

Biotecnología y microbiología industrial en Tucumán en las décadas de 1970 y 1980. La emergencia del PROIMI

BIOTECHNOLOGY AND INDUSTRIA MICROBIOLOGY IN TUCUMÁN IN THE 1970s AND 1980s. THE ADVENT OF PROIMI

Santiago M. Kaderian *

Resumen

En este artículo se explora y analiza el surgimiento de una institución científica en la Provincia de Tucumán, Argentina: la Planta Piloto de Procesos Industriales Microbiológicos (PROIMI), que en sus comienzos estuvo orientada a la biotecnología de las fermentaciones y la microbiología industrial. El objetivo es brindar una aproximación a la creación de la institución y su contexto. Asimismo, se persigue dar cuenta de las problematizaciones y prácticas de los investigadores a partir de una selección de artículos e informes realizados por integrantes de la institución. Metodológicamente se utilizan técnicas de análisis de documentos, publicaciones, semblanzas y entrevistas.

Palabras clave: Análisis sociohistórico; Estudios sociales de la ciencia y la tecnología; Políticas de ciencia y la tecnología.

Abstract

This paper examines and analyzes the advent of a scientific institution in Tucumán, Argentina: the Pilot Plant of Microbiological Industrial Processes (PROIMI), originally channelled to the biotechnology of industrial fermentation and microbiology. It proposes an initial discussion of the institution's conception and its context. The issues faced by its researchers and their practices are viewed through a survey of papers and texts produced by members of PROIMI, examined with methodology of textual analysis.

Keywords: Sociohistorical analysis; Social studies of science and technology; Science and technology policy.

* Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) - Universidad Nacional de Río Negro, Instituto de Estudios en Ciencia, Tecnología, Cultura y Desarrollo (CITECDE), Villegas 360, PB, San Carlos de Bariloche (CP 8400), Río Negro, Argentina. Dirección electrónica: [smkaderian@unrn.edu.ar].

INTRODUCCIÓN

El estudio de las instituciones científico-tecnológicas y su contexto socio-histórico tiene importancia para las investigaciones sobre innovación, historia económica y políticas científicas y tecnológicas. En esta ocasión se explora la emergencia de una institución de este tipo en Tucumán: la Planta Piloto de Procesos Industriales Microbiológicos (PROIMI) del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Se tienen en cuenta dimensiones institucionales, socio-históricas y la agencia de los actores. En principio se realiza una recopilación y análisis de fuentes secundarias y bibliografía para caracterizar antecedentes de la institución y luego su relación con la Universidad Nacional de Tucumán (UNT). Posteriormente se aborda la emergencia de líneas de investigación y cómo los actores caracterizaban los problemas donde intervendría la tecnología desarrollada (Callon, 1998). Para esto se analizan artículos científicos e informes publicados en los primeros años de la institución, entrevistas a algunos de sus miembros, semblanzas y biografías. A nivel metodológico, se interpretan textos: semblanzas, informes y artículos científicos como elaboración “destilada” de las acciones y eventos ocurridos (Nimmo, 2011). Estos objetos y su contenido pueden comprenderse tanto en su función como en su contexto sociohistórico.

ANTECEDENTES DEL PROIMI: CAÑA, ALCOHOL Y CRISIS

En sus comienzos, las investigaciones del PROIMI se asociaban a la microbiología industrial y a la biotecnología. El término biotecnología engloba diferentes tipos de temáticas, objetos, técnicas y formaciones pero comenzó a finales del siglo XIX asociada a la enzimología y las fermentaciones (Bud, 1991). Hacia los años '70 del siglo XX se comienza a relacionar la biotecnología, de manera general, con las técnicas de biología molecular e ingeniería genética (Abir-Am, 2006). En cuanto a la microbiología industrial, esta se ocupa de la aplicación industrial de microorganismos y bioprocesos para obtener productos. La misma requiere investigaciones en distintas escalas hasta llegar a las pruebas piloto, de ahí el nombre del instituto: Planta Piloto de Procesos Industriales Microbiológicos. Esta área tiene su auge en los años '50 con las tecnologías de fermentación desarrolladas para la producción masiva de penicilina (Bud, 1994), donde fue necesario un proceso de escalado, de escala piloto a industrial.¹ El PROIMI se asoció en sus comienzos a problemáticas regionales, en principio de la industria azucarera y del alcohol. Por esto, es relevante mencionar algunos antecedentes y eventos históricos relacionados con la producción de la caña de azúcar, el azúcar y el alcohol. Junto a ello, se

destaca la emergencia de una institución científico-técnica: la Estación Agrícola Tucumán.

Siguiendo a Moyano (2013), en la Provincia de Tucumán la producción de alcohol data de fines del siglo XIX y era principalmente utilizado para bebidas y medicinas. Entre los años 1860 y 1870 la producción azucarera comienza a modernizarse y junto a los ingenios se instalaban destilerías para aprovechar las mieles residuales (no cristalizables), denominadas comúnmente “melazas” (Moyano, 2013). Para el mismo período comenzó en el litoral una producción de alcohol de grano que pasó a competir con el alcohol tucumano (Moyano, 2013). En 1880, la industria azucarera tucumana consigue una posición fuerte a nivel nacional obteniendo protección del Estado mediante tarifas aduaneras. En 1909 se crea en Tucumán una institución pionera de investigación científico-técnica para apoyar a la industria azucarera: la Estación Agrícola Tucumán.² Según Moyano, Campi y Lenis (2011), luego del primer ciclo de sobreproducción (1896-1902), condiciones climáticas adversas afectaron la producción, lo que puede asociarse, a nivel técnico, con la generalización de contratación de profesionales químicos por los ingenios y la sanción hacia el año 1907 de leyes provinciales que dictaminaban la ampliación de laboratorios químicos y bacteriológicos. Ese año, además, se dispuso de terrenos para una estación agrícola y recursos para contratar personal técnico (Moyano, Campi y Lenis, 2011). Posteriormente, se envió un especialista a recorrer estaciones experimentales dedicadas a la actividad azucarera en Louisiana, Hawai, Java y Cuba. Su objetivo era estudiar su funcionamiento y contratar un experto para dirigir la Estación. Otro punto importante, señalado por los autores, es que en la dirección de la Estación Experimental Agrícola de Tucumán tendrían decisiva injerencia los industriales y no funcionarios del Estado nacional, lo que aumentaría su autonomía y le otorgaría un carácter más expeditivo y sensible a las necesidades locales (Moyano, Campi y Lenis, 2011). Su consolidación llega a partir de la plaga del “mosaico”, un virus que diezmo las plantaciones de “caña criolla” entre los años 1916 y 1917. Fue en esos años que la Estación Experimental Agrícola Tucumán facilitó semillas de caña de Java, adaptadas al clima local, para la replantación, y se consolidó como referencia para los industriales (Moyano, Campi, Lenis, 2011).

A partir de entonces, la institución gozó de gran prestigio local y hasta internacional (Vizioli, 1927; Oliver y Szmrecsányi, 2000) y dedicó no pocos esfuerzos a promover la diversificación agrícola de la provincia de Tucumán, sin dejar de atender a la problemática específica del azúcar, como cuando en la década de 1940 se concentró en una nueva plaga, la del “carbón” (Cross, 1952).

Luego del golpe militar de 1955, el contexto socioproductivo azucarero sufrió grandes cambios. Se desreguló la producción de azúcar y se tomaron una serie de medidas que beneficiaban a los ingenios concentrados salteños y

jujeños en el marco de una depresión del precio del producto en el mercado internacional (Campi y Bravo, 2010).³ En esos años, la participación del sector azucarero tucumano en el mercado interno pasó de 70% a 56% (Bravo, 2017); entre 1966 y 1968 la dictadura de Onganía resolvió la intervención de un número importante de ingenios, medida que con otras decidieron el cierre y desmantelamiento de 11 de ellos; en 1967 se estableció un sistema de cupos de producción (Bustelo, 2017); en el marco del impacto del cierre de los ingenios, en un clima de ebullición social, se fundó la empresa estatal, Compañía Nacional Azucarera S.A. (CONASA), constituida a partir de empresas en estado de quiebra y que concentró entre el 25% y el 28% de la producción (Campi y Bravo, 2010). El retorno de la democracia en 1973 coincidió con un impulso a la exportación azúcar en un coyuntura de altos precios internacionales, lo que fue dificultado por conflictos y reivindicaciones sindicales (Bustelo, 2017). Posteriormente, durante la dictadura cívico-militar (1976-1983), CONASA – que había adquirido un importante rol en el sector– fue liquidada a bajo precio (Campi y Bravo, 2010).

También durante la dictadura cívico-militar la Estación Experimental Agrícola Tucumán cambió su nombre a Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC) (Ploper et al., 2009). En esos años uno de los proyectos destacados de la institución fue promover la utilización del alcohol de caña como carburante, retomando investigaciones de la institución que se remontan a la década de 1920, como se puede constatar en informes y publicaciones de su revista (Ploper et al., 2009). En efecto, en 1979 se creó una comisión ad-hoc en la Secretaría de Energía de la Nación y se autorizó una prueba en Tucumán para la utilización de etanol en naftas, que luego se extendió a Salta y Jujuy. El proyecto, denominado “Plan Alconafta”, fue paralizado en 1985 por la Secretaría de Energía de la Nación, aunque en 1987 se extendió a 12 provincias. Sin embargo, la experiencia no tuvo continuidad (Bravo y Rivas, 2017).

Es necesario puntualizar que este impulso al uso del etanol como combustible estaba relacionado con la crisis del petróleo que aconteció en 1973 y aumentó el precio de los combustibles a nivel internacional. Por tal razón, creció la producción de biocombustibles a nivel mundial (Carolan, 2009). Pero a diferencia de principios del siglo XX, cuando la elaboración del alcohol se hacía a partir de las melazas residuales, en la década de 1970 se comenzaron a utilizar materias primas cultivadas específicamente para producirlo. Ello implicó la utilización de técnicas de modificación genética y tecnologías agrícolas intensivas en un proceso de cambio que algunos autores llamaron “Revolución Verde” (Carolan, 2012).⁴

Como se expondrá en las secciones siguientes, durante los primeros años de vida el PROIMI también se orientó hacia la investigación biotecnológica de la producción de alcohol. No obstante, existían notables diferencias con la

EAAOC. El PROIMI dependía de una institución de promoción científica nacional, el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), en estrecha relación con la Universidad Nacional de Tucumán (UNT); mientras la EAAOC dependía de la Provincia de Tucumán y del sector empresario, sector que definían sus objetivos, servicios y líneas de investigación. A su vez, al PROIMI lo caracterizaba un perfil académico orientado a la aplicación, tenía una relativa autonomía para la selección de objetivos y temáticas y una gran participación en redes y organizaciones científicas internacionales.

PROIMI Y LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN

La Planta Piloto de Procesos Industriales Microbiológicos (PROIMI) fue creada en el año 1976 y comenzó a funcionar en el año 1978, año en el que también se crea el Centro de Referencia para Lactobacilos (CERELA). Ambas se constituyen en el marco de un convenio entre el CONICET y la Fundación para la Educación, la Ciencia y la Cultura (FECIC), participando también en la fundación del CERELA la Fundación Miguel Lillo. Más tarde, en 1980, se crea el Instituto Superior de Investigaciones Biológicas (INSIBIO) a través de un convenio entre la UNT y el CONICET.

Los proyectos de descentralización del CONICET datan de fines de la década de 1960, pero recién en 1972 se firmó una carta-intención con la UNT para la creación de un centro regional (Feld, 2015). Los años en los que fueron creados los institutos mencionados eran los de la dictadura cívico-militar (1976-1983), en los que las universidades nacionales fueron intervenidas y donde cambió la orientación de las políticas universitarias y científicas (Rodríguez y Soprano, 2009). El presupuesto nacional para ciencia y técnica se modificó, aumentando los fondos otorgados al CONICET en detrimento de las universidades (Bekerman, 2010; 2016). En ese período se crearon nuevos institutos del CONICET con el objeto de descentralizar la institución y localizar investigadores en distintos puntos del país (Bekerman, 2010; Bekerman, 2011; Feld, 2015). Los institutos a los que se hizo referencia fueron creados en Tucumán durante la intervención del rector-interventor Carlos Landa, a quien acompañó como vicerrectora Aida Pesce de Ruiz Holgado desde 1979 a 1983.⁵ La doctora Pesce de Ruiz Holgado tenía un doctorado en Farmacia y Bioquímica (1953) y una amplia trayectoria en microbiología, área principal del PROIMI y el CERELA.

El PROIMI en sus inicios contaba sólo con ocho integrantes entre investigadores y becarios, número que se fue incrementando en años posteriores.⁶ Sus tres áreas principales eran mejoramiento genético de cepas de levaduras, fermentación alcohólica y tratamiento de efluentes de la industria, identificándose sus trabajos con la microbiología industrial y la fisiología microbiana. Según una integrante del grupo, la obra de construcción del edificio fue super-

visada por el primer director del PROIMI, el ingeniero químico Danley Callieri. En cuanto a su equipamiento, contaban con un fermentador piloto de marca New Brunswick de 150 litros y equipamiento de laboratorio microbiológico. Los integrantes provenían de las carreras Ingeniería Química y Bioquímica y poseían títulos de doctorado o estaban en curso de obtenerlos.⁷ En 1984 el doctor Faustino Siñeriz pasó a ser el nuevo director, cambio que debe ser asociado a la recuperación de la democracia, que se inicia en diciembre de 1983 y que dio inicio a una revisión general de la actuación del CONICET durante el período dictatorial, así como distintas fundaciones que administraban recursos económicos. El gobierno constitucional surgido de las elecciones de octubre de este último año también intervino las universidades nacionales y designó rectores normalizadores en todas ellas.

La Universidad Nacional de Tucumán estaba estrechamente relacionada al PROIMI por la filiación de sus integrantes que, o bien habían estudiado en la universidad, eran docentes o tenían cargos de gestión. A nivel de la historia institucional debe considerarse también que las primeras carreras de la UNT fueron ingeniería química, industrial y farmacia (Campi y Bravo, 1998; Vanella, 2008). Esta universidad fue fundada en el año 1914 y sus fundadores estaban influenciados por la corriente de pensamiento positivista y empirista cuyo modelo era la Universidad Nacional de La Plata (Campi y Bravo, 1998; Vanella, 2008). En su creación participaron industriales locales –su primer rector, Juan B. Terán, pertenecía a una familia de industriales azucareros–, y tuvo una orientación muy sensible a las actividades económicas del noroeste argentino (Campi y Bravo, 1998; Vanella, 2008). Hasta 1936 tenía sólo dos facultades: la de Ingeniería y la de Farmacia e Higiene, y recién en el año 1938 se funda la Facultad de Derecho y la de Ciencias Sociales, época en la que da inicio un Doctorado en Ciencias Bioquímicas. En el área de microbiología la UNT tenía amplios antecedentes. En la década de 1940 se fortaleció la investigación científica y técnica con la creación de nuevos institutos de investigación y la afluencia de científicos europeos durante la Segunda Guerra Mundial.⁸ En 1948 se incorporaron Giuseppe Cei, microbiólogo, y Gunnar Hiort, un noruego contratado para organizar un instituto de genética y atender cultivos regionales, ambos invitados por el Dr. Luis Verna, director del Instituto de Microbiología (Tagashira, 2007).⁹ Según Tagashira:

Al funcionamiento de los institutos de Farmacia y de Bioquímica se sumó el de Microbiología. Para este último se gestionó la compra de un microscopio electrónico con poder de resolución de hasta cien mil aumentos –una tecnología novedosa para la época– a la firma R.C.A. Victor Argentina. El Instituto de Microbiología, donde se defendieron cuatro tesis de doctorado en 1948, incorporó a su órbita un archivo de cepas microbianas creado el año anterior (Tagashira, 2009: 80-81).

A su vez, Hurtado y Busala (2006) señalan:

En la Facultad de Ciencias Exactas, Puras y Aplicadas (como pasó a llamarse la Facultad de Ingeniería) se crearon institutos de física, matemática, electrotecnia e hidráulica e ingresaron alrededor de veinte profesores europeos. En 1950, la participación de profesores alemanes rondaba entre el 25 y el 30% de un cuerpo docente de aproximadamente cien personas (Hurtado y Busala, 2006: 20).

Regresando al PROIMI, en lo que se refiere a los cargos de gestión, su primer director fue el doctor Callieri, autoridad de la Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia de 1979 a 1982. En docencia la Cátedra de Microbiología Industrial de dicha facultad, que existía desde la década de 1950 (Tagashira, 2009), fue importante para los integrantes del PROIMI, en tanto eran profesores o alumnos de la misma. Un investigador y director de investigaciones agroindustriales de la EEAOC, el ingeniero Gerónimo Cárdenas, también participó como profesor de ésta cátedra temporalmente en la década de 1960.¹⁰ En síntesis, el PROIMI nace con fuertes lazos en espacios de gestión, formación y docencia con la UNT.

INFORME SOBRE FERMENTACIONES, POLÍTICAS CIENTÍFICO-TECNOLÓGICAS Y DE FORMACIÓN

En un informe de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) de 1984, uno de los integrantes del PROIMI resume las líneas de investigación y proyectos del mismo y de otros institutos a nivel nacional en el área de la fermentación industrial.¹¹ Esta reunión se sitúa históricamente en un momento de transición política, en el final de la dictadura cívico-militar (1976-1983) y el comienzo del periodo democrático iniciado en 1983. En una sección del informe dedicada a las fermentaciones, el doctor Callieri refiere que las principales áreas de actividad en fermentación industrial eran el vino, la cerveza y el alcohol etílico; lácteos como el queso, la manteca y el yogurt; vinagre, acetona-butanol, antibióticos, enzimas, proteínas unicelulares, inóculos de fijación de nitrógeno, ensilado de forrajes, entre otras. En un fragmento el autor sugiere una explicación para el desarrollo histórico de la fermentación en la Argentina y le brinda un lugar importante a la fermentación en la elaboración de alimentos y productos:

Como cualquier otra actividad la industria fermentativa, tanto en sus comienzos como en su posterior desarrollo, está influida, entre otros aspectos, por la disponibilidad de materia prima, costumbres y usos de la población,

posibilidades de mercado, expansión y desarrollo. Inclusive el asentamiento de poblaciones (colonias) de origen extranjero puede determinar las características y modalidades para la preparación artesanal de productos en los que intervienen procesos fermentativos, productos que luego muchas veces llegan a elaborarse en escala industrial (vinos, quesos, fiambres, encurtidos, aceitunas, leches ácidas, vinagre, etc.). Dadas las características geográficas y poblacionales de la Argentina, resulta comprensible el desarrollo de una industria de fermentación, orientada principalmente a la elaboración de alimentos y productos, utilizando materias primas de origen agropecuario (Callieri, 1984).

Hacia mediados de la década de 1980, la fermentación como temática biotecnológica se encontraba en retirada, posiblemente por el ascenso de las técnicas moleculares de ingeniería genética. Vaccarezza y Zabala (2002) señalan en uno de sus capítulos sobre una planta piloto de fermentación, que el tópico principal de la institución investigada perdía interés como tópico de primera línea en el campo científico a nivel internacional, aunque mantenía, de todos modos, una utilidad tecnológica e industrial relevante.

En el informe se mencionan diferentes políticas científicas y programas de investigación y formación en microbiología industrial y fermentaciones industriales. En primer lugar se nombra el “Programa Nacional de Biotecnología e Ingeniería Genética” de la SUBCYT del año 1982 y la creación de la “Comisión de Biología Molecular e Ingeniería Genética” en el CONICET en 1983. También se destacan las propuestas de talleres de microbiología proyectadas para el año 1984 dentro del “Programa Regional Latinoamericano de Entrenamiento de Postgrado en Ciencias Biológicas” auspiciados por la UNESCO y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).¹² A nivel nacional se nombra el “Curso Superior de Biología Molecular y Microbiología” patrocinado por la Comisión de Investigaciones Científicas (CIC) de la Provincia de Buenos Aires, el CONICET y las universidades nacionales de La Plata, Tucumán y Buenos Aires.

Posteriormente al encuentro del cual surge el informe, en el año 1984 se constituyó el Plan Nacional de Biotecnología de la SECYT que presentó dos opciones fuertes: una era concentrar recursos en pocos centros muy avanzados de Buenos Aires y otra, por la cual se optó finalmente, era desarrollar grupos por proyectos y redes de laboratorios en todo el país (Vaccarezza y Zabala, 2002).

En la siguiente sección se toman artículos científicos y de difusión representativos de las líneas (Cuadro 1) para dar cuenta de sus características. Allí también es posible explorar el despliegue de los problemas y escenarios donde se insertarían potencialmente las tecnologías y desarrollos.

PRIMERAS LÍNEAS DEL PROIMI ENTRE LA INSERCIÓN INTERNACIONAL Y EL IMPACTO REGIONAL

Cuadro 1. Líneas del PROIMI en 1984. Elaborado en base a Callieri (1984).

Insti-tución	Línea	Tipo de estudios, técnicas y prácticas
PROIMI	Metano-génesis y tratamiento anaeróbico de vinaza de alcohol y otros efluentes.	<p>a) Estudios sobre metanogénesis y obtención de microorganismos genéticamente mejorados.</p> <p>b) Diseño y construcción de reactores experimentales continuos para el tratamiento de vinaza.</p> <p>c) En base a los datos obtenidos, se está en la etapa de instalación de una planta piloto con un reactor continuo de 30.000 litros en una destilería autónoma de la zona, que produce aproximadamente 200.000 litros de etanol por día.</p>
	Mejora-miento genético de cepas industriales de levaduras.	<p>a) Método básico empleado; Fusión de protoplastos. Transferencia de los genes FLO, DEX y SUC a cepas de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> con buenas cualidades fermentativas. Como resultado, se espera obtener cepas con propiedades mejoradas desde el punto de vista industrial, actividad y poder fermentativos, facilidad de separación (floculantes) y utilización de dextrinas. Esto último es de suma importancia en la fabricación de cerveza.</p> <p>b) Mejoramiento genético de levaduras imperfectas por fusión de <i>Candida utilis</i> (petite) y <i>Saccharomyces cerevisiae</i>. Se espera obtener información sobre mecanismos básicos y cepas con características favorables para la producción de alcohol.</p> <p>c) Estudio de la tolerancia al alcohol en levaduras vinicas. Se comenzó el trabajo con <i>Saccharomyces cerevisiae</i>, tipo Montrachet. Se tratará de establecer la interrelación tolerancia-composición de la pared-genoma. Se considera la posibilidad de transferir la resistencia al alcohol a cepas industriales.</p> <p>d) Obtención de híbridos capaces de fermentar xilosa por fusión de <i>Candida utilis</i> con <i>Saccharomyces cerevisiae</i>, o con <i>Schizosaccharomyces pombe</i>. La finalidad es obtener cepas capaces de fermentar hexosas y pentosas, con el objeto, entre otros, de utilizar hidrolizados celulósicos para la producción de alcohol.</p> <p>e) Diploidización de cepas industriales poliploides y análisis genético. Hibridización o fusión. Se pretende obtener información básica y analizar las posibilidades de aplicación industrial de los diploides.</p>
	Proteína unicelular.	<p>a) Obtención de proteína bacteriana a partir de residuos celulósicos.</p> <p>b) Levadura forrajera a partir de vinazas.</p> <p>c) Estudios sobre fisiología de <i>C. utilis</i> en vistas a su utilización para obtener PUC (Proteína Unicelular).</p> <p>d) Mejoramiento genético de cepas para obtener PUC con diferentes sustratos.</p>
	Producción continua de etanol .	<p>a) Levaduras inmovilizadas en distintos soportes.</p> <p>b) Diseño y experimentación de reactores.</p> <p>c) Utilización de cepas de <i>Zymomonas flocculantes</i> y no flocculantes, libres e inmovilizadas.</p> <p>d) Mejoramiento genético de cepas.</p>

Las primeras líneas de investigación del PROIMI se exploran teniendo como guía dos entrevistas a integrantes, artículos científicos y publicaciones en revistas de difusión. Estas líneas tienen un anclaje regional e internacional a nivel científico y tecnológico, donde se puede notar el perfil académico y la inserción en redes internacionales de microbiología y biotecnología. Se identifican en principio cuatro líneas: metanogénesis y tratamiento anaeróbico de vinaza de alcohol y otros efluentes, mejoramiento genético de cepas industriales de levaduras, proteína unicelular y producción continua de etanol. Estas líneas se relacionaban a problemas regionales, en especial la producción de alcohol como se mencionó en la primera sección, pero también el tratamiento y aprovechamiento de efluentes de la industria azucarera para producir biogás. Es que fue en los años '60 cuando comienzan a adoptarse técnicas biotecnológicas de tratamiento de efluentes y de tratamiento de sustancias tóxicas, principalmente por industrias químicas en Europa (Bud, 1991, 1994). Para ese momento, la línea de mejoramiento de levaduras utilizaba técnicas de punta de la microbiología, fusionando células con características seleccionadas. En cuanto a la línea de proteína unicelular se centraba en aprovechar efluentes y desechos de la industria azucarera para obtener un producto con valor alimenticio para humanos o para la producción pecuaria. Internamente las líneas temáticas “competían” entre sí por la resolución de un problema como el de la producción de alcohol con bacterias o levaduras. Sobre esta cuestión, Faustino Siñeriz compara, en un texto de 1982, las levaduras y las bacterias, siendo él mismo especialista en éstas últimas:

Así como las *Zymomonas* convierten glucosa en alcohol a partir de una vía menos eficiente, esta tiene que convertir más sustrato que las levaduras para obtener la misma cantidad de energía para crecer. Por lo tanto, siendo menos eficiente para sí misma, es más eficiente como productor de combustible para nosotros (Siñeriz, 1982: 172; traducción libre).

También se mencionan en el mismo texto aspectos técnicos y logísticos del gas y el alcohol, señalando que el biogás no necesitaría un proceso de destilación como el alcohol, ni –obviamente– toda la infraestructura necesaria para ello. De todos modos, también hace notar que el transporte de gas debería realizarse en cilindros a alta compresión, lo que sería una dificultad. En los años '80, el doctor Siñeriz investigaba con sus becarios una tecnología muy innovadora en ese momento que eran los reactores anaerobios de flujo ascendente o UASB (sigla de Upflow Anaerobic Sludge Blanket), los que permitían tratar residuos agrícolas como las fibras de caña para producir biogás. De una semblanza autobiográfica (Siñeriz, 2018) se puede tomar un ejemplo de cómo Siñeriz problematizaba sus trabajos científicos en relación a la organización y temporalidad industrial de la producción de alcohol y azúcar:

El trabajo más importante en este tema –mi trabajo número 13– se publicó en la revista *Biotechnology and Bioengineering* (Sanchez-Riera y col., 1985). Uno de los desafíos con los reactores anaeróbicos de gran volumen era la puesta en marcha y llegar a régimen estacionario y también la capacidad de soportar varios meses sin uso. En la industria azucarera hay paradas de varios meses durante el verano, ya que la cosecha de caña de azúcar se realiza entre mayo y setiembre u octubre cada año (Siñeriz, 2018: 81).

La inserción científica internacional se puede observar en la línea de mejoramiento de levaduras iniciada con María Rosa Giraud y Lucía Castellanos, que se expresaron en las tesis “Mejoramiento Genético de Cepas Industriales y Fusión Celular en Levaduras” (1980) e “Hibridación y Fusión de Protoplastos en Levaduras. Expresión de Genes de Importancia Industrial” (1984), ambas en el marco del Doctorado en Bioquímica de la Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia de la UNT. Las levaduras industriales y comerciales tenían la característica de no tener capacidad de reproducción sexual, lo cual las hacía eficientes para el uso industrial que se les daba en el vino, la cerveza y la producción de alcohol. El problema, entonces, era la búsqueda de características nuevas, para lo cual planteaban la posibilidad de la hibridación con otras levaduras. Así, el uso de técnicas de fusión aplicadas a las levaduras industriales permitiría el desarrollo de nuevas cepas con características buscadas por las industrias, por ejemplo en bebidas fermentadas, alcohol o tratamiento de efluentes.

Los textos de Siñeriz (1982) y de Callieri (1984) mencionan una prueba piloto proyectada para la instalación de un “sistema continuo” para el tratamiento de vinazas que se montaría en una planta de alcohol. Esto se realizó en 1983 en una alcoholera de la localidad de Santa Lucía (Tucumán). La destilería Alcogas producía alcohol a partir de la caña de azúcar y desechaba vinazas, un efluente contaminante. A partir de un convenio con inversión del Estado nacional y con el diseño del PROIMI, construyeron una planta de tratamiento con sistema continuo de tamaño pequeño, 25 m³ (Siñeriz, 2009). Al poco tiempo, la empresa quebró y todas las instalaciones y equipos quedaron en el establecimiento, no pudiendo la institución científica recuperar los equipos (Siñeriz, 2009). La intención, como refiere Siñeriz (1982), era demostrar a partir de la prueba piloto el buen funcionamiento de la técnica para luego replicarlas en mayor escala.

Otra línea de investigación se relacionaba con la producción de una proteína económica para alimentación humana y de animales a partir de microorganismos, la que parecía prometedora. Se trataba de una “promesa de la biotecnología” que, hacia fines de la década de 1970 y principios de la de 1980, prometía “darle de comer al mundo” (Stagnaro, 2015),¹⁴ utilizando residuos

agrícolas e industriales como materia prima para producir la proteína a partir de microorganismos. Como se mencionó, los primeros integrantes del PROIMI eran bioquímicas y bioquímicos e ingenieros químicos especializados en fisiología microbiana. Sus investigaciones tenían un carácter aplicado y podía llegar hasta una escala piloto, es decir, al punto previo a su uso industrial. Esto se puede observar en distintos artículos científicos donde los procesos analizados tienen como objetivo la optimización de un microorganismo o un proceso de fermentación para un uso potencial en la industria. Los “residuos agrícolas” de la caña de azúcar se proponían como un “sustrato económico” para la producción de proteína unicelular y la obtención de un producto de mayor valor.

Como es evidente, las líneas identificaban problemáticas comunes como el tratamiento de efluentes, residuos agrícolas e incluso energía. Sin embargo, las técnicas, métodos y objetos de estudio eran divergentes, algunas en estado exploratorio y otras más depuradas, como la que se aplicó en la planta piloto construida en la planta de Alcohó. Desde ya, en el período relevado comenzaban a fundarse otras actividades, servicios e investigaciones. En los artículos relevados se vislumbran las líneas de investigación que se abrirán años más tarde en ecología microbiana y áreas diferenciadas en levaduras y bacterias.

CONCLUSIONES

En este artículo se propone una aproximación a la emergencia de una institución científico-tecnológica, el PROIMI, y sus primeras líneas de investigación. Se realizó una introducción a partir de literatura historiográfica, historia y sociología de la biotecnología, políticas científicas y universitarias. Posteriormente, se exploraron las líneas de investigación del PROIMI, sus técnicas y objetos a partir de entrevistas, informes, artículos científicos y semblanzas biográficas.

En primer lugar, se recorren de manera sintética distintos antecedentes considerados relevantes: la presencia de una institución de apoyo a la tecnología azucarera y las problemáticas del sector azucarero que incidieron en la creación del PROIMI. Se señala el contexto mundial signado por la crisis del petróleo en la década de 1970 y el ascenso de las técnicas biotecnológicas en la producción de combustibles y tratamiento de efluentes. En segundo lugar, se situó la creación del PROIMI en un contexto universitario y de política científica tecnológica. El contexto político era el de la dictadura cívico-militar (1976-1983) y sus intervenciones en la política científica-tecnológica y universitaria. Se señala el mayor aumento de los recursos destinados al CONICET con relación a lo que se destinaba a las universidades nacionales, y la creación de nuevos institutos. Con el regreso de la democracia en el año 1983, se potencia el área biotecnológica con distintas políticas científico-tecnológicas y de formación. A nivel de la relación con la UNT existían cátedras de formación y

enseñanza como la de Microbiología Industrial. Además, algunos integrantes del PROIMI y actores afines tenían posiciones de gestión que posiblemente ayudaron a la emergencia y consolidación de la institución. En cuanto a la formación de investigadores y sus perfiles, se consideraron algunas características de la UNT, con las consolidadas carreras de Bioquímica e Ingeniería Química, las más representativas del trabajo en microbiología industrial y de desarrollo de pruebas piloto en bioprocesos que caracterizaban los objetivos del PROIMI.

Por último, algunas de las investigaciones y tecnologías desarrolladas tenían como escenario el sector azucarero, aunque su uso potencial era más amplio. Los artículos relevados fueron publicados en revistas científicas internacionales y de organizaciones como la UNESCO, lo que da una pauta de la inserción de los investigadores y la institución en circuitos internacionales. Esto aportaría también a caracterizar el perfil académico de los investigadores que, a su vez, podría ser relacionada a la modalidad de evaluación del CONICET. La problematización de los artículos científicos posee aspectos eminentemente técnicos pero también económicos, sociales e industriales. Algunos de los señalados fueron la utilización de materias primas y el tratamiento de efluentes, problemas sociales como la alimentación en el caso de la proteína unicelular y los tiempos y organización de la industria azucarera.

Para finalizar, en el área de la biotecnología relacionada con la fermentación se pueden observar especificidades de un momento histórico en las instituciones, formaciones, objetos y técnicas. Este tipo de análisis podría ser relevante para conectar los trabajos de tipo estructural e institucional con los que analizan discursos y significados sociales.

NOTAS

- ¹ En Argentina, existen trabajos que han analizado casos, redes o instituciones biotecnológicas nacionales relacionadas con aspectos microbiológicos y de fermentación. Vaccarezza y Zabala (2002) han estudiado el caso de una planta piloto de fermentación que comienza con líneas de fisiología microbiana y analizan como esta diversifica y multiplica sus líneas hacia la investigación científica en relación a servicios, programas y financiamientos. Otros estudios se han centrado en empresas farmacéuticas que han utilizado bacterias modificadas para expresar proteínas para la producción de medicamentos (Aguiar y Thomas, 2013). En alimentos se ha analizado el caso la transferencia de kéfir para elaborar una bebida probiótica por parte de un grupo de científicos a comedores comunitarios (Di Bello, 2014). Stagnaro (2015) ha realizado un amplio estudio etnográfico en tres centros de investigación biotecnológicos, uno de ellos relacionado con la microbiología y la fermentación. En Tucumán, se ha estudiado el desarrollo de un yogur con probióticos desde un enfoque de tecnología para la inclusión social. Estos fueron producidos por el Centro de Referencia para Lactobacilos (CERELA) (Bortz, Becerra y Thomas, 2018).

- ² Para una profundización en la historia de la Estación Experimental Agrícola de Tucumán, véase Barros Meira y Campi (2017).
- ³ Véase Campi y Bravo (2010) para un análisis histórico macrosocial de la historia de Tucumán y la industria azucarera durante el siglo XX. También la sección “Origen y desarrollo histórico del circuito de la caña de azúcar en la Argentina (1660-1990)” del artículo de Gómez Lende (2014) para un panorama sobre el circuito y producción de caña de azúcar en Tucumán en un amplio período. Y Osatinsky (2012) para una exploración histórica de la estructura productiva y laboral en la industria azucarera desde 1930 a 1970.
- ⁴ Hacia el año 2000 la producción de combustibles de origen vegetal se incrementó con Brasil y Estados Unidos como los mayores productores. En la actualidad, las llamadas bioenergías suscitan conflictos principalmente por la competencia de los cultivos con los de alimentos, pérdida de biodiversidad y otros tipos de utilización del territorio (Carolan, 2012; HLPE, 2013; Gorenstein y Ortiz, 2016).
- ⁵ Fue autoridad de la Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia de 1967 a 1970, investigadora del CONICET desde 1976 y directora del Instituto de Microbiología “Dr. Luis C. Verna”. Y, junto al Dr. Guillermo Oliver, fue fundadora del Centro de Referencia para Lactobacilos (CERELA).
- ⁶ Entre los primeros integrantes estaban María Rosa Giraudo, Lucía Castellanos de Figueroa, Oscar Molina, Danley Callieri, Faustino Siñeriz y otros. Como referencia, hacia el año 2018 la institución contaba con 16 investigadores CONICET, ocho docentes en la Universidad Nacional de Tucumán, 24 becarios CONICET, dos investigadores de otras instituciones, seis becarios de otras instituciones, seis técnicos, cinco administrativos y tres estudiantes de posdoctorado. Además de una planta de bioprocesos de 1.500 litros con certificación de Buenas Prácticas Manufactureras.
- ⁷ Un integrante del PROIMI da importancia a que en la década del 70, las carreras de Bioquímica e Ingeniería Química compartían materias en los primeros años y, según su interpretación, esto les daba un perfil particular de formación común.
- ⁸ Véase Aceñolaza (2006) sobre los periodos de los rectores de la UNT durante el peronismo (1945-1955).
- ⁹ Véase Amsterdamska (2008) para una historia sintética de los comienzos de la microbiología europea y estadounidense. Y Zabala y Rojas (2020) para un estado de la cuestión de estudios sociales de la ciencia y tecnología en microbiología en Argentina y Latinoamérica.
- ¹⁰ Luego, en búsqueda de un perfil “más ingenieril”, Cárdenas realizó una estadía en la Universidad Nacional de la Plata en la Cátedra de Industrias Bioquímicas, cuyo jefe era el doctor Rodolfo Ertola. Esta Cátedra sería parte en la creación del Centro de Investigación y Desarrollo en Fermentaciones Industriales (CINDEFI), fundado en 1972. Posteriormente el ingeniero Cárdenas tendría una amplia trayectoria en la EEAOC.

- 11 La sección analizada se llama “Visión general sobre los procesos de fermentación tradicionales en la República Argentina y su potencial de desarrollo” y forma parte del informe *Reunión de Expertos CEPAL/UNESCO sobre las consecuencias para América Latina y el Caribe de los adelantos de la biotecnología*, Montevideo, 21 al 25 de noviembre de 1983. CEPAL/UNESCO, Repositorio Digital.
- 12 Los temas propuestos eran crecimiento microbiano y taxonomía, ecología microbiana, colecciones de cultivo, control y regulación de la producción de metabolitos secundarios, antibióticos, enzimas, vitaminas y aminoácidos. Estructura y función de microorganismos, genética microbiana y selección, mejoramiento de microorganismos, fotosíntesis microbiana y patogenicidad (Callieri, 1984).
- 13 Según Siñeriz (2009) fueron USD 70.000 aportados por la Secretaría de Ciencia y Tecnología para un reactor de 25m³.
- 14 Así refiere un entrevistado por Stagnaro (2015), que se ocupa en una sección de su trabajo de una institución biotecnológica de microbiología y fermentación.

FUENTES

- CALLIERI, Danley (1984): “Visión general sobre los procesos de fermentación tradicionales en la República Argentina y su potencial de desarrollo”. En CEPAL (Ed.), *Reunión de expertos Reunión de Expertos CEPAL/UNESCO sobre las consecuencias para América Latina y el Caribe de los adelantos de la biotecnología, incluida la ingeniería genética*, Montevideo, CEPAL, pp. 104-112.
- CALLIERI, Danley A. S., NÚÑEZ, Carlos G., DÍAZ RICCI, Juan Carlos & SCIDA, Luis (1984): “Batch culture of *Candida utilis* in a medium deprived of a phosphorous source”, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 19(4), pp. 267-271.
- DÍAZ RICCI, Juan Carlos, CALLIERI, Danley & GARRO, Oscar (1987): “Determination of the optimal conditions for the continuous culture of *Candida utilis* in sugarcane stillage”, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 27, pp. 100-104.
- RODRÍGUEZ, Emilio & CALLIERI, Danley A. S. (1986): “High yield conversion of sucrose into ethanol by a flocculent *Zymomonas* sp isolated from sugarcane juice”, *Biotechnology letters*, 8(10), pp. 745-748.
- SIÑERIZ, Faustino (1982): “Microbial Fuel Production”, *Impact of Science in Society*, 32, pp. 169-177.
- SIÑERIZ, Faustino, DÍAZ, H.F. & CÓRDOBA P.R. (1981): “Fluidized Bed Reactor For The Production Of Methane From Sugar Cane Bagasse”. En MOO-YOUNG, M. & INTERNATIONAL FERMENTATION SYMPOSIUM (Eds.), *Advances in biotechnology*, Toronto, Pergamon Press, pp. 657-662.
- VAN BROOCK, María, SIERRA, Manuel & DE FIGUEROA, Lucía (1981): “Intergeneric

fusion of yeast protoplasts". En STEWART, G. and RUSSELL, I. (Eds.), *Advances in Biotechnology*, Toronto, Pergamon Press, pp. 171-176.

BIBLIOGRAFÍA

- ABIR-AM, Prina G. (2006): "The molecular transformation of twentieth-century biology". En KRIGE, J. & PESTRE, D. (Eds.), *Companion to Science in the Twentieth Century*, London, Routledge, pp. 495-524.
- ACEÑOLAZA, Florencio (2006): "La Universidad Nacional de Tucumán en la década 1945-1955". En BRAVO, M. C. y ACEÑOLAZA, F. (Eds.), *Actas del Primer Congreso de Historia de la UNT*, Tucumán, Universidad Nacional de Tucumán, pp. 447-463.
- AGUIAR, Diego y THOMAS, Hernán (2013): "De la alquimia a la biología molecular: marcos tecnológicos en tensión en una firma de biotecnología orientada a la salud humana en la década de 1980", *Eä Journal*, 5(1), pp. 1-51
- AMSTERDAMSKA, Olga (2008): "Microbiology". En BOWLER, P. y PICKSTONE, J. (Eds.), *The Modern Biological and Earth Sciences*, Cambridge, Cambridge University Press, pp. 317-341.
- BARROS MEIRA, Roberta & CAMPI, Daniel (2017): "Do outro lado dos canaviais. Circulação de saberes e estações experimentais agrícolas, Brasil e Argentina, século XX", *Varia Historia*, 33(62), pp. 523-553.
- BEKERMAN, Fabiana (2010): "Modernización conservadora: la investigación científica durante el último gobierno militar en Argentina". En BEIGEL, F. (Ed.), *Autonomía y Dependencia Académica. Universidad e investigación científica en un circuito periférico: Chile y Argentina (1950-1980)*, Buenos Aires, Eudeba, pp. 207-232.
- BEKERMAN, Fabiana (2011): "La expansión de las *research capacities* en tiempos de dictadura: la política de creación de institutos en el CONICET y su impacto en la estructura del sistema científico argentino (1974-1983)", *ESTUDIOS*, 25, pp. 121-139.
- BEKERMAN, Fabiana (2016): "El desarrollo de la investigación científica en Argentina desde 1950: entre las universidades nacionales y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas", *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 7(18), pp. 3-23.
- BORTZ, Gabriela, BECERRA, Lucas & THOMAS, Hernán (2018): "De la 'transferencia tecnológica' al desarrollo local. Dinámicas sociotecnocognitivas en el caso del Yogurito escolar (Argentina, 1984-2015)", *Apuntes*, 45(82), pp. 33-69.
- BRAVO, María Celia (2017): "Crisis y colapso de la industria azucarera crisis tucumana (1955-1965)". En BRAVO, M. C. (Coord.), *Historia agraria de Tucumán. Actores, expresiones corporativas y políticas. Siglo XIX y XX*, Buenos Aires, Ediciones

Imago Mundi, pp. 165-205.

- BRAVO, María Celia y RIVAS, Ana (2017): "La producción agrícola de Tucumán (1976-2001): un espacio diversificado". En BRAVO, M. C. (Coord.), *Historia agraria de Tucumán. Actores, expresiones corporativas y políticas. Siglo XIX y XX*, Buenos Aires, Ediciones Imago Mundi, pp. 245-276.
- BUD, Robert (1991): "Biotechnology in the Twentieth Century", *Social Studies of Science*, 21(3), pp. 415-457.
- BUD, Robert (1994): *The uses of life: A history of biotechnology*, Cambridge, Cambridge University Press.
- BUSTELO, Julieta (2017): "La destrucción del aparato productivo azucarero: cierre de los ingenios y el recorte de los cupos de producción (1966-1976)". En BRAVO, M. C. (Coord.), *Historia agraria de Tucumán. Actores, expresiones corporativas y políticas. Siglo XIX y XX*, Buenos Aires, Ediciones Imago Mundi, pp. 207-240.
- CALLON, Michel (1998): "El proceso de construcción de la sociedad. El estudio de la tecnología como herramienta para el análisis sociológico". En DOMÈNECH, M., TIRADO SERRANO, F. J. y CALLON, M. (Comps.), *Sociología simétrica: Ensayos sobre ciencia, tecnología y sociedad*, Barcelona, Gedisa, pp. 143-170.
- CAMPI, Daniel (1990): "Política azucarera argentina 1945-1990. Regulación y crisis". Ponencia inédita presentada en *The Internacional Sugar Economy in the Post-War World: 1945-90*, Gran Bretaña.
- CAMPI, Daniel y BRAVO, María Celia (1998): "Juan B. Terán, Julio Prebisch y los primeros 25 años de la UNT". En CAMPI, D. (Comp.), *50 años de la Facultad de Ciencias Económicas 1947-1997*, Tucumán, Facultad de Ciencias Económicas - UNT.
- CAMPI, Daniel y BRAVO, María Celia (2010): "Aproximación a la historia de Tucumán en el siglo XX. Una propuesta de interpretación". En ORQUERA, F. (Coord.), *Ese ardiente jardín de la República. Formación y desarticulación de un campo cultural. Tucumán, 1880-1975*, Córdoba, Alción Editora, pp. 13-44.
- CAROLAN, Michael (2009): "A Sociological Look at Biofuels: Ethanol in the Early Decades of the Twentieth Century and Lessons for Today", *Rural Sociology*, 74(1), pp. 86-112.
- CAROLAN, Michael (2012): *The sociology of food and agriculture*, London, Routledge.
- CROSS, William (1952): *La Estación Experimental Agrícola de Tucumán, de 1914 a 1946. Trabajos e informes publicados*, Buenos Aires, Salvat.
- DI BELLO, Mariana Eva (2014): "Producción de conocimientos científicos y saberes locales en el caso de la incorporación de un alimento probiótico en la dieta de comedores comunitarios", *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad-CTS*, 9(26), pp. 179-199.

- FELD, Adriana (2015): "Ciencia y dictadura en la SECyT y el Conicet: el modelo de política científico-tecnológica de la Revolución Argentina al Proceso de Reorganización Nacional (1966-1983)". En GÁRGANO, C. (Comp.), *Ciencia en dictadura: trayectorias, agendas de investigación y políticas represivas en Argentina*, Buenos Aires, INTA, pp. 35-62.
- GÓMEZ LENDE, Sebastián (2014): "Agricultura, agroindustria y territorio en la Argentina: crisis y reestructuración del circuito azucarero de la Provincia de Tucumán (1990-2012)", *Geografia em Questão*, 7(2), pp. 47-73.
- GORENSTEIN, Silvia Mirta y ORTIZ, Ricardo (2016): "La tierra en disputa: agricultura, acumulación y territorio en la Argentina reciente", *Revista Latinoamericana de Estudios Rurales*, 1(2), pp. 1-26.
- HLPE (2013): *Los biocombustibles y la seguridad alimentaria. Un informe del Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición. Junio 2013*, Roma, Comité de Seguridad Alimentaria Mundial. Disponible en [<http://www.fao.org/3/a-i2952s.pdf>], consultado el 10.08.2019.
- HURTADO, Diego y BUSALA, Analia (2006): "De la 'movilización industrial' a la 'Argentina científica': la organización de la ciencia durante el peronismo (1946-1955)", *Revista Da SBHC*, 4(1), pp. 17-33.
- MOYANO, Daniel (2013): "El alcohol de melaza. Análisis sobre el desarrollo y consolidación de una actividad 'derivada' de la agroindustria azucarera tucumana (1880-1910)", *H-industri@. Revista de historia de la industria, los servicios y las empresas en América Latina*, 7(13), pp. 1-35.
- MOYANO, Daniel, CAMPI, Daniel y LENIS, María (2011): "La formación de un complejo científico-experimental en el norte argentino. La estación experimental agrícola de Tucumán (1909-1922)", *Prohistoria*, 16, pp. 1-18.
- NIMMO, Richie (2011): "Actor-Network Theory and Methodology: Social Research in a More-Than-Human World", *Methodological Innovations*, 6(3), pp. 108-119.
- OLIVER, Graciela de Souza y SZMRECSÁNYI, Tamás (2000): "Observações iniciais sobre a crise do mosaico e a modernização tecnológica da agroindústria canavieira paulista, 1920-1950". *Actas de las XVII Jornadas de História Económica*, CD Rom, Tucumán, UNT-AAHE.
- OSATINSKY, Ariel (2012): "Estructura productiva, actividad azucarera y mercado de trabajo en Tucumán", *Revista de Historia Americana y Argentina*, 47(1), pp. 41-71.
- PLOPER, Leonardo Daniel, FADDA, Guillermo Salvador y OLEA, Ignacio L. (2009): *En el mañana hoy*, Las Talitas, Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes.
- RODRÍGUEZ, Laura y SOPRANO, Germán (2009): "La política universitaria de la dictadura

- militar en la Argentina: proyectos de reestructuración del sistema de educación superior”, *Nuevo Mundo Mundos Nuevos* [En línea], disponible en [DOI: <https://doi.org/10.4000/nuevomundo.56023>], consultado el 15.08.2019.
- SIÑERIZ, Faustino (2009): “Tratamiento Anaeróbico De Vinaza”. Ponencia presentada en Seminario Taller: *Capacitación, Información y Comunicación y Tecnologías para la Producción Limpia*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Disponible en [<http://redplycs.ambiente.gob.ar>], consultado el 02.08.2019.
- SIÑERIZ, Faustino (2018). “Conozca la Argentina haciendo ciencia”, *Ciencia e Investigación Reseñas*, 6(2), pp. 75-91.
- STAGNARO, Adriana (2015): *Ciencia a pulmón: etnografías de laboratorios argentinos de biotecnología*, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Ediciones CICCUS.
- TAGASHIRA, Roberto (2007): “Institucionalización de la actividad científica en la Universidad Nacional de Tucumán en los primeros años del rectorado del Dr. Horacio Descole (1946-1947)”. Ponencia presentada en *XI Jornadas Interescuelas/Departamentos de Historia*. Tucumán, Universidad Nacional de Tucumán. Disponible en [<https://cdsa.academica.org/000-108/97.pdf>], consultado el 12.07.2019.
- TAGASHIRA, Roberto (2009): “La investigación científica y tecnológica en la Universidad Nacional de Tucumán entre 1914 y 1951 su relación con el contexto social”. Tesis de Maestría inédita, Maestría en Política y Gestión de la Ciencia y la Tecnología, UBA, Buenos Aires.
- VACCAREZZA, Leonardo y ZABALA, Juan Pablo (2002): *La Construcción de la Utilidad Social de la Ciencia: Investigadores en Biotecnología Frente al Mercado*, Bernal, Editorial UNQ.
- VANELLA, Liliana (2008): “El exilio europeo en la Universidad Nacional de Tucumán en las décadas de 1930 y 1940”. Tesis de Doctorado inédita, Ciencias de la Educación, Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba.
- VIZIOLI, José (1927): *A Indústria açucareira na República Argentina*. São Paulo, Diretoria de Publicidade da Secretaria da Agricultura, Comércio e Obras Públicas de São Paulo.
- ZABALA, Juan Pablo y ROJAS, Nicolás Facundo (2020): “Historia de la microbiología en América Latina desde la perspectiva de los Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología”, *Diálogos Revista Electrónica*, 21(1), pp. 138-165.

