la fecha ya se ha acumulado un momento sísmico equivalente a un terremoto de magnitud Mw 7. Esto nos permitió afirmar, en base a resultados cuantitativos, la necesidad de actualizar la caracterización del riesgo sísmico en Tierra del Fuego. En la misma línea, el laboratorio participa activamente en la determinación observacional de deformaciones corticales en torno a los Campos de Hielo Patagónico (Richter et al. 2016, Marderwald et al. 2020). A través de observaciones GNSS repetidas en una red regional se reveló un patrón concéntrico de levantamiento con una tasa máxima de 4 cm por año en el centro del Campo de Hielo Sur. Siendo éstas unas de las tasas de levantamiento cortical más altas publicadas hasta la fecha sobre el planeta, esta intensidad de deformación despertó el interés científico internacional. Este levantamiento ha sido identificado como producto del ajuste glacio-isostático (AGI), y las tasas de deformación determinadas mediante GNSS se utilizaron para el ajuste de modelos regionales del AGI (Lange et al. 2014). Esta investigación contribuyó entonces sustancialmente a la mejora de modelos de tierra visco-elásticos y de la evolución glacial regional.

Este segundo tipo de estudios requiere la realización de *campañas de observación*, las que consisten en la instalación del instrumental GNSS del laboratorio en la zona de trabajo, en forma episódica (días o semanas), en forma semi permanente (algunos meses) o de manera permanentemente (varios años). Para estas investigaciones el laboratorio contaba con alrededor de una docena de vetustos receptores GNSS comerciales (es decir, equipamiento *on-the-shelf*), ya considerados obsoletos, incluyendo receptores Trimble 4000 (circa 1995) y receptores Trimble 4700 (circa 1998). Las características de este equipamiento hacían cada vez más difícil continuar con los proyectos de investigación en curso, e imposibilitaban encarar nuevos. Las mayores limitaciones de estos receptores consisten en su limitada capacidad de memoria, de solo pocos días de capacidad de observación y con baja tasa de muestreo, en su alto consumo de energía, teniendo en cuenta que deben ser alimentados con paneles solares, aun durante el invierno patagónico, y también en su incapacidad para rastrear satélites de las nuevas constelaciones GNSS, como GLONASS (Rusia), Galileo (Europa) y BeiDou (China).

Considerando los montos, las condiciones y las características de los programas o proyectos con financiación disponibles, es altamente poco factible que el laboratorio pueda dedicar los recursos necesarios para renovar por completo este viejo equipamiento con receptores comerciales modernos (del orden de las decenas de miles de dólares estadounidenses, por unidad). Sin embargo, dada la importancia del instrumental GNSS en los múltiples proyectos de investigación y buscando garantizar su continuidad, se encaró la integración de receptores GNSS ad hoc, específicamente diseñados para satisfacer los requerimientos particulares de las aplicaciones científicas desarrolladas en MAGGIA, y con costos más acordes a los recursos disponibles.

### **Materiales y métodos**

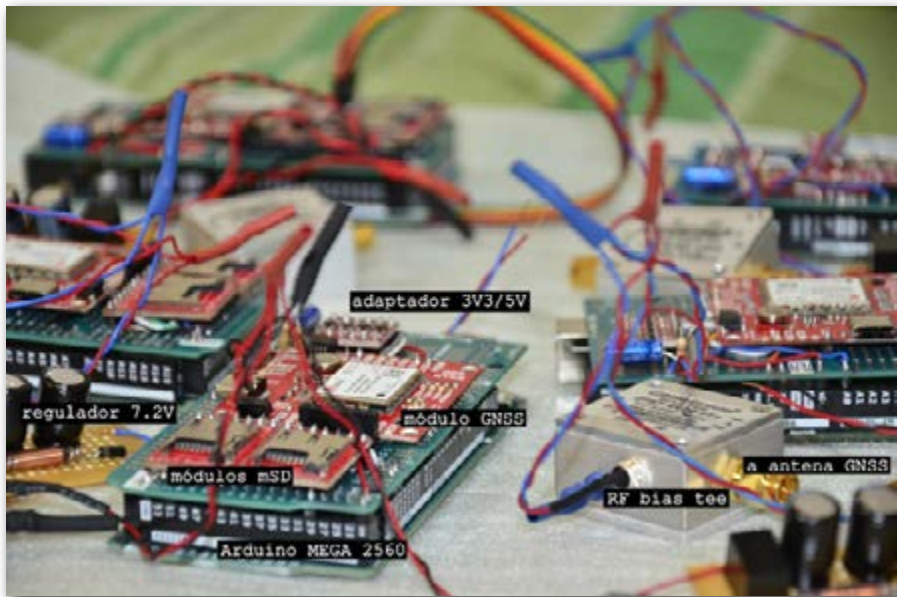
Antes de comenzar el desarrollo e integración de los receptores *do-it-yourself* (DIY), se fijaron los objetivos y características a alcanzar. Además de apuntar al menor costo de construcción posible, fue imprescindible asegurar la compatibilidad de los nuevos receptores DIY con el instrumental complementario ya disponible, fundamentalmente las antenas geodésicas preamplificadas y de alta precisión del laboratorio (incluyendo modelos Trimble Microcentred L1/L2, Trimble Compact L1/L2 y Trimble Zephyr 2 Geodetic), pero también con los cables de alimentación y los de radio frecuencia (RF), todos con conectores específicos. Otras características buscadas incluyeron: alta capacidad de almacenamiento de datos (más de un año, con observaciones a 1 Hz), empleo de memorias removibles (tarjetas, para acelerar la recolección de datos en el campo), el respaldo in situ de las observaciones (en caso de daño en la memoria), reinició automático en caso de pérdida de energía, detección instantánea de pérdida de energía (disparando el cierre de emergencia del sistema de ficheros en la memoria), simplicidad de uso (cero botones), configuración a priori por medio de ficheros de texto (tasa de muestreo, identificación del sitio, máscara de elevación, etc.) y tablero de indicación de estados para el operador (LEDs indicadores).

En primer lugar se seleccionó para el desarrollo el módulo GNSS de bajo costo u-blox ZEN-F9P (<https://www.u-blox.com/en/product/zed-f9p-module>). Este fue uno de los primeros módulos GNSS de bajo costo, de doble frecuencia y multi GNSS, en salir al mercado y es empleado en varios receptores GNSS económicos comerciales (ej., <https://www.ardusimple.com/product/simplertk2b/>). Además de tener un muy bajo consumo de energía incorpora varias interfaces de comunicación (UART, USB, I2C,

SPI), lo que simplifica su integración y permite incluso, de ser necesario, el control y la transmisión en tiempo real de las observaciones, por ejemplo para aplicaciones del tipo *real time kinematic* (RTK). En particular se empleó el módulo SparkFun GPS-RTK2 Board (<https://www.sparkfun.com/products/15136>) que ya incluye conectores de alimentación, comunicación y RF, así como el regulador de voltaje necesario (de 5 V a 3.3 V).

Basados en nuestras experiencias previas, la elección del microcontrolador para el receptor DIY se circunscribió a dos posibilidades: o desarrollarlo alrededor de la plataforma Raspberry Pi (RPI, [https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry\\_Pi](https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi)) o alrededor de la plataforma Arduino (<https://en.wikipedia.org/wiki/Arduino>). Ambas plataformas presentan ventajas y desventajas para este tipo de desarrollo. Si bien cualquier modelo de RPI es infinitamente más potente que los microcontroladores Arduino, estas mayores capacidades de cómputo y de RAM no son necesarias aquí. Por otra parte, las RPI requerirían o bien el desarrollo de la aplicación de control a correr sobre un sistema operativo completo (por defecto GNU/Linux) o bien la programación de un módulo específico para el *kernel* de Linux. Ambas posibilidades son inherentemente más lentas e inestables (i.e., propensas a fallar) que un pequeño *firmware* específico corriendo en un Arduino u otro microcontrolador similar. El factor determinante aquí es la posibilidad, muy real, de que el receptor DIY se vea sujeto a decenas o incluso cientos de intentos de booteo (i.e., arranques) y apagados abruptos, por día, cuando la provisión de energía sea baja o inestable. En la práctica se optó entonces por emplear un microcontrolador Arduino MEGA 2560 (<https://store.arduino.cc/products/arduino-mega-2560-rev3>), lo que permite controlar el módulo GNSS, monitorear la provisión de energía y almacenar de forma conveniente las observaciones con una tasa de muestreo igual o superior a 1 Hz, conservando la posibilidad de acceder en tiempo real a las observaciones (i.e., *data stream*).

Las componentes digitales del circuito se completan con un adaptador bidireccional de niveles de voltaje lógicos (3V3/5V), para la comunicación entre el módulo Arduino y el módulo GNSS a través de una de las interfaces UART disponibles, y con dos módulos adaptadores para tarjetas de memoria micro SD (de hasta 1 TB de capacidad cada una). Además, se emplea un simple divisor de voltaje para monitorear en tiempo real el estado de la fuente de alimentación y un capacitor en paralelo que actúa como fuente de alimentación de respaldo ante abruptos cortes de energía. Para la alimentación del preamplificador de la antena GNSS se utiliza un *bias-tee* de bajísima pérdida, modelo ZFBT-352-FT+, apto para el rango de frecuencias de las señales GNSS.



**Figura 1.** Primeros receptores DIY contruidos, listos para ser montados en sus respectivas cajas estancas.

Teniendo en cuenta la variedad de fuentes de alimentación que puede ser necesario emplear en el campo, incluyendo baterías de diverso tipo, paneles solares, generadores eólicos e, incluso, baterías de combustible (especialmente útiles en campañas en la Antártida), se optó por un regulador de voltaje DC-DC del tipo *switching*, modelo SR05S7V2. Este regulador provee un voltaje nominal de 7.2 V, el que no solo es adecuado para garantizar la estabilidad del microcontrolador, sino que también es compatible con los rangos de voltaje de todas de las antenas comerciales disponibles en el mercado (<https://kb.unavco.org/article/gnss-receiver-and-antenna-power-compatibilities-492.html>), incluyendo las disponibles en el laboratorio. El receptor DIY desarrollado puede entonces ser alimentado con voltajes en el rango de los 9 V a los 34 V, con un consumo que no supera los 2.5 W (~200 mA, 12 V), incluyendo el consumo del preamplificador de RF en la antena.



**Figura 2.** Receptores DIY en sus caja estancas, listos para ser empleados. El panel de luces LED, con diversos modos de intermitencia o indicación continua, permite al operador controlar rápidamente el estado del equipamiento durante su instalación (fuente de alimentación, adquisición de señal GNSS, estado de las memorias disponibles, etc.).

En paralelo al *hardware*, se desarrolló el firmware de control del receptor DIY, buscando la mayor simplicidad posible, a fin de minimizar posibles *bugs* o situaciones de bloqueo durante el funcionamiento desatendido. En síntesis, el microcontrolador realiza las siguientes acciones: a) al arranque, controla que el voltaje de alimentación esté en el rango esperado, b) luego verifica las tarjetas de memoria instaladas (ninguna, una o dos de ellas), c) luego inicializa el módulo GNSS en modo NMEA (National Marine Electronics Association) y espera hasta que el receptor adquiera tiempo y posición, d) luego lee cualquier posible configuración preestablecida en las tarjetas de memoria (tasa de muestreo, nombre del sitio, etc) y finalmente e) reinicializa con estos parámetros el módulo GNSS, ahora en modo binario, comenzando a volcar las observaciones (las pseudo distancias en códigos y en fases) en un fichero de datos. De estar disponibles ambas tarjetas de memoria, a cada inicio del sistema el microcontrolador selecciona una de ellas como *activa*, de modo que las



observaciones de días *pares e impares* se almacenan independientemente. Esto garantiza que, ante un eventual fallo de una de las dos tarjetas, la longitud completa de la serie temporal de observaciones aun pueda obtenerse, siendo esto fundamental para las investigaciones geodinámicas o atmosféricas para las cuales se pensó este equipamiento.

El microcontrolador monitorea permanentemente el voltaje de alimentación, disparando un reinicio completo del sistema si este cae por debajo de un mínimo especificado, y también cronometra el tiempo de observación, reiniciando el sistema cada día a las 0 horas UTC. Antes de cada reinicio del sistema se cierra cualquier fichero de datos abierto, de modo de no dañar el sistema de archivos de las tarjetas de memoria (FAT16, FAT32 o EXFAT), incluso ante una condición de pérdida instantánea de energía (gracias al capacitor de alimentación instalado). Como resguardo adicional, teniendo en cuenta que el equipamiento debería ser capaz de funcionar un par de años en forma completamente desatendida, al arranque del receptor DIY se configura un *watchdog* de alrededor de 8 segundos, de modo que ante cualquier situación de bloqueo imprevista el microcontrolador se reinicia automáticamente a un estado, presumiblemente, operacional.

Al presente han sido producidos en el laboratorio doce receptores GNSS DIY como los descritos, a un costo aproximado de € 500 por unidad (Figuras 1 y 2). En paralelo también fue desarrollado un prototipo de receptor DIY complementario, de simple frecuencia, para posicionamiento diferencial a corta distancia (< 10 km) y para formación de recursos humanos y divulgación científica (Figura 3). Este receptor, desarrollado alrededor de Arduino y del módulo GPS u-blox NEO-6M, puede producirse a menos de un 10% del costo del receptor GNSS DIY de doble frecuencia descrito antes. Estos receptores más simples, además de permitir el posicionamiento preciso en tiempo real con exactitudes mejores que 10 cm, pueden *emitir* sus propias correcciones de modo de ser usados en pares en aquellas zonas alejadas de estaciones GNSS de la infraestructura nacional (Piñon et al., 2018). Ambos receptores, con aplicaciones específicas, se complementan perfectamente y pueden ser empleados en conjunto.





**Figura 3.** Divulgación científica, empleando receptor GPS de bajo costo, durante la Jornada de Divulgación de la Ciencia y la Tecnología en el marco de *Científicos por un día y Mundo Nuevo*, realizada el día sábado 23 de noviembre de 2019 en la República de los Niños, Gonnet (actividad organizada por la CIC PBA). Luego de realizar ellos mismos una mensura cinemática con GPS, los niños y las niñas pudieron visualizar inmediatamente los resultados superpuestos a imágenes satelitales de *La Repu*.

## Resultados

Los primeros seis receptores GNSS DIY construidos en el laboratorio fueron probados en el campo durante la campaña de verano de enero de 2022 (Figura 4), en Santa Cruz, en el marco del proyecto “Observación geodésica y modelado de efectos de carga en la Patagonia austral” (PIP-2020-11220200102919CO, Dir. A. Richter). De estos, cinco receptores fueron dejados en el campo, rastreando satélites GNSS, observaciones que serán recolectadas en la campaña de verano prevista para enero de 2023. En esa oportunidad se instalarán también los seis receptores DIY restantes, de modo que durante todo el año 2023 unos once de estos receptores estarán recolectando datos simultáneamente en la zona de estudio.



**Figura 4.** Instalación de receptor GNSS en la zona de los glaciares, provincia de Santa Cruz, durante una campaña de verano. El equipamiento, alimentado con paneles solares, recolectará datos durante todo un año.

Luego del primer mes de campaña de investigación, en enero de 2022, fueron recolectadas las observaciones parciales para ser analizadas en el laboratorio. De este modo, y más allá de los numerosos test realizados previamente, se pudo comprobar la calidad de las observaciones producidas por los receptores DIY en condiciones reales de trabajo. Para esto se analizaron los 26 días de datos disponibles, tanto de receptores DIY como de receptores GNSS comerciales de última generación, perteneciente a la infraestructura estatal nacional (Piñon et al., 2018), y operativos cerca de la zona de estudio. La calidad de las soluciones diarias obtenidas para los receptores DIY resultó a la par de las correspondientes a las estaciones GNSS permanentes, tanto en lo concerniente a las series temporales de coordenadas como a los parámetros troposféricos estimados.

## Conclusiones

Más allá del significativo impacto de este desarrollo en las actividades científicas actuales del laboratorio, a mediano y a largo plazo, las posibilidades para su empleo en otras investigaciones o aplicaciones prácticas es muy grande. Por ejemplo, la calidad de los parámetros atmosféricos

derivados de sus observaciones permitirá en el futuro emplearlos en los proyectos de Meteorología GNSS llevados adelante, en colaboración con investigadoras del Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Así también, la capacidad de los receptores desarrollados para *emitir y recibir* correcciones diferenciales, aún en tiempo real, posibilitan su empleo para posicionamiento preciso, de interés para aplicaciones tan variadas como el guiado de maquinaria agrícola, el monitoreo volcánico o el levantamiento rápido de modelos digitales de elevación.

El desarrollo descrito aquí seguramente evolucionará y mejorará con el tiempo, de acuerdo tanto a los resultados obtenidos en el campo como a los nuevos usos a las que deba adaptarse. Nuevas aplicaciones requerirán desarrollos específicos, en colaboración con los grupos, organismos o usuarios interesados. En este caso, la experiencia ganada durante la integración de este equipamiento científico será de mucha utilidad, junto a la sólida base de conocimientos en el laboratorio acerca de las aplicaciones tanto científicas y como prácticas de la técnica GNSS.

## Bibliografía

- Aragón Paz, J. M. (2021). Estimación de parámetros troposféricos en tiempo casi real para Sudamérica mediante técnicas GNSS. Tesis doct. Universidad Nacional de La Plata, abr. de 2021. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/107223>.
- Bianchi, C. E., Mendoza, L. P. O., Fernández, L. I., Natali, M. P., Meza, A. M., Moirano, J. F. (2016). Multi-year GNSS monitoring of atmospheric IWV over Central and South America for climate studies. *Ann. Geophys.*, 34(7):623–639, jul 2016. <https://doi.org/10.5194/angeo-34-623-2016>.
- Lange, H., Casassa, G., Ivins, E.R., Schröder, L., Fritsche, M., Richter, A., Groh, A., Dietrich, R. (2014). Observed crustal uplift near the Southern Patagonian Icefield constrains improved viscoelastic Earth model. *Geophys. Res. Lett.* 41, <https://doi.org/10.1002/2013GL058419>.
- Marderwald, E. R., Aragón Paz, J. M., Richter, A. J., Busch, P., Malz, P., Mendoza, L. P. O., Romero, A., Guerrero, L., Hormaechea, J. L., Cannon, G., Perdomo, R. A., Braun, M., Groh, A., Horwath, M., Scheinert, M., Dietrich, R. (2020). Perito Moreno Glacier dam rupture - A recurrent natural experiment to probe solid-earth elasticity, *Journal of South American Earth Sciences*, Volume 104, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.102904>.
- Mendoza, L. P. O., Meza, A. M., Aragón Paz, J. M. (2019). A Multi GNSS, Multifrequency, and Near-Real-Time Ionospheric TEC Monitoring System for South America. *Space Weather*, 17(5):654–661, may 2019. <https://doi.org/10.1029/2019sw002187>.
- Mendoza, L. P. O., Meza, A. M., Aragón Paz, J. M. (2019). Near-real-time VTEC maps: New contribution for Latin America *Space Weather*. *Adv. Space Res.*, sep 2019. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2019.08.045>.
- Meza, A., Mendoza, L. P. O., Natali, M. P., Bianchi, C. E., Fernández, L. I. (2020). Diurnal variation of precipitable water vapor over Central and South America. *Geodesy and Geodynamics*, 11(6):426–441, nov 2020. <https://doi.org/10.1016/j.geog.2020.04.005>.
- Piñón, D. A., Gómez, D. D., Smalley, R., Cimbaro, S. R., Lauría, E. A., Bevis, M. G. (2018). The History, State, and Future of the Argentine Continuous Satellite Monitoring Network and Its Contributions to Geodesy in Latin America. *Seismol. Res. Lett.*, 89(2A):475–482, <https://doi.org/10.1785/0220170162>.
- Richter, A., Ivins, E., Lange, H., Mendoza, L., Schröder, L., Hormaechea, J.L., Casassa, G., Marderwald, E., Fritsche, M., Perdomo, R., Horwath,

M., Dietrich, R. (2016). Crustal deformation across the Southern Patagonian Icefield observed by GNSS. *Earth and Planetary Science Letters* 452:206-215, <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2016.07.042>.

## Biografía de los autores

**Luciano P. O. Mendoza** (Buenos Aires, 1976) es actualmente Investigador Adjunto de CONICET (Argentina), trabajando en el laboratorio MAGGIA, UNLP - asociado CIC PBA (Argentina). Se graduó en Astronomía en UNLP en 2005, y completó su tesis doctoral en la misma universidad en 2008, incluyendo una estadía de investigación de un año en TUD (Alemania). Sus campos de investigación incluyen la Geodinámica, la Geodesia y, más recientemente, las Ciencias Atmosféricas. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7577-2799>. E-Mail: [lmendoza@fcaglp.unlp.edu.ar](mailto:lmendoza@fcaglp.unlp.edu.ar).

**Andreas Richter** (Dresden, Alemania, 1975) es Investigador Adjunto de CONICET (Argentina) y Profesor Adjunto de la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas (UNLP), con lugar de trabajo en el laboratorio MAGGIA, UNLP - asociado CIC PBA (Argentina). En la Universidad Técnica de Dresden (TUD, Alemania) se graduó como Ingeniero diplomado en Geodesia (1998), se doctoró (2007) y obtuvo la cualificación post-doctoral “Habilitación” (2018). En 2009 radicó sus actividades de investigación en la UNLP. Sus trabajos se centran en la aplicación de observaciones geodésicas al estudio de procesos geodinámicos. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7900-4893>. E-Mail: [arichter@fcaglp.unlp.edu.ar](mailto:arichter@fcaglp.unlp.edu.ar).

**Eric R. Marderwald** (Benito Juárez, 1984) actualmente es el investigador Responsable de la Estación Astronómica Río Grande (EARG, Tierra del Fuego), es Becario Posdoctoral de CONICET (Argentina), trabajando en el laboratorio MAGGIA, UNLP - asociado CIC PBA (Argentina). Se graduó en Geofísica en UNLP en 2014, y completó su tesis doctoral en la misma universidad en 2020, incluyendo una estadía de investigación de un año en TUD (Alemania). Sus campos de investigación incluyen la Geodinámica y la Geodesia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2376-8093>. E-Mail: [emarderwald@fcaglp.unlp.edu.ar](mailto:emarderwald@fcaglp.unlp.edu.ar).





# MICROPROPAGACIÓN DE CULTIVOS ESTRATÉGICOS







## MICROPROPAGACIÓN DE CULTIVOS ESTRATÉGICOS

**La jornada "Micropropagación de Cultivos Estratégicos" se celebró el 28 de octubre en la Chacra Experimental Mercedes del Ministerio de Desarrollo Agrario. Participaron 35 investigadores e investigadoras pertenecientes a centros asociados a la CIC y centros de investigación de Universidades nacionales y provinciales.**

El objetivo de esta jornada fue dar el primer paso para la conformación de una red científica tecnológica en torno a la micropropagación de cultivos estratégicos (biofábrica) para impulsar la investigación, producción y comercialización de productos y servicios a base de procesos biotecnológicos cuyo empleo favorezca a la agricultura sustentable.

En esta primer instancia se intentó que la comunidad científica y académica debata en torno a la temática para generar sinergias multidisciplinares en I+D+i en la PBA.

La micropropagación es una técnica que permite la producción masiva de plantas a partir de pequeñas porciones de tejidos vegetales. Esta técnica es utilizada en diversos cultivos, tanto de interés comercial como ornamental, y puede ser utilizada para mejorar la calidad y la productividad de las plantas, así como para la conservación de especies raras o en peligro de extinción.

La conformación de una red científica y tecnológica en torno a la micropropagación de cultivos estratégicos es una iniciativa que permitirá promover la investigación y el desarrollo de nuevas técnicas y tecnologías en este campo, así como fomentar la colaboración entre investigadores y el intercambio de ideas y conocimientos. Además, la formación de esta red puede ser una oportunidad para impulsar la producción y comercialización de productos y servicios a base de procesos biotecnológicos, y contribuir al desarrollo de una agricultura sustentable en la provincia de Buenos Aires.

Es importante destacar que es una temática que requiere un enfoque multidisciplinario, ya que involucra a diferentes disciplinas

científicas y tecnológicas, como la biología, la ingeniería, la química y la agronomía. Por lo tanto, es importante fomentar la participación de investigadores de diferentes áreas en esta red científica y tecnológica, con el fin de aprovechar al máximo el potencial de colaboración y sinergia entre ellos.

Algunas estrategias que pueden ayudar a superar estos obstáculos incluyen la creación de alianzas con instituciones y empresas interesadas en el desarrollo de la micropropagación de cultivos estratégicos, la promoción de políticas públicas y programas de financiamiento que apoyen esta actividad, y la formación de una red de profesionales y expertos que puedan contribuir al desarrollo de esta tecnología.

## Propagación de especies de interés agronómico

Cultivo *in vitro* y biofertilización bajo estrés salino

Mauro Enrique Yarte, Ana Julia Gonzalez y Ezequiel Enrique Larraburu

### Resumen

Numerosas especies leñosas constituyen recursos maderables, industriales, medicinales y ornamentales, entre otras finalidades. Además, la salinidad natural de los suelos o producto del manejo incorrecto de suelos cultivables, demanda líneas vegetales tolerantes a salinidad. Los bajos rendimientos en la propagación convencional de ejemplares leñosos o semileñosos adultos impulsan el desarrollo y la optimización de metodologías de cultivo *in vitro* y biofertilización para la propagación clonal de recursos genéticos de interés ecológico o económico y la selección y clonado de ejemplares tolerantes a salinidad *per se* o inducidas por biofertilización con cepas bacterianas de colección y nativas.

### Introducción

El cultivo *in vitro* permite la propagación clonal de recursos genéticos de interés ecológico o económico, principalmente en aquellas que tienen problemática reproducción asexual, producen semillas recalcitrantes, o no pueden ser conservadas en bancos de semillas ni multiplicadas vegetativamente por metodologías convencionales. Además, se utilizan en la propagación de células genéticamente transformadas y en la provisión de material para análisis y manipulación de ADN, estudios ecológicos y comerciales.<sup>1,2</sup> Por otra parte, puede utilizarse como sistema experimental para estudios fisiológicos, bioquímicos, moleculares y morfoanatómicos de los mecanismos involucrados en la organogénesis y en interacción con otros organismos.

En la Argentina, existen numerosas especies leñosas nativas que poseen productos naturales utilizados tradicionalmente en aplicaciones medicinales recursos maderables y pueden ser utilizadas con otras finalidades. Entre ellas podemos citar al lapacho rosado (*Handroanthus impetiginosus*), lapachos amarillos (*Handroanthus ochraceus* y *Tabebuia aurea*) y jacarandá (*Jacaranda mimosifolia*). También, se cultivan numerosas especies comerciales con diversos fines productivos u ornamentales como jobo (*Simmondsia chinensis*), fotinia (*Photinia x fraseri*) y lisianthus (*Eustoma grandiflorum*).

Entre las técnicas del cultivo *in vitro* de uso más habitual, la micropropagación consiste en la formación de órganos vegetales a partir de un determinado tejido con el objeto de regenerar plantas completas bajo determinados estímulos. Si bien se asume que la micropropagación mantiene la fidelidad de la planta madre, las condiciones asépticas, la baja intensidad lumínica y la elevada humedad en que crecen las plantas *in vitro*, pueden ocasionar disturbios morfoanatómicos y bioquímicos respecto a las características observadas en la misma especie *ex vitro*<sup>3</sup>. Entre estas alteraciones, podemos mencionar la formación de raíces subdesarrolladas o no funcionales, estomas no funcionales, pobre desarrollo de la cutícula y del aparato fotosintético. Estas características no deseables pueden agudizarse bajo condiciones de estrés abiótico por lo que resulta importante encontrar métodos que las eviten o atenúen. Una alternativa es el empleo de bacterias promotoras del crecimiento vegetal PGPB (en inglés, Plant Growth Promoting Bacteria) capaces de producir sustancias reguladoras que modifican el desarrollo y crecimiento de las plantas y la tolerancia al estrés tanto biótico como abiótico.<sup>4,5</sup>

Las relaciones más exitosas entre las plantas y las bacterias asociativas ocurren en los géneros *Bacillus*, *Azospirillum*, *Azotobacter* y *Pseudomonas*<sup>6</sup>, mediante mecanismos tales como la producción de fitohormonas, solubilización de fosfatos y la fijación de nitrógeno, entre otros. La inoculación con *Azospirillum brasilense* puede promover el desarrollo de raíces laterales, adventicias y de pelos radiculares permitiendo una mayor absorción de agua y nutrientes (nitrato, potasio, fosfato) con un consecuente incremento de la producción vegetal.<sup>4,7</sup>

Nuestro objetivo fue estudiar la propagación de especies leñosas nativas y exóticas de interés comercial mediante cultivo *in vitro* y biofertilización bajo condiciones normales y de estrés salino. Para ello, determinamos las condiciones óptimas de germinación y desarrollamos protocolos de propagación *in vitro* de diferentes especies leñosas nativas y de importancia industrial y ornamental. Asimismo, también evaluamos el efecto de *Azospirillum brasilense* y cepas bacterianas nativas mediante parámetros de crecimiento, bioquímicos y anatómicos.

## **Materiales y métodos**

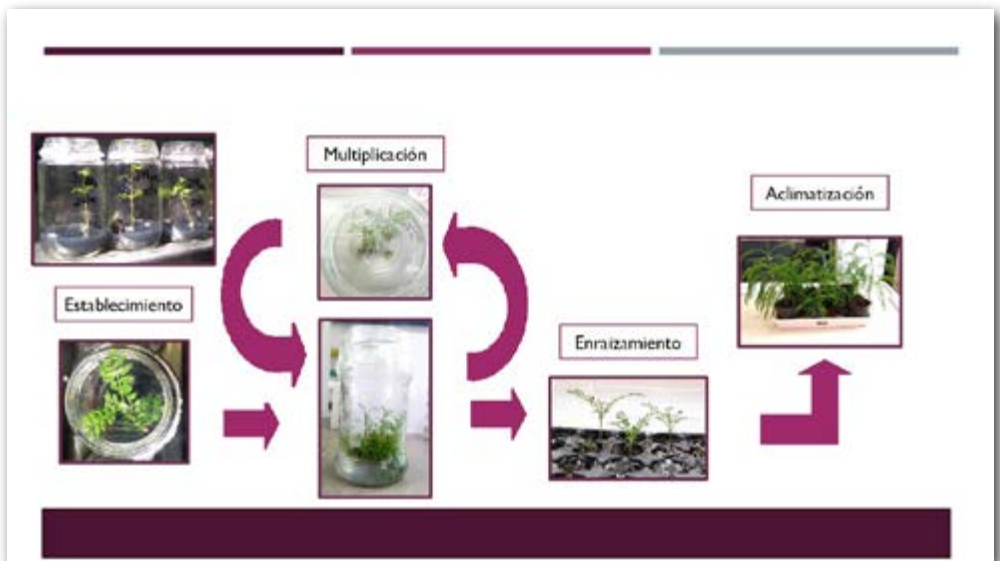
### **Material vegetal**

Inicialmente se evaluaron las condiciones óptimas de germinación para las siguientes especies: lapacho rosado (*Handroanthus impetiginosus*), lapachos

amarillos (*Handroanthus ochraceus* y *Tabebuia aurea*), jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*), lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) y jojoba (*Simmondsia chinensis*). Las semillas se obtuvieron de ejemplares adultos de la zona de influencia de la Universidad de Luján y de la ciudad de Salta y sus alrededores.

### Germinación y micropropagación

Los ensayos de germinación y de micropropagación se realizaron bajo condiciones de esterilidad según el protocolo desarrollado en el laboratorio para lapacho rosado<sup>8</sup> que resultó efectivo para otras especies de lapacho y fue adecuado para otras especies como *Jacaranda mimosifolia* (Figura 1). En todos los experimentos se utilizaron dos formulaciones de medio básico (MB): 1) sales de Murashige y Skoog (1962) con vitaminas de Gamborg et al. (1968) y 2) medio Woody Plant Medium (WPM) (Lloyd y McCown, 1980). Los cultivos fueron mantenidos en cámara con intensidad lumínica de 25-26  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-2}$ , fotoperíodo de 16 horas luz y temperatura  $29 \pm 2$  °C.



**Figura 1.** Protocolo de micropropagación aplicado a especies leñosas. Establecimiento: desinfección e introducción del material in vitro. Multiplicación: cantidad variable de ciclo de cultivo para incrementar la biomasa. Enraizamiento: regeneración de la planta completa. Aclimatización: reducción de la humedad gradual y aumento de la luminosidad hasta llegar a condiciones ex vitro.

## Cepas bacterianas

Las cepas de *Azospirillum brasilense* Cd y Az39 se cultivaron a  $32\pm 1^\circ\text{C}$  durante 72 h con agitación (140 rpm) en medio líquido.<sup>9</sup> El desarrollo bacteriano se evaluó por siembra y recuento en placas conteniendo medio Rojo Congo Agar.<sup>10</sup> Además, se aislaron bacterias endófitas y rizosféricas de órganos de las plantas leñosas seleccionadas de la zona de influencia de la Universidad Nacional de Luján utilizando el protocolo desarrollado en nuestro laboratorio.<sup>11</sup> Los ensayos del efecto de las PGPR se realizaron inoculando las bacterias en la base de los brotes in vitro teniendo en cuenta la concentración bacteriana y la etapa de crecimiento del microorganismo.<sup>12</sup>

## Parámetros de crecimiento

Con el fin de apreciar el efecto bacteriano sobre el crecimiento vegetal, al final del ensayo se evaluaron: longitud del vástago, número de hojas, área foliar, tiempo de aparición de la primera raíz adventicia, porcentaje de enraizamiento, número de raíces por brote, longitud de raíz principal y pesos fresco y seco del vástago y la raíz.

## Compuestos químicos relacionados con el crecimiento y la resistencia al estrés

Al inicio y al final de cada experimento, se determinó en plantas inoculadas y controles el contenido de: proteínas solubles totales<sup>13</sup>; clorofila<sup>14</sup>, lignina<sup>15</sup>; fósforo<sup>16</sup>; fenoles totales<sup>17</sup> y prolina<sup>18</sup>.

## Estudios estructurales y ultraestructurales

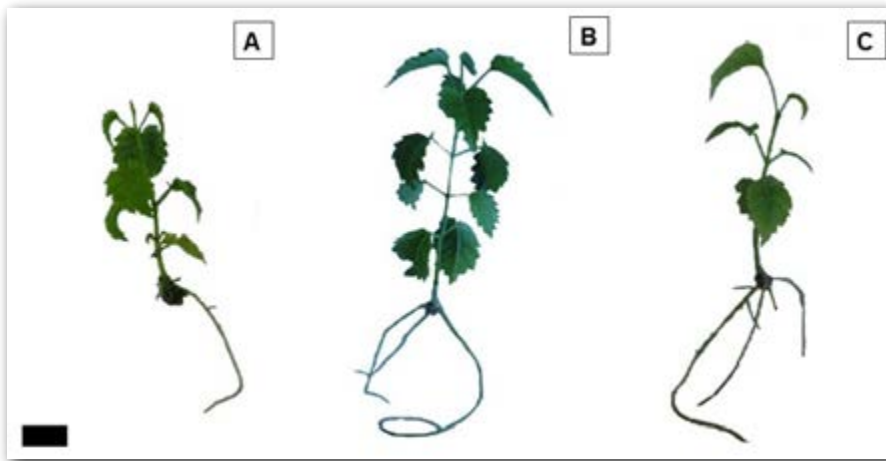
Para la observación con microscopio óptico cortes transversales de tallos raíces y hojas derivados de plantas inoculadas y sin inocular. Los órganos fueron incluidos en parafina, cortados con micrótopo y se colorearon con safranina-fast green y fueron montados en bálsamo sintético. La superficie de los órganos vegetales se observó utilizando Microscopio Electrónico Barrido (MEB) y secciones de tallos, raíces y hojas fueron tratados según la metodología convencional para ser observados y fotografiados con Microscopio Electrónico de Transmisión (MET).<sup>19</sup> Las imágenes digitalizadas se analizaron utilizando el software ImageJ a fin de cuantificar el desarrollo de los diferentes tejidos y estructuras.

## Diseño de experimentos y análisis estadístico

Se realizaron diseños completamente aleatorizados con al menos tres repeticiones por experimento y 15 a 20 repeticiones por tratamiento. Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente con métodos paramétricos o no paramétricos, según correspondiera. Se utilizó el software SPSS v 21. Además, se determinó mediante análisis de regresión la dosis inhibitoria de NaCl ( $DI_{50}$ ) y los índices radicular (IR)<sup>20</sup> y de parámetros biométricos (IPB).<sup>21</sup>

## Resultados

En los estudios más recientes de nuestro equipo de trabajo, la inoculación con cepas bacterianas endófitas (de hojas y raíces) y rizosféricas cultivables a partir de ejemplares adultos de *H. impetiginosus* de la zona de influencia de la Universidad Nacional de Luján, incrementó significativamente el porcentaje de enraizamiento y parámetros biométricos aéreos y radicales. Además, los contenidos de proteína y lignina también se modificaron en las plantas inoculadas. En particular, se destacó la inoculación con las cepas nativas caracterizadas como *Rhizobium* sp. L12 (Figura 2 b), *Bacillus* sp. L25 (Figura 2 c), *Advenella* sp. L21, *Sphingobacterium* sp. L22 y *Bacillus* sp. L15. Además, la bacterización con estas últimas dos cepas desplazó la  $DI_{50}$  a concentraciones más altas de NaCl y provocó mejoras en el estado global de las plantas y modificaciones en los contenidos de prolina, fenoles totales y clorofila. Por otra parte, la inoculación con L15 ó L22 mitigó la suculencia foliar y previno otras alteraciones anatómicas en hojas y tallos causadas por la salinidad, lo cual podría proteger a las plantas de *H. impetiginosus* de los efectos perjudiciales del estrés salino y conferir a las plantas inoculadas características ventajosas para sobrevivir.



**Figura 2.** Enraizamiento in vitro de lapacho rosado. A: Planta sin inocular. B: Planta inoculada con *Rhizobium* sp. L12. C: Planta inoculada con *Bacillus* sp. L15

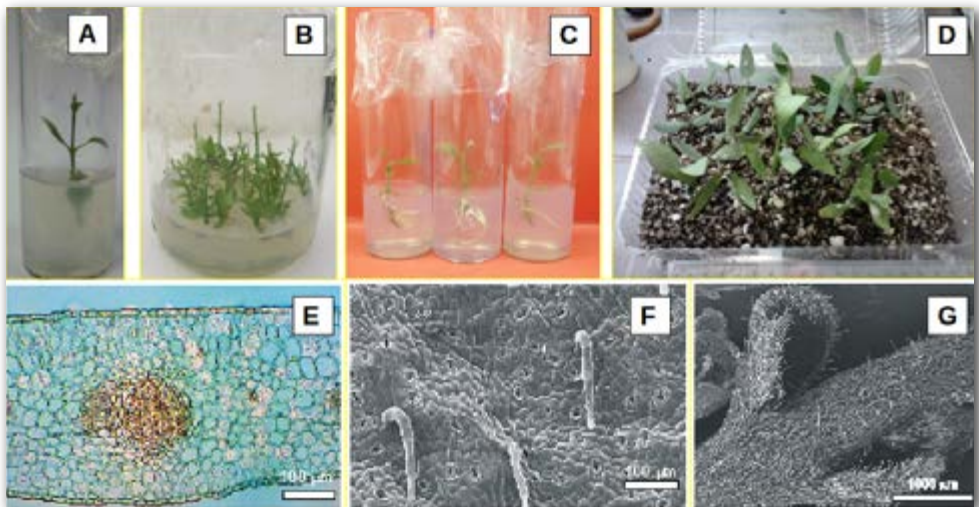
En otra especie de la familia Bignoniaceae, las bacterias nativas *Methylobacterium* sp. L10 y *Stenotrophomonas* sp. L20 disminuyeron la contaminación fúngica en el establecimiento inicial por semillas de *Jacaranda mimosifolia*. Además, la inoculación con la cepa L10 aumentó la tasa de multiplicación en un 94 % en relación con los brotes no inoculados. *Stenotrophomonas* sp. L20 en combinación con un pulso con 30  $\mu\text{M}$  IBA aumentó los porcentajes de enraizamiento in vitro y ex vitro. En la etapa de aclimatación, el 95% de las plantas enraizadas ex vitro e inoculadas con *Stenotrophomonas* sp. L20 sobrevivió.

Por su parte, en lisianthus, la biofertilización con *A. brasilense* generó precocidad y mayores porcentajes de germinación. Además, la bacterización aumentó significativamente parámetros de crecimiento tales como el número de hojas, el área foliar, el peso fresco y seco de las plántulas, la longitud y el número de raíces, y también parámetros anatómicos como el diámetro del haz vascular, el grosor de las hojas y el grosor de las raíces, entre otros.

Las cepas Cd y Az39 de *A. brasilense* incrementaron el porcentaje de enraizamiento de brotes de jojoba cultivados in vitro en condiciones de estrés salino y aumentaron el IR y la  $\text{DI}_{50}$ . El estrés salino produjo aumentos del espesor del mesófilo y el ancho de las células del clorénquima en las hojas acompañado de disminuciones en la densidad celular en plantas no inoculadas. En los tallos, el gradiente salino aumentó el espesor de la corteza y el diámetro de la médula y el xilema en los tallos. En las raíces no



inoculadas, en general, a partir de 80 mM NaCl, se observaron incrementos de las variables determinadas respecto de los tratamientos sin NaCl. La inoculación con *A. brasilense* mitigó la succulencia foliar y previno las alteraciones anatómicas provocadas por la salinidad, presentando el mesófilo y espesor del clorénquima, el diámetro de la raíz, el grosor de la corteza y el diámetro del haz vascular valores similares a los de las plantas control en algunos tratamientos. También mejoró las características anatómicas del tallo e incrementó la relación de vasos del xilema entre tallo y raíz. El contenido de proteína y clorofila se redujo en todos los niveles de salinidad en comparación con el control mientras que el contenido de azúcares solubles, lignina, fenoles y prolina aumentó en las plantas bajo estrés por salinidad en comparación con el control. La inoculación con *A. brasilense* mejoró significativamente los parámetros bioquímicos de crecimiento como clorofila, carotenoides, proteínas, azúcares solubles, lignina, fenoles y prolina de las plantas de jojoba afectadas por sal. Los cambios anatómicos y bioquímicos inducidos por *A. brasilense* podrían proteger a las plantas de jojoba de los efectos perjudiciales del estrés salino, y explicarían la mayor tolerancia a la salinidad de las plantas inoculadas (figura 3).



**Figura 3.** A-D: Micropropagación de jojoba. A: Establecimiento. B: Multiplicación. C: Enraizamiento. D: Aclimatización. E- Corte transversal de hoja. F- Fotografía de Microscopía Electrónica de Barrido de hoja. F- Fotografía de Microscopía Electrónica de Barrido de tallo.

## Discusión

En el Laboratorio de Cultivo de Tejido Vegetales (CULTEV) de la Universidad Nacional de Luján hemos evaluado la capacidad promotora de las cepas Cd, Az39 y Sp7 de *Azospirillum brasilense*, y A42 de *Azotobacter chroococcum* sobre jojoba (*Simmondsia chinensis*), fotinia (*Photinia x fraseri*), lapacho rosado (*Handroanthus impetiginosus*) y amarillo (*H. ochraceus*) mediante estudios biométricos, bioquímicos y anatómicos. Hemos descrito el incremento de la tolerancia al estrés salino en jojoba al inocular con *A. brasilense* y hemos realizado el aislamiento de cepas nativas de lapacho rosado con capacidad de promover el crecimiento vegetal.

Si bien históricamente el cultivo de tejidos vegetales se ha caracterizado por la manipulación del material vegetal en condiciones asépticas y la obtención de plantas libres de patógenos, en los últimos años, se ha asumido que las plantas cultivadas in vitro nunca están enteramente libres de microorganismos endófitos, aun cuando no sean visibles mediante observación directa.<sup>22</sup> Esto ocurre debido a que la esterilización durante la etapa de iniciación de los cultivos es solamente superficial, por lo que microorganismos que pudieran residir en el interior de los tejidos pueden escapar al proceso, sobrevivir y persistir en estado de latencia. En ocasiones, esto desencadena graves perjuicios e incluso muerte de explantos debido al crecimiento excesivo no deseado de la bacteria u hongo en cuestión en el medio de cultivo y a variaciones en resultados experimentales.<sup>22</sup> Sin embargo, en concordancia con nuestros estudios, en los últimos años, se ha incrementado notablemente la bibliografía concerniente a los efectos positivos de las PGPB en cultivo in vitro, ya que permitiría reducir el uso de reguladores del crecimiento en comparación con la micropropagación convencional, mejorar la tasa de supervivencia y la capacidad de resistencia al estrés y generando, sistemas radicales más desarrollados.<sup>22</sup>

Actualmente, nuestro grupo de trabajo se encuentra trabajando en la puesta a punto de la micropropagación de otras especies leñosas como el azota caballo (*Luehea divaricata*), fumo bravo (*Solanum granuloso-leprosum*), molle (*Schinus longifolius*), cina-cina (*Parkinsonia aculeata*) y sombra de toro (*Jodina rhombifolia*). También, se prevé la realización de estudios en la micropropagación in vitro de batata (*Ipomoea batatas*) y brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*), que incluyen los efectos de la biofertilización y el estrés salino sobre estas especies. Aún resta por evaluar la interacción de las distintas cepas entre sí para verificar si los resultados obtenidos podrían ser aditivos e incluso sinérgicos.

## Conclusiones

El cultivo in vitro resulta un sistema adecuado para realizar ensayos de promoción del crecimiento entre especies leñosas nativas y otras de interés agronómico y *Azospirillum brasilense* y cepas nativas. La inoculación con PGPB promueve precocidad y mayor enraizamiento de brotes en forma dependiente de la inducción hormonal utilizada, y modifica parámetros biométricos y bioquímicos de las plantas enraizadas. La biofertilización permitiría disminuir los requerimientos hormonales para la inducción de raíces obteniendo plantas con características favorables que permitan la producción masiva de estas especies de interés. Esto implica minimizar el uso de fertilizantes químicos y favorecer una agricultura sustentable. El abordaje multidisciplinario de la interacción entre plantas leñosas y bacterias promotoras del crecimiento proporcionan la base para futuros estudios y establece un modelo in vitro útil para evaluar las interacciones planta-bacterias en condiciones de estrés salino.

## Bibliografía

1. Duclercq, J., Sangwan-Norreel, B., Catterou, M. & Sangwan, R. S. *De novo* shoot organogenesis: from art to science. *Trends Plant Sci.* **16**, 597–606 (2011).
2. Sarasan, V. *et al.* Conservation in vitro of threatened plants—progress in the past decade. *Vitro Cell. Dev. Biol.-Plant* **42**, 206–214 (2006).
3. George, E. F., Hall, M. A. & De Klerk, G.-J. Plant growth regulators I: Introduction; auxins, their analogues and inhibitors. in *Plant propagation by tissue culture* 175–204 (Springer, 2008).
4. Bashan, Y. & De-Bashan, L. E. How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth—a critical assessment. *Adv. Agron.* **108**, 77–136 (2010).
5. Rosenblueth, M. & Martínez-Romero, E. Bacterial endophytes and their interactions with hosts. *Mol. Plant. Microbe Interact.* **19**, 827–837 (2006).
6. Perrig, D. *et al.* Plant-growth-promoting compounds produced by two agronomically important strains of *Azospirillum brasilense*, and implications for inoculant formulation. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **75**, 1143–1150 (2007).
7. Enebe, M. C. & Babalola, O. O. The influence of plant growth-promoting rhizobacteria in plant tolerance to abiotic stress: a survival strategy. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **102**, 7821–7835 (2018).
8. Larraburu, E. E., Apóstolo, N. M. & Llorente, B. E. *In Vitro* Propagation of Pink Lapacho: Response Surface Methodology and Factorial Analysis for Optimisation of Medium Components. *Int. J. For. Res.* **2012**, 1–9 (2012).
9. Okon, Y., Albrecht, S. L. & Burris, R. H. Methods for growing *Spirillum lipoferum* and for counting it in pure culture and in association with plants. *Appl. Environ. Microbiol.* **33**, 85–88 (1977).
10. Cáceres, E. A. R. Improved medium for isolation of *Azospirillum* spp. *Appl. Environ. Microbiol.* **44**, 990–991 (1982).
11. Yarte, M. E., Gismondi, M. I., Llorente, B. E. & Larraburu, E. E. Isolation of endophytic bacteria from the medicinal, forestal and ornamental tree *Handroanthus impetiginosus*. *Environ. Technol.* **43**, 1129–1139 (2022).
12. Yarte, M. E., Llorente, B. E. & Larraburu, E. E. Native putatively endophytic bacteria from *Handroanthus impetiginosus* improve its *in vitro* rooting. *Plant Cell Tissue Organ Cult. PCTOC* **151**, 265–274 (2022).
13. Bradford, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* **72**, 248–254 (1976).

14. Ueno, O., Samejima, M., Muto, S. & Miyachi, S. Photosynthetic characteristics of an amphibious plant, *Eleocharis vivipara*: expression of C4 and C3 modes in contrasting environments. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **85**, 6733–6737 (1988).
15. Hatfield, R. & Fukushima, R. S. Can lignin be accurately measured? *Crop Sci.* **45**, 832–839 (2005).
16. Drummond, L. & Maher, W. Determination of phosphorus in aqueous solution via formation of the phosphoantimonymolybdenum blue complex. Re-examination of optimum conditions for the analysis of phosphate. *Anal. Chim. Acta* **302**, 69–74 (1995).
17. Singleton, V. L., Orthofer, R. & Lamuela-Raventós, R. M. [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods Enzymol.* **299**, 152–178 (1999).
18. Bates, L. S., Waldren, R. P. & Teare, I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant Soil* **39**, 205–207 (1973).
19. Goodhew, P. J., Humphreys, J. & Beanland, R. *Electron microscopy and analysis*. (CRC press, 2000).
20. González, A. J., Larraburu, E. E. & Llorente, B. E. Azospirillum brasilense increased salt tolerance of jojoba during in vitro rooting. *Ind. Crops Prod.* **76**, 41–48 (2015).
21. Larraburu, E. E. & Llorente, B. E. Azospirillum brasilense enhances in vitro rhizogenesis of *Handroanthus impetiginosus* (pink lapacho) in different culture media. *Ann. For. Sci.* **72**, 219–229 (2015).
22. Quambusch, M. & Winkelmann, T. Bacterial endophytes in plant tissue culture: mode of action, detection, and control. in *Plant Cell Culture Protocols* 69–88 (Springer, 2018).

### Biografías de autores y autoras

**Mauro Enrique Yarte** (1992, Ciudad Autónoma de Buenos Aires). Licenciado en Ciencias Biológicas (Orientación Biología Celular y Molecular) y Doctor en Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional de Luján (UNLu). Jefe de Trabajos Prácticos de Fisiología Vegetal e integrante del grupo de trabajo del Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales (CULTEV) de la UNLu. Cuenta con 4 publicaciones en revistas científicas con referato y más de 12 presentaciones en reuniones científicas. Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales (CULTEV), Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Nacional de Luján (UNLu). <https://orcid.org/0000-0001-5334-3582>, [mauro\\_yarte@yahoo.com.ar](mailto:mauro_yarte@yahoo.com.ar)

**Ana Julia González** (1981, Ciudad Autónoma de Buenos Aires). Licenciada en Ciencias Biológicas (Orientación Biología Celular y Molecular) y Doctora en Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional de Luján (UNLu). Ayudante de Primera de Botánica y Biología General. Integrante del grupo de trabajo del Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales (CULTEV) de la UNLu. Cuenta con 2 publicaciones en revistas científicas con referato y más de 21 presentaciones en reuniones científicas. [anajuliagonzalez@yahoo.com.ar](mailto:anajuliagonzalez@yahoo.com.ar)

**Ezequiel Enrique Larraburu** (Luján, 1979). Licenciado en Ciencias Biológicas y Doctor en Ciencias aplicadas de la Universidad Nacional de Luján (UNLu). Profesor Adjunto de Fisiología Vegetal para las carreras de Ing. Agronómica y Lic. en Ciencias Biológicas, Investigador Adjunto CONICET y director del Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales (CULTEV), UNLu. Autor de 14 publicaciones en revistas con referato sobre micropropagación y el efecto de bacterias promotoras del crecimiento sobre especies leñosas nativas como lapachos y jacarandá y especies de interés económico por su valor industrial u ornamental. Además, ha trabajado sobre el aislamiento y caracterización de bacterias promotoras de crecimiento mediante parámetros bioquímicos, anatómicos y biométricos de especies leñosas bajo condiciones normales y sometidas a estrés salino. Lugar actual de residencia CULTEV, Departamento de Ciencias Básicas, UNLu. <https://orcid.org/0000-0002-8718-322X>. [ezequiel.e.larraburu@gmail.com](mailto:ezequiel.e.larraburu@gmail.com)

## Microorganismos y macroorganismos

### Biocontroladores de plagas de interés agrícola

Carlos Ernesto Lange, Claudia Cristina López Lastra, Nancy M. Greco, Claudia V. Cédola, María Gabriela Luna, María Victoria Micieli, Marcela Inés Schneider, María Fernanda Achinelly, María Fernanda Cingolani, Marilina Noelia Fogel, Santiago Plischuk, Margarita Rocca, Alejandra Concepción Gutiérrez, Manuel E. Rueda Páramo, Romina Guadalupe Manfrino, Daiana P. Eliceche y Micaela Ricuzzi

### Resumen

El CEPAVE es un Centro de referencia en investigación científica sobre especies de importancia sanitaria, socio-económica y agrícola, tales como parásitos, vectores de enfermedades y plagas, y aquellas relevantes para el control de organismos perjudiciales: patógenos (virus, bacterias, protistas, hongos), parasitoides y depredadores. Entre sus líneas de investigación se encuentra el estudio de enemigos naturales (parasitoides, depredadores y entomopatógenos) como biocontroladores para reducir las poblaciones de una plaga, de manera de brindar herramientas alternativas y /o complementarias al uso de agroquímicos y promover las buenas prácticas agrícolas. Actualmente sus líneas se enfocan en el desarrollo de soluciones tecnológicas en las que se articulen procesos de producción, almacenamiento, manejo y aplicación o liberación (según el caso), de micro y macroorganismos con potencial de transferencia hacia el sector productivo, en respuesta a la creciente demanda de productos y estrategias de control biológico de bajo impacto sobre la salud y el ambiente.

### Introducción

Es una realidad el impacto que tienen algunos artrópodos tanto en la agricultura como en el sector salud. Las estrategias actuales de control contemplan el uso de productos químicos de síntesis con impactos negativos sobre la salud y el ambiente. Existe una creciente demanda por parte de la sociedad de estrategias de control que sean efectivas, amigables con el ambiente y que posean menores impactos negativos. En el CEPAVE, desde su fundación en 1978, se han desarrollado investigaciones en torno a la bioecología de artrópodos con importancia agrícola, el uso de enemigos naturales como estrategia de control biológico y la ecotoxicología, entre

otros tópicos de interés (<https://www.cepave.edu.ar>). Esta trayectoria ha brindado experiencia en estudios ecológicos a nivel individual, poblacional y de comunidades, tanto de los artrópodos “plaga” como de los “benéficos o controladores”, englobando en este último a los depredadores, parasitoides, parásitos y patógenos. Las líneas actuales de investigación que participan en el estudio de enemigos naturales como biocontroladores de plagas de importancia agrícola incluyen los siguientes laboratorios: Laboratorio de Hongos Patógenos de Insectos Vectores y de Importancia Agrícola, Laboratorio de Patógenos de Insectos Terrestres, Laboratorio de Ecotoxicología y Control Biológico, Laboratorio de Ecología de plagas y Control biológico, y Laboratorio de Nematodos de Vida Libre y de Importancia Agro-económica. Estas líneas de trabajo, conformadas por investigadoras/es, personal técnico y estudiantes de grado y de postgrado, comparten dentro de sus objetivos la búsqueda, el aislamiento y la evaluación de enemigos naturales, con énfasis en micro y macro-organismos nativos o de presencia espontánea en los agroecosistemas para el desarrollo de estrategias de control biológico, en miras a la solución de problemas que afectan a la sociedad. Los estudios y las publicaciones generadas durante más de 40 años avalan el potencial que poseen estos recursos naturales como agentes biológicos para el control de plagas agrícolas y sanitarias, siendo viable su aplicación por métodos aumentativos, inoculativos y por conservación en los sistemas agrícolas.

El desarrollo de insumos biológicos basados en micro y macroorganismos nativos permite su inclusión en planes de manejo para el control de artrópodos de importancia agrícola y sanitaria. En la actualidad los estudios contemplan tareas para estandarizar y optimizar diferentes protocolos, que involucran el proceso de producción y los lineamientos o recomendaciones sobre las condiciones ambientales y nutricionales adecuadas para la producción a escala piloto de los micro y macroorganismos, técnicas de evaluación a campo, evaluaciones de impacto, entre otras.

## **Materiales y métodos**

Las investigaciones se llevan a cabo mediante metodología de campo y de laboratorio. Los muestreos a campo se realizan utilizando diferentes métodos de colecta tales como golpes de red, capturas manuales, G-vac, uso de trampas. Los sitios de muestreo están ubicados principalmente en el área del Gran La Plata (Buenos Aires), incluyendo cultivos y predios del cinturón hortícola, así como áreas urbanas y periurbanas. También se trabaja en diferentes cultivos extensivos y pasturas naturales de Buenos Aires y otras provincias.



Las crías de diferentes especies, necesarias para llevar a cabo los ensayos de laboratorio, se realizan en los bioterios del Centro. Las colonias incluyen la cría de artrópodos fitófagos, insectos depredadores y parasitoides de plagas, nematodos entomopatógenos y cultivos de hongos. En el caso de artrópodos fitófagos se mantienen también con plantas hospedadoras de los mismos, cultivadas en invernáculo.

Dependiendo de las diferentes líneas de trabajo las actividades incluyen: el muestreo de artrópodos expuestos y no expuestos a plaguicidas en cultivos convencionales y cultivos orgánicos y evaluación de disturbios a través de análisis citogenéticos y moleculares; ensayos para evaluar compatibilidad entre agentes de control biológico y plaguicidas; evaluación de susceptibilidad, tolerancia y resistencia (Línea de Ecotoxicología y Control Biológico); el muestreo de plagas y sus enemigos naturales entomófagos y entomopatógenos en cultivos hortícolas, soja, pasturas mixtas, vegetación natural; caracterizaciones biológicas de plagas y de enemigos naturales entomófagos y entomopatógenos (hongos y microsporidios); ensayos de comportamiento y depredación intragremio; ensayos para evaluar la compatibilidad entre agentes de control biológico entomófagos (depredadores) y entomopatógenos (hongos y nematodos); control sanitario de artrópodos plagas y entomófagos en las crías de laboratorio (detección de virus); evaluación de entomopatógenos para registro de bioinsumos; ensayos preliminares de dispersión de ácaros depredadores por polinizadores (Línea de Ecología de plagas y Control biológico, Línea de Patógenos de Insectos Terrestres, Línea de Hongos Patógenos de Insectos Vectores y de Importancia Agrícola, Línea de Nematodos de vida libre y de importancia agro-económica).

Se determinan tamaños de muestra, mediante estimaciones de tendencia central y cálculos de variabilidad. Para analizar los datos obtenidos, de campo y de laboratorio, se utilizan modelos lineales generalizados y pruebas no paramétricas mediante el entorno y lenguaje de programación estadística R.

## Resultados

**Laboratorio de Hongos Patógenos de Insectos Vectores y de Importancia Agrícola:** Este grupo, con más de 30 años de trayectoria, centra su investigación en los hongos y oomycetes con potencial para el control biológico de artrópodos de interés agrícola y sanitario. Durante su trayectoria se han generado más de 250 publicaciones en revistas científicas, nacionales e internacionales, especializadas en la temática. Investigadores

del grupo dictan desde hace más de 10 años la materia “patología de insectos” en la Universidad Nacional de La Plata, único curso regular en la especialidad que se ofrece en el país y el segundo en Latinoamérica. Como fruto del trabajo de este grupo se cuenta con una colección de hongos entomopatógenos con aproximadamente 600 aislamientos de diversa procedencia a nivel nacional. Esta colección es única por sus características específicas en la Argentina y por preservar hongos en cultivo, *in vitro* e *in vivo*. Los mismos han sido identificados y caracterizados morfológica y molecularmente teniendo gran valor y potencial para procesos de desarrollo, vinculación y transferencia. Se han realizado estudios para determinar la patogenicidad y virulencia de las cepas contra los insectos blanco perjudiciales. En referencia a la masificación de hongos/oomycetes se viene avanzando en la evaluación de sustratos líquidos y sólidos, así como en la puesta a punto en sistemas de producción a escala de laboratorio. Por otro lado, se ha estudiado la posibilidad de co-aplicabilidad de hongos y oomycetes con fungicidas y/o insecticidas de síntesis y se ha evaluado la germinación de las esporas de los hongos en diferentes tipos de aceites a los fines de determinar la posibilidad del uso de estos soportes en futuras formulaciones líquidas que se pudieran desarrollar. Desde hace unos años se viene trabajando, en cooperación con investigadores del Centro de Investigaciones y Desarrollo en Fermentaciones Industriales (CINDEFI) (dependiente del CONICET y de la Facultad de Ciencias Exactas-UNLP), en los procesos de producción de hongos y oomycetes en base a sustratos líquidos en biorreactores experimentales. El grupo posee experiencia en procesos de vinculación y transferencia. Ha participado en múltiples convenios de cooperación con la industria privada, y con grupo de investigación a nivel nacional e internacional, y posee una variada oferta de Servicios Tecnológicos de Alto Nivel (STAN).

**Laboratorio de Nematodos de Suelo y de Importancia Agro-económica:** enfoca sus investigaciones en la búsqueda y desarrollo de estrategias de control no contaminantes contra insectos plaga de interés agrícola y sanitario, basadas en el uso de nematodos entomopatógenos. Los estudios se refieren a la biología y taxonomía de nematodos asociados a insectos plaga, entre los que se destacan las familias Mermithidae, Steinernematidae y Heterorhabditidae, ensayos de patogenia, producción masiva de nematodos (Steinernematidae y Heterorhabditidae), susceptibilidad en especies no blanco, técnicas de aplicación y evaluaciones a campo. Sus miembros forman parte como investigadores, personal técnico y becarios. Su for-

mación en nematología y resultados pueden observarse en la publicación de trabajos científicos, presentaciones a congresos, workshops, dictados de seminarios, trabajos interdisciplinarios y asesoramientos a organismos de gobierno, empresas y productores. El espectro de especies susceptibles y estudios realizados con nematodos entomopatógenos en Argentina, fueron compilados por el laboratorio en el capítulo de libro: "Status of entomone-matodes in Integrated Pest Management strategies in Argentina" en el libro "Biocontrol Agents: Entomopathogenic & Slug parasitic nematodes" y en "Control biológico de plagas en horticultura: Experiencias argentinas de las últimas tres décadas". Nematodos entomopatógenos (cap. 10).

**Laboratorio de Patógenos de Insectos Terrestres:** aborda líneas de investigación no solo acotadas al aislamiento, identificación y epizootiología de entomopatógenos, sino también a la biología, ecología, sistemática, filogenia y biogeografía de las especies de insectos (ortópteros e himenópteros) hospedadores naturales y potenciales. Las publicaciones realizadas por el grupo supera los 200 artículos, aportando casi la totalidad del conocimiento actual disponible sobre los protistas patógenos de acridios y ápidos en Argentina. De los 17 protistas y microsporidios conocidos en el país para dichos insectos, 9 han sido descubiertos por el grupo (*Gregarina ronderosi*, *Leidyana ampulla*, *Liebermannia dichropluseae*, *Liebermannia patagonica*, *Liebermannia covasacrae*, *Tubulinosema pampeana*, y tres especies de gregarinas en proceso de descripción). El grupo es responsable también de los primeros registros para el país de 6 de ellos (*Apicystis bombi*, *Crithidia bombi*, *Malameba locustae*, *Malpighamoeba mellificae*, *Nephridiophaga sp.*, *Nosema ceranae*); de haber documentado el establecimiento de uno de los protistas muchos años después de su introducción (*Paranosema locustae*) y de proveer los únicos registros para el Neotrópico de otro de los patógenos con potencial para control a largo plazo (*Malameba locustae*). El grupo tiene antecedentes por participar en la producción de microsporidios para el control de ortópteros plaga, en respuesta a la necesidad puntual de control en las Pampas occidentales y en el noroeste de la Patagonia, luego de la introducción del microsporidio *Paranosema locustae* entre 1978-82 y en 1996. En este sentido, y como antecedente de relevancia para el actual proyecto, en noviembre de 2018, en un claro caso de transferencia hacia el sector público, el Ministerio de Agroindustria bonaerense inauguró, bajo el estrecho asesoramiento de los Dres. Carlos Lange y María Laura de Wysiecki del CEPAVE, el Laboratorio Central de Sanidad Vegetal para la expresa producción de *P. lo-*

*custae*. Vale la pena resaltar, que esta especie reúne una serie de atributos que lo tornan un microorganismo singularmente bien adaptado para una producción simple pero eficiente, con escasa inversión económica.

**Línea de Ecología de Plagas y Control Biológico:** se ha focalizado desde su inicio en los artrópodos plagas y sus enemigos naturales entomófagos (depredadores y parasitoides) nativos o establecidos, en cultivos extensivos y hortícolas de la Argentina. Las investigaciones actuales comprenden distintos aspectos de la ecología de unas 10 especies de plagas y 20 especies de enemigos naturales, las interacciones depredador-presa, parasitoide-hospedador e interacciones entre enemigos naturales como competencia, canibalismo y depredación intragremio, y tramas tróficas en los agroecosistemas. El grupo es responsable de nuevos registros de artrópodos benéficos para el país y de su caracterización biológica. Cuenta con más de 100 publicaciones en la temática. En relación al control biológico de la polilla del tomate, se ha avanzado en caracterizar a un enemigo natural, la avispa parasitoide *Pseudapanteles dignus*, que muestra varios atributos positivos para ser utilizado en regiones hortícolas de envergadura del país, tales como el Cinturón Hortícola Platense, Salta y norte de la provincia de Río Negro. En esta línea de investigación, se ha estudiado también a las chinches depredadoras de la plaga en mención. En relación a las chinches que son plaga de la soja y varios cultivos hortícolas (ej. la chinche verde y la chinche de la alfalfa), se ha estudiado la acción de varias especies de parasitoides que las atacan. Con respecto al control biológico de arañuelas, trips y áfidos en cultivos hortícolas, los enemigos naturales más estudiados han sido el ácaro *Neoseiulus californicus*, la chinche *Orius insidiosus*, sírfidos, “vaquitas” y parasitoides. Se ha avanzado en protocolos para la optimización de la cría en laboratorio, el almacenamiento en frío, desarrollo de dietas artificiales, alimentos alternativos, y en el uso de estos enemigos, por técnicas de liberaciones aumentativas o por conservación en los predios. Gran parte de estas investigaciones se llevan adelante en colaboración con estaciones experimentales (UNLP y Ministerio de Desarrollo Agrario, PBA-INTA AMBA) y en campos de agricultores, promoviendo la transferencia de los resultados con técnicos y productores, principalmente del norte de la Provincia de Buenos Aires.

**Línea de Ecotoxicología, Plaguicidas y Control Biológico de Plagas:** se conformó como línea de trabajo a partir del año 2005 y tiene entre sus objetivos el desarrollo, puesta a punto y optimización de cría

de insectos benéficos, principalmente depredadores de las familias Coccinellidae y Chrysopidae, seleccionando especies nativas o de presencia espontánea, que de acuerdo a su abundancia en cultivos hortícolas del Cinturón Hortícola Platense, han resultado relevantes. Ejemplos de ello son *Eriopis connexa*, *Cycloneda sanguinea*, *Hippodamia variegata*, *Chrysoperla externa* y *C. argentina*. El laboratorio cuenta con colonias estables de estas especies, establecidas en bioterios del Instituto desde el año 2005 en adelante. Se han diseñado protocolos de cría para cada especie de acuerdo a sus requerimientos nutricionales, sus aspectos biológicos, entre otros. El establecimiento de colonias de depredadores Coccinellidae y Chrysopidae suelen ser complejas dadas sus características de “depredadores” y su alto consumo de presas. El desarrollo de dietas artificiales para su cría resulta relevante; debido a esto, la línea de investigación ha avanzado en el desarrollo y evaluación de dietas semilíquidas, de bajo costo económico, con resultados muy eficaces para la cría y multiplicación de estos organismos. Estos resultados han permitido reducir la necesidad de contar con presas vivas para especies de Coccinellidae, y de prescindir del uso de presas para *C. externa* y *C. argentina*. En la actualidad, se están evaluando otras alternativas nutricionales que incluyen nuevas dietas artificiales, presas alternativas y otros suplementos alimentarios a fin de optimizar los aspectos nutricionales. El otro objetivo relevante que aborda la línea de investigación es el estudio de la ecotoxicología de plaguicidas convencionales y de riesgo reducido en enemigos naturales (EN) relevantes asociados a los principales cultivos agrícolas del Cinturón Hortícola Platense. La evaluación contempla la selectividad de plaguicidas sobre enemigos naturales de artrópodos plaga (depredadores, parasitoides y hongos entomopatógenos) y su impacto sobre dichos organismos no blanco: Determinación de efectos letales de plaguicidas: LD50 o CL50. Determinación de efectos subletales de plaguicidas sobre aspectos bioecológicos relevantes de enemigos naturales, principalmente los relacionados a su desempeño como agentes de control biológico (estudios a nivel individual y poblacional). Ensayos de laboratorio, semicampo en invernáculo experimental y campo. Estudios de persistencia y repelencia de plaguicidas convencionales y bioracionales como de compuestos botánicos (extractos). Incorporación de la citogenética como nueva herramienta de diagnóstico toxicológico a nivel terrestre para determinación de ecotoxicidad en enemigos naturales de plagas agrícolas. La finalidad es contribuir a la categorización toxicológica de plaguicidas y a la elaboración de pautas de manejo de plagas de bajo impacto ambiental en el marco de una Agricultura sustentable.

De forma transversal al eje de investigación, los diferentes grupos desarrollan intensas tareas de divulgación y transferencia del conocimiento generado hacia el sector público y privado. Evidencia de ello, son los diferentes asesoramientos técnicos que se han realizado en cuanto a la identificación y evaluación de patógenos nativos y/o formulados, así como el diseño de programas de monitoreo y control de insectos. Algunos grupos además, han participado en proyectos de extensión que abordan el control de insectos plaga mediante el uso de entomopatógenos/macroorganismos. Estos proyectos han generado la interacción y el intercambio de saberes con los productores hortícolas, favoreciendo procesos de retroalimentación, en los que se identifican problemáticas reales en cuanto a las plagas que afectan las producciones. Estas actividades permitieron conocer la percepción que los productores poseen en torno al control químico, a los organismos benéficos, entre otras temáticas de interés. Los productores han mostrado su interés participando activamente y con buena predisposición, frente a la adopción de estrategias no contaminantes para el control de los insectos plaga. Por otro lado, se ha identificado gran interés desde el sector industrial por el desarrollo de insumos biológicos para el control de artrópodos y fitonematodos “problema” presentes en áreas agrícolas. Como evidencia de esto, se menciona la existencia en el instituto de varios convenios de I+D entre el CONICET y empresas privadas interesadas en el desarrollo de insecticidas biológicos. Cabe destacar además que el CEPAVE, a través de representantes incluidos en este grupo de trabajo, han participado en el Comité Asesor de Insumos para su uso Agropecuario (CABUA) dedicado a la promoción, elaboración de protocolos y búsqueda de alternativas para el uso de bioinsumos en Argentina y son continuamente convocados para su evaluación académica en problemáticas, importaciones, búsqueda de soluciones en cuanto al uso de agentes biocontroladores en el ámbito agrícola son el SENASA, CENDIE, SINAVIMO, Ministerios de Salud, Desarrollo Agrario, Ambiente y desarrollo sostenible.

## **Discusión**

El manejo inadecuado del ambiente se pone en evidencia en la salud de la población, en su calidad de vida, en los costos económicos para el mantenimiento de la cantidad y calidad de los productos de consumo y para la producción, como así también en los costos sanitarios, económicos y sociales de la población involucrada y del Estado para hacer frente a las consecuencias de la intervención humana a través de diferentes actividades.

Son muchas las especies de artrópodos que causan pérdidas económicas en la agricultura y son consideradas plagas, tales como ácaros, larvas de lepidópteros, trips, áfidos, tucuras y fitonematodos, cuyo control continúa realizándose en el país mediante plaguicidas (control curativo o reactivo) con los costos económicos, ambientales y sanitarios que ello implica. No obstante, es posible disminuir su utilización reemplazándolos gradualmente por enemigos naturales entomopatógenos y entomófagos desarrollados como agentes de biocontrol. El CEPAVE es un centro de referencia en patología de invertebrados, parasitología, bioecología de artrópodos plagas, depredadores, ecotoxicología y control biológico, único en el país por la diversidad de temas de investigación muy relacionados entre sí, con alta capacitación y formación de recursos humanos.

Los conocimientos generados por distintas líneas permiten abordar el estudio de la compatibilidad entre diferentes estrategias de control de plagas en el marco del Manejo Integrado de plagas (MIP), contribuyendo a disminuir el uso de plaguicidas. El MIP implica un enfoque ecológico multidisciplinario, y el uso de técnicas de control compatibles entre sí y coordinadas en un sistema de manejo, que reconoce una “integración vertical”, referida a varias técnicas compatibles para el control de una plaga, y una “integración horizontal” que implica prácticas compatibles para el manejo simultáneo de varias plagas. En cuanto al control biológico como estrategia, es necesario considerar que los enemigos naturales y las plagas son parte de comunidades complejas y las interacciones entre especies pueden dar lugar a distintos resultados de control biológico especialmente cuando ocurre la depredación entre especies del mismo gremio o cuando los entomopatógenos causan alta mortalidad sobre agentes entomófagos. El uso de plaguicidas en el MIP requiere la previa evaluación ecotoxicológica de los mismos sobre los organismos benéficos. En este sentido, la ecotoxicología moderna propone un enfoque bioecológico, no solo incorporando herramientas de evaluación a nivel individual, sino también a nivel poblacional, haciendo hincapié en los efectos subletales de los plaguicidas y sus consecuencias sobre su desempeño. Conjuntamente cobran interés en el marco del MIP los polinizadores como potenciales agentes de dispersión de entomófagos y entomopatógenos de plagas.

Los resultados obtenidos por las líneas de trabajo del CEPAVE brindan conocimientos para lograr estrategias adecuadas de manejo de especies perjudiciales transferibles a organismos públicos, productores y empresas, entre otros, encargados de la prevención y control de las mismas.

## Conclusiones

Se presentan los hallazgos más importantes de las investigaciones realizadas por diferentes líneas de CEPAVE en torno al estudio de los enemigos naturales de organismos plaga de importancia agrícola. El CEPAVE, ha focalizado sus investigaciones en torno a la bioecología de micro y macroorganismos como enemigos naturales de plagas de importancia agrícola, su uso como estrategia de control biológico, ecotoxicología, entre otros tópicos. Esta trayectoria ha brindado experiencia en estudios ecológicos a nivel individual, poblacional y de comunidades de hongos, nematodos y artrópodos, así como de su interacción con controladores naturales como depredadores, parasitoides y patógenos. Los estudios llevados a cabo durante más de 40 años avalan el potencial que poseen los micro y macroorganismos como agentes biológicos para el control de plagas agrícolas, compatibles con su aplicación por métodos aumentativos, inoculativos y por conservación.



## Biografía de los autores

**Carlos Ernesto Lange** (Ciudad de Buenos Aires, 1954). Doctor en Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Dentro de su formación ha realizado tres estancias prolongadas en EE.UU. (USDA/ARS Rangeland Insect Laboratory, Montana State University, Illinois Natural History Survey) mediante becas y apoyo financiero del Banco Mundial, la Agencia de EE.UU. para el Desarrollo Internacional (USAID) y la Universidad de Illinois. Como investigador invitado se ha desempeñado en proyectos en África (Cabo Verde, Eritrea, Madagascar, Mali) y Australia. Fue subdirector del Centro de Estudios Parasitológicos y de Vectores (CEPAVE, UNLP-CONICET) por dos años y miembro del Consejo Directivo del mismo en varios períodos. Fue “Chair” de la División Microsporidios de la Society for Invertebrate Pathology y Editor Asociado de Entomología Aplicada de Sociedad Entomológica Argentina. Es miembro del Global Locust Initiative (Arizona State University) para el estudio de las langostas y tucuras. Actualmente se desempeña como Investigador Principal de la CICPBA. Su área de investigación se enmarca dentro de la patología de insectos, la acridiología y el control biológico microbiano.

**CEPAVE (CONICET-UNLP-CICPBA)**

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-4388-9164>

**E-mail:** [carlosl@cepave.edu.ar](mailto:carlosl@cepave.edu.ar)

**Claudia Cristina López Lastra** (La Plata, 1958). Licenciada en Ciencias Naturales con orientación en Ecología (1981) y Dra. en Ciencias Naturales orientación Ecología (1988), Facultad de Ciencias Naturales y Museo (FCNyM), Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Realizó dos posdoctorados en EEUU, el primero en la Universidad de Florida, Gainesville Florida 1992-1994 y el segundo en la Universidad de Cornell, Ithaca, Nueva York 1999-2001, ambos financiados por becas externas otorgadas por CONICET. Ingresó a la carrera de investigador científico de CONICET en 1994, Fue profesora adjunta 2001 hasta 2011 y desde ese año hasta 2021 titular de la asignatura Patología de Insectos Facultad de Ciencias Naturales y Museo (FCNyM), Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Investigadora principal de CONICET, actualmente jubilada con contrato ad honorem desde abril 2022. Su temática de especialización es Hongos patógenos de insectos y otros artrópodos de interés agrícola y vectores para control biológico. Ha publicado 103 artículos en revistas de la especialidad y 2 libros.

**CEPAVE (CONICET-UNLP-CICPBA)**

**Orcid** <https://orcid.org/0000-0001-6590-0171>

**E-mail:** [claudia@cepave.edu.ar](mailto:claudia@cepave.edu.ar)

**Nancy M. Greco** (Pigüé, Buenos Aires, 1960). Dra. en Ciencias Naturales de la UNLP. Docente Investigadora Cat. I, Investigadora independiente asociada CICBA. Profesora Adjunta de las cátedras de Control Biológico y Ecología de Poblaciones (FCNyM-UNLP). Dicta varios cursos de posgrado en diferentes Universidades nacionales (FCNyM-UNLP, FCAyF-UNLP, FAUBA, UNT). Sus investigaciones se centran en el estudio de la ecología de artrópodos plaga y de sus enemigos naturales, parasitoides y depredadores nativos o establecidos, con la finalidad de desarrollar estrategias de control biológico por conservación y aumentativo. Su labor científica está representada por la publicación de trabajos en revistas de amplia difusión nacional e internacional, y capítulos de libros; la formación de tesis de maestría y doctorado, así como becarias/os de CONICET y CICBA; y la dirección de proyectos de investigación subsidiados por varias instituciones (CONICET, ANPCyT, UNLP).

**CEPAVE (CONICET-UNLP-CICPBA)**

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-3968-6604>

**E-mail:** [ngreco@cepave.edu.ar](mailto:ngreco@cepave.edu.ar)

**Claudia V. Cédola** (La Plata, 1962). Docente-investigadora cat. III (UNLP). Jefe de Trabajos Prácticos en Ecología de Plagas y Zoología general. Sus investigaciones abordan el estudio de artrópodos de interés agronómico, en particular en la prospección y caracterización de ácaros depredadores. Tiene numerosas publicaciones científicas, participaciones en congresos nacionales e internacionales y co-dirige proyectos de investigación. Participa como evaluadora de trabajos científicos, proyectos, tesis, etc. Es miembro de la Sociedad Latinoamericana de Acarología y forma parte de la Red de Expertos del Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de Plagas (SINAVIMO) del SENASA.

**CEPAVE (CONICET-UNLP-CICPBA)**

**ORCID:** 0000-0002-5876-9678

**E-mail:** [ccedola@fcnym.unlp.edu.ar](mailto:ccedola@fcnym.unlp.edu.ar)

**María Gabriela Luna** (La Plata, 1964). Profesora Titular y docente-investigadora cat. II (UNLP y UNSAdA). Sus investigaciones abordan el estudio de artrópodos de interés agronómico y el desarrollo de técnicas de control biológico de plagas. Dicta cursos de grado y posgrado relacionados con la biología, el Manejo Integrado de Plagas (MIP) y el control biológico. Co-editó dos libros sobre el Control biológico en América Latina y el Caribe: su rica historia y futuro brillante (Eds. CABI en 2020 y Acribia S.A. en 2021) y participó en varios capítulos de libros. Tiene numerosas publicaciones científicas, dirige tesis y becarias/os y lidera proyectos de investigación y extensión universitaria (ANPCyT, UNLP, UNSAdA,

SPU) sobre el control biológico y manejo de plagas de varios sistemas agrícolas (soja, cultivos de servicio y hortícolas) cuyo objetivo es evaluar insectos parasitoides y depredadores nativos o de presencia espontánea en los agroecosistemas del N de la provincia de Buenos Aires. Es Co-editora de *Frontiers in Agronomy* y revisora de artículos científicos.

**CEPAVE (CONICET-UNLP-CICPBA) y UNSAdA**

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-5297-4833>

**E-mail:** [lunam@cepave.edu.ar](mailto:lunam@cepave.edu.ar)

**María Victoria Micieli** (San Andrés de Giles, 1969). Doctora en Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias Naturales y Museo (FCNyM), Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Dentro de su formación ha realizado una estancia en USDA/ARS Medical and Veterinary Entomology Research Laboratory en Gainesville, Florida, USA, 1995. Obtuvo una beca externa Postdoctoral co-financiada Fulbright-CONICET para investigadores, Wadsworth Center, New York, USA, 2012. Actualmente es Profesora Titular en la Cátedra de Artrópodos de Interés Médico y Veterinario, FCNyM, UNLP, Investigadora Principal del CONICET y directora del Centro de Estudios Parasitológicos y de Vectores (CEPAVE). Su área de investigación está enmarcada en la patología de insectos y la entomología médica. Su labor científica está representada por la publicación de trabajos en revistas nacionales e internacionales, capítulos de libros y libros de docencia universitaria; formación de tesis de maestría y doctorado, así como becarias/os de CONICET y CICBA; y la dirección de proyectos de investigación subsidiados por varias instituciones (CONICET, ANPCyT, UNLP) y servicios a terceros y STAN para empresas y organismos gubernamentales.

**CEPAVE (CONICET-UNLP-CICPBA)**

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-0616-2214>

**E-mail:** [victoria@cepave.edu.ar](mailto:victoria@cepave.edu.ar)

**Marcela Inés Schneider** (Mendoza, 1969). Doctora en Ingeniería Agronómica, Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid (2002, UPM, Madrid, España). Dentro de su formación ha realizado varias estancias en the Department of Plant and Crops of the Faculty of Bioscience Engineering, Ghent Belgium, 1999-2001. Obtuvo el "Premio a la mejor Tesis doctoral" por la UPM en el año 2003. Obtuvo becas postdoctorales de reinserción CONICET 2003-2005 y ANPCyT-FONCyT 2005-2006. Desde el año 2006 es la cabeza de la Línea de Ecotoxicología y Control Biológico del Centro de Estudios Parasitológicos y Vectores (CEPAVE), nueva línea de investigación que se sumó al centro a partir del 2006. Es Investigadora Principal del CONICET y Ayudante Diplomado en la Cátedra de Ecología de Plagas en la FCNyM, UNLP. Su área de investigación está enmarcada en la Protección Ve-

getal: Sanidad Vegetal. Especialidad: Ecotoxicología y Control Biológico. Su labor científica está representada en publicaciones científicas en revistas de la temática tanto nacionales como internacionales, capítulos de libros, formación de tesis de maestría y doctorado, así como becarias/os e investigadores jóvenes de CONICET, UNLP y CICBA. Es Editora Asociada en Revistas de la temática de su experticia (Ecotoxicology, Entomologia Generalis, RSEA). Ha dirigido y dirige proyectos de investigación subsidiados por varias Instituciones (CONICET, ANPCyT, UNLP).

**CEPAVE (CONICET-UNLP-CICPBA)**

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-5666-7742>

**E-mail:** [mschneider@cepave.edu.ar](mailto:mschneider@cepave.edu.ar)

**María Fernanda Achinelly** (La Plata, 1974). Doctora en Ciencias Naturales (UNLP), investigadora independiente del CONICET y docente de la UNLP. Desarrolla sus investigaciones en el CEPAVE, en el laboratorio de nematodos de vida libre e importancia agro-económica. Enfoca sus estudios en la búsqueda y desarrollo de estrategias de control no contaminantes contra plagas de interés agrícola-sanitario basadas en el uso de nematodos parásitos, parasitoides y patógenos de insectos. Los resultados de sus investigaciones pueden verse reflejados en la publicación de trabajos científicos, presentaciones a congresos, workshops, dictados de seminarios, convenios, asesorías, STAN, formación de recursos humanos, dirección de proyectos (PIP CONICET, PICT, PICT START UP, FCNYM) y trabajos interdisciplinarios. Actualmente se desempeña como vicedirectora del CEPAVE.

**CEPAVE (CONICET-UNLP-CICPBA)**

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-2363-6661>

**E-mail:** [fachinelly@cepave.edu.ar](mailto:fachinelly@cepave.edu.ar)

**María Fernanda Cingolani** (La Plata, 1977). Dra. en Ciencias Naturales. Investigadora Adjunta de CONICET, docente-investigadora cat. III y Ayudante Diplomada en la cátedra de Ecología de Poblaciones (FCNyM-UNLP). Sus investigaciones se enmarcan en el control biológico de plagas, centrándose en el estudio de las chinches fitófagas plaga y sus principales enemigos naturales: los parasitoides oófagos y los que atacan al estado adulto de su hospedador. Dicta cursos de posgrado en relación a la ecología de las plagas, y a la ecología y comportamiento de los insectos entomófagos. Es secretaria de la Organización Internacional para el Control Biológico (IOBC por sus siglas en inglés). Dirige becarios/as, lidera y participa en proyectos de investigación (ANPCyT, UNLP), actúa como revisora de artículos científicos y evaluadora de diversas convocatorias (CONICET, UNLP, ANPCyT, UDELAR). Es responsable de varios STAN (Servicios Tecnológicos de Alto Nivel, CONICET). Participa como Experto Técnico del Organismo Argentino

de Acreditación (OAA), y de la Red de Expertos del Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de Plagas (SINAVIMO) del SENASA.

**CEPAVE(CONICET-UNLP-CICPBA)**

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-2838-4590>

**E-mail:** [fernandacingolani@cepave.edu.ar](mailto:fernandacingolani@cepave.edu.ar)

**Marilina Noelia Fogel** (Coronel Suárez, 1977). Dra. de la Facultad de Ciencias Exactas (FCE- UNLP). Investigadora Asistente de CONICET. Se desempeña como Jefa de Trabajos Prácticos en la cátedra de Química General para la carrera de Biología de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo (FCNyM-UNLP). Sus investigaciones se enmarcan en las evaluaciones ecotoxicológicas de plaguicidas convencionales y riesgo reducido sobre enemigos naturales de importancia económica, asociados a plagas de cultivos del Cinturón Hortícola Platense. Su labor científica está representada por la publicación de trabajos en revistas nacionales e internacionales y un capítulo de libro. Ha dictado cursos de postgrado relacionados a la temática de ecotoxicología y control biológico. Dirige becarios/as, lidera y participa en proyectos de investigación (PIP-CONICET, UNLP), actúa como revisora de artículos científicos en revistas nacionales e internacionales y evaluadora de proyectos de investigación (CONICET, UNLP, ANPCyT). Participa como jurado de tesis, tesina y maestrías en la UNLP. Forma parte de la Red de Estudios Ambientales de la Provincia de Buenos Aires (REAPBA). Integra la Comisión Directiva del Centro de Graduados “Osvaldo Bottino” de la FCNyM-UNLP.

**CEPAVE (CONICET-UNLP-CICPBA)**

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-5911-182X>

**E-mail:** [marilinafogel@cepave.edu.ar](mailto:marilinafogel@cepave.edu.ar)

**Santiago Plischuk** (Ciudad de Buenos Aires, 1977). Técnico especialista en tratamiento de efluentes industriales (UTN), Licenciado en Biología (orientación Zoología) y Doctor en Ciencias Naturales (FCNyM, UNLP). Es Investigador Adjunto de CONICET enfocado en el área de las Ciencias Agrarias. Ha actuado como Docente de grado y postgrado. Es Autor/co-autor de un libro, capítulos de libro, artículos de divulgación, publicaciones y comunicaciones científicas en relación a patologías de insectos de importancia agro-económica desde 2008. Ex director de la Revista de la Sociedad Entomológica Argentina (RSEA), miembro fundador de la Sociedad Latinoamericana de Investigación de Abejas (SOLATINA), y responsable/integrante de proyectos de investigación nacional e internacional.

**CEPAVE (CONICET-UNLP-CICPBA)**

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-8135-3462>

**E-mail:** [santiago@cepave.edu.ar](mailto:santiago@cepave.edu.ar)

**Margarita Rocca** (9 de Julio, Buenos Aires, 1979). Dra. en Ciencias Naturales. Investigadora Adjunta de CONICET, docente-investigadora cat. III y Ayudante Diplomada en la cátedra de Control Biológico y Ecología General (FCNyM-UNLP). Sus investigaciones se centran en el estudio de las interacciones de interferencia intragremio entre enemigos naturales entomófagos, principalmente depredadores, y su efecto sobre el control biológico de plagas agrícolas. Dicta varios cursos de posgrado relacionados a la biología, ecología y manejo de plagas agrícolas y comportamiento de artrópodos entomófagos (FCNyM-UNLP, UNICEN, FCAyF-UNLP, FAUBA). Tiene publicaciones científicas y capítulos de libro y lidera y participa en varios proyectos de investigación (CONICET, ANPCyT, UNLP). Participa en la formación de becario/as y tesis de doctorado, maestría y becas de iniciación a la investigación científica (UNLP, CICPBA, UBA, EVC-CIN). Participa también como revisora de artículos científicos y como evaluadora de proyectos, becas, tesis, ingresos CIC (CONICET, UNLP, ANPCyT, PIUNAHUR, UBACyT, UNLu).

**CEPAVE (CONICET-UNLP-CICPBA)**

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-0079-0634>

**E-mail:** [mrocca@cepave.edu.ar](mailto:mrocca@cepave.edu.ar)

**Alejandra Concepción Gutiérrez.** Doctora en Ciencias Naturales, Licenciada en Biología (orientación Zoología), Facultad de Ciencias Naturales y Museo (FCNyM), Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Jefa de trabajos prácticos en la Cátedra de Patología de Insectos (FCNyM, UNLP). Investigadora asistente de CONICET, con lugar de trabajo en el Centro de Estudios Parasitológicos y de Vectores (CEPAVE-CONICET-UNLP). Su área de investigación está enmarcada en el área de patología de insectos y control microbiano de plagas urbanas.

**CEPAVE (CONICET-UNLP-CICPBA)**

**E-mail:** [gutierrez@cepave.edu.ar](mailto:gutierrez@cepave.edu.ar)

**Manuel E. Rueda Páramo** (Bogotá). Biólogo de la Universidad de Nueva Granada, Bogotá, Colombia. Doctor en Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias Naturales, UNLP. Investigadora asistente de CONICET, con lugar de trabajo en el Centro de Estudios Parasitológicos y de Vectores (CEPAVE-CONICET-UNLP). Su área de investigación está enmarcada en el área de patología de insectos vectores y de importancia agrícola.

**CEPAVE (CONICET-UNLP-CICPBA)**

**E-mail:** [rueda@cepave.edu.ar](mailto:rueda@cepave.edu.ar)

**Romina Guadalupe Manfrino** (Colonia Aldao, Santa Fe, 1983). Licenciada en Biodiversidad, Profesora en Biología (Universidad Nacional del Litoral) y doctora en Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias Naturales y Museo (FCNyM), Univer-

sidad Nacional de La Plata (UNLP). Dentro de su formación ha realizado estancias de investigación en Institutos (Small Grain Institute, Sudáfrica, 2011; Julius Kuhn Institute, Alemania, 2013) y Universidades del extranjero (Universidad de Copenhagen, Dinamarca, 2013 Universidad Técnica de Darmstadt, Alemania, 2022-2023). Actualmente se desempeña como investigadora adjunta en el Centro de Estudios Parasitológicos y de Vectores (CEPAVE). Su área de investigación abarca el estudio de los hongos patógenos de insectos.

**CEPAVE (CONICET-UNLP-CICPBA)**

**ORCID:** [orcid.org/0000-0002-2628-2259](https://orcid.org/0000-0002-2628-2259)

**E-mail:** [manfrino@cepave.edu.ar](mailto:manfrino@cepave.edu.ar)

**Daiana P. Eliceche** (Magdalena, 1986). Doctora en Cs. Naturales de la Universidad Nacional de La Plata. Sus investigaciones se centran en el uso de nematodos entomopatgenos para el control de plagas de importancia agrícola y sanitaria que incluyen el aislamiento, la caracterización, producción y evaluaciones a campo. Los resultados de sus investigaciones pueden verse reflejados en la publicación de trabajos científicos, presentaciones a congresos, participación en proyectos (PIP CONICET, PICT, PICT START UP, FCNYM), convenios con empresas y asesorías.

**CEPAVE (CONICET-UNLP-CICPBA)**

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-9673-1144>

**E-mail:** [eliceche@cepave.edu.ar](mailto:eliceche@cepave.edu.ar)

**Micaela Ricuzzi** (Trenque Lauquen, 1982). Técnica superior en administración financiera. Coordinadora de la Comisión de Vinculación y Transferencia del CEPAVE. Realiza tareas de asistencia a tareas contables del centro, Servicios a terceros de CONICET, carga, seguimiento, alta, y corrección.

**CEPAVE (CONICET-UNLP-CICPBA)**

**E-mail:** [transferencia@cepave.edu.ar](mailto:transferencia@cepave.edu.ar)





## CONFORMACIÓN DE LA RED: AVANCES Y CONCLUSIONES

Durante el transcurso del año 2023, la Comisión de Investigaciones Científicas (CIC) de la provincia de Buenos Aires ha alcanzado significativos avances y resultados en su empeño por establecer una sólida red de investigación. La CIC demuestra su firme compromiso con la ciencia, la tecnología y la innovación, al alinearse con las demandas productivas y la agenda social, ambiental y económica de la provincia de Buenos Aires.

La materialización de proyectos estratégicos de articulación institucional, como las Jornadas I+D, esta publicación y la Convocatoria de Proyectos de Investigación, Desarrollo y Transferencia, son testimonios tangibles de los logros que hemos construido en conjunto, con el propósito de nutrir y fortalecer la Red de Investigación y Desarrollo en Ejes Estratégicos de la provincia de Buenos Aires (RIDEE-PBA).

La Convocatoria RIDEE-PBA busca fomentar la creación de equipos de trabajo compuestos por Personal I+D del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación con sede en la provincia de Buenos Aires, mediante el financiamiento de proyectos de investigación y desarrollo orientados hacia problemáticas inherentes a los ejes estratégicos de la Red. Estos proyectos deben concluir en la generación de productos o servicios mejorados, relacionados con desafíos provinciales y susceptibles de ser transferidos al ámbito público y/o privado. Un requisito esencial es la colaboración de al menos dos instituciones distintas en cada grupo de trabajo, pertenecientes al mencionado sistema y asentadas en la Provincia.

La convocatoria cuenta con un presupuesto global de veinte millones de pesos (\$20.000.000), mientras que los proyectos individuales cuentan con un tope de financiamiento de un millón doscientos cincuenta mil pesos (\$1.250.000). Además, se prevé la posibilidad de fortalecer los equipos a través de la inclusión de personal I+D, aprovechando las convocatorias regulares de la CIC. El plan abarca la incorporación de un/a investigador/a, dos trabajadores “personal de apoyo”, dos becarios/as doctorales y cuatro becarios/as de entrenamiento.

Las postulaciones seleccionan desafíos o problemáticas de interés público en la provincia de Buenos Aires, identificados durante las

Jornadas I+D de 2022, que impulsaron la creación de la Red de Investigación. En el marco de la Convocatoria de Proyectos de Investigación, Desarrollo y Transferencia "Red de Investigación y Desarrollo en Ejes Estratégicos de la Provincia de Buenos Aires (RIDEE-PBA)", se presentaron 24 proyectos distribuidos en los cuatro ejes estratégicos de la Red I+D Bonaerense:

- 11 proyectos para el Eje N° 1 "Cannabis Medicinal y Cáñamo en la Industria"
- 4 proyectos para el Eje N° 2 "Eficiencia Energética"
- 3 proyectos para el Eje N° 3 "Micropropagación de Cultivos Estratégicos"
- 6 proyectos para el Eje N° 4 "Maquinaria Agrícola y Transformación Digital"

Cada uno de estos proyectos no solo se enfoca en los ejes mencionados, sino que también aborda desafíos y problemáticas de interés público en la provincia que requieren de conocimiento científico y desarrollo tecnológico para su resolución.

Esta convocatoria también brinda la oportunidad de incorporar personal I+D a través de las convocatorias regulares de la Dirección Provincial de Seguimiento y Desarrollo de la Actividad Científica. Los proyectos presentados fueron evaluados por la Comisión Adhoc designada específicamente para esta convocatoria, resultando en la adjudicación de 16 proyectos que están por iniciar su desarrollo.

En síntesis, la CIC se ha consolidado como un actor fundamental en el sistema científico y tecnológico de la provincia de Buenos Aires. Sus logros principales, políticas y enfoques estratégicos reflejan su compromiso con el avance científico y tecnológico, la transferencia de conocimiento y la colaboración interdisciplinaria. La CIC prosigue su labor de articulación, promoviendo la investigación, el desarrollo y la innovación en beneficio de la sociedad bonaerense.



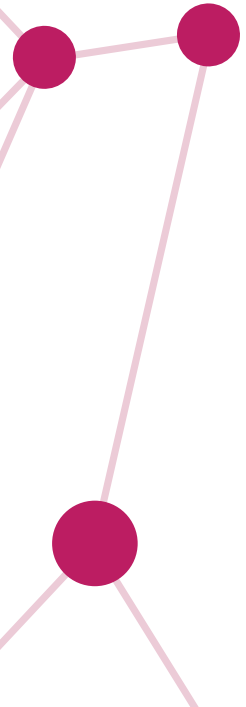


COMISIÓN DE  
INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

ESTE LIBRO SE TERMINÓ DE EDITAR EN AGOSTO DE 2023  
DIRECCIÓN PROVINCIAL DE COMUNICACIÓN Y DIVULGACIÓN  
CIENTÍFICA - COMISIÓN DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS  
DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES









Este material reúne una serie de documentos, ponencias, artículos y planes de trabajo presentados por quienes participaron de las Jornadas I+D Bonaerenses.

