RIDAA
Repositorio Institucional
Digital de Acceso Abierto de la
Universidad Nacional de Quilmes

Universidad
Nacional
de Quilmes

Barrero Salgado, Gabriel Carlos

Interacción universidad-entorno. El caso del Centro NanoMat de la Universidad de la República, Uruguay

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Argentina.
Atribución - No Comercial - Sin Obra Derivada 2.5
https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/ar/

Documento descargado de RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes de la Universidad Nacional de Quilmes

Cita recomendada:
Barrero Salgado, G. C. (2022). Interacción universidad-entorno. El caso del Centro NanoMat de la Universidad de la República, Uruguay. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, Argentina. Disponible en RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/3892

Puede encontrar éste y otros documentos en: https://ridaa.unq.edu.ar

Universidad Nacional de Quilmes
Roque Sáenz Peña 352 // Bernal
Buenos Aires // Argentina
t.: (+41 11) 4365 7100
f.: (+54 11) 4365 7101
info@unq.edu.ar

Gabriel Carlos Barrero Salgado, Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto,
Agosto de 2022, pp. 174,
http://ridaa.unq.edu.ar,
Universidad Nacional de Quilmes, Secretaría de Posgrado,
Maestría en Ciencia, Tecnología y Sociedad

Interacción Universidad-Entorno. El caso del Centro NanoMat de la Universidad de la República, Uruguay

TESIS DE MAESTRÍA

Gabriel Carlos Barrero Salgado

gabrielbarrero@gmail.com

Resumen

Inaugurado en 2008 como el primer laboratorio especializado de investigación en nanotecnologías, el Centro NanoMat es único en su tipo en Uruguay. Esta Unidad Académica se creó en el ámbito del Departamento de Experimentación y Teoría de la Estructura de la Materia y sus Aplicaciones (DETEMA), de la Facultad de Química de la Universidad de la República, con el objetivo de promover y desarrollar la investigación especializada, en el marco del impulso a la inversión en innovación. El Laboratorio se inscribe en el ámbito de una institucionalidad explícitamente concebida para atender a las demandas del Sector Productivo, y constituye la principal plataforma de investiga-ción y desarrollo de nanotecnologías del Instituto Polo Tecnológico de Pando.

Bajo este escenario, el presente estudio se propone caracterizar el estilo socio- técnico de la interacción Universidad-Entorno en el caso del Centro NanoMat. Para dar cuenta de este objetivo, en un ejercicio de carácter inductivo, se reconstruye la trayec-toria de dos desarrollos artefactuales de base nanotecnológica en los que se involucró tempranamente dicho Centro. Por un lado, la matriz extracelular sintética constituyó una apuesta de los investigadores de NanoMat como forma de generar procesos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) en un área sensible a nivel social. Por otro lado, mediante un proyecto conjunto entre el Centro NanoMat y el laboratorio nacional Grinlab (Onacril S.A.) se lanzó en 2011 al mercado el primer producto uruguayo con incorporación de nanotecnología: los preparados cosméticos en base a flor de marcela
(Achyrocline satureioides). Esta innovación ha sido presentada a nivel nacional como un ejemplo de complementación entre la academia y la empresa.

El estudio de caso se ha propuesto abrir la “caja negra” de las dinámicas interactivas NanoMat-Entorno para comprender su complejidad y multidimensionalidad. Estos pro-cesos se han constituido en una unidad relevante de análisis en la medida que posibili-taron estudiar, relacionando, actores, artefactos, problemas/soluciones, procesos y prácticas tecno-cognitivas y organizacionales singulares. De esta manera, la investiga-ción busca ser

un insumo para la reflexión teórica y política sobre los procesos de cambio tecnológico y de innovación locales, así como sobre las políticas nacionales de estímulo a la producción de conocimientos científicos y tecnológicos para la innovación.
Palabras clave: Centro NanoMat; Interacción Universidad-Entorno; Nanotecnologías

Abstract

Established in 2008 as the first research laboratory specialized in nanotechnologies, the NanoMat is the only laboratory of its kind in Uruguay. This Academic Unit was created within the scope of the Department of Experimentation and Theory on the Structure of Matter and its Applications (DETEMA, by its Spanish acronym) of the School of Chemistry of the Universidad de la República to promote and pursue specialized research as a driver for investment in innovation. The laboratory is part of an institution specifically conceived to deal with the demands of the Production Sector and is the main nanotechnology research and development platform for the Instituto Polo Tecnológico de Pando.

In that context, this paper seeks to characterize the socio-technical University- Environment interaction for the Centro NanoMat case. To meet this goal, an inductive exercise reconstructing the timeline for the development of two nanotechnological artifacts developed with the early engagement from the center is conducted. On the one hand, the NanoMat researchers pushed for the synthetic extracellular matrix to become a means to generate research, development, and innovation (R+D+I) processes in a sensitive social area. On the other hand, and through a collaboration between the Centro NanoMat and Grinlab (Onacril S.A.), a Uruguayan laboratory, the first Uruguayan product incorporating nanotechnologies was launched in 2011: Marcela (Achyrocline satureioides) flower-based cosmetic products. This innovation has been showcased at the national level as an example of complementarity between academia and business.

The case study seeks to open the “black box” of NanoMat-Environment interactive dynamics to understand their complexity and multidimensionality. The analysis of these processes is relevant for they might be studied by relating stakeholders, artifacts, problems/solutions, singular techno-cognitive and organizational processes and practices. In this way, the research attempts to contribute to the theoretical and political reflection on local technological change and innovation processes, as well as on national policies stimulating the production of scientific and technological knowledge for innovation.
Keywords: Centro NanoMat; University-Environment interaction; Nanotechnologies

Universidad Nacional de Quilmes

Interacción Universidad-Entorno

El caso del Centro NanoMat de la Universidad de la República, Uruguay

Gabriel Barrero

Maestría en Ciencia, Tecnología y Sociedad

Tesis

Director: Dr. Amílcar Davyt

Co-Director: Dr. Santiago Garrido

Bernal, Argentina

2022

Gabriel Barrero

Interacción Universidad-Entorno
El caso del Centro NanoMat de la Universidad de la República, Uruguay

Maestría en Ciencia, Tecnología y Sociedad
Universidad Nacional de Quilmes

Tesis para obtener el título de Magíster en Ciencia, Tecnología y Sociedad

Director: Dr. Amílcar Davyt (Universidad de la República, Uruguay)
Co-Director: Dr. Santiago Garrido (Universidad Nacional de Quilmes, Argentina)

Bernal, Argentina

2022

AGRADECIMIENTOS

Son muchas las personas que de distinta manera hicieron posible que este trabajo se materializara. Con mi familia estoy infinitamente agradecido, porque su apoyo incondicional hizo posible este proyecto.

A mis tutores, Amílcar Davyt y Santiago Garrido, les agradezco su generosidad, guía, estímulo y acompañamiento a lo largo de los años. Sobre todo, por confiar en mis ideas e imaginación, y permitirme plasmarlas libremente en este trabajo.

A las y los entrevistados (Helena Pardo y Luciana Pereyra, del Centro NanoMat, a Horacio Heinzen, de la Cátedra de Farmacognosia y Productos Naturales de la Facultad de Química, y a Jorge Ferrari, de Grinlab), por su disposición y generosidad a la hora de compartir información vital para el estudio. En particular, un espacial agradecimiento a Helena Pardo y a Luciana Pereyra por su tiempo, siempre buena disposición y constante apoyo. También mi agradecimiento a María José Severi por facilitarme el vínculo con Jorge Ferrari.

A todos mis amigos y compañeros, que, sin individualizarlos por temor a olvidar a alguno de ellos, de una manera u otra fueron escucha, consejeros y alentaron este proceso.

A la comunidad de la UNQ por su generosidad al permitirme acceder a una beca parcial para alumnos externos. A través de la UNQ, mi deuda con el pueblo argentino por la oportunidad brindada.

TABLA DE CONTENIDOS

Introducción 13

Capítulo 1. Antecedentes teóricos 17

1.1 Interacción Universidad-Entorno y producción de conocimientos científicos y tecnológicos 17

1.1.1 La ciencia académica y la ciencia posacadémica 17

1.1.2 La perspectiva de la Nueva Producción de Conocimiento 18

1.1.3 El modelo de la Triple Hélice 20

1.1.4 Críticas a la Nueva Producción de Conocimiento y a la Triple Hélice 21

1.1.5 El capitalismo académico 25

1.1.6 La "Segunda Revolución Académica" 27

1.2 Interacción Universidad-Entorno y producción de conocimientos científicos y tecnológicos en América Latina 29

1.2.1 Pensamiento Latinoamericano en Ciencia, Tecnología y Desarrollo 29

1.2.2 Críticas a modelo difusionista de la ciencia 34

1.2.3 La alianza entre la ciencia académica y la utilidad 35

1.2.4 Una "mirada desde el Sur" 37

1.2.5 Un nuevo rol para la universidad pública 39

Capítulo 2. El Centro NanoMat 42

2.1 El contexto de la emergencia del Centro NanoMat. Genealogía reciente de los instrumentos para la vinculación CTI y Entorno en Uruguay 42

2.2 El primer laboratorio nacional especializado en nanotecnologías 55

Capítulo 3. Abordaje teórico-metodológico 61

3.1 Abriendo la "caja negra" de las tecnologías 61

3.1.1 Los grandes sistemas tecnológicos 62

3.1.2 Las redes tecno-económicas 64

3.1.3 El constructivismo social de la tecnología 67

3.2 El análisis socio-técnico de las tecnologías 68

3.3 Interacción NanoMat-Entorno desde el abordaje socio-técnico: conceptos para el análisis 71

3.3.1 Relación problema/solución 72

3.3.2 Grupos sociales relevantes 73

3.3.3 Flexibilidad interpretativa 73

3.3.4 Marco tecnológico 75

3.3.5 Funcionamiento/no funcionamiento y alianzas socio-técnicas 76

3.3.6 Dinámica socio-técnica 79

3.3.7 Trayectoria socio-técnica 79

3.3.8 Estilo socio-técnico 81

Capítulo 4. Diseño metodológico, estrategia y técnicas de investigación 83

4.1 Diseño metodológico 83

4.2 Tipologías: dos artefactos ejemplares 87

4.3 El discurso como dato 89

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos 91

4.5 Estrategia y técnicas para el análisis de datos 94

Capítulo 5. Trayectoria socio-técnica de la membrana sintética para reposición dérmica 96

Capítulo 6. Trayectoria socio-técnica de los preparados cosméticos en base a marcela 123

Capítulo 7. Análisis comparado de las trayectorias socio-técnicas de los artefactos 136

7.1 Descripción general 136

7.2 Dinámicas problema/solución 140

7.3 Grupos sociales relevantes y alianzas socio-técnicas 141

7.4 Conocimientos y aprendizajes tecno-cognitivos y organizacionales 146

Capítulo 8. Estilo socio-técnico de interacción NanoMat-Entorno 151

8.1 Descripción del patrón interactivo 151

8.2 Análisis del estilo de interacción NanoMat-Entono 154

8.3 Consideraciones finales 159

Bibliografía 161

Anexo 174

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Representación de la estructura institucional Centro NanoMat, PTP y PCTP	60
Figura 2.	Esquema del diseño metodológico.	86
Figura 3.	Prototipo de piel sintética creado en el Centro NanoMat.	88
Figura 4.	Prototipo de piel sintética creado en el Centro NanoMat.	88
Figura 5.	Publicidad crema cosmética Actenz Platinum Fresca.	89
Figura 6.	Universo discursivo, modalidades discursivas (discurso oral y escrito) y discurso-texto.	90
Figura 7.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	94
Figura 8.	Primera alianza socio-técnica de la piel sintética.	109
Figura 9.	Segunda alianza socio-técnica de la piel sintética.	114
Figura 10.	Tercera alianza socio-técnica de la piel sintética.	122
Figura 11.	Primera alianza socio-técnica de los preparados cosméticos a base de marcela.	128
Figura 12.	Segunda alianza socio-técnica de los preparados cosméticos a base de marcela.	135
Figura 13.	Sub-entornos del Centro NanoMat.	141

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Objeto de análisis, preguntas y objetivos de investigación.	16
Tabla 2.	Problemas originales que justificaron la emergencia de los desarrollos artefactuales estudiados.	89
Tabla 3.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos y criterios de búsqueda y selección.	93
Tabla 4.	Descripción general de las trayectorias de los artefactos comparada.	139
Tabla 5.	Actores institucionales por sub-entorno en el marco de los desarrollos artefactuales.	142
Tabla 6.	Características de los sub-entornos en el marco de los desarrollos artefactuales.	143
Tabla 7.	Entrevistados, rol que ocupan en relación a los desarrollos, fecha de entrevista y modalidad.	174

SIGLAS Y ABREVIATURAS

ANCAP	Administración Nacional de Combustibles, Alcohol y Portland
ANP	Administración Nacional de Puertos
ANII	Agencia Nacional de Investigación e Innovación
CEI	Centro de Extensionismo Industrial
CENAQUE	Centro Nacional de Quemados
CINQUIFIMA	Centro en Nanotecnología y Química y Física de Materiales
CIU	Cámara de Industrias del Uruguay
CONICYT	Consejo Nacional de Innovación, Ciencia y Tecnología
CSIC	Comisión Sectorial de Investigación Científica
CTI	Ciencia, tecnología e innovación
CyT	Ciencia y tecnología
DETEMA	Departamento de Experimentación y Teoría de la Estructura de la Materia y sus Aplicaciones
DICyT	Dirección de Innovación, Ciencia y Tecnología para el Desarrollo
EP	Entorno Productivo
FMED	Facultad de Medicina
FPNT	Fondo de Promoción de Tecnologías Agropecuaria
FQ	Facultad de Química
FUNDAQUIM	Fundación para el Progreso de la Química
GMI	Gabinete Ministerial de la Innovación
G-Nanotec-Uy	Grupo Interdisciplinario Nanotecnología Uruguay
IAEA	International Atomic Energy Agency
IIBCE	Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable
I+D	Investigación y desarrollo
I+D+i	Investigación, desarrollo e innovación

INDT	Instituto Nacional de Donación y Trasplante de Células, Tejidos y Órganos
INIA	Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria
IPTP	Instituto Polo Tecnológico de Pando
LATU	Laboratorio Tecnológico del Uruguay
LEA	Laboratorio de Experimentación Animal
MEC	Ministerio de Educación y Cultura
MIEM	Ministerio de Industria, Energía y Minería
MSP	Ministerio de Salud Pública
PCTP	Parque Científico y Tecnológico de Pando
PENCTI	Plan Estratégico Nacional en Ciencia, Tecnología e Innovación
PLEDUR	Plan Estratégico de la Universidad de la República
PYMES	Pequeñas y medianas empresas
SNI	Sistema Nacional de Innovación
SP	Sector Productivo
UdelaR	Universidad de la República
U-E	Universidad y Entorno
U-EP	Universidad y Entorno Productivo
U-SP	Universidad y Sector Productivo
UTE	Administración Nacional de Usinas y Transmisiones Eléctricas
VUSP	Programa de Vinculación con el Sector Productivo

INTRODUCCIÓN

En América Latina la interacción entre Universidad y Entorno (U-E) se ha concebido como estratégica a la hora de promover el desarrollo social y económico de los países, fundamentalmente a través del estímulo de procesos de innovación científica y tecnológica. Las configuraciones que asumen los modos de vinculación U-E se encuentran estrechamente relacionadas con las formas en que se producen conocimientos, con los contratos entre ciencia y sociedad, y con el rol que asumen las universidades en el dinámico escenario global. La interacción U-E constituye un fenómeno complejo y de naturaleza diversa, en el que se ponen en circulación racionalidades científico-tecnológicas, sociales, políticas y económicas[1]. En Latinoamérica los estilos de interacción U-E se inscriben en racionalidades que son propias de la región, al tiempo que asumen especificidades en cada escenario local.

Desde finales de la década de 1980, con el regreso a la vida democrática en Uruguay, desde la Universidad de la República (UdelaR) se diseñaron y promovieron distintas estrategias de relacionamiento U-E, a partir de posicionar a la Universidad Pública como un espacio privilegiado para la generación de conocimientos científicos y tecnológicos, y con ello para el desarrollo nacional. A partir de la década de 1990 se estimuló a que la interacción UdelaR-Entorno se concibiera en el marco de la detección de la demanda de conocimientos y capacidades endógenas, y se orientara a la resolución de problemas concretos del Sector Productivo (SP) local. Desde entonces, la UdelaR también asumió un rol protagónico en procesos de investigación y desarrollo (I+D) vinculados a las nanotecnologías.

Dado el destacado papel de la UdelaR en la consolidación de dichos procesos, resulta de interés conocer y reflexionar sobre las formas que asumen estas dinámicas interactivas en el marco de configuraciones institucionales concretas. En Uruguay son escasos los estudios que se proponen caracterizar el vínculo U-E para la innovación CyT a

[1] Las diversas formas de interacción U-E están estrechamente relacionadas con las finalidades y funciones que se adjudica a la universidad, configurándose a partir de ello distintos modelos de universidad (Davyt y Cabrera, 2014).

partir de abordar experiencias institucionales enmarcadas en procesos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) en el área de las nanotecnologías.

Inaugurado en 2008 como el primer laboratorio especializado de investigación en nanotecnologías, el Centro NanoMat es único en su tipo en Uruguay. Esta Unidad Académica se creó en el ámbito del Departamento de Experimentación y Teoría de la Estructura de la Materia y sus Aplicaciones (DETEMA), de la Facultad de Química (FQ) de la UdelaR, con el objetivo de promover y desarrollar la investigación especializada, en el marco del impulso a la inversión en innovación. El Laboratorio se inscribe en el ámbito de una institucionalidad explícitamente concebida para atender a las demandas del SP, y constituye la principal plataforma de I+D en nanotecnologías del Instituto Polo Tecnológico de Pando (IPTP).

Bajo este escenario, el presente estudio se propone caracterizar el estilo sociotécnico de la interacción U-E en el caso del Centro NanoMat. Para dar cuenta de este objetivo, en un ejercicio de carácter inductivo, se reconstruye la trayectoria de dos desarrollos artefactuales de base nanotecnológica en los que se involucró tempranamente dicho Centro. Por un lado, la matriz extracelular sintética constituyó una apuesta de los investigadores de NanoMat como forma de generar procesos de I+D+i en un área sensible a nivel social. Por otro lado, mediante un proyecto conjunto entre el Centro NanoMat y el laboratorio nacional Grinlab (Onacril S.A.) se lanzó en 2011 al mercado el primer producto uruguayo con incorporación de nanotecnología: los preparados cosméticos en base a flor de marcela (*Achyrocline satureioides*). Esta innovación ha sido presentada a nivel nacional como un ejemplo de complementación entre la academia y la empresa.

El estudio de caso se ha propuesto abrir la “caja negra” de las dinámicas interactivas NanoMat-Entorno para comprender su complejidad y multidimensionalidad. Estos procesos se han constituido en una unidad relevante de análisis en la medida que posibilitaron estudiar, relacionando, actores, artefactos, problemas/soluciones, procesos y prácticas tecno-cognitivas y organizacionales singulares. De esta manera, la investigación busca ser un insumo para la reflexión teórica y política sobre los procesos de cambio tecnológico y de innovación locales, así como sobre las políticas nacionales de estímulo a la producción de conocimientos científicos y tecnológicos para la innovación.

El documento se organiza en ocho capítulos. En el Capítulo 1 se realiza una revisión de antecedentes teóricos que relacionan el análisis y reflexión sobre los procesos de vinculación U-E con las dinámicas de producción de conocimientos científicos y tecnológicos en el plano internacional, primero, y desde América Latina, después. De acuerdo a la estructura argumental que presenta el trabajo, se ha optado por un criterio lógico antes que cronológico, sin que por ello se desconozca lo precursora y fermental que ha sido la región latinoamericana en la generación de insumos y reflexiones teóricas al respecto. En el Capítulo 2 se parte de una genealogía de los distintos instrumentos diseñados y ejecutados en las últimas décadas en Uruguay para estimular, de forma explícita, la vinculación entre U-E para la innovación CyT; con especial énfasis en aquellos instrumentos que involucran a la UdelaR. Esta descripción permite contextualizar la emergencia del Centro NanoMat. En el Capítulo 3 se presenta el abordaje teórico-metodológico. En el Capítulo 4 se expone el diseño metodológico, la estrategia y las técnicas de investigación. Los capítulos 5 y 6 están reservados para la reconstrucción de las trayectorias socio-técnicas de los dos artefactos tecnológicos seleccionados. En el Capítulo 7 se realiza el análisis comparado de las trayectorias socio-técnicas de dichos desarrollos artefactuales. A partir de ello, en el Capítulo 8 se lleva adelante la descripción y análisis del estilo socio-técnico de interacción NanoMat-Entorno.

Objeto de análisis			
Estilo socio-técnico de interacción NanoMat-Entorno		Trayectoria socio-técnica de dos desarrollos artefactuales de base nanotecnológica en los que se involucró tempranamente el Centro NanoMat. Artefactos ejemplares.	
Preguntas de investigación			
Pregunta central	¿Qué características posee el estilo socio-técnico de interacción NanoMat-Entorno?	**Preguntas desagregadas**	¿Qué características posee la trayectoria socio-técnica de la membrana sintética para reposición dérmica?
			¿Qué características posee la trayectoria socio-técnica de los preparados cosméticos en base marcela?
Objetivos de investigación			
Objetivo general	Caracterizar el estilo socio-técnico de interacción NanoMat-Entorno.	**Objetivos específicos**	Reconstruir las trayectorias socio-técnicas de la membrana sintética para reposición dérmica.
			Reconstruir las trayectorias socio-técnicas de los preparados cosméticos a base de marcela.
◄- **INFERENCIA TEÓRICA:** Reconstrucción del estilo de interacción NanoMat-Entorno a partir del análisis empírico del nivel artefactual (trayectoria histórica de los artefactos).			

Tabla 1. Objeto de análisis, preguntas y objetivos de investigación.

CAPÍTULO 1
ANTECEDENTES TEÓRICOS

1.1 Interacción Universidad-Entorno y producción de conocimientos científicos y tecnológicos

1.1.1 La ciencia académica y la ciencia posacadémica

Para John Ziman (2000) en las últimas décadas del siglo XX el modo académico de producción de conocimiento científico sufrió transformaciones. Se transitó desde la "ciencia académica" (investigación académica tradicional) hacia la "ciencia posacadémica". El nuevo modo de producción de conocimiento no emergió en oposición a la ciencia académica, sino que se superpuso a ella. Dichas transformaciones respondieron a algo más que a la emergencia de un nuevo modo de producción de conocimiento, "se trata de una nueva forma de vida". El nuevo modo conllevó diferencias culturales y epistémicas "lo suficientemente importantes como para justificar el nuevo nombre". La nueva modalidad se orientó por intereses prácticos: "Esto se aplica en todo el espectro político, desde los militares que quieren aprovechar la ciencia para hacer la guerra a los ecologistas que quieren utilizarla para la conservación de la naturaleza" (Ziman, 2000). El nuevo interés por la utilidad práctica de los conocimientos científicos y tecnológicos –que busca dar un "valor más evidente al dinero"– implica que el conocimiento se genere de forma más estrecha "con los otros sectores de la sociedad". Ello conlleva, simultáneamente, la articulación de los intereses académicos con los intereses no académicos. De forma que la ciencia posacadémica se caracterizó por ser más permeable al contexto ("contexto de aplicación"). El interés en la resolución de problemas prácticos es motivado por un precepto moral: la "utilidad". Estos cambios se deben tanto a factores externos como internos (Ziman, 2000, p. 68). Ziman identificó los aspectos que determinaron el cambio en la ciencia académica con la colectivización de los modos de acción, los límites del crecimiento, la explotación del conocimiento, la política científica, la industrialización y la burocratización de la ciencia.

1.1.2 La perspectiva de la Nueva Producción de Conocimiento

A fines del siglo XX Gibbons et al. (1997) advertían sobre cambios en la forma en que se produce conocimiento científico. Junto a la manera tradicional (Modo 1), donde los problemas son planteados y solucionados "en un contexto gobernado por los intereses, en buena parte académicos, de una comunidad específica", la nueva forma de producción de conocimiento (Modo 2) es generada en un "contexto de aplicación". El Modo 1 es disciplinar, se caracteriza por la homogeneidad de las habilidades requeridas y responde a una estructura organizacional jerárquica y rígida. El Modo 2, en cambio, es transdisciplinar, heterogéneo en las habilidades y experiencias que aportan los implicados, se organiza en torno a una estructura heterárquica y transitoria (flexible), al tiempo que es socialmente responsable y reflexivo (Gibbons et al., 1997, p. 14). Ambos modos conviven, interactuando, y cumplen funciones diferentes. Las "normas cognitivas y sociales" que guían al Modo 1 son los de la investigación básica o la ciencia académica; es decir, sin perseguir objetivos prácticos. El Modo 2, por el contrario, "tiene la intención de ser útil para alguien, ya sea en la industria o en el gobierno o, más en general, para la sociedad, y ese imperativo está presente desde el principio" (Gibbons et al,. 1997, p. 15). De manera que la nueva forma de producir conocimiento se realiza en un contexto de negociación de los diferentes intereses involucrados. Como consecuencia, el Modo 2 incorpora nuevos criterios de legitimidad de la producción de conocimientos. Ahora bien, esta nueva modalidad no se remite al "desarrollo de un producto llevado a cabo para la industria". Implica algo más que consideraciones comerciales, es un proceso complejo en el que operan factores de la oferta y la demanda, intelectuales, sociales, políticos y económicos más generales. En el nuevo Modo la ciencia no se atiene meramente al mercado puesto que se difunde a través de la sociedad. El "sistema de producción de conocimiento" es "socialmente distribuido"; consecuentemente, la producción de conocimiento está impregnada por la "responsabilidad social". Desde esta óptica, en el Modo 2 las universidades se posicionan como un actor más en el complejo entramado de actores que producen conocimientos científicos y tecnológicos. Se descentra la generación de conocimiento en las universidades, y se localiza potencialmente, también, en laboratorios e institutos, centros de investigación, instituciones guberna-

mentales, laboratorios empresariales, programas nacionales e internacionales. En definitiva, esta nueva estructura responde a las exigencias de las empresas, que buscan obtener conocimiento especializado de difícil adquisición y alto costo.

> Así pues, para las empresas que representan en muchos sectores la punta de lanza de la competencia internacional, el conocimiento especializado constituye un valor añadido, pero su adquisición resulta difícil y a menudo es demasiado cara como para que las empresas individuales puedan replicarla por entero en sus instalaciones. Para satisfacer esta exigencia, las empresas se han enzarzado en una compleja variedad de disposiciones de colaboración en la que intervienen las universidades, los gobiernos y otras empresas, pertenecientes a veces incluso al mismo sector. (Gibbons et al., 1997, p. 26-27)

Para los autores el enlazamiento de las instituciones de producción de conocimiento –entre ellas las universidades– implica que éstas sean permeables a su entorno. De forma que el Modo 2 se torna viable en la medida que en dichas instituciones es posible "trazar orificios".

Ante las innumerables críticas, recibidas tanto desde la arena teórica como desde la arena política, Nowotny, Scott y Gibbons (en adelante Nowotny et al., 2002) se propusieron reforzar y revisar algunas de las principales tesis esgrimidas por Gibbons et al. siete años antes. En Re-Thinking Science se establece que la transición entre Modo 1 y Modo 2 no se limita a la ciencia, sino que también da cuenta de las transformaciones que sufre la sociedad en general. De forma que es plausible hablar de una sociedad Modo 2. En consecuencia, los cambios en la relación entre ciencia (producción de conocimientos) y sociedad debe ser entendida en un doble sentido: como la dificultad contemporánea para establecer un límite claro y preciso entre ambas esferas, y como la co-evolución de ciencia y sociedad (Nowotny et al., 2002, p. 47-48). En este sentido, Albornoz (2003, p. 226) observa que, en el marco de este posicionamiento: "La ciencia 'Modo 2' es factible en el contexto de una sociedad 'Modo 2'. Es decir que, si resulta lícito hablar de un nuevo modo de producción de conocimiento, ello es sólo el reflejo de un nuevo modo de sociedad".

1.1.3 El modelo de la Triple Hélice

Desde otra perspectiva, a finales de la década de 1990, Etzkowitz y Leydesdorff se propusieron analizar la relación entre universidad, industria y gobierno a través de lo que denominaron el modelo de la Triple Hélice. Esta perspectiva se presentó como marco conceptual para el estudio de las economías basadas en el conocimiento (Leydesdorff, 2012, p. 1), asociadas al nacimiento de un nuevo paradigma tecnológico caracterizado por el desarrollo de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones. Se originó como una propuesta sociológica para el análisis de la innovación, que pasó a constituirse en una guía –y en este sentido puede decirse que es prescriptiva– para las políticas de innovación (González de la Fe, 2009, p. 740) y, con ello, para el desarrollo económico. Esta es quizás una de las causas por la que el modelo ha encontrado gran adhesión en los países en desarrollo (Shinn, 2002, p. 197). Mediante la metáfora de la Triple Hélice Etzkowitz y Leydesdorff propusieron el análisis de distintos niveles de interacciones. La primera dimensión "es la transformación interna en cada una de las hélices" o esferas (universidad, industria y gobierno). La segunda dimensión responde al influjo de cada una de las hélices sobre la otra. La tercera "es la creación de una nueva cobertura de redes trilaterales y organizaciones a partir de la interacción entre las tres hélices" (Etzkowitz, 2002, p. 3). Así, la propuesta se presenta como un sistema flexible donde los distintos componentes institucionales convergen, al traslaparse, asumiendo cada uno el papel de los otros. Bajo esta perspectiva, la innovación es el resultado de las interacciones entre "las universidades y los entornos científicos como primera pala de la hélice, las empresas e industrias como segunda pala y las administraciones o gobiernos como tercera pala" (González de la Fe, 2009, p. 740)[2]. Para dar cuenta de la innovación como proceso dinámico, la Triple Hélice se propone como un sistema conformado por componentes inestables, que se relacionan dinámicamente y se desarrollan en forma de espiral[3]. En la interacción, o "relaciones triádicas" (Etzkowitz, 2002,

[2] "El modelo TH tiene su origen en la universidad empresarial surgida en los Estados Unidos donde existe una amplia tradición de colaboraciones entre los entornos académicos e industriales, entre la universidad y las agencias gubernamentales y entre el gobierno y las industrias" (Etzkowitz, 1989; referido por González de la Fe, 2009, p. 741).

[3] Así, la Triple Hélice da cuenta de "una nueva configuración institucional para promover la innovación" (Etzkowitz, 2002, p. 3).

p. 3) entre las distintas esferas, las universidades –en tanto lugar privilegiado para la producción de conocimientos científicos y tecnológicos– cumplen un rol dinamizador de las economías del conocimiento (innovaciones basadas en conocimiento). Como apunta González de la Fe (2009):

> La tercera función de la universidad en las economías y sociedades de conocimiento es contribuir al desarrollo económico y social local mediante innovaciones basadas en conocimientos. Esta función, dicen, se suma a las dos desempeñadas por la universidad humboldtiana de enseñanza e investigación. Etzkowitz y Leydesdorff anuncian una tercera revolución académica en marcha ya en muchas universidades. Éstas son las universidades emprendedoras que asumen la creación de empresas o de nidos empresariales en sus laboratorios e instalaciones, dando lugar a un nuevo tipo de personal universitario y a un tipo nuevo de investigador: el científico-empresario. (p. 743)

De esta forma, las universidades se conciben –se crean y se reorientan– como motor del desarrollo económico de los países.

1.1.4 Críticas a la Nueva Producción de Conocimiento y a la Triple Hélice

Para Echeverría (2009) la distinción planteada por Gibbons et al. (1997) resultaría insuficiente, por lo que propuso ampliarla al conjunto de la práctica científica, sin limitarla a la investigación: tiene tanta importancia la producción de conocimientos como su distribución, aceptación y utilización. De forma que se podrá "hablar, por tanto, de un modo 1 y un modo 2 a la hora de evaluar el conocimiento, de utilizarlo o de distribuirlo, no sólo de producirlo" (Echeverría, 2009, p. 32).

Por otra parte, Terry Shinn (2002) no sólo realizó una aguda crítica a las consideraciones realizadas desde la perspectiva de la Nueva Producción de Conocimiento sino, también, desde la óptica de la Triple Hélice. Reconoció que "las estructuras intelectuales de ambas perspectivas difieren significativamente" (Shinn, 2002, p. 197). La Nueva Producción de Conocimiento carece de un marco teórico a partir del cual sostener sus principales enunciados: "no define ni trabaja sus conceptos sociológicos clave" (Shinn, 2002, p. 198). Probablemente, esto constituiría la causa de sus "dificultades programáticas y metodológicas". Paralelamente, carecería de un

desarrollo empírico sólido. Los escasos trabajos empíricos existentes no permitían sostener las "amplias generalizaciones" elaboradas desde este enfoque (Shinn, 2002, p. 197-198). Siguiendo a Latour, para Shinn la perspectiva era "anti-diferenciacionista"; lo que significa minimizar o negar "las demarcaciones entre los cuerpos académico, técnico, industrial, político y social" (Shinn, 2002, p. 198)[4]. En pos de un conocimiento indiferenciado, desde esta óptica se rechazaba las especificidades que habría de tener el conocimiento. Es así que el Modo 2 presentado por Gibbons et al.:

> […] resulta en la muerte de las universidades, las disciplinas científicas y los laboratorios académicos y el nacimiento de temas de investigación interdisciplinarios; económica y socialmente relevantes tanto como la aparición de equipos de investigación formados por acuerdos de negocios en perpetua fluidez en el marco de un nuevo tipo de epistemología caracterizada como socialmente útil. (Shinn, 2002, p. 197)

La Nueva Producción de Conocimiento se presentaba, por lo tanto, más como una expresión de intenciones políticas que como una propuesta cognitiva.

Por otro lado, Shinn orientó su crítica al modelo de la Triple Hélice por promover una perspectiva "neo-diferenciacionista". Esto significa que no se diluyen las discontinuidades, como ocurría desde la Nueva Producción de Conocimiento –que, como se ha visto, en los términos de Shinn resultaba anti-diferenciacionista–, sino que se propone una nueva discontinuidad (Shinn, 2002, p. 201). Ahora los distintos "estamentos" (universidad, industria y gobierno) sufren transformaciones internas, al tiempo que lo hacen sus interrelaciones, dando lugar a una nueva síntesis: la Triple Hélice[5]. Esta perspectiva genera en Shinn muchas interrogantes:

> ¿Cuáles entidades concretas comprende?, ¿qué mecanismos condujeron a su

[4] Para ser más claros con la crítica que formula Shinn, para el autor "esta línea anti-diferenciacionista radical nunca es respaldada con elementos teóricos, conceptos o modelos sociológicos, permanece, en cambio, como componente flotante no integrado" (Shinn, 2002, p. 198).

[5] Así, para Shinn, la nueva síntesis que se expresa en la Triple Hélice "es definida por oposición a las tres hélices individuales relacionadas" (Shinn, 2002).

> emergencia?, ¿qué nuevas funciones desempeña?, ¿cómo podemos saber si la Triple Hélice es un sujeto 'nuevo' en vez de un reajuste que ha modificado los entornos sin modificar las instituciones establecidas?, ¿son las entidades como las incubadoras, los "start-ups", y las otras nuevas formas de asociación entre el Estado y las empresas los ejemplos decisivos de los cuales depende la validez de la Triple Hélice? (Shinn, 2002, p. 202)

Más allá de las respuestas concretas a estas interrogantes, para Shinn el marco teórico de esta perspectiva es poco claro; por lo que se requiere realizar esfuerzos en busca de mayor inteligibilidad. No obstante, a lo largo del tiempo se han producido cambios en la perspectiva que la han refinado considerablemente desde su formulación original. A partir de una revisión de trabajos posteriores de Etzkowitz y Leydesdorff, Shinn destaca la incorporación de dos ideas que contribuyen a dar claridad conceptual a la propuesta: (a) el papel central, explícito, del estamento universidad a la hora de ubicar la Triple Hélice, y, (b) la introducción de la idea de "transición permanente" en el marco teórico –es decir, la compatibilidad del modelo con los cambios menores y las co-evoluciones al interior de los estamentos– (Shinn, 2002, p. 206)[6]. De esta manera, la Triple Hélice devendrá en la universidad.

> […] los recientes cambios cognitivos y económicos han añadido a las funciones tradicionales de enseñanza, acreditación e investigación, nuevas funciones. Se preserva el rol histórico de las universidades y se lo extiende para ajustarse a las circunstancias cambiantes. Por la puerta trasera, astutamente se introduce aquí a la universidad como un elemento decisivo en los arreglos económicos y cognitivos contemporáneos. (Shinn, 2002, p. 206)

A partir de los "refinamientos" en esta perspectiva, Shinn se interroga sobre la continuidad o emergencia de un nuevo marco cognitivo orientado a comprender la relación entre ciencia, gobierno e industria.

---

[6] Concretamente el trabajo al que remite Shinn es: Etzkowitz, Henry y Leydesdorff, Loet (2000) The Dynamics of Innovation: From National Systems and 'Mode 2' to a Triple Helix of University-Industry-Government Relations. En *Research Policy*, XXIX-2, febrero, pp. 109-123.

Bajo el pretexto de la crítica llevada adelante por Shinn, Kreimer (2002) se propuso revisar algunos aspectos teóricos de "dos de los abordajes más frecuentados en la discusión de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología": la perspectiva de la Nueva Producción de Conocimiento y el modelo de la Triple Hélice. El análisis de Kreimer se centró en dos grandes interrogantes: ¿Estos modelos dan cuenta de un fenómeno nuevo? ¿Cuáles son los supuestos teórico-conceptuales que sustentan estos enfoques? Para Kreimer, "el modelo lineal y la autonomía de la esfera científica" que caracterizan al Modo 1 "son una ficción analítica que carece de verificación empírica" (Kreimer, 2002, p. 228). No es posible señalar que en el Modo 1 la utilidad del conocimiento no haya sido fundante en "la construcción epistémica de los objetos de investigación"; desde los albores de la ciencia la sociedad ha direccionado de alguna manera las agendas de investigación. Simultáneamente, Kreimer adscribe a la crítica llevada adelante por Shinn sobre el "anti-diferenciacionismo radical" que caracteriza a esta perspectiva. Sin embargo, considera –aspecto no señalado por Shinn– que este posicionamiento analítico es utilizado por los autores de la Nueva Producción de Conocimiento para dar cuenta del Modo 2 pero no para describir el Modo 1, para el cual asumen una posición más "estructural-funcionalista".

En lo que refiere al modelo de la Triple Hélice, al igual que en la perspectiva de la Nueva Producción de Conocimiento, lo que justifica la nueva propuesta analítica es "la percepción de nuevos problemas" en el ámbito de producción de conocimientos científicos y tecnológicos. Sin embargo, a diferencia del desarrollo conceptual propuesto por Gibbons y colaboradores, en la Triple Hélice los nuevos problemas no se expresan de forma abrupta, sino que:

> […] aquí las herramientas analíticas pretenden ir agregando, de manera aditiva, los problemas antiguos a los nuevos, sin que se verifique una ruptura que oponga "lo viejo" a "lo nuevo", sino que, sobre las bases de las instituciones o entidades –estamentos– precedentes se va generando una nueva dinámica. (Kreimer, 2002, p. 229)

Sin embargo, el mayor problema de esta perspectiva lo constituye el hecho de que presupone "un conjunto de entidades y de relaciones, subsumibles en la teoría de la co-

evolución", lo que brinda un margen estrecho para el desarrollo de viejas categorías centrales de las ciencias sociales. De esta manera, el modelo de la Triple Hélice, entendido desde una "lógica global", anula la riqueza sociológica del fenómeno.

Por lo tanto, ambas perspectivas presentan el problema de "suponer la necesidad de nuevos enfoques para problemas nuevos mientras que aceptan la adecuación de los enfoques tradicionales para los problemas antiguos" (Kreimer, 2002, p. 230). Por lo dicho, ninguno de los dos modelos ofrece auténticas posibilidades para la comprensión de las complejas dinámicas que hoy han asumido la producción y el uso social de los conocimientos científicos y tecnológicos. De forma que ni la Nueva Producción de Conocimiento ni la Triple Hélice proporcionan:

> […] análisis satisfactorios para comprender mejor las dinámicas relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad desde una perspectiva que integre la riqueza sociológica de los problemas actuales, junto con una relectura histórica que ponga el énfasis *tanto en las rupturas como en las continuidades* que estos procesos han experimentado. (Kreimer, 2002, p. 231)

1.1.5 El capitalismo académico

Desde una perspectiva próxima a los estudios sobre educación superior, Slaughter y Leslie (1997) introdujeron, a partir de cuatro estudios de caso, la idea de "capitalismo académico"[7]. Concepto que fue profundizado años más tarde por Slaughter y Roadhes (2004). Con la introducción de la noción de capitalismo académico se propuso analizar las transformaciones generadas en la universidad:

> […] a partir del reconocimiento del crecimiento de los mercados globales, el desarrollo de políticas nacionales centradas en la investigación aplicada y la innovación, la reducción del monto de subsidio directo del Estado a las instituciones, y el incremento de los vínculos de los académicos con el mercado. (Ibarra Colado, 2003, p. 1059)

[7] Los estudios de caso refieren a Estados Unidos, Inglaterra, Canadá y Australia.

Desde esta perspectiva se dio cuenta del involucramiento creciente de la academia –en particular de las universidades de investigación– en un proceso de mercantilización, experimentado fundamentalmente a partir de la década de 1980.

> Al usar *capitalismo académico* como nuestro concepto central definimos realmente el naciente entorno de las Universidades públicas de investigación, un entorno lleno de contradicciones en el que las facultades y los profesionales encuadrados en ellas emplean sus recursos humanos en situaciones de competencia. En ellas los empleados universitarios están simultáneamente en el sector público al tiempo que cada vez son más independientes de él. Son académicos que actúan como capitalistas frente al sector público; son empresarios subsidiados por el Estado. (Slaughter y Leslie, 1997, p. 9)[8]

Para Ibarra Colado (2003, p. 1059), Slaughter y Leslie utilizan la idea de capitalismo académico para referirse "al uso que las universidades hacen de su único activo real, el capital humano de sus académicos, con el propósito de incrementar sus ingresos"; es decir, sus recursos externos. En la nueva economía, el conocimiento, así como quien participa en su producción, se somete a las leyes del mercado. Ambos son concebidos como mercancías, por lo que son definidas por criterios fundamentalmente económicos. Bajo este contexto, las universidades constituyen un nodo más de las "redes de producción de conocimiento". Lo que es posibilitado por el hecho de que el diseño de instrumentos legales, espacios y prácticas académicas, de forma heterogénea, refuerzan el enlazamiento entre universidad y mercado. Estas transformaciones han provocado la emergencia de nuevas relaciones entre las universidades y su entorno, surgiendo nuevas tensiones y conflictos. En la estrecha vinculación de las universidades e investigadores con el mercado se halla, concomitantemente, la fuente de motivación, prestigio y financiación para los procesos de producción de conocimientos. Por otro lado, el capitalismo académico implicará cambios organizacionales, en la asignación de recursos y en la división del trabajo académico "que inciden en el establecimiento de proyectos conjuntos con el gobierno y el sector empresarial, tales como las incubadoras de empresa, los parques industriales y los contratos de servicio" (Ibarra Colado, 2003, p. 1060). A partir del

[8] La traducción es nuestra.

trabajo de Slaughter y Leslie se planteará la necesidad de "reflexionar e indagar hasta dónde el conocimiento que genera el capitalismo académico es apropiado y explotado por las universidades y sus investigadores, y en beneficio de quién" (Ibarra Colado, 2003, p. 1061). Para lo que se requerirá un gran esfuerzo de indagación empírica:

> Las políticas y programas de reestructuración de la educación superior en diversos países del mundo, aunque distintos en su conformación local y su operación específica, confluyen bajo los imperativos paradigmáticos de la privatización, la desregulación y la competitividad. La esencia de estas políticas radica en la consolidación de una estructura dual de la educación superior en la que su sector de punta, los centros de investigación y el posgrado, se articule a las necesidades de la economía para incrementar sus niveles de eficiencia y competitividad en los mercados globales. (Ibarra Colado, 2003, p. 1062)

1.1.6 La "Segunda Revolución Académica"

Para Etzkowitz y Webster (1998) durante el siglo XX las universidades experimentaron transformaciones radicales. Si la revolución académica de finales del siglo XIX y principios del XX había establecido a la investigación como una de las misiones (funciones) de la universidad –"institución que hasta ahora se había dedicado a la conservación y transmisión del conocimiento"–, la segunda revolución académica consistió en "la traducción de los hallazgos de la investigación en propiedad intelectual, una mercancía comercializable, y desarrollo económico" (Etzkowitz y Webster, 1998, p. 21)[9]. Las universidades se constituían así en agentes económicos. Estas transformaciones se produjeron en un marco en el que, tanto en contextos de industrialización como en vías de industrialización, la ciencia se convirtió en política vinculada al desarrollo económico. De forma que, mientras la primera revolución surgió estrechamente –aunque no exclusivamente– relacionada con la necesidad del Estado de promover una investigación académica capaz de contribuir al desarrollo de la agricultura, la medicina y los programas militares, la segunda revolución se vinculó "con la necesidad del Estado para estimular el crecimiento económico ante la ausencia formal de políticas industriales orientadas a

[9] La traducción es nuestra.

ello" (Etzkowitz y Webster, 1998, p. 31). En la década de 1920 se produjo un incremento del interés por la vinculación entre la universidad y la industria, que fue interrumpido por la Gran Depresión de los años treinta. Durante esta década "las fundaciones se convirtieron en una importante fuente de patrocinio de la investigación" (Etzkowitz y Webster, 1998). A lo largo de la Segunda Guerra Mundial y la posguerra:

> […] el patrocinio gubernamental a la investigación eclipsó a todas las demás fuentes, el apoyo del Estado a la ciencia fronteriza creció tan rápidamente que durante los años 1950 y 1960 el apoyo industrial a la academia disminuyó en términos relativos. (Etzkowitz y Webster, 1998, p. 24)

Esta tendencia se mantuvo hasta la década de 1970, cuando el financiamiento estatal fue sacudido por la "inestabilidad estructural de la mayoría de las economías industriales", observándose cambios en la participación por parte de gobiernos e industria en las contribuciones relativas a la I+D. Durante este periodo se produjo un incremento de la financiación del sector industrial a las universidades. El carácter comercial de la producción de conocimientos científicos y tecnológicos se desarrollará asociado a un sinnúmero de arreglos institucionales orientados a la colaboración entre universidad e industria –ya sea nuevas formas de vinculación o un nuevo énfasis en los modos tradicionales de relacionamiento–:

> Además de los contratos de investigación de corto plazo más tradicionales, programas conjuntos entre varias empresas, redes regionales de transferencia de tecnología, y nuevas iniciativas de formación académica e industrial, son sólo algunas de las formas en que el proceso de comercialización de la academia se ha producido. (Etzkowitz y Webster, 1998, p. 25)

Con la segunda revolución académica se asistió a la emergencia de "un nuevo *contrato social* entre el mundo académico y la sociedad":

> Este "contrato" requiere que el apoyo gubernamental a gran escala para la investigación académica se mantenga mientras la investigación desempeña un papel clave en la nueva economía. (Etzkowitz y Webster, 1998, p. 31)

El valor económico del conocimiento generado constituirá el *leitmotiv* del nuevo contrato social. Frente a este escenario, el proceso de comercialización de las universidades se dará en un doble sentido: por un lado, por el incremento de la financiación del sector empresarial y su mayor participación en actividades de investigación; y, simultáneamente, por el rápido crecimiento de la mercantilización interna de la academia. De forma que la investigación universitaria –al igual que la enseñanza– comenzará a ser concebida y evaluada en términos de su utilidad (valor) comercial. Es desde este marco que muchos grupos de investigación operarán bajo la lógica de las firmas. Se trata de cambios que responden a transformaciones institucionales (organizativas) que afectan tanto al interior de la académica como a la relación entre la academia y la industria. El nuevo contrato implica que, al menos potencialmente, la relación entre academia e industria es recíproca: "Si las decisiones académicas están sujetas a la influencia industrial también existe la posibilidad de que las empresas industriales admitan la influencia académica" (Etzkowitz y Webster, 1998, p. 32).

1.2 Interacción Universidad-Entorno y producción de conocimientos científicos y tecnológicos en América Latina

1.2.1 Pensamiento Latinoamericano en Ciencia, Tecnología y Desarrollo

Entre las décadas de 1960 y 1970 se desplegaron en América Latina un sinnúmero de perspectivas críticas al modelo lineal o modelo ofertista; y con ello al papel asignado por los enfoques dominantes a la ciencia y la tecnología para el desarrollo[10]. Dada la heterogeneidad de reflexiones que abarca lo que hoy se conoce como Pensamiento Latinoamericano en Ciencia, Tecnología y Desarrollo (PLACTED) no es posible afirmar que se tratara de una escuela de pensamiento. Todas estas perspectivas expresan de forma crítica –no sólo teórica sino, también, política e ideológica– el interés por la ciencia y la

[10] Se ha marcado como punto de partida del modelo lineal o modelo ofertista el célebre informe *Ciencia, la frontera sin fin* (*Science, the Endless Frontier*) elaborado por Vannevar Bush en 1945, por encargo del por entonces presidente de Estados Unidos, Franklin D. Roosevelt. Durante el periodo de posguerra, y hasta la década de 1980, la innovación fue concebida fundamentalmente como resultado del desarrollo experimental, que a su vez era producto de la investigación aplicada y ésta de la investigación básica. Este modelo lineal de innovación asignaba un lugar privilegiado a la oferta de conocimiento, definiendo lo que se conoce como 'políticas de oferta de conocimiento'.

tecnología como aspectos centrales para el desarrollo regional.

La visión de Jorge Sábato se posiciona como la más pragmática y explícita, siendo la que tuvo mayor influjo sobre las políticas de ciencia y tecnología en la región. En lo que puede considerarse una propuesta teórica precursora del modelo de la Triple Hélice, Sábato se propuso pensar la inserción de la ciencia y la tecnología en el proceso de desarrollo en un contexto periférico "como un proceso político consciente" (Sábato, 2004, p. 42). Este proceso es presentado como el resultado de acciones coordinadas de tres elementos: la infraestructura científico-tecnológica (I), la estructura productiva (E) y el gobierno (G). De forma que:

> "Podemos imaginar que entre estos tres elementos se establece un sistema de relaciones que se representaría por la figura geométrica de un triángulo, en donde cada uno de ellos ocuparía los vértices respectivos y al que llamaremos triángulo IGE" (Sábato, 2004, p. 42).

La infraestructura científico-técnica está conformada por el sistema educativo, los laboratorios, los centros e institutos de investigación, el sistema institucional encargado de la planificación, promoción, coordinación y estímulo a la investigación, los mecanismos jurídicos-administrativos, y los recursos económicos y financieros. La estructura productiva, por su parte, es entendida como "el conjunto de sectores productivos que provee los bienes y servicios que demanda una determinada sociedad" (Sábato, 2004, p. 44). El gobierno se define por el sistema institucional responsable de establecer las políticas, así como movilizar los recursos "de y hacia" la infraestructura científico-tecnológica y la estructura productiva. La capacidad para tomar decisiones en el ámbito de la ciencia y la tecnología es "el resultado de un proceso deliberado de interrelaciones" entre los tres vértices del triángulo IGE (Sábato, 2004, p. 48). Esto implica considerar las relaciones que se establecen al interior de cada vértice (intrarrelaciones), entre los vértices (interrelaciones) y entre el triángulo IGE con el contexto externo (extrarrelaciones). En el caso de América Latina, las formas débiles y en algunos casos alienadas que adquieren estas relaciones clausuran la producción de un conocimiento científico-tecnológico orientado a un proceso productivo capaz de romper con el "circulo vicioso de la

dependencia –falta de innovación–", y, con ello, con la imposibilidad de alcanzar el desarrollo nacional (Sábato y Botana, 1968, p. 9). Esta situación está configurada por la ausencia de conciencia sobre la necesidad de contar con un triángulo IGE robusto, con relaciones fluidas y permanentes. Vencer esos obstáculos implicaría la necesidad de modificar los valores, creencias y actitudes que rigen a los distintos actores involucrados en cada uno de los vértices del triángulo.

Desde una de las visiones más radicales del PLACTED, Oscar Varsavsky interpelará el lugar del científico contemporáneo al tiempo que planteará la necesidad de su transformación para contribuir al cambio social (proceso revolucionario). Una tarea que no resultaría fácil, dado que:

> […] los científicos del mundo no dudan de su institución; ellos están mucho más unidos que los proletarios o los empresarios; forman un grupo social homogéneo y casi monolítico, con estrictos rituales de ingreso y ascenso, y una lealtad completa como en el ejército o la iglesia pero basada en una fuerza más poderosa que la militar o la religiosa: la verdad, la razón. (Varsavsky, 1994, p. 7)

Varsavsky cuestionará la generación y uso del conocimiento al servicio de mercado: se trata de un accionar acrítico que no hace más que dirigir sus esfuerzos a la creación de mercancías. En un "sistema que no fuerza: pero presiona" –las universidades, lugares privilegiados que parecían constituir el único refugio para científicos e investigadores– son permeadas por la aparición de fundaciones, empresas o instituciones financiadoras.

> Ese espíritu empresarial se ha contagiado también a las universidades, en parte porque deben pedir ayuda a fundaciones y empresas por insuficiencia de fondos propios, en parte, por querer demostrar también su 'eficiencia', y sobre todo, porque están dirigidas por el mismo grupo de personas: le élite científica. (Varsavsky, 1994, p. 10)

Varsavsky destaca la necesidad de repensar una ciencia hegemónica con pretensiones de universalidad en su objeto de conocimiento (conocimiento de lo universal), su

metodología y sus criterios de evaluación. El problema radica en el colonialismo científico que sujeta culturalmente a las naciones o regiones dependientes con los países *centrales* –con la "ciencia del Norte"–.

> En pocos campos es nuestra dependencia cultural más notable que en éste, y menos percibida. Eso ocurre en buena parte porque el prestigio de la Ciencia sobre todo de la ciencia física, máximo exponente de este sistema social tan aplastante, que parece herejía tratar de analizarle en su conjunto con espíritu crítico, dudar de su carácter universal, absoluto y objetivo, pretender juzgar sus tendencias actuales, sus criterios de valoración, su capacidad para ayudarnos a nosotros, en este país, a salir de nuestro 'subdesarrollo'. (Varsavsky, 1994, p. 7)

La ciencia se ha erigido a imagen y semejanza al sistema social en el que se inscribe[11]. Ahora bien, ¿es posible un tipo distinto de ciencia? Para Varsavsky sí lo es. Se trata de una ciencia "revolucionada" en lo epistemológico y "revolucionaria" en lo político:

> […] la llamada 'ciencia universal' de hoy está tan adaptada a este sistema social como cualquier otra de sus características culturales, y por lo tanto el esfuerzo por desarrollar la investigación seria del cambio total puede producir, a plazo no muy largo, una ciencia no sólo revolucionaria sino revolucionada. (Varsavsky, 1994, p. 5)

Se trata, por tanto, de una ciencia liberada a la creatividad capaz de contribuir a la gestación de "un nuevo sistema social". Una ciencia "autónoma" de los intereses exógenos.

Otra perspectiva, dentro de la corriente del PLACTED, es la que aporta Amílcar Herrera, quien advertirá sobre la desvinculación entre las políticas nacionales de ciencia y tecnología y los intereses sociales y productivos de la región:

[11] Al conjunto de características de la ciencia contemporánea Varsavsky lo denomina "cientificismo".

> […] la mayor parte de la investigación que se efectúa guarda muy poca relación con los problemas básicos de la región. Esta falta de correspondencia entre los objetivos de la investigación y las necesidades de la sociedad es un carácter distintivo del subdesarrollo aún más importante que la escasez de investigación […]. (Herrera, 2011, p. 153)

Para Herrera, desde finales de la Segunda Guerra Mundial aumentaron los esfuerzos por parte de organismos internacionales –políticos y financieros– e instituciones –públicas y privadas– de las naciones centrales "para incrementar la capacidad científica y tecnológica de los países subdesarrollados" (Herrera, 2011, p. 151). Además, se realizaron aportes conceptuales referentes a la planificación de la ciencia y la tecnología, y se aportó a la definición de herramientas metodológicas. Aspectos que contribuyeron notablemente a la consolidación de los sistemas nacionales de investigación y desarrollo. Si bien estas estrategias posibilitaron el acceso a nuevas herramientas conceptuales, la mejora de capacidades y la incorporación de equipamiento, en términos generales se puede hablar de fracaso (Herrera, 2011, p. 152). Herrera entendió que el estancamiento o, en el peor de los casos, retroceso de la actividad científica en los países menos desarrollados "no es simplemente el resultado de una carencia, de una falta, que podría por lo tanto ser corregida con la ayuda externa, sino una consecuencia necesaria de su estructura económica y social" (Herrera, 2011, p. 154). Desde un posicionamiento antropológico crítico, para Herrera (1973) "el proceso de liberación" de los países subdesarrollados es factible en tanto se recupere la tecnología "como parte realmente integrante de su cultura":

> El problema principal es recuperar la capacidad de decisión social del uso y los fines de la tecnología; esto requiere invención en el sentido lato, pero en la mayoría de los casos, por lo menos en el futuro próximo, adaptación de elementos tecnológicos creados en los países más adelantados. (Herrera, 1973, p. 5)

Tal actitud conlleva la redefinición de lo que generalmente se comprende por adaptación de tecnología. El problema se encuentra en que la adopción de tecnologías implica la incorporación de las pautas culturales de quienes las producen, que en el mayor de los casos son las "naciones capitalistas" más desarrolladas. De forma que las

tecnologías producidas en ellas se convierten, en la práctica, en las únicas posibles. Sin embargo, la generación de una capacidad tecnológica endógena no es una tarea fácil. Por un lado, porque se requiere lograr una ruptura con los valores culturales de los países más poderosos del planeta. Por otro lado, porque se trata de esfuerzos de largo aliento que entran en tensión con las necesidades más urgentes que emergen en los países subdesarrollados. En suma, para que el desarrollo científico y tecnológico se convierta en una "manifestación legítima" de las aspiraciones, necesidades y capacidades de los países, las acciones se deben desplegar en el plano político, social y cultural, y no estrictamente en la esfera científica-tecnológica. Este es el único camino para recuperar "la tecnología como forma de expresión propia" (Herrera, 1973, p. 10). En este sentido, Herrera sugiere dos objetivos esenciales a alcanzar: en primer lugar, incorporar la participación activa de toda la sociedad o comunidad "en el proceso de generación de soluciones tecnológicas". En segundo lugar, la necesidad de redirigir el sistema científico-tecnológico a efectos de hacerlo "más flexible y receptivo a las demandas de la sociedad".

1.2.2 Críticas a modelo difusionista de la ciencia

George Basalla (1967) analizó cómo en el contexto de mundialización de la ciencia el conocimiento científico occidental generado en los países centrales –más concretamente en Europa occidental– se difundió hacia los países periféricos. Esta "difusión o mundialización" debe ser concebida en tres fases (Basalla, 1967, p. 611). La primera, caracterizada por la expansión colonial, se asocia a la exploración de nuevas tierras por parte de los científicos de Europa occidental. La segunda fase, denomina "ciencia colonial", es una etapa caracterizada por el influjo de la cultura científica europea sobre las culturas no europeas (*dependencia cultural*). La última etapa, de "tradición (o cultura) científica independiente", se define por la autonomía de los científicos de la periferia para definir su propias agendas, instituciones y capacidades.

Como crítica al modelo difusionista de la ciencia surgieron enfoques teóricos que propusieron considerar la especificidad de la producción de conocimientos científicos y tecnológicos en la periferia. En el caso latinoamericano, Marcos Cueto se presentó como uno de los principales exponentes de esta corriente. Para Cueto (1989) comprender la

producción científica –lo que puede hacerse extensivo a la producción tecnológica– en la periferia, y en particular de América Latina, implica contextualizarla en el ámbito social, cultural, económico y político específico en el que se produce. De esta forma, es plausible sostener que quienes producen conocimiento científico en contexto de periferia no son meros receptores. Significa que incluso los procesos de transferencia de este tipo de conocimientos a los países periféricos no son automáticos (lineales). La "ciencia en la periferia" sigue reglas propias, y distintas a la de los países centrales, por lo que "deben ser entendidas no como síntomas de atraso o modernidad, sino como parte de su propia cultura y de las interacciones con la ciencia internacional" (Cueto, 1989, p. 7). De esta manera Cueto propone diferenciar la "ciencia de la periferia" de la "ciencia periférica". La idea de "excelencia científica" introducida por Cueto ayuda a poner "de manifiesto el carácter heterogéneo de las comunidades científicas locales que el concepto de ciencia periférica tiende a desdibujar" (Kreimer, 2000, p. 194).

1.2.3 La alianza entre la ciencia académica y la utilidad

La ciencia se encuentra en transición, advertía Vessuri (1995a) a mediados de la década de 1990. Esta transición se expresó en "cambios en la práctica científica, en la organización de esa práctica y en la finalidad o destino de la actividad". Entre otras cosas, dichos cambios se asocian al auge de la relevancia dada a la relación entre Universidad y Sector Productivo (U-SP). Fenómeno que da cuenta de un "trasfondo filosófico y social" profundo, más que a una circunstancia coyuntural de la academia. Quizás el rasgo más característico de la relación entre U-SP está dado por el hecho de que la ciencia se enfoca en obtener resultados prácticos: "[…] los mundos tradicionalmente contrapuestos de las instituciones académicas y del mercado no son ya entendidos como antitéticos" (Vessuri, 1995a, p. 12). En un mundo cada vez más internacionalizado y donde los mercados son cada vez más abiertos y competitivos, se observará una tendencia a una mayor articulación entre la academia y el Sector Productivo. El dinamismo y la motivación que este vínculo adquirió en América Latina respondió, por un lado, a "una situación de crisis financiera de la universidad, que [*exigió*] la creación de medios de financiamiento alternativos" y, por otro lado, a un proceso de "reflexión conjunta de la universidad y la industria", a partir del cual se concluyó sobre la importancia que la vinculación

U-SP habría de tener para el desarrollo económico y social. La vinculación entre ambos sectores se produjo en el marco de la implantación de una ideología ("ideología de la investigación aplicada") protagonista en la generación de una tensión entre la producción de conocimientos científicos y tecnológicos útiles y los puramente cognitivos.

Entre las décadas de 1980 y 1990 emergió en América Latina un nuevo público para la ciencia académica: el empresariado industrial (Vessuri, 1994). Durante esta etapa convergió la reducción del apoyo estatal a la investigación, "la retórica de la utilidad industrial" y el incremento de la competencia de los académicos. Las "universidades tradicionales y bien establecidas" sufrieron un continuo deterioro; y las universidades, en general, perdieron su atractivo como ámbito privilegiado para la investigación[12].

> En los setenta hubo pocos lugares donde la alternativa industrial al mecenazgo privado fuera realista. En los ochenta, en cambio, la nueva alianza entre la ciencia académica y la utilidad comenzó a desarrollarse, iniciándose asimismo su difusión a diversas áreas del conocimiento, más allá de las tradicionales […]. (Vessuri, 1994, p. 71)

Aunque históricamente los esfuerzos en I+D en estas universidades ha sido heterogéneo, y en general pequeño y muy poco vinculada al mercado (Vessuri, 1995b, p. 2), los modelos que promueven la emulación institucional "incluyen ahora a la universidad con fuertes vínculos con el mercado, aunque las condiciones productivas y de comercialización sean bastante disímiles a las que se dan en los países más industrializados" (Vessuri, 1995a, p. 7). Las empresas públicas se posicionaron como el principal cliente de las universidades latinoamericanas; no como consecuencia de una opción política o ideológica, sino como resultado de su peso relativo preponderante en el SP, al tiempo que constituyeron el ámbito más avanzado de la economía y con los recursos adecuados para la cooperación y la conciencia de la necesaria relación U-SP.

[12] Para Vessuri, en América Latina la retórica de la utilidad industrial se encontró con dos dificultades: "Por un lado, las oportunidades para una ciencia industrial y para una fuerza de trabajo altamente calificada no son grandes; por el otro, se abrió un abismo pernicioso entre lo que es supuestamente "útil", o por lo menos "vendible", y lo que es puramente cognitivo" (Vessuri, 1994, p. 70).

1.2.4 Una "mirada desde el Sur"

A partir de examinar la propuesta de Etzkowitz y Leydesdorff, Sutz (1997) reflexionó sobre "el nuevo rol de la universidad en el sector productivo"[13]. El relacionamiento con el medio no constituyó una nueva función de la universidad. Lo novedoso "en la tercera función de la universidad es la eliminación parcial de la mediación entre los resultados producidos y sus usuarios finales" (Sutz, 1997, p. 11). La institución "se ha convertido en un productor directo de bienes y servicios para los usuarios finales", dejando de lado a los agentes intermediarios que antaño cumplían un rol preponderante en el proceso de transferencia de conocimientos académicos. El vínculo directo entre el sector académico y el sector empresarial no sólo se incrementó, sino que se conformó cada vez más en un diálogo entre socios iguales. La frontera entre intereses, objetivos y estilos de estos sectores se tornó más borrosa. Si bien "el interés de la academia en los problemas del sector productivo no es nueva", algo ha llevado a la universidad a aceptar que relaciones que se entablaban de manera informal a partir de entonces se presenten "como un factor de supervivencia más que un factor de enriquecimiento intelectual". La escasez de fondos constituyó, quizás, la principal explicación de este hecho. Sin embargo, la erosión de la tradicional forma de legitimar la investigación también fue un factor explicativo clave para entender este proceso: avanzar en el conocimiento ya no constituirá el único –o más importante– criterio de legitimidad de la investigación. Entre otros, los "efectos directos a corto plazo se han convertido en la medida de cómo la investigación es buena" (Sutz, 1997, p. 12). Además, la capacidad de los grupos de investigación de obtener su propia fuente de financiación no sólo expresa su "utilidad social" sino, también, su legitimidad académica. Sin embargo, como resultado de la convergencia del desarrollo histórico y cultural y la característica que asume la conformación de los actores estatales y empresariales, la legitimidad de las comunidades científicas en contexto de subdesarrollado se enfrenta a un gran dilema:

> Si se trabaja sobre cuestiones y problemas que se abordan en los principales centros, y que son por tanto fácilmente clasificados como interesantes por los comités edito-

[13] La traducción es nuestra.

> riales de las revistas, la recolección de documentos será suficiente para obtener la ciudadanía 'científica'. Por otro lado, pertinencia directa para un determinado contexto subdesarrollado y la oportunidad de publicar en revistas suelen estar inversamente correlacionados. (Sutz, 1997, p. 12)

Ahora bien, para resolver este dilema, sostiene Sutz, se torna necesario legitimar, asignando estatuto académico, las actividades intelectuales de científicos y tecnólogos orientadas a dar solución a problemas locales. A fin de cuenta, ello implica la construcción de una Triple Hélice endógena. De esta manera, las universidades latinoamericanas se presentan como el estamento más interesado en la conformación de una Triple Hélice, en un doble sentido: por la necesidad de legitimación y por la necesidad de obtener financiación. Sutz se interrogó sobre por qué muchos gobiernos cada vez más se involucran en el problema de aproximar la academia a la producción. No se trata de una nueva actitud por parte de los gobiernos, sino que este involucramiento se ha vuelto más común y generalizado. Sin embargo, en América Latina el conocimiento y la innovación tienen un alto reconocimiento más a nivel discursivo que práctico. De esta manera, a diferencia de lo que ocurre en los países desarrollados, "donde la vocación del estado para apoyar la innovación está positivamente retroalimentada en su capacidad para hacerlo, en la periferia, esa vocación es escasa –si es que existe– y generalmente está acompañada por el amateurismo" (Sutz, 1997, p. 13). Para los gobiernos de las regiones periféricas "el costo de oportunidad de invertir en la generación de conocimiento local es demasiado alto y no tiene justificación"; por lo que impulsan a las universidades a conseguir sus propios medios de financiación.

Sutz (2002) también reflexionó sobre la realidad latinoamericana a partir de la crítica que realizó Shinn (2002) en torno a los modelos de la Triple Hélice y de la Nueva Producción del Conocimiento. Para Sutz, si bien ambos abordajes no remiten exclusivamente a la realidad del "Norte", ninguno de ellos integra suficientemente el contexto en sus propuestas analíticas. Por lo tanto, ambas perspectivas proporcionan "andamiajes" para pensar y diseñar estrategias vinculadas a la producción y transferencia de conocimientos científicos y tecnológicos en el continente latinoamericano, pero su aplicación –así como la de los SNI– debe asumir, antes que

nada, una “mirada desde el Sur”.

1.2.5 Un nuevo rol para la universidad pública

Picabea y Garrido (2015) señalan que, como fenómeno de escala global, ha emergido un nuevo rol para la universidad pública, en el marco de una política que responde “a la convicción de que el desarrollo científico y tecnológico es el camino más virtuoso hacia el desarrollo social y económico” (Picabea y Garrido, 2015, p. 66). La adecuación de los procesos de innovación y cambio tecnológico a la dinámica capitalista, promovidos a nivel global, estimula la expansión y estandarización de “un modelo de vinculación universitaria volcado al asesoramiento de empresas privadas, más que al de la sociedad en su conjunto”. En este contexto, interacción universidad-sociedad es resignificada, reduciéndola, a la forma universidad-empresa; donde la obtención de renta por parte de las firmas es reivindicada como “como relación social privilegiada”. Bajo estas condiciones: “El rol de la universidad pasa a ser el de un mero colaborador de la empresa; la utilidad de la investigación no es social sino económica (Picabea y Garrido, 2015, p. 67). Más aún, los intereses y objetivos de la sociedad en su conjunto se reducen al patrón de acumulación.

Desde un posicionamiento lineal determinista (modelo lineal de innovación) se ha promovido y defendido la dinámica virtuosa estimulada por las inversiones públicas en I+D, bajo el entendido de que el progreso se ve asociado a la producción de conocimientos científicos. Al mismo tiempo que la transferencia tecnológica, principalmente entre países con diferente nivel de desarrollo, fue presentada como la alternativa “para los países que no tenían la capacidad de generar en el corto plazo la base de conocimiento necesaria para impulsar el crecimiento” (Picabea y Garrido, 2015, p. 71). Sin embargo, en los hechos, particularmente en los países en desarrollo, no se han experimentado los beneficios de este modelo. En términos generales, los sistemas científicos-tecnológicos locales no han sido capaces de generar conocimientos apropiables por el SP, así como tampoco capaces de generar innovación que permitan atender el desarrollo socio-económico inclusivo y sustentable.

Para Picabea y Garrido, existen múltiples estrategias en las que se vinculan la producción de conocimiento, la innovación y el desarrollo social: “Si bien algunas pasan por

las relaciones universidad-empresa, otras pasan por la relación universidad-sociedad, a partir de la configuración conjunta entre el campo académico y las organizaciones sociales" (Picabea y Garrido, 2015, p. 67-68). De esta manera se realiza una crítica a las nociones de transferencia y de difusión, porque "tienen implícita la presunción de que la identidad de un artefacto, sistema o institución es universal e independiente del escenario sociohistórico concreto en que se lo genera o se lo inserta" (Picabea y Garrido, 2015, p. 67-73). Se interpela, por lo tanto, el posicionamiento que asigna al conocimiento científico generado en las universidades o en las instituciones abocadas a la ciencia y la tecnología el estatus de conocimiento universal (único conocimiento válido). Así, Picabea y Garrido reconocen y reivindican la importancia que los usuarios o beneficiarios han de tener en la construcción de los problemas a resolver mediante el desarrollo científico y tecnológico. A fin de deconstruir la idea generalizada de que la producción de conocimientos sólo se desarrolla en el ámbito académico, los laboratorios y los institutos de investigación, se reivindica el uso del abordaje socio-técnico y, en particular, del concepto de "adecuación socio-técnica"[14].

> Este concepto incorpora la participación de otro tipo de actores que resulta imprescindible para cualquier proceso de cambio tecnológico. Si lo que se propone es desarrollar tecnologías para el desarrollo inclusivo y sustentable, es crucial incorporar en los procesos de adecuación socio-técnica a organizaciones sociales, cooperativas, fábricas recuperadas, otras instituciones estatales no científicas o sindicatos, entre otros. (Picabea y Garrido, 2015, p. 74)

El enfoque socio-técnico se orienta a pensar una propuesta de vinculación universidad-sociedad en la que no exista una única solución para un mismo problema. Una

[14] De acuerdo a los autores el concepto de adecuación socio-técnica "[…] permite romper con la forma convencional de evaluar las tecnologías en términos de éxito o fracaso. La adopción de una tecnología, por parte de diferentes grupos sociales, responde a diferentes procesos socio-históricamente situados en los cuales se constituyen y definen al mismo tiempo tecnologías y usuarios. Incorporar este nivel de análisis permite repensar los procesos de cambio tecnológico y, con ello, el diseño de las políticas públicas" (Picabea y Garrido, 2015).

forma de vinculación que promueva, efectivamente, procesos de desarrollo más participativos, inclusivos y sustentables, adecuados a la especificidad de cada territorio concreto.

CAPÍTULO 2

EL CENTRO NANOMAT

2.1 El contexto de la emergencia del Centro NanoMat. Genealogía reciente de los instrumentos para la vinculación CTI y Entorno en Uruguay

Uruguay arribó al siglo XXI con algunas debilidades en el ámbito de la ciencia, la tecnología y la innovación (CTI) (PENCTI, 2010, p. 23-25). En el marco de una profunda recesión económica, financiera y social, las políticas explícitas de ciencia y tecnología eran escasas, y el desarrollo institucional en la materia se encontraba desfinanciado. La crisis se tradujo en "importantes recortes en los fondos nacionales asignados a actividades de ciencia y tecnología" (Baptista, 2016, p. 60). Rubianes (2009) identificó cuatro aspectos que caracterizaron al área, en lo que denominó la "segunda fase en el desarrollo posdictatorial", que constituyeron un antecedente insoslayable para el periodo:

> 1) falta de articulación y coordinación de los diversos actores institucionales involucrados en la generación de conocimiento, que son básicamente públicos; 2) escasa demanda de ciencia y tecnología proveniente del empresariado nacional; 3) magra inversión nacional, pública y privada en Investigación y Desarrollo; y 4) inexistencia de un plan director de Investigación e Innovación, que impulsado desde el gobierno, fuera sentando las bases para una auténtica política de Estado en la temática. (Rubianes, 2009, p. 1)

Los primeros años del siglo XXI no sólo presentaron una baja inversión en I+D, sino que ésta se concentró mayoritariamente el sector público. Las acciones de promoción de la CTI fueron llevadas adelante en el marco de una elevada fragmentación y descoordinación institucional (Rubianes, 2009, p. 2)[15]. La infraestructura científica y tecnológica se concentró en unos pocos ámbitos institucionales: fundamentalmente en la UdelaR,

[15] De acuerdo a Rubianes (2009, p. 2), esta falta de articulación y coordinación institucional puede ser caracterizada como un "archipiélago institucional científico-tecnológico".

en el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), en el Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable (IIBCE) y en el Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU). La producción de conocimientos en espacios académicos públicos se concretaba, particularmente, en la UdelaR; y la participación del sector privado, tanto en el ámbito académico como productivo, resultaba escasa. En general, era débil la articulación entre el sector público y el sector privado, generándose un desarrollo débil de las redes de innovación, "provocando bajo nivel de aplicación de los conocimientos generados a la esfera productiva e insuficiente generación de conocimientos orientados a resolver problemas tanto locales como sociales" (PENCTI, 2010, p. 24). Con excepciones, no existían centros científicos y tecnológicos capaces de aunar esfuerzos públicos y privados –que potenciaran la complementariedad y los procesos de sinergia– en áreas identificadas como estratégicas para el país. Lo que era acompañado por "una estructura productiva y empresarial poco propensa a la innovación y la asociatividad" (PENCTI, 2010, p. 24). Se asumió que la vinculación Universidad y Entorno Productivo (U-EP) se presentaba como problemática y débil –entre otras cosas, bajo el entendido de que el SP nacional, tanto público como privado, no demandaba a la academia capacidades endógenas para la resolución de problemas locales–.

Bajo este contexto, emergió la preocupación por la necesidad de reestructurar el esquema político-institucional de CTI nacional, posicionando al conocimiento como principal dinamizador del "desarrollo económico sustentable y social" (PENCTI, 2010, p. 22). Se concibió el desarrollo de nuevas capacidades mediante la emergencia de instituciones, instrumentos y marcos legales inéditos, y, en otros casos, mediante la reformulación de propuestas existentes. A partir del año 2005 se impulsó un conjunto de propuestas orientadas a mejorar las capacidades de I+D+i (MEC, 2012). Se diseñaron nuevas institucionalidades bajo el entendido de que la CTI eran estratégicas para impulsar el desarrollo económico y social sustentable, en el contexto de la globalización y la economía basada en el conocimiento (MEC, 2012, p. 11). De forma que se concretó "una serie de cambios fundamentales en materia de asignación de recursos, institucionalidad y políticas CyT" (Libisch et al., 2015, p. 103).

En el año 2005 se creó, a través del Decreto 136/005, el Gabinete Ministerial de la Innovación (GMI) con el objetivo de coordinar y articular "las acciones gubernamentales

vinculadas a las actividades de innovación, ciencia y tecnología para el desarrollo del país" (MEC, 2012, p. 11). Entre las prioridades del GMI se dispuso la elaboración del Plan Estratégico Nacional en Ciencia Tecnología e Innovación (PENCTI). Dicho Plan se propuso tres objetivos fundamentales. El primero de ellos, "consolidar el sistema científico-tecnológico y su vinculación con la realidad productiva y social" (PENCTI, 2010, p. 32). El segundo objetivo se orientó a "incrementar la competitividad de los sectores productivos en el escenario de la globalización" (PENCTI, 2010, p. 36). En tercer lugar, se propuso "desarrollar capacidades y oportunidades para la apropiación social del conocimiento y la innovación inclusiva" (PENCTI, 2010, p. 40). Asimismo, el PENCTI propuso áreas tecnológicas a priorizar; entre ellas sectores emergentes con potencial e impacto, como el caso de las nanotecnologías. El Plan fue aprobado por Decreto Presidencial en febrero de 2010, estableciéndose como misión "crear las condiciones para que el conocimiento y la innovación se vuelvan instrumentos primordiales del desarrollo económico y social" (Decreto N° 82/010, 2010). De esta manera, las políticas de fomento a la innovación y al desarrollo tecnológico quedaron enmarcadas en el PENCTI 2010-2030.

También en 2005 se crearon, a través de la Ley N°17.930, la Dirección de Innovación, Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (DICyT) y la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII). De acuerdo al artículo 262 de dicha Ley será cometido de la DICyT "elaborar e impulsar las políticas, lineamientos, estrategias y prioridades del Ministerio de Educación y Cultura en materia de innovación, ciencia y tecnología" (MEC, 2012, p. 11-12). Por su parte, la ANII se creó como persona jurídica de derecho público no estatal; materializándose en 2006 con la definición de sus cometidos y competencias previstas por la Ley N°18.804 (MEC, 2012, p. 12). La ANII asumió como principal cometido responder, instrumentar y poner en práctica las definiciones tomadas en el ámbito del GMI.

Por otro lado, el "viejo" CONICYT, creado mediante la Ley Presupuestal N° 13.032 del año 1961 como Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, fue suprimido a través de la Ley Presupuestal 17.296 del año 2001; al tiempo que se creó un nuevo CONICYT, denominándolo Consejo Nacional de Innovación, Ciencia y Tecnología

(Davyt, 2011, p. 90-100; Davyt, 2012, p. 16-17)[16]. La nueva institucionalidad tuvo por cometidos proponer "planes y lineamientos de políticas generales relacionadas con la ciencia, la tecnología y la innovación" y la definición de "estrategias, áreas de interés e instrumentos de políticas", además de acciones generales de promoción de la CTI (Ley Presupuestal 17.296 Art. 307; Davyt, 2012, p. 25). En 2006 fueron definidos los nuevos cometidos del CONICYT, sustituyendo así los establecidos por la Ley del año 2001 (Ley 18.804). Al CONICYT, como ámbito asesor del Poder Ejecutivo y del Poder Legislativo, le compitió validar los comités técnicos con funcionamiento en la ANII, así como dar opinión sobre sus programas e instrumentos. De esta forma, la institucionalidad pública de fomento a la innovación quedó configurada en tres grandes niveles: el nivel político-estratégico (GMI), el nivel de asesoramiento y consulta (CONICYT) y el nivel ejecutivo (ANII) (PENCTI, 2010, p. 14).

Entre los distintos instrumentos diseñados y ejecutados por la ANII para el estímulo directo a la innovación empresarial –a través de la promoción explícita de la articulación entre academia y empresas– importa destacar dos de ellos: el Programa Alianzas para la Innovación y el Programa de Apoyo a la Estrategia Nacional Uruguaya de Innovación (INNOVA-Uruguay). El primero constituyó, desde el año 2009, un instrumento de apoyo indirecto al desarrollo tecnológico y a la innovación mediante el estímulo explícito al fortalecimiento de las articulaciones entre academia –a través del desarrollo de actividades de I+D– y el Sector Productivo –demandando solución a problemas concretos–[17]. El Programa procuró el subsidio a proyectos en los que se produjo y aplicó conocimientos y capacidades del sector académico para la solución de problemas concretos de las empresas involucradas en la asociación, sea mediante desarrollos tecnológicos o sea para la generación de innovaciones de productos o de procesos en las empresas. Por su

[16] Asimismo, mediante la misma Ley Presupuestal 17.296, en 2001 será creada la unidad ejecutora Dirección Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (DINACYT), con los cometidos de "asesorar al MEC a su requerimiento"; "administrar los fondos", "coordinar, administrar y ejecutar proyectos de desarrollo de CTI resultantes de contratos de préstamos celebrados con organismos multinacionales de cooperación y financiamiento, así como todas las acciones necesarias al efecto en el ámbito de la Administración Central"; así como "todo otro cometido que le asigne el Poder Ejecutivo" (Ley Presupuestal 17.296 Art. 308; Davyt, 2011, p. 11). La DINACYT devino en la DICYT (Rubianes, 2014, p. 236).

[17] El Programa Alianzas para la Innovación de la ANII tuvo como principal antecedente al Programa de Vinculación Universidad-Sociedad y Producción, creado en el año 1992 en el marco de la Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC), de la UdelaR (ANII, 2016, p. 10).

parte, el Programa INNOVA-Uruguay se constituyó en el apoyo presupuestario directo, para el período 2007-2013, ejecutado por la ANII –en dos etapas– con fondos que surgieron de un convenio de financiación firmado en 2008 entre la Comunidad Europea y el Gobierno de Uruguay. Este Programa se propuso desde su comienzo "consolidar la capacidad de Uruguay en generar, transferir y adaptar el conocimiento de la tecnología para aumentar la competitividad del Sector Productivo a través de la puesta en marcha de un Sistema Nacional de Innovación", reforzando áreas concretas del PENCTI (Convenio INNOVA-Uruguay, 2007). Específicamente, el Programa se orientó a:

> (i) fortalecer la capacidad de generar y transferir conocimiento (ii) impulsar la capacidad innovadora de los centros nacionales de excelencia; (iii) consolidar los procesos asociativos entre los sectores públicos y privado más dinámicos de la economía uruguaya; y (iv) promover la transferencia de innovación y tecnología al proceso en curso de clusterización de la actividad económica del país. (Convenio INNOVA-Uruguay, 2007)

De esta forma, entre otros resultados esperados, se persiguió el desarrollo de procesos de innovación y transferencia de tecnologías al sector privado, a través del estímulo a la articulación público-privada. Por otro lado, INNOVA-Uruguay se propuso como líneas concretas de acción: (a) consolidar al Instituto Pasteur de Montevideo como centro de excelencia; (b) ayudar en el proceso de internacionalización del Centro de Ensayos de Software, afianzándolo como ejemplo de articulación entre la industria y la academia; (c) fortalecer el Polo Tecnológico de Pando y crear el Parque Científico y Tecnológico de Pando; (d) estimular los procesos de clusterización (conglomerados empresariales) con aplicación de I+D, con la participación activa del sector público y privado; y (e) ejecutar un programa de fortalecimiento de los recursos humanos (MEC, 2012, p. 138-139).

En lo que refiere específicamente a la UdelaR, con el regreso a la vida democrática se diseñaron y promovieron distintas modalidades de relacionamiento entre la UdelaR y el entrono productivo (Brovetto, 1994, p. 19-22). Una política de convenios y acuerdos

de cooperación entre la UdelaR y organismos estatales y empresas privadas fue facilitada por la aprobación en 1986 de un nuevo formato jurídico que habilitó la celebración de convenios con personas púbicas y privadas (Libisch et al., 2015; UdelaR, 1998)[18].

Desde la década de 1990 la vinculación U-E, y en particular la interacción UdelaR-EP para la innovación, se desarrolló mediante diversas herramientas (programas, proyectos y convenios) que involucraron a distintos actores y servicios universitarios (facultades, escuelas o institutos). La UdelaR dio cuenta de la intención de promover la vinculación con el SP en los Planes Estratégicos (PLEDUR) 2000-2004 y 2005-2009 (PLEDUR 2000-2004, 2001 y PLEDUR 2005-2009, 2005). Destacándose, en este marco, un conjunto de acciones que "configuran una estrategia integral para desarrollar la investigación en una Universidad al servicio del desarrollo" (MEC 2012, p. 88):

> […] la Comisión Social Consultiva, el Polo Tecnológico de Pando e Incubadora de Empresas de Base Tecnológica, el Centro Académico Industrial para el Desarrollo del Software y Centro de Ensayos de Software, las Redes Temáticas y su participación en las Mesas Tecnológicas de cadenas agroindustriales, la Extensión agronómica, la Ordenanza de la propiedad intelectual y las Jornadas Maggiolo sobre Conocimiento y Cadenas Productivas. (Libisch et al., 2015, p. 110)

De esta manera, por un lado, se buscó posicionar a la Universidad Pública como actor clave del SNI. Por otro lado, se estimuló a que la relación UdelaR-SP se concibiera en el marco de la promoción y detección de la demanda de conocimientos y capacidades, al tiempo que se orientó a la resolución de problemas concretos del SP local.

Desde esta concepción, en particular, la Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC), de la UdelaR, diseñó y puso en marcha un conjunto de "instrumentos [para] promover la orientación de agendas de investigación hacia problemas productivos y sociales del país, y la vinculación entre usuarios y productores de conocimiento, como forma de incentivar oportunidades de aprendizaje interactivo" (Cohanoff et al., 2014,

[18] Bajo este marco, en 1986 se creó el Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas (PEDECIBA) (UdelaR, 1998).

p. 86)[19]. Dichos instrumentos se diseñaron y desarrollaron atendiendo a lo que se reconoció era una debilidad estructural del Uruguay: la escasa demanda de conocimientos endógenos. Simultáneamente, se asumió que el uso sistemático de conocimientos produciría procesos de aprendizaje interactivos, y que la consolidación de los SNI se relacionaría con el carácter sistémico y virtuoso de los vínculos entre actores dispuestos a demandar y utilizar los conocimientos (Cohanoff et al., 2014). Es bajo este contexto que desde 1992 la CSIC realizó una convocatoria a proyectos concursables en el marco del Programa de Vinculación con el Sector Productivo (VUSP). Más tarde denominado Programa de Vinculación Universidad-Sociedad y Producción. Al interior de este Programa se han venido proponiendo dos modalidades (Proyectos Modalidad 1 y Proyectos Modalidad 2) diferenciándose "por la contribución que realiza la contraparte del sector productivo al financiamiento del proyecto y en su forma de presentación y evaluación" (Bianchi y Cohanoff, 2008, p. 4). Desde su comienzo este Programa tuvo como objetivo:

> […] acercar las capacidades de investigación y solución de problemas de la Universidad de la República, en todas las áreas de conocimiento, a las demandas de la sociedad y la producción uruguayas. Apunta en particular a favorecer los encuentros entre investigadores universitarios, de todas las disciplinas y áreas cognitivas, con actores sociales y productivos localizados en el conjunto del territorio nacional. (CSIC, 2017)

El Programa concibe como "contraparte" a "toda organización localizada en el territorio nacional, orientada a fines productivos (empresas, cooperativas de producción, etc.) o vinculada a través de diversas modalidades con la producción de bienes y servicios, incluyendo sindicatos, organizaciones de la sociedad civil, hospitales, entre otros" (CSIC, 2017). La propuesta se orienta a vincular a todos los actores involucrados en la producción, y a las distintas disciplinas y áreas de conocimiento que pueden contribuir con sus capacidades cognitivas a la resolución de problemas de la producción

[19] La CSIC es un órgano central cogobernado de la UdelaR creado en al año 1990. Tiene como finalidad "el fomento integral de la investigación en todas las áreas de conocimiento en la UdelaR", a través de la implementación de programas "que apuntan al fortalecimiento y estímulo de la investigación en el ámbito universitario" (CSIC, s/f).

(Cohanoff et al., 2014, p. 87). Esta clase de proyectos busca promover un primer acercamiento entre UdelaR y el EP.

En el marco de la CSIC también se desarrollaron herramientas orientadas a la resolución de problemas considerados relevantes por parte de actores concretos del EP. Una de estas herramientas lo constituyó el Programa de Vinculación ANCAP-UdelaR, nacido en 2008 como resultado de un acuerdo entre la Administración Nacional de Combustibles, Alcohol y Portland (ANCAP) y la UdelaR (MEC, 2012, p. 96; Programa ANCAP-UdelaR, 2014). En un trabajo conjunto entre la Unidad Académica de la CSIC y el Área de Innovación y Gestión del conocimiento de esta Empresa Pública se realizaron Jornadas anuales (Jornadas ANCAP-UdelaR) orientadas a identificar temas de interés para ANCAP, y una convocatoria concursable a equipos de investigación para la financiación de proyectos de I+D de alta calidad, enmarcados en temáticas definidas como prioritarias. De esta forma, el Programa se propuso "estrechar el vínculo entre ambas instituciones, a través de la generación de nuevo conocimiento y su aplicación, buscando dar soluciones a temáticas de interés para el país, en las áreas de desarrollo de ANCAP" (Bases ANCAP-UdelaR, 2014). Se buscará con ello:

> […] generar una sinergia en la cual la Empresa Pública sea capaz de utilizar los recursos de la Universidad Pública para investigar en asuntos definidos como de prioridad estratégica y que ello permita a la vez a la Universidad fortalecer sus capacidades en áreas que son de importancia para el desarrollo nacional. (MEC, 2012, p. 96)

Esta experiencia se constituyó en un modelo para otras alianzas estratégicas entre la UdelaR y otros actores nacionales.

En 2012 se inauguró el Programa ANP-UdelaR como resultado de un acuerdo entre la Administración Nacional de Puertos y la UdelaR (Programa ANP-UdelaR, 2014). Este Programa se orientó a desarrollar la investigación e innovación en las áreas de desarrollo de la ANP, asumiendo un formato similar al Programa de Vinculación ANCAP-UdelaR. En este marco se han promovido jornadas (Jornadas ANP-UdelaR) orientadas a la identificación de temas de investigación relevantes para la institución portuaria, conformando la plataforma temática a partir de los cuales se convoca a proyectos –mediante llamado

a concurso– para contribuir a su resolución, involucrando así a investigadores de la UdelaR (Presidencia, 2012a).

Por su parte, el Programa PIT-CNT–UdelaR se originó en 2013 como consecuencia de un acuerdo entre la Central Sindical y la Universidad Pública (CSIC, 2013). En ese año se realizaron las primeras Jornadas PIT-CNT–UdelaR convocándose a un intercambio entre investigadores universitarios e integrantes de la Central Sindical, a partir de lo cual se habilitó la convocatoria a Proyectos de Investigación y Desarrollo conjuntos entre el PIT-CNT y la UdelaR en temáticas relevantes para el PIT-CNT (CSIC, 2013; Bases PIT-CNT–UdelaR, 2013). El llamado se estructura en dos etapas: en primer lugar, una "convocatoria a ideas de proyecto de investigación", a partir de la cual se establece una selección inicial de las propuestas que habilita una segunda etapa consistente en la presentación de proyectos de investigación, con base en las ideas de proyectos seleccionadas.

Más recientemente, en febrero de 2017, la UdelaR y la Administración Nacional de Usinas y Transmisiones Eléctricas (UTE) firmaron un convenio de colaboración con el objetivo de promover la investigación de temas de interés para el ente estatal. Se asumió una modalidad de colaboración de similares características a las anteriores: realización de jornadas para la identificación de temas de interés (Jornadas UTE-UdelaR) y la posterior convocatoria a proyectos concursables (Convenio UdelaR-UTE, 2017).

Además de estos instrumentos, el periodo estuvo signado por la concreción de un número importante de convenios específicos que involucraron a diversos servicios, departamentos y/o institutos de la UdelaR[20].

Otro capítulo, en lo que refiere a los instrumentos para la vinculación UdelaR-EP, lo constituye el Centro de Extensionismo Industrial (CEI). El CEI nació en 2014 como una herramienta enfocada, específicamente, a fortalecer la relación entre la academia y las

[20] Rubianes (2009, p. 2) identifica la emergencia de los convenios de desarrollo y/o de servicios tecnológicos, entre servicios de la UdelaR y empresas públicas o privadas con la segunda fase en el desarrollo posdictatorial del área CTI. Con ello se buscó "superar restricciones económicas, financiar equipamientos y grupos de investigación, así como establecer puentes extramuros más estables. De este modo sin que haya sido producto de un proceso explícito y general de priorización y desarrollo institucional, existió una cierta búsqueda por articular oferta universitaria instalada en la fase anterior, con la –por cierto, muy tímida– demanda proveniente de los sectores productivos.

empresas del sector industrial. La propuesta constituyó un arreglo institucional de carácter público-privado en el que se involucró al Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM), la Cámara de Industrias del Uruguay (CIU) y la UdelaR. Se orientó a profundizar la producción de conocimientos y la generación de capacidades, y su uso por parte de las empresas industriales. Particularmente, se buscó aportar al aumento de la productividad y competitividad de las pequeñas y medianas empresas (PYMES) del sector. Dicha institucionalidad se enmarca bajo la idea de que la débil vinculación entre la producción y el uso de conocimientos tecnológicos, que caracteriza al país –y en general a los países en desarrollo–, constituye un obstáculo para la consolidación de los SNI. Al tiempo que el dinamismo de los SNI condiciona la capacidad competitiva de la industria local (Libisch et al., 2015, p. 111):

> Desarrollar una conexión efectiva entre la oferta y la demanda de conocimientos es una condición necesaria para poder elaborar y exportar productos con mayor valor agregado e intensidad tecnológica, y profundizar así la transformación productiva del país. (Libisch et al., 2015, p.111)

El MIEM estimuló la creación del servicio de extensionismo industrial en base a un estudio diagnóstico, que concluyó sobre la necesidad de dar mayor visibilidad a la demanda, a la oferta y a los apoyos existentes en el país, así como de promover sus interrelaciones, a efectos de obtener una mejor utilización del conocimiento disponible o construible en las empresas, elevando así su nivel de competitividad (Libisch et al., 2015, p. 112)[21]:

> En tal sentido, el CEI es una herramienta estratégica que, mediante una gestión integrada de carácter interinstitucional Academia–Industria–Estado, busca estimular sistemáticamente la expresión de demandas tecnológicas y de innovación de las empresas uruguayas, especialmente las PYMES, y su articulación con las capacidades del SNI. Más concretamente, el objetivo del CEI es dinamizar la articulación entre la oferta y

[21] Este diagnóstico responde a un estudio empírico sobre los sectores alimentario, metalúrgico y plástico, llevado adelante por la Dirección Nacional de Industria (DNI-MIEM), la CIU y la UdelaR (Snoeck et al., 2012).

> demanda tecnológica mediante el uso de herramientas de extensionismo, que faciliten la detección de demandas y la resolución de problemas de las empresas, y mejoren las capacidades de absorción de conocimiento de las empresas. (Libisch et al., 2015, p. 112)

Concibiendo al extensionismo como la labor de intermediación entre ofertas y demandas científicas, tecnológicas y de innovación, el CEI organizó sus actividades en torno a tres grandes estrategias, desplegadas de forma interrelacionada: servicios de Consultas de Orientación Tecno-Competitiva para PYMES; conexión interactiva, a través de una plataforma online, entre ofertas y demandas tecnológicas; e identificación de necesidades tecnológicas en algunos sectores industriales priorizados en el marco de la política nacional. De esta forma, el CEI se propuso facilitar la detección de necesidades de la industria nacional, con el fin de convertirlas en demandas y articularlas con la oferta de conocimientos e instrumentos de apoyo disponibles o potenciales; y de esta manera contribuir a mejorar la competitividad de la industria.

De particular interés para el presente trabajo resulta la creación, en 2001, del Polo Tecnológico de Pando (IPTP) como una Unidad Académica de la FQ de la UdelaR dedicada a la I+D+i en química, biotecnología, ciencias de los materiales y medio ambiente; con la especificidad de estar orientado por la demanda del SP de bienes y servicios, tanto privado como público (IPTP, s/f)[22]. En el mismo año, en el IPTP se creó la primera incubadora de empresas de base tecnológica del país (Portal UdelaR, 2013a). Al año siguiente los primeros equipos de investigadores iniciaron sus trabajos en el Polo Tecnológico. La estructura orgánica del IPTP fue aprobada por el Consejo de la FQ en mayo de 2004. Un convenio de financiación firmado en junio de ese año con la Comisión Europea permitió incorporar equipamiento y su puesta en funcionamiento (IPTP, s/f). En 2012 la estructura orgánica del IPTP se modificó convirtiéndolo en un Instituto de la FQ, otorgándole así "mayor capacidad de gestión ante la nueva institucionalidad que se estaba generando con el surgimiento del Parque Científico y Tecnológico de Pando (PCTP) para

[22] Fue erigido en un predio cedido un año antes por ANCAP, en calidad de comodato.

articular con el sector empresarial" (IPTP, s/f). Como principales objetivos estratégicos del IPTP se propuso (IPTP, s/f):

- Contribuir al relacionamiento de la Universidad con el SP, facilitando la incorporación de la I+D+i en las empresas como parte integral de su actividad. Bajo el entendido de que la incorporación de conocimiento agrega valor a la producción nacional de bienes y servicios, promoviendo y mejorando la competitividad.
- Incrementar la formación a través de la enseñanza para estudiantes de nivel terciario (universitario y no-universitario), y para egresados de esos niveles, a los efectos de promover su especialización y/o perfeccionamiento; así como para todos aquellos que, teniendo una formación razonablemente equivalente a esos niveles, tengan interés justificado y compartido en las actividades que se realizan en el Instituto.
- Promover y contribuir al desarrollo de la actividad científico tecnológica en todos sus planos.
- Desarrollar, producir y controlar productos generados usando tecnologías químicas y biotecnológicas por empresas u organismos relacionadas con los sectores farmacéuticos, alimentarios y afines, así como brindar a los mismos cualquier otro servicio tecnológico relacionado con sus competencias técnicas.
- Realizar, en las materias de su competencia, las actividades que permitan volcar al medio social sus conocimientos, y recibir de él todo aquello que contribuya a orientar adecuadamente el cumplimiento de sus fines.

La producción de conocimiento del IPTP se estructuró en torno a nueve áreas de I+D o plataformas tecnológicas: biotecnología, alimentos y nutrición, química bioanalítica, química fina, nanotecnología, energías renovables, medio ambiente, biofarmacia y tecnología farmacéutica, y drogas y doping (IPTP, s/f). El IPTP comenzó a funcionar en el marco de la Fundación para el Progreso de la Química (FUNDAQUIM) –Fundación de derecho privado que convenia con la UdelaR–, la que "tiene como objetivo estimular la creación, aplicación y difusión del conocimiento, en todas las disciplinas que se cultivan en la Facultad de Química, así como promover la vinculación de la misma con el sistema

productivo y con la sociedad en general" (FUNDAQUIM, s/f)[23].

En 2008, con el apoyo financiero de la Comisión Europea –como ya se indicó más arriba, formalizado a través del Programa INNOVA-Uruguay– se creó, en el marco de lo dispuesto por los artículos 251 a 256 de la Ley 18.362, el PCTP como una entidad pública de derecho privado (persona jurídica de derecho público no estatal). Su puesta en marcha se produjo en el año 2010 (Portal UdelaR, 2013a) en un predio lindero al IPTP (Decreto N°544/009, 2009). De esta forma, se buscó generar sinergia entre plataformas de investigación científicas y tecnológicas con empresas de base tecnológica, con el objetivo de estimular la competitividad y el desarrollo económico. En otros términos, el PCTP:

> […] surge con el propósito de ser un espacio articulador entre el sector empresarial, que apuesta por la innovación en Uruguay, y el sector científico capaz de desarrollar productos y procesos para la mejora de la competitividad en los mercados nacionales e internacionales. (PCTP, s/f a)

El PCTP surgió como el único parque científico y tecnológico del Uruguay en donde se articulan la Academia (FQ, UdelaR), las empresas (Cámara de Industrias del Uruguay), el Gobierno Nacional (Ministerio de Industrias, Energía y Minería), y el nivel departamental de gobierno (Intendencia de Canelones)[24]. Desde su origen, fue concebido como un articulador del SNI, orientado a apoyar el desarrollo y la generación de empresas y proyectos con base tecnológica centrada en biotecnologías, nanotecnologías, química

[23] FUNDAQUIM se constituyó en Fundación el 13 de mayo de 2005. Fue creada en 1990 como Asociación Civil.

[24] En lo que refiere a la administración y gestión, en la actualidad el PCTP cuenta, en carácter de "órgano máximo", con una Junta Directiva Honoraria integrada por cuatro miembros ("co-participantes"): un delegado asignado por la Intendencia de Canelones, un delegado asignado por el Ministerio de Industria, Energía y Minería, un delegado asignado por la Cámara de Industrias del Uruguay, y el director del IPTP designado por el Consejo de la Facultad de Química de la UdelaR (Decreto N°544/009, 2009). El director del IPTP es quien ejerce la presidencia de dicha junta.

fina, farmacéutica, alimentos, entre otras. Se orientó, por lo tanto, a transformar conocimiento en valor (PCTP, s/f c)[25].

El PCTP se ubica de forma estratégica "en medio de una zona industrial que se dinamizó con la instalación de las zonas francas, parques industriales y la llegada de varios emprendimientos" (Portal UdelaR, 2014). La cercanía entre empresas de base tecnológica y plataformas científicas y tecnológicas facilita, mediante infraestructura y recursos humanos, el desarrollo de proyectos de I+D+i. Lo que ha sido estimulado por el beneficio de exenciones tributarias tanto para el PCTP como para las empresas y organizaciones localizadas dentro de él. No obstante, el PCTP presta un conjunto de servicios especializados a empresas que no se restringe a aquellas instaladas dentro de su ámbito institucional.

En suma, el Parque Tecnológico se orienta a articular la generación de conocimientos con la demanda, a partir de promover la radicación de empresas, ocupando la UdelaR un papel preponderante en la producción y apropiación social de esos conocimientos. De esta forma: "Mientras el IPTP se dedica a la investigación y al desarrollo, el PCTP se ocupa de la articulación con el sector empresarial y de aspectos como el gerenciamiento y la propiedad intelectual" (Sitio de la UdelaR, 2014). El IPTP se posiciona como el principal generador de conocimiento (plataforma de investigación) del PCTP, donde se desarrollan proyectos de "clientes" del PCTP (PCTP, s/f b).

2.2 El primer laboratorio nacional especializado en nanotecnologías

A finales de la década de 1950 el físico Richard Feynman desafiaba la imaginación al especular sobre la posibilidad de manipular la materia a escala atómica. Feynman "propuso manipular átomos individualmente para poder construir pequeñas estructuras que poseyeran las más variadas propiedades" (Pool y Owen, 2007, p. 3). Dos décadas después el término nanotecnología era acuñado. En 1974 un miembro de la Universidad de Ciencias de Tokio, Norio Taniguchi, introdujo el término para diferenciar las escalas

[25] Como misión, el PCTP "trabaja para articular las necesidades y requerimientos del sector empresarial con las posibilidades de investigación y desarrollo del Sistema Nacional de Innovación, principalmente el Polo Tecnológico de Pando" (PCTP, s/f c).

micro y nano. Nano (del griego "enano") es el término utilizado para referirse al manómetro, la millonésima parte de un milímetro[26]. Aquel sueño de Feynman se hizo efectivo en 1981 cuando el alemán Gerd Binnig y el suizo Heinrich Rohrer –en el laboratorio de investigaciones de IBM en Zúrich– inventaron la microscopía de Barrido de Efecto Túnel (*Scanning Tunnel Microscope* o STM por su sigla en inglés). Este hecho permitió, por primera vez, visualizar y caracterizar átomos[27]. Cinco años más tarde se desarrolló el Microscopio de Fuerza Atómica (*Atomic Force Microscope* o AFM por su sigla en inglés) permitiendo una mejora en la visualización de la materia a nanoescala. El año 1985 marca un hito en la historia de las nanotecnologías, Harry Kroto –de la Universidad de Sussex, Reino Unido–, Richard Smalley y Robert Curl –ambos de la Universidad Rice, Texas– publicaron en la revista *Nature* "la existencia de la primera molécula conocida de carbono puro": los fullerenos (Mombrú, 2010, p. 10). En 1989 se descubrió que con la microscopía de tunelación no sólo era posible visualizar átomos, sino que también se los podía manipular individualmente.

Desde la última década del siglo XX las nanotecnologías han generado un creciente interés en la ciencia, las empresas y los gobiernos[28]. Con la capacidad de visualizar y manipular la materia a escala atómica se ha hecho posible construir nuevos productos, modificar los existentes e imaginar grandes transformaciones en la vida humana. Debido a la mayor superficie relativa y a efectos mecánico-cuánticos los nanomateriales presentan propiedades diferentes que la materia a escala tradicional: se ha observado una mayor probabilidad de que la materia manifieste nuevas propiedades cuando se encuentra por debajo de los 100 nm (Miller y Senjen, 2008, p. 30)[29]. De aquí la tendencia mundial

---

[26] 10^{-6} mm y 10^{-9} m, respectivamente. A diferencia de otros prefijos asociados a las tecnologías, 'nano' no da cuenta del material –o materia– con el que se trabaja, sino que describe la escala a la que se lo hace.

[27] Desde la década de 1950 se trabajaba de forma experimental en la visualización y manipulación de pequeñas partículas metálicas (Poole y Owens, 2007, p. 3-4).

[28] Es así que "en 1996 varias agencias gubernamentales, bajo la dirección de la National Science Foundation, organizó un estudio para evaluar el estado de las tendencias en el mundo sobre la investigación y el desarrollo de las nanociencias y la nanotecnología" (Poole y Owens, 2007, p. 5).

[29] Se ha constatado la existencia de comportamientos similares en partículas que superan los 100 nm. Esto ha estimulado a algunos científicos y organizaciones a proponer límites superiores a ese valor a la hora de considerar las implicancias asociadas a las nanotecnologías. Para la Organización Amigos de la Tierra, por ejemplo, los 100 nm pueden resultar escasos cuando se pretende evaluar, ambiental y sanitariamente, los efectos de dichos materiales; por lo que se haría necesario controlar todos aquellos materiales inferiores a los 300nm (Miller y Senjen, 2008, p. 32).

a definir los nanomateriales como aquellos "que tienen una o más dimensiones que miden 100 nm o menos, o que tienen al menos una dimensión a esta escala que afecta el comportamiento y las propiedades de los materiales" (Miller y Senjen, 2008)[30]. Como correlato, es posible conceptualizar a las nanotecnologías como "toda tecnología relacionada con materiales, sistemas y procesos que operan a una escala de 100 nanómetros o menos" (Miller y Senjen, 2008, p. 30)[31]. A partir de definiciones de ISO 2007 y 2010 y de la Royal Society and Royal Academy of Engineering, de Reino Unido, el Consejo Sectorial Tripartito de Bio y Nanotecnología de Uruguay definió a las nanotecnologías como la:

> Aplicación del conocimiento científico para medir, manipular, controlar e incorporar materiales y/o procesos dentro de la nanoescala, típicamente, pero no exclusivamente, por debajo de los 100 nanómetros en una o más de las dimensiones en donde los fenómenos dependientes del tamaño usualmente permiten nuevas aplicaciones. El uso de las propiedades de los materiales en la nanoescala que difieren de las de los átomos, moléculas individuales o de los materiales en bruto ("bulk") para crear materiales, dispositivos y sistemas que explotan esas propiedades. (Mendoza y Correa, 2013, p. 54-55)[32]

En Uruguay los principales desarrollos científicos y tecnológicos en el área de las nanotecnologías comenzaron a llevarse adelante por parte de un grupo interdisciplinario de investigadores de la UdelaR y del IIBCE (Chiancone et al., 2013, p. 34). La primera

---

[30] En el año 2011 la Comisión Europea recomendó definir por nanomaterial a "un material natural, secundario o fabricado, que contenga partículas sueltas o formando un agregado o aglomerado y en el que el 50% o más de las partículas en la granulometría numérica presente una o más dimensiones externas en el intervalo de tamaños comprendido entre 1 nm y 100 nm". Para luego adicionar que "en casos específicos justificados por preocupaciones ambientales, de salud, o seguridad, el umbral de la granulometría numérica del 50% puede sustituirse por un umbral de entre 1% y 50%" (Mendoza y Correa, 2013, p. 27).

[31] Por debajo del nanómetro se encuentran las escalas atómicas (0,1nm) y nuclear (10^{-5} m, aproximadamente).

[32] En base a las mismas referencias, el Consejo Tripartito refiere a la nanociencia como: "El estudio, descubrimiento y entendimiento de los fenómenos y la manipulación de los materiales y/o procesos dentro de la nanoescala, típicamente, pero no exclusivamente, por debajo de los 100 nanómetros en una o más de las dimensiones en donde los fenómenos dependientes del tamaño usualmente permiten nuevas aplicaciones." (Mendoza y Correa, 2013, p. 54).

comunidad de científicos abocados a la nanotecnología emergió a nivel local con una conformación interdisciplinaria, "y sin mediar política nacional alguna de estímulo y promoción de la nanotecnología" (Gabinete Productivo, 2010, p. 32). En septiembre de 2006 se creó el Grupo Interdisciplinario Nanotecnología Uruguay (G-Nanotec-Uy). A partir de articular el área de las nanociencias y nanotecnologías, este colectivo se conformó por investigadores de las Facultades de Química, de Ingeniería, de Ciencias y de Odontología, de la UdelaR, y por el Grupo de Nanobiología del IIBCE –bajo órbita del MEC–. G-Nanotec-Uy nació estructurado en torno a dos grandes ramas de investigación (materiales y biomedicina) y seis equipos de trabajo. En 2009 este grupo de investigadores conformó el Centro en Nanotecnología y Química y Física de Materiales (CINQUIFIMA), en el marco de una convocatoria del Espacio Interdisciplinario de la UdelaR (Chiancone, 2013, p. 104). Se propuso como cometido "consolidar las áreas de Química y Física de Materiales y Nanotecnología en la UdelaR a través del esfuerzo coordinado de docentes de las Facultades de Ciencias, Ingeniería, Odontología y Química" (Espacio Interdisciplinario, 2011)[33].

En 2008, desde el Gabinete Ministerial de Innovación se declaró "a la Nanotecnología y la Biotecnología como sectores prioritarios, en el marco de la definición de la estrategia de desarrollo industrial" (Mendoza y Correa, 2013, p. 10). Al año siguiente "las nanotecnologías fueron incluidas como un área transversal prioritaria" en las Bases y Principales Lineamientos del PENCTI (Chiancone y Foladori, 2013, p. 13). Con la aprobación del PENCTI en el año 2010 las nanotecnologías fueron posicionadas como "tecnologías genéricas o transversales" (PENCTI, 2010, p. 19). En 2012 fue creado el Consejo

[33] De acuerdo a Chiancone et al. (2010) para el año 2010 los seis equipos más importantes que conformaban el G-Nanotec-Uy eran los siguientes:

- Grupo Nanobiología, Departamento de Proteínas y Ácidos Nucleicos, del Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable, MEC.
- Grupo NanoMat, Laboratorio de Cristalografía, Estado Sólido y Materiales, Departamento de Químico-Física y Matemática, de la Facultad de Química, UdelaR.
- Laboratorio de Biomateriales, Instituto de Química Biológica, de la Facultad de Ciencias, UdelaR.
- Unidad de Bioquímica Analítica, Centro de Investigaciones Nucleares, de la Facultad de Ciencias, UdelaR.
- Área de Radiofarmacia, Centro de Investigaciones Nucleares, de la Facultad de Ciencias, UdelaR.
- Laboratorio de Física del Estado Sólido del Instituto de Física, de la Facultad de Ingeniería, UdelaR

El Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable se posiciona como un miembro asociado del CINQUIFIMA

Sectorial de Nanotecnología bajo la órbita del MIEM, como resultado de la escisión entre el Consejo Sectorial Tripartito de Bio y Nanotecnología –creado en 2010–. El Consejo de Nanotecnología constituyó "un ámbito de participación de distintos agentes relacionados a la nanotecnología: empresarios, investigadores, instituciones públicas y privadas" (MIEM, 2016a). La creación de esta institucionalidad se orientó a "coordinar acciones capaces de promover y facilitar el desarrollo de la nanotecnología en el ámbito industrial" (MIEM, 2016a).

Un hito de particular relevancia en la trayectoria nacional del desarrollo de las nanotecnologías –y de particular interés para el presente trabajo– lo constituye la inauguración, el 22 de abril de 2008, del primer laboratorio o unidad especializada de investigación en nanotecnologías, el **Centro NanoMat**. Este Centro se creó en el ámbito del Departamento de Experimentación y Teoría de la Estructura de la Materia y sus Aplicaciones (DETEMA), de la Facultad de Química de la UdelaR, con el objetivo de promocionar y desarrollar la "investigación especializada, en el marco del impulso a la inversión en innovación" (Presidencia, 2008)[34]. Con la creación del Centro NanoMat se buscó, en simultáneo, responder a la emergencia de nuevas tecnologías y estimular la interacción U-SP a nivel nacional. NanoMat surgió, por lo tanto, como la expresión del interés por promover alianzas capaces de involucrar a investigadores de la UdelaR con empresarios, funcionarios y técnicos pertenecientes a empresas –tanto públicas como privadas–, así como profesionales y técnicos de otras instituciones. En el marco de estas alianzas se ha venido trabajando en distintos desarrollos artefactuales, destacándose:

> […] tecnologías para celdas solares fotovoltaicas con base en nanomateriales, el desarrollo de biomateriales de reparación y regeneración tisular en reposición de material esquelético o de piel, el encapsulamiento de productos para nutrición, cosmética o sanidad animal, y el agregado de nanomateriales a matrices de materiales o productos convencionales. (Mombrú, 2013, p. 24)

[34] El DETEMA está integrado por las siguientes áreas: Bioinformática, Física, Fisicoquímica, Matemática, Química Cuántica, Taller de Instrumentos, Unidad Académica de Informática Química.

La emergencia del NanoMat, como principal plataforma de I+D en nanotecnologías del IPTP, respondió a una política explícita y a un formato institucional específicamente concebido para atender a las necesidades del EP[35]. De esta manera, la articulación interinstitucional Centro NanoMat, IPTP y PCTP fue concebida para dinamizar, sinérgicamente, procesos de I+D+i con el fin de responder a dichas demandas. Mientras el IPTP se constituyó en el principal generador de conocimientos científicos y tecnológicos del PCTP, desde el Centro NanoMat "el IPTP impulsa el desarrollo de la nanotecnología a nivel nacional", entre otras plataformas tecnológicas (Memoria UdelaR, 2008, p. 134).

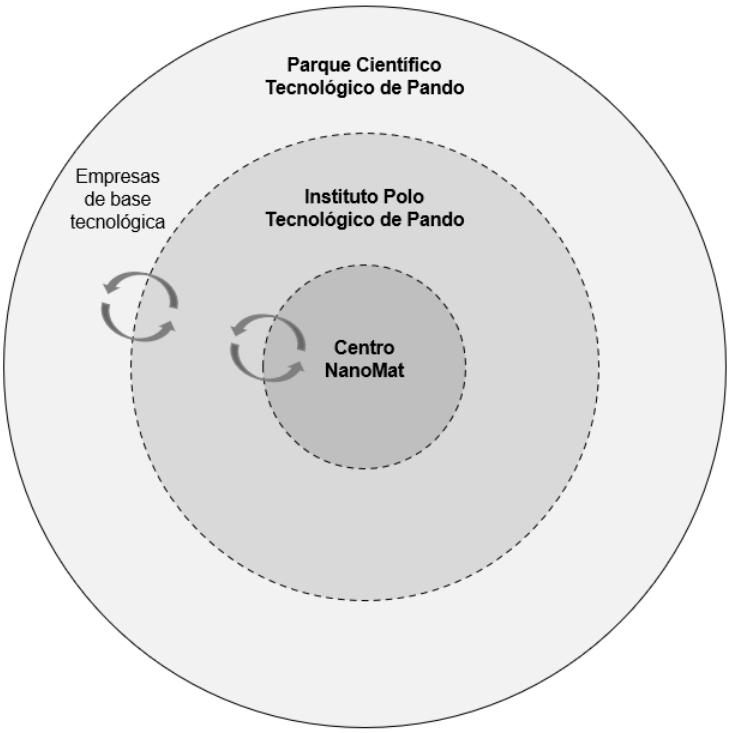


Figura 1: Representación de la estructura institucional Centro NanoMat, IPTP y PCTP. La articulación interinstitucional fue concebida para dinamizar, sinérgicamente, procesos de I+D+i para responder a las necesidades del EP. Elaboración propia.

[35] Las nanotecnologías son una de las nueve áreas de I+D en las que se estructura el IPTP.

CAPÍTULO 3
ABORDAJE TEÓRICO-METODOLÓGICO

3.1 Abriendo la "caja negra" de las tecnologías

El presente estudio se propuso superar restricciones generadas por los posicionamientos deterministas, tanto tecnológicos como sociales. Ello implicó un doble desafío. En primer lugar, se buscó abandonar "la representación analítica-estructural de tecnología y sociedad como dos entidades equivalentes, dos esferas de existencia independiente" (Thomas, 2008, p. 219; Thomas, et al., 2008, p. 66). En segundo lugar, superar dichas restricciones supuso "adoptar una nueva representación", en la que no sea posible distinguir a priori "entre lo tecnológico, lo social, lo económico y lo científico" (Thomas, 2008, p. 219; Thomas, et al., 2008, p. 66). De esta manera, se asumió la complejidad de los procesos que participan en el cambio tecnológico y la especificidad sociohistórica del caso analizado. Este posicionamiento se sintetiza, desde el punto de vista metodológico, en la metáfora del "tejido sin costuras" (*seamless web*) introducido por Hughes (1986) y Bijker, Hughes y Pinch (1987)[36]. En términos de Bijker: "Lo técnico es socialmente construido y lo social es tecnológicamente construido. Todos los ensambles estables son estructurados al mismo tiempo tanto por lo técnico como por lo social" (Bijker, 1995, p. 273).

Al establecer que elementos heterogéneos (actores, artefactos, instituciones, organizaciones, normas, conocimientos, aprendizajes, capacidades, ideologías, racionalidades y sistemas tecno-productivos) conforman un complejo entramado con una arquitectura no lineal se asume, simultáneamente, una ruptura con los abordajes que comprenden de forma determinista el desenvolvimiento de las tecnologías. Distintas perspectivas teóricas han abonado a los estudios sociales de las tecnologías en su objetivo de abrir la "caja negra", en el plano teórico, mediante la deconstrucción de los elementos heterogéneos que las constituyen, y, en el plano práctico, al dar cuenta del carácter complejo y dinámico del cambio tecnológico. Dichos enfoques analíticos son los sistemas tecnológicos, la teoría del actor-red y el constructivismo social (Thomas, 2008,

[36] Estos autores elaboran sus aproximaciones teórico-metodológicas sobre la base de la sociología del conocimiento científico (Bruun y Hukkinen, 2008, p. 194; Thomas, et al., 2008, p. 66)

p. 221; Thomas, et al., 2008, p. 67). Estas tres perspectivas se revisan de forma sintética a continuación.

3.1.1 Los grandes sistemas tecnológicos

El abordaje de la tecnología en términos de *sistemas tecnológicos* tiene como precursor a Thomas Hughes. Hughes propuso dar cuenta de la dinámica tecnológica en términos de sistemas como forma de superar los posicionamientos lineales y deterministas tecnológicos. Los sistemas tecnológicos son definidos en torno a dos aspectos centrales (Hughes, 2008). Por un lado, en relación a los elementos que lo componen; y, por otro lado, en tanto sistemas de resolución de problemas. En el primer caso: "Los sistemas tecnológicos contienen componentes destinados a resolver problemas entremezclados, complejos" (Hughes, 2008, p. 101). En otras palabras, los componentes del sistema se orientan en términos de problema/solución. El sistema puede incluir componentes artefactuales físicos y no físicos. Ello incluye organizaciones (firmas, laboratorios de investigación, entidades financieras), componentes científicos (libros, artículos, programas de investigación y de enseñanza), artefactos legislativos (leyes, normas, regulaciones) e, incluso, recursos naturales, "debido a que están socialmente construidos y adaptados para funcionar dentro del sistema" (Hughes, 2008, p. 102-103).

La interacción sistémica de los componentes es un elemento central para comprender la dinámica de los sistemas de Hughes. Los artefactos que componen un sistema interactúan entre sí para contribuir, ya sea indirectamente o a través de otros componentes, a una meta común, es decir, a los objetivos generales del sistema. Bajo esta consideración, primero, las características de los componentes derivan del sistema. Segundo, la remoción de un componente o la alteración en sus características conducen a que los otros artefactos del sistema también modifiquen sus características de acuerdo al nuevo escenario sistémico.

Los componentes de todo sistema tecnológico son "desarrollados por los constructores de sistemas y sus asociados" –artefactos que son socialmente construidos– (Hughes, 2008, p. 103). Los constructores de sistemas se caracterizan por su habilidad para construir o forzar la unidad a partir de la diversidad. Imponen coherencia ante un

escenario de caos. Esta acción puede incluir la destrucción de sistemas alternativos. Entre sistema y entrono no se produce interacción, sino una "influencia unidireccional" (Hughes, 2008, p. 105): "Dado que no interactúan con el sistema, los elementos del entorno [*que afectan al sistema y los que se ven afectados o dependen de él*] no pueden ser vistos como parte del sistema" (Thomas, 2008, p. 222). Que no interactúen significa que los elementos del entorno no están bajo el control del sistema (sistema de control). Los límites de este control son ejercidos por los operadores artefactuales y humanos. Por lo tanto, en la propuesta de Hughes, el control constituye un criterio de distinción entre componentes y artefactos. Los individuos y grupos sociales (investigadores, empresarios, financistas, operarios) son componentes del sistema, pero no artefactos; no son creados por los constructores de sistemas por lo que poseen grados de libertad que no tienen los artefactos (Hughes, 2008, p. 106).

Por otro lado, además de ser conceptualizados en relación a los elementos que lo componen, como se ha indicado, los sistemas tecnológicos han de ser definidos por su objeto: en tanto sistemas que se orientan a la resolución de problemas. Para alcanzar sus metas los sistemas tecnológicos utilizan cualquier medio que esté disponible a su alance y sea apropiado: "Los problemas tienen que ver en su mayor parte con el reordenamiento del mundo físico de modos considerados útiles y deseables, al menos por aquellos que diseñan o emplean un sistema tecnológico" (Hughes, 2008, p. 105).

Los sistemas tecnológicos no son entidades independientes, autónomas. Sin embargo, en ocasiones para el observador los sistemas se erigen autónomos. Esta aparente autonomía ocurre en un nivel elevado de *momentum* del sistema (Hughes, 2008, p. 139). "El momentum de un sistema es explicado como una construcción social compleja" (Thomas, 2008, p. 224), y comprende factores estructurales y eventos contingentes (Hughes, 2008, p. 145).

El modelo propuesto por Hughes permite complejizar las actividades de innovación, "acercándose a los modelos interactivos planteados por la economía del cambio tecnológico"; donde los conceptos de transferencia y de adaptación aparecen ligados en un proceso interactivo (Thomas, 2008, p. 223). Las actividades de transferencia de tecnologías conducen a la definición de estilos tecnológicos, "dado que la adaptación es una respuesta a diferentes entornos, y la adaptación al entorno culmina en estilo" (Hughes,

2008, p. 126). Esto significa que los sistemas tecnológicos, generalmente, requieren adaptaciones propias al tiempo y espacio concretos donde se desenvuelven. Po lo que factores diversos y numerosos conforman un estilo tecnológico.

3.1.2 Las redes tecno-económicas

Como derivación de la teoría de actor-red –desarrollada por Michel Callon, Bruno Latour y John Law– Callon propuso un marco conceptual en términos de *redes tecno-económicas* (Thomas, 2008, p. 226). Las redes tecno-económicas han de entenderse como:

> […] un conjunto coordinado de actores heterogéneos –por caso, laboratorios públicos, centros de investigación técnica, compañías, organizaciones financieras, usuarios y gobierno– quienes participan colectivamente en la concepción, desarrollo, producción y distribución o difusión de procedimientos para la producción de bienes y servicios, algunos de los cuales dan origen a transacciones de mercado. (Callon, 2008, p. 148)

Las redes tecno-económicas combinan humanos con no-humanos. De esta manera, "mantienen solo un parecido con las redes técnicas estudiadas por los economistas", reductibles a largas asociaciones de no-humanos y que marginalmente asocian entre sí a unos pocos humanos. Al tiempo que también presentan rasgos de las redes de actores analizadas por los sociólogos, "que privilegian las interacciones entre humanos, en ausencia de todo soporte material" (Callon, 2008, p. 180).

Para demostrar la evolución de las redes tecno-económicas Callon se propone hacer converger los puntos de vista de la economía y de la sociología. Bajo este esquema, introdujo las nociones de *intermediario* y de *actor*. Los intermediarios y los actores son dos elementos constitutivos de las redes tecno-económicas. Un *intermediario* es "cualquier cosa que pasa de un actor a otro, y que constituye la forma y la sustancia de la relación construida entre ellos (artículos científicos, programas de computación, artefactos tecnológicos, instrumentos, contratos, dinero, etcétera)" (Callon, 2008, p. 150). Los intermediarios pueden ser clasificados en cuatro tipos: textos, artefactos tecnológi-

cos, seres humanos y sus habilidades incorporadas, y dinero. En la práctica los intermediarios excepcionalmente se presentan de forma pura, sino que se los encuentra de forma híbrida. Por otro lado, un *actor* es:

> […] cualquier entidad capaz de asociar los diversos elementos que hemos listado antes [*intermediarios*], y que define y construye (con más o menos éxito) un mundo poblado con otras entidades, les da una historia y una identidad, y califica las relaciones entre ellos". (Callon, 2008, p. 158)

Ahora bien, un intermediario puede ser un actor. Por lo que no es posible hacer una distinción absoluta entre un actor y un intermediario, "excepto por los mecanismos de atribución vinculados al primero" (Callon, 2008, p. 159). Estos mecanismos de atribución adjudicados a los actores –individuales o colectivos– se vinculan a su capacidad de poner a otros intermediarios en circulación. En esta capacidad, atribuida, radica la diferencia entre ambos. Tal distinción responde a un problema empírico; es decir, es el resultado de la observación. Los actores se definen mutuamente –se reconocen a sí mismos– a través de la propia interacción; a través de los intermediarios que ellos mismos ponen en circulación (Callon, 2008, p. 151-158). En tanto ponen en circulación a los intermediarios los actores se auto-constituyen en actor-red (Thomas, 2008, p. 228): "Un actor-red es, simultáneamente, un actor cuya actividad consiste en entrelazar elementos heterogéneos y una red que es capaz de redefinir y transformar aquello que de lo que está hecha" (Callon, 1998, p. 155).

Los actores-red crean incesantemente nuevas combinaciones de entidades. El mecanismo por el cual los actores ponen en circulación, dinámicamente, a los intermediarios es descrito por Callon a través de la noción de *traducción*[37]. Como regla general, puede decirse que "un actor traduce a muchos otros, entre quienes establece relaciones" (Callon, 2008, p. 161). Cada grupo, actor o intermediario describe, con mayor o menor explicitación, una red. Es decir, cada uno de ellos es capaz de identificar y definir

[37] Siguiendo a Thomas (2008), es necesario advertir sobre la restricción que puede implicar adoptar las traducciones al castellano de la obra de Latour y Callon. El término "traducción", con que suele traducirse a "translation", podría llegar a expresar sólo parcialmente los contenidos que sugiere el término original.

"otros grupos, actores o intermediarios, así como la naturaleza y la forma de la relación que los une" (Callon, 2008, p. 160).

El concepto de *convergencia* busca dar cuenta de la dinámica interna, alcance, densidad y estabilidad de las redes tecno-económicas (Thomas, 2008, p. 228). Refiere al "grado de acuerdo generado por una serie de traducciones, y por los intermediarios de todo tipo que la operan" (Callon, 2008, p. 163). El grado de convergencia se observa a través de las operaciones de *alineamiento* y de *coordinación*. En otras palabras, el grado de convergencia de una red es el "índice combinado que resulta de sus grados de alineamiento y coordinación" (Callon, 2008, p. 169). Cuanto más alineada y coordinada se encuentra una red las actividades de un actor se ajustan con más facilidad a las de los otros actores que conforman esa red, a pesar de la heterogeneidad que ellos presenten. La idea de *alineamiento* da cuenta de que "una red comienza a estar construida tan pronto tres actores A, B y C están alineados (por intermediarios interpuestos)" (Callon, 2008, p. 165). El nivel de alineamiento depende del grado de éxito de las traducciones. La segunda operación en la que se observa el grado de convergencia de una red, la *coordinación*, refiere al conjunto de reglas (convenciones) que constriñen "el universo de los actores posibles organizando atribuciones y limitando el número de traducciones estabilizadas" (Callon, 2008, p. 167). Cada conjunto específico de convenciones define los regímenes de traducción –por ejemplo, los derechos de autor– y las categorías de intermediarios que actúan como medios en el proceso de traducción.

La noción de traducción conduce al concepto de *irreversibilidad*: "La irreversibilidad de una traducción depende de la imposibilidad que crea para retornar a una situación en la cual parecía ser la única opción entre otras, y también la predeterminación de traducciones posteriores" (Callon, 2008, p. 172). Esto significa que una traducción determinada clausura, en mayor o menor grado, la presencia de traducciones competidoras; al tiempo que predetermina el desarrollo las traducciones futuras. Cuanto más convergente e irreversible se torna una red más se facilita comprender a los actores en términos de objetivos precisos (actores identificables y comportamientos predecibles). A la inversa, un menor grado de convergencia e irreversibilidad de la red implica comprender a los actores más en relación a la presencia de negociaciones, variabilidad de objetivos,

estrategias y coaliciones; en lugar de objetivos precisos y acciones predecibles (Callon, 2008, p. 182).

3.1.3 El constructivismo social de la tecnología

En la década de 1980 Pinch y Bijker comenzaron a desarrollar un conjunto de conceptualizaciones, que se inscribieron en lo que se conoce como Constructivismo Social de la Tecnología (CST, o SCOT por su sigla en inglés), con la pretensión de "describir y explicar las relaciones socio-técnicas en términos de la metáfora del tejido sin costuras" (Thomas, 2008, p. 232). Este enfoque se nutrió de algunos conceptos de la sociología del conocimiento científico, desarrollados por Harry Collins en el marco del Programa Empírico del Relativismo (*Empirical Programme of Relativism*), "cuyo objetivo es develar la estructura del conocimiento científico desde una óptica social" (Tabares y Correa, 2014, p. 10). Desde la sociología del conocimiento científico se cuestionó a la sociología de la ciencia institucional por el énfasis que ésta ponía en la necesidad de distinguir entre el contexto social y el contexto institucional de la producción científica. De esta forma, se la interpeló "por no haber transformado los contenidos de la ciencia en objeto de análisis de la sociología (Bruun y Hukkinen, 2008, p. 194-195): por no abrir la "caja negra" de la ciencia. Bajo la misma idea, Pinch y Bijker propusieron abrir a la sociología los contenidos de las tecnologías para transformarlos en su objeto de estudio: "La aproximación CST asume que el cambio tecnológico –incluso al nivel de las soluciones de los ingenieros y del diseño– se encuentra determinado por procesos sociales más que por cualquier 'lógica tecnológica' interna" (Bruun y Hukkinen, 2008, p. 195). De esta manera, se cuestiona a la concepción generalizada de que el éxito de los artefactos técnicos se debe a una mejor funcionalidad relativa. Se sostiene, en cambio, que su éxito no responde a ninguna trayectoria natural de superación en el plano del diseño del artefacto, sino que es determinado socialmente.

Por otro lado, para Pinch y Bijker, los artefactos tecnológicos pueden ser interpretados de manera diferentes por distintos grupos de personas (*grupos sociales relevantes*). Esta interpretación diferencial se produce en relación al tipo de problemas para los cuales los artefactos son considerados una solución (Bruun y Hukkinen, 2008, p. 196). En otras palabras, los artefactos son objeto de *flexibilidad interpretativa*. Las diferentes

interpretaciones se tornan particularmente visibles en las controversias tecnológicas. De esta manera, las interpretaciones son situadas social y culturalmente. Así, un grupo de personas que comparte un mismo contexto tiende a poseer interpretaciones similares sobre un artefacto determinado (Bruun y Hukkinen, 2008, p. 197).

Además de la *estabilización* de los significados que ocurre al interior de los grupos sociales, la flexibilidad interpretativa se *clausura* cuando se produce el consenso entre diferentes grupos sociales en relación al significado dominante de un artefacto. Bijker propone describir a través de la noción de *marco tecnológico* la forma en como las personas interpretan los artefactos. El análisis en términos de marco tecnológico –es decir, conceptos y prácticas a partir de los cuales se definen problemas, estrategias y técnicas para dar solución a los problemas– permite superar las limitaciones impuestas por las posiciones deterministas, tanto sociales como tecnológicas.

3.2 El análisis socio-técnico de las tecnologías

Las discusiones teóricas introducidas por los tres abordajes expuestos arriba han estimulado la necesidad de superar las barreras existentes entre la sociología y la economía –dos aproximaciones disciplinares históricamente divorciadas, e incluso, por momentos, excluyentes a la hora de comprender los procesos de cambio tecnológico y de innovación–. Bajo esta óptica, se ha reconocido la conveniencia de triangular los aportes realizados desde ambas disciplinas a fin de aumentar el potencial explicativo y contribuir a abrir la "caja negra" de las tecnologías. Bruun y Hukkinen (2008) apuntan que la interacción entre la sociología y la economía no sólo ha sido baja, sino que, además, raramente se ha problematizado la vinculación entre ambas aproximaciones al estudio del cambio científico y tecnológico: "Es en verdad fascinante que discursos sobre un mismo tema pueden hoy, en un mundo de flujos de información globalizada, encontrarse tan separados" (Bruun y Hukkinen, 2008, p. 186). Estos autores realizaron esfuerzos por articular, de forma complementaria, algunos conceptos desarrollados desde tres aproximaciones teóricas orientadas a la comprensión del cambio tecnológico (la economía evolucionista, la construcción social de la tecnología y la teoría del actor-red), bajo el entendido de que "todas ellas parecen explicar aspectos importantes de la tecnología y sus cambios" (Bruun y Hukkinen, 2008, p. 186):

> La pregunta que nos guía es si las tres perspectivas pueden ser reunidas para "dialogar" en un amplio marco teórico para la comprensión del cambio tecnológico. El resultado es afirmativo –presumiendo que el contexto y el rango de aplicabilidad de cada aproximación son conocidos–. (Bruun y Hukkinen, 2008, p. 186)

En la misma dirección, Thomas (2008) reconoce el potencial explicativo de triangular, articulando, conceptualizaciones generadas en la sociología de la tecnología y en la economía del cambio tecnológico a la hora de comprender los procesos de diseño, producción y uso de las tecnologías, con particular interés en la región latinoamericana (Thomas, 2008, p. 217-218 y 242). Las conceptualizaciones desarrolladas por Michael Callon pueden interpretarse "como una iniciativa de aproximación y de negociación" entre la sociología de la tecnología y la economía del cambio tecnológico (Thomas, 2008, p. 242). Sin embargo, uno de los ejercicios explícitos más claros por hacer converger estas matrices disciplinares, de acuerdo a Thomas, ha sido el trabajo de Bruun y Hukkinen.

Como ya se ha indicado, la contribución de la sociología de la tecnología al estudio del cambio tecnológico ha sido promover el abordaje socio-técnico como forma de superar la tensión entre determinismo social y determinismo tecnológico. Bajo este marco, se ha propuesto el análisis de las tecnologías en términos de sistemas, de redes tecno-económicas y de construcción social de la tecnología. En lo que refiere al aporte conceptual generado en el marco de la economía del cambio tecnológico resultan de particular interés dos conceptos para el análisis socio-técnico: la noción de *aprendizaje* y la de *trayectoria*. Desde la economía evolucionista el concepto de aprendizaje se torna central a la hora de comprender los procesos de cambio tecnológico e innovación. Bajo esta óptica, los aprendizajes se presentan en distintas escalas de análisis –a nivel de los actores, las instituciones, las naciones o las regiones–, y tienen como base institucional de su desarrollo los espacios de investigación y las firmas (Thomas, 2008, p. 243-244). Distintas operaciones de aprendizaje, de carácter acumulativo, pueden estar implicadas en el cambio tecnológico y en los procesos de innovación –quienes, como consecuencia,

también están sometidos a una lógica acumulativa–. Así la economía del cambio tecnológico da cuenta de distintos procesos de aprendizaje: aprendizaje por la práctica o aprender haciendo (*learning by doing*), aprendizaje por el uso (*learning by using*), aprendizaje por interacción (*learning by interacting*), aprendizaje por aprendizaje (*learning by learning*), aprendizaje por compra (*learning by buying*) y aprendizaje por copia (*learning by copying*) (Thomas, 2008, p. 243; Aguiar, 2011, p. 2-3). El análisis en términos de procesos de aprendizaje es compatible con el abordaje socio-técnico, en la medida que permite dar cuenta de la dimensión cognitiva del cambio tecnológico. Los distintos conceptos de aprendizaje viabilizan conocer las diversas maneras por las que es posible incorporar conocimientos durante los procesos de producción social de tecnologías (Aguiar et al., 2007, p. 217; Aguiar, 2011, p. 2-3).

Desde la Economía del cambio tecnológico se ha promovido, en términos generales, el uso de dos conceptos de trayectorias: *trayectorias naturales* y *trayectorias tecnológicas* (Thomas, 2008, p. 245). Las trayectorias naturales refieren a que la producción de nuevos conocimientos tecnológicos –o, mejor dicho, el cambio tecnológico– está condicionado por las posibilidades tecnológicas que tuvo en el pasado la firma (condicionamiento físico): "Este condicionamiento hace que toda etapa de cambio técnico guarde bastante relación con la anterior, exigiendo a cada paso la resolución de problemas similares" (Thomas, 2008, p. 245). Por su parte, las trayectorias tecnológicas –noción introducida por Giovanni Dossi– se presentan como un concepto que "expresa analíticamente el carácter evolutivo –por saltos y discontinuidades– del desarrollo de nuevas tecnologías innovadoras, y su carácter pasivo y disruptivo, a medida que se difunden y se utilizan en la producción de bienes y servicios" (Thomas, 2008, p. 245). Por otro lado, en el marco de la economía evolucionista y neoinstitucionalista se ha introducido la noción de *trayectorias nacionales* para analizar la vinculación entre la microeconomía de la tecnología y los sistemas nacionales de producción e innovación (Cimoli y Dosi, 1994, p. 669-670, citado por Thomas, 2008, p. 246). Ello posibilita la identificación de patrones sectoriales o nacionales, situando el nivel de análisis en la escala de los estados-nación. Ahora bien, como se verá más adelante, desde la perspectiva socio-técnica se propone

revisar estas nociones de trayectoria a fin de superar su carácter determinista –deterministas tecnológicas en los dos primeros casos, y determinista social en el caso de las trayectorias nacionales– (Thomas, 2008, p. 246-247).

En suma, a partir de la revisión de las matrices conceptuales de la sociología de la tecnología y de la economía del cambio tecnológico, desde la perspectiva socio-técnica se vienen realizando un conjunto de estudios de caso que han posibilitado la revisión de algunos conceptos teóricos existentes y su complementación, a partir de elaborar nuevas conceptualizaciones constructivistas. Simultáneamente, los estudios empíricos han facilitado el testeo de la capacidad explicativa de estas nuevas conceptualizaciones. Entre las principales nociones desarrolladas bajo este abordaje se encuentran los siguientes conceptos: dinámicas y trayectorias socio-técnicas, procesos de transducción, estilo socio-técnico de innovación y cambio tecnológico, resignificación de tecnologías y conocimientos genéricos. Asimismo, se han revisado conceptos como: relaciones problema/solución y procesos de funcionamiento y utilidad de tecnologías (Thomas, 2008, p. 247-248).

3.3 Interacción NanoMat-Entorno desde el abordaje socio-técnico: conceptos para el análisis

Desde un posicionamiento constructivista, socio-técnico, en el presente trabajo se asumió, analíticamente, la interacción U-E como una tecnología. ¿Qué implica el tratamiento de la dinámica interactiva U-E como tecnología? Implica que el proceso interactivo no tiene razones internas, inmanentes o intrínsecas que lo expliquen por sí mismo. Sino que lo que explica la interacción son las diversas interrelaciones sociales, técnicas, económicas y políticas históricamente situadas. De esta manera, la interacción U-E remite a procesos que involucran elementos diversos que, al interactuar, se construyen mutuamente, se co-construyen. La interacción U-E ha de entenderse, por lo tanto, como un proceso multidimensional y complejo de co-construcción –es decir, como un sistema dinámico– de elementos heterogéneos[38].

[38] La co-construcción puede entenderse como un proceso de negociación, tensión y determinación recíproca (Vercelli y Thomas, 2007, p. 6-7). De acuerdo a Garrido et al. (2011, p. 36): "El concepto de co-construcción es una adaptación de la noción de coevolución propuesta por Nathan Rosenberg para

El abordaje socio-técnico posibilitó la reconstrucción analítica de estos procesos –o, lo que es más preciso, de las relaciones socio-técnicas–, en la medida que permitió dar cuenta del recíproco influjo de actores, artefactos, instituciones, organizaciones, firmas, conocimientos, políticas, infraestructura, marcos normativos, sentidos, racionalidades, ideologías y relaciones de poder que configuraron un estilo concreto de interacción U-E. Para la reconstrucción de los procesos que modelaron la situación de interacción U-E singular se recurrió a un conjunto de nociones constructivistas socio-técnicas –que se detallan a continuación–, que constituyeron un sistema conceptual para la interpretación de la realidad empírica.

3.3.1 Relación problema/solución

La forma particular en como un actor –institución, organización o firma– identifica y resuelve problemas tecnológicos constituye un elemento central para caracterizar un estilo socio-técnico (Thomas y Gianella, 2006). Abordar la relación problema/solución como construcción socio-técnica implica, en primer lugar, asumir que los problemas no son universales, sino que "constituyen particulares articulaciones socio-técnicas históricamente situadas" (Thomas, 2008, p. 257). De esta manera, las soluciones tampoco son universales; son condicionadas por las configuraciones que asumen los problemas. La resolución de problemas no resulta de las propiedades intrínsecas o inherentes a las tecnologías, tal como se supone desde los abordajes deterministas (Thomas, 2008; Santos y Thomas, 2011).

Los grupos sociales relevantes caracterizan (construyen), significando, los problemas –y con ello la "relación de correspondencia problema/solución"– a partir de conocimientos (tácitos y codificados), las condiciones materiales, los escenarios ideológicos, las particularidades idiosincráticas, los marcos institucionales y las subjetividades que se ponen en circulación. Simultáneamente, la propia dinámica problema/solución "condiciona el conjunto de prácticas sociales e institucionales, en particular: las valorizaciones, las dinámicas de aprendizaje y la generación de formas organizacionales" (Thomas,

---

analizar el proceso simultáneo en el que se producen cambios tecnológicos al mismo tiempo que se establecen normativas legales. El empleo de co-construcción apunta a evitar las connotaciones evolucionistas o deterministas tecnológicas que pueden atribuirse al concepto de coevolución".

2008, p. 257; Santos y Thomas, 2012, p. 117). En este sentido, puede afirmarse que la relación problema/solución opera bajo una lógica sistémica.

3.3.2 Grupos sociales relevantes

El concepto de grupo social relevante es tomado de la sociología del conocimiento científico por parte del abordaje constructivista social de la tecnología (Thomas, 2008, p. 233). Esta categoría, asumida por Pinch y Bijker, que se posiciona como uno de los niveles analíticos del planteo constructivista, "constituye un aspecto crucial y punto de partida de primer nivel de agregación del análisis de los procesos de cambio socio-técnico" (Thomas, 2008, p. 233). Se propone la identificación de los grupos sociales relevantes como primer paso para la reconstrucción de la trayectoria de los artefactos tecnológicos.

Los grupos sociales relevantes son conjuntos de actores, diferenciados, que se vinculan con los artefactos a partir de que se expresan o manifiestan explícitamente sobre ellos. En tanto lo hacen, los actores les asignan un sentido o significado. Al asignarles un sentido se los construye. De aquí que: "A partir de esta multiplicidad de visiones, socialmente situadas, aparecen tantos artefactos como visiones de los mismos" (Thomas, 2008, p. 233). Los artefactos son, por lo tanto, el resultado de enunciados performativos. Es el significado compartido por los miembros de un grupo lo que posibilita al analista identificar y diferenciar a los grupos sociales relevantes (Picabea y Lalouf, 2013, p. 51). La estrategia analítica (analítico-descriptiva) consiste en (de)construir, heurísticamente, los artefactos a partir de los diferentes sentidos que le asignan los diversos grupos sociales relevantes.

3.3.3 Flexibilidad interpretativa

En estrecha relación con la noción de grupos sociales relevantes, el enfoque constructivista de la tecnología asume la idea de "flexibilidad interpretativa" para dar cuenta de esa multiplicidad de visiones que constituyen un artefacto. De esta manera, como se ha indicado, se construyen tantos artefactos como sentidos asignan o atribuyen los distintos grupos sociales a una 'cosa'. En términos analíticos esto significa que: "Cada uno de estos artefactos 'oculto' dentro de la misma 'cosa' puede ser rastreado [*traced*] a fin

de identificar los sentidos atribuidos por los diferentes grupos sociales relevantes" (Bijker, 1993; en Thomas 2008, p. 234). Las interpretaciones que elaboran los grupos sociales relevantes están situadas en un contexto social y cultural concreto. Esto significa que dichas interpretaciones dan cuenta de las características institucionales, ideológicas, políticas, económicas y materiales donde se despliegan. En otras palabras, los sentidos asignados a las tecnologías están socio-históricamente situados. Para el analista, la identificación de los sentidos atribuidos a un artefacto se trata de una tarea heurística.

Siguiendo a Bijker, como se ha visto más arriba, la construcción social de los artefactos ocurre en torno a dos procesos que se despliegan de forma combinada: estabilización y clausura. El proceso de estabilización implica "la aceptación de un artefacto por parte de un grupo social relevante". De forma que, el grado de estabilización de un artefacto es una "medida" de su aceptación: "Cuanto más homogéneos sean los sentidos atribuidos a un artefacto, mayor será el grado de estabilización" (Thomas, 2008, p. 235). Ahora bien, un significado común al interior de un grupo social resulta de disputas, negociaciones e imposiciones entre quienes integran dicho grupo. Por otro lado, el proceso de clausura supone que cuando "surge consenso entre los diferentes grupos sociales relevantes acerca del sentido dominante de un artefacto" la flexibilidad interpretativa disminuye (Thomas, 2008, p. 235). Es decir, "el pluralismo de los artefactos decrece". Sin embargo la clausura siempre es provisoria, no es definitiva, puesto que el consenso sobre el sentido asignado a un artefacto puede verse interpelado o expuesto, entre otros aspectos, por la emergencia de nuevos grupos sociales relevantes o por el reconocimiento de nuevos problemas desde los grupos sociales ya existentes. Los procesos de clausura y estabilización se manifiestan en la dimensión política como relaciones de poder; entendiendo a éstas –siguiendo a Bijker– "como la capacidad [*de unos*] de transformar a su servicio la agencia de otros para satisfacer sus propios fines" (Thomas, 2008, p. 237)[39]. El ejercicio de las relaciones de poder se expresa en las disputas, las negociaciones y las imposiciones que se despliegan en los procesos de fijación de sentidos de

[39] Bijker adopta la definición de poder proporcionada por Giddens (Thomas, 2008, p. 237).

las tecnologías. Ahora bien, metodológicamente, desde el abordaje socio-técnico la capacidad de agencia no se restringe a los actores humanos. Se asume que las tecnologías también poseen capacidad de agencia, por ejemplo, cuando se las instrumentaliza para realizar ciertos objetivos (Thomas, 2008, p. 237).

3.3.4 Marco tecnológico

La noción de marco tecnológico constituye una herramienta conceptual que se origina en el constructivismo social de la tecnología como forma de superar las restricciones deterministas, "al combinar los múltiples significados atribuidos a un artefacto –esto es, los múltiples artefactos construidos– con los múltiples grupos sociales que se constituyen al diseñarlos, construirlos y utilizarlos" (Garrido et al., 2007, p. 2). De acuerdo a Bijker, "en la medida que los distintos grupos sociales son capaces de generar tecnologías, pueden identificarse marcos tecnológicos" (Garrido et al., 2007, p. 2). Un marco tecnológico es un conjunto solidario de elementos que se produce en la interacción de los sujetos con los artefactos y de los sujetos entre sí; y que incluye, normalmente, la caracterización de tecnologías y artefactos, los conocimientos científicos y tecnológicos involucrados, las relaciones problema/solución, modos de construcción, los criterios que definen el buen funcionamiento de los artefactos, y los artefactos ejemplares (Garrido et al., 2007, p. 2; Santos y Thomas, 2012, p. 117)[40].

Siguiendo a Thomas (2008, p. 335-237), el marco tecnológico ha de concebirse: (a) como un concepto "heterogéneo" –en la medida que es entendido como un conjunto solidario de elementos diversos–; (b) como una entidad dinámica, que prospera en relación a los procesos de estabilización de los artefactos –en tanto es el resultado de interacciones de los sujetos con los artefactos y de los sujetos entre sí–; y (c) como proveedor de objetivos, pensamientos y herramientas para la acción –en la medida que al tiempo que las interacciones definen los problemas centrales y las estrategias para resolverlos (relación problema/solución) restringen, estructurando, los márgenes de libertad de la acción de los grupos sociales relevantes o, lo que es lo mimo, de las interaccio-

[40] "El concepto marco tecnológico permite explicar la estabilización de encuadramientos socio-cognitivos definidos (de forma similar al concepto "paradigma tecnológico")" (Santos y Thomas, 2012, p. 117).

nes que los miembros de estos grupos despliegan–. Es plausible sostener que este concepto se introduce como posibilidad para resolver la tensión entre estructura y contingencia. Un marco tecnológico es, simultáneamente, acción contingente y acción estructurada: "Un marco tecnológico es al mismo tiempo construido por las interacciones de los miembros de los grupos sociales y resulta en disciplinamiento de los miembros de esos grupos" (Thomas, 2008, p. 238). Los marcos tecnológicos también se manifiestan, en su dimensión política, como relaciones de poder –en los términos que hemos mencionado más arriba–. En efecto, "un marco tecnológico restringe las acciones de los miembros de un grupo social relevante y ejerce poder a través de la fijación de sentidos de los artefactos" o de los sistemas tecnológicos (Thomas, 2008, p. 238).

3.3.5 Funcionamiento/no funcionamiento y alianzas socio-técnicas

Las nociones de funcionamiento y de no funcionamiento resultan centrales a la hora de comprender los procesos de co-construcción de los elementos heterogéneos que configuran las trayectorias socio-técnicas, así como aquellos patrones de interacción que configuran las dinámicas socio-técnicas. Siguiendo el fundamento de Bijker sobre la idea de "funcionamiento" de los artefactos tecnológicos, desde la perspectiva socio-técnica se asume que el funcionamiento de las tecnologías no es intrínseco a ellas, sino que "es una contingencia que se construye social, científica, tecnológica, política y culturalmente" (Santos y Thomas, 2012, p. 117)[41]. Desde esta forma se asume que las tecnologías no son la resultante de un proceso acumulativo y lineal[42]. Ahora bien, es necesario complementar esta perspectiva dado que existe "la posibilidad de restringir el alcance de los procesos de construcción de funcionamiento a homogéneos procesos sociales de asignación de sentido (en un movimiento reduccionista homogéneamente social)"

[41] Específicamente, Bijker refiere al "funcionamiento" de los artefactos. Para más detalles véase Bijker, W. (1995) *Of Bicycles, Bakelites, and Bulbs*. Cambridge y Londres, The MIT Press.

[42] Cuando se asume como natural el desarrollo acumulativo y lineal de los artefactos tecnológicos –y de las tecnologías en general– se deja a un lado la posibilidad de conocer qué aspectos llevaron a ese desarrollo tecnológico, así como las alternativas divergentes y las alternativas descartadas. Desde finales de la década de 1980, Pinch y Bijker desplegaron argumentos teóricos que interpelaron la concepción lineal y acumulativa del desarrollo tecnológico, así como su autonomía, además de la naturalización del *funcionamiento* de las tecnologías. En lo que refiere al funcionamiento de las tecnologías, para Pinch y Bijker (2008, p. 29-39): "El éxito de un artefacto no es lo que explica su existencia, sino que es precisamente lo que necesita ser explicado".

(Thomas, 2008, p. 258)[43]. Esto implica asignar, analíticamente y metodológicamente, igual importancia a la "subjetividad de los actores implicados" y a las cualidades físicas de las tecnologías. De forma que "no es posible asignar cualquier sentido a cualquier artefacto o sistema" (Thomas, 2008, p. 258).

El sentido construido en procesos autoorganizados de adecuación o inadecuación socio-técnica deriva en funcionamiento o no funcionamiento de una tecnología (Santos y Thomas, 2012, p. 117):

> Es posible plantear que se construye funcionamiento en el marco de procesos de adecuación sociotécnica: procesos autoorganizados e interactivos de integración de un conocimiento, artefacto o sistema tecnológico en una trayectoria sociotécnica, sociohistóricamente situada. (Santos y Thomas, 2012, p. 117)

Así, el funcionamiento/no funcionamiento de una tecnología es el resultado de un proceso de construcción socio-técnica continua en el que participan elementos heterogéneos. Se trata, por lo tanto, de una relación "interactiva" (Santos y Thomas, 2012, p. 117).

Si bien el funcionamiento/no funcionamiento está presente desde la concepción y diseño de las tecnologías, nuevas formas de funcionamiento/no funcionamiento pueden emerger luego de que una tecnología ha alcanzado cierto nivel de "estabilización" (Thomas, 2008, p. 258)[44]. En efecto, los grupos sociales vinculados al diseño, desarrollo,

---

[43] En efecto, para Bijker el *funcionamiento* o el *no funcionamiento* de un artefacto es el resultado del sentido que le atribuye un grupo social relevante, en un contexto histórico determinado. Dicho de otra forma, son los grupos sociales relevantes los que, mediante la asignación de sentido, a través de un proceso dinámico de negociación e imposición históricamente situados, establecen que un artefacto ofrece –o no ofrece– una solución adecuada ante un problema que ha sido identificado por los miembros de dicho grupo. De aquí que, para Bijker, el funcionamiento de un artefacto no responda a su éxito intrínseco (cualidades intrínsecas del artefacto), sino a la aceptación (consenso) por parte de los grupos sociales relevantes de que el artefacto es el adecuado para responder a un problema determinado. Ahora bien, la perspectiva socio-técnica busca no limitar el análisis del funcionamiento/no funcionamiento de las tecnologías a procesos de asignación de sentido por parte de grupos sociales relevantes; por ello propone, metodológicamente, concebir estos procesos como una construcción socio-técnica en la que participan, de forma interactiva, elementos heterogéneos.

[44] Desde esta perspectiva las nociones de funcionamiento y no funcionamiento pueden vincularse con los procesos de "clausura" y "estabilización" de las tecnologías (Thomas, 2008, p. 258).

construcción y uso de una tecnología "contraponen significaciones y valoraciones" respecto a ella, logrando una situación de consenso sobre su viabilidad/no viabilidad. Sin embargo, esta situación es provisoria, por lo que puede verse modificada en el tiempo debido a la emergencia de nuevos grupos sociales vinculados a la tecnología y/o la atribución de nuevos sentidos –en algunos casos divergentes– de los grupos sociales relevantes (Garrido et al., 2016). De aquí que pueda decirse que los procesos de construcción del funcionamiento/no funcionamiento se produce en relación a la conformación de alianzas socio-técnicas estables:

> Una alianza socio-técnica es una coalición de elementos heterogéneos implicados en el proceso de construcción de funcionamiento–no funcionamiento de un artefacto o una tecnología. Es, asimismo, el resultado de un movimiento de alineamiento y coordinación de artefactos, ideologías, regulaciones, conocimientos, instituciones, actores sociales, recursos económicos, condiciones ambientales, materiales, etc. que viabilizan o impiden la estabilización de la adecuación socio-técnica de un artefacto o una tecnología y la asignación de sentido de funcionamiento. (Thomas, 2012, citado por Garrido et al., 2014, p. 78)

La alianza socio-técnica constituye una red de elementos heterogéneos factible de ser (re)construida por el analista. Además, desde el punto de vista de las acciones orientadas a la intervención, este concepto puede constituir una herramienta para la planificación "en la medida que las acciones de alineamiento y coordinación se integran en las estrategias de los actores" (Thomas, 2012, citado por Garrido et al., 2014, p. 78). Ahora bien, en tanto la noción de funcionamiento expresa un juicio o una valoración única acerca de la viabilidad de una tecnología –como ya se ha indicado, como consecuencia de una situación de consenso que se desprende de un proceso de negociación o imposición entre los miembros de grupos sociales relevantes– puede decirse que forma parte de los marcos tecnológicos, y en cierta manera que opera como su síntesis (Garrido et al., 2007, p. 3).

En suma, desde la perspectiva socio-técnica, nociones como la de funcionamiento/no funcionamiento y la de alianza socio-técnica se orientan "a generar nuevas

respuestas para explicar los procesos en los que se construye la viabilidad –y la inviabilidad– del desarrollo y adopción de tecnologías" (Garrido et al., 2016).

3.3.6 Dinámica socio-técnica

La noción de dinámica socio-técnica constituye una herramienta conceptual que permite describir, sincrónicamente, interacciones heterogéneas, y "vincularlas en relaciones causales de naturaleza explicativa" (Thomas, 2008, p. 248-249). Como toda interacción, estos patrones no se mantienen idénticos a lo largo del tiempo, sino que se modifican. Una dinámica socio-técnica refiere, por lo tanto, a:

> […] un conjunto de patrones de interacción de tecnologías, instituciones, políticas, racionalidades y formas de constitución ideológica de los actores. Este concepto sistémico sincrónico permite insertar una forma determinada de cambio socio-técnico (una serie de artefactos, una trayectoria socio-técnica, una forma de relaciones problema/solución, por ejemplo) en un mapa de interacciones. (Thomas, 2008, p. 249)

En términos analíticos se encuentra en el nivel de los ensambles socio-técnicos de Bijker, los grandes sistemas tecnológicos de Hughes, o las redes tecno-económicas de Callon (Thomas, 2008, p. 248-249). Se trata de un "concepto modular"; lo que significa que su operacionalización puede realizarse en escalas y niveles diversos ("recortes topológicos"): escala global, nacional, regional, sectorial o disciplinar.

3.3.7 Trayectoria socio-técnica

La noción de trayectoria socio-técnica se propone como superadora de otras conceptualizaciones realizadas en términos de trayectorias; fundamentalmente de aquellas formuladas desde perspectivas teóricas con base en la economía del cambio tecnológico. Siguiendo a Donald MacKenzie, Thomas (2008) apunta que tanto el concepto de trayectorias naturales como el de trayectorias tecnológicas presentan el problema de

ser deterministas tecnológicos. Hecho que dificulta su uso en abordajes teóricos desarrollados bajo los términos de la "metáfora del tejido sin costuras" (*seamless web*)[45]. La introducción de la noción de trayectoria socio-técnica busca sortear esta restricción. Su carácter diacrónico permite "ordenar relaciones causales entre elementos heterogéneos" para reconstruir el "proceso de co-construcción socio-técnica en el tiempo y el espacio" de un artefacto (tecnológico o jurídico), una organización, red o empresa, o unidades de análisis más complejas como sistemas tecnológicos, ciudades, gobiernos, sectores tecno-productivos o países (Thomas, 2008, p. 249-250):

> Una trayectoria socio-técnica es un proceso de co-construcción de productos, procesos productivos y organizacionales, e instituciones, relaciones usuario-productor, procesos de *learning*, relaciones problema/solución, procesos de construcción de "funcionamiento" o "no funcionamiento" de una tecnología, racionalidades, políticas y estrategias de un actor (firma, institución de I+D, universidades, etc.), o, asimismo, de un marco tecnológico (Bijker, 1995) determinado (por ejemplo: tecnología nuclear, siderurgia, etc.) o una *sociotechnical constituency* (Molina,1989). (Thomas, 2008, p. 249)

Con este concepto se busca abrir la "caja negra" de las construcciones auto-organizadas (Thomas, 2008, p. 249-251). En otros términos, el análisis socio-técnico se orienta a la reconstrucción analítica de dichos procesos "articulando causalmente formas de interacción complejas entre elementos heterogéneos", ordenando estas relaciones causales en secuencias temporales.

Las naciones de dinámica socio-técnica y de trayectoria socio-técnica constituyen herramientas complementarias. Si bien ambos conceptos dan cuenta de procesos auto-organizados complejos, las dinámicas socio-técnicas constituyen una herramienta analítica más abarcadora que las trayectorias socio-técnicas: "toda trayectoria socio-técnica se desenvuelve en el seno de una o diversas dinámicas socio-técnicas y resulta

---

[45] Para profundizar en este concepto puede consultarse:

- Bijker, W., Hughes, T. y Pinch, T. (1987). General Introduction. En Bijker W., Hughes, T. y Pinch, T. (Eds.), *The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology*, The Mit Press.
- Hughes, T. (1986). *The Seamless Web: Technology, Science, etcetera, etcetera*, Social Studies of Science, (16), 2, 281-292.

incompatible fuera de ellas" (Thomas, 2008, p. 250). Al igual que la dinámica socio-técnica, la trayectoria-socio técnica es un concepto modular que puede ser utilizado por el analista para dar cuenta de distintas escalas de análisis. En ambos casos dicho recorte no se realiza a priori, sino que es definido para cada caso concreto estudiado (Thomas, 2008, p. 252).

Estos recursos analíticos se posicionan como superadores en un doble sentido. Por un lado, porque posibilitan superar aquellos enfoques que relacionan de manera descriptiva y estática determinados fenómenos con sus entornos. Por otro lado, porque permiten realizar análisis sin la necesidad de "saltos micro-macro" (Thomas, 2008, p. 252). Es decir, facilitan la articulación, al disolverlos, de los niveles micro, meso y macro de análisis; por ejemplo, cuando se aborda, simultáneamente, un artefacto tecnológico específico (nivel micro), una organización (nivel meso) y un modelo de acumulación (nivel macro), en el marco de un contexto socio-histórico concreto.

3.3.8 Estilo socio-técnico

"La adaptación al entorno culmina en estilo", advertía Hughes (2008, p. 126). Derivado de la noción de estilo tecnológico (Hughes, 1983), el estilo socio-técnico hace referencia a "una forma relativamente estabilizada de producir tecnología y de construir su funcionamiento y utilidad" (Thomas, 2008, p. 254). Como apuntan Thomas y Gianella (2006): "En el marco de las trayectorias socio-técnicas tienden a estabilizarse un conjunto de prácticas que caracterizan la particular 'forma' de hacer de una firma o institución". Ahora bien, un estilo socio-técnico se configura como un sistema, interactivo y auto-organizado, históricamente situado, en el que intervienen de forma compleja múltiples elementos heterogéneos.

> Un estilo socio-técnico se conforma en el interjuego de elementos heterogéneos: relaciones usuario-productor, sistema de premios y castigos, distribución de prestigio, condiciones geográficas, diversos tipos de aprendizajes, experiencias históricas regionales y nacionales, ideologías, culturas locales, formas de acumulación, etcétera. (Thomas, 2008, p. 254)

En términos analíticos el concepto constituye un recurso teórico que posibilita realizar descripciones en el marco de las nociones de trayectorias socio-técnicas y de dinámicas socio-técnicas (Thomas, 2008, p. 254).

CAPÍTULO 4

DISEÑO METODOLÓGICO, ESTRATEGIA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

4.1 Diseño metodológico

La investigación constituyó un análisis empírico de estudio de caso[46], en la que se asumió una metodología de tipo cualitativa, fundamentada en una epistemología constructivista[47]. Con un propósito heurístico, la descripción exhaustiva de una situación singular y concreta se orientó a comprender el objeto de estudio (el estilo de interacción NanoMat-Entorno) a partir de la elaboración de conceptos, así como de establecer relaciones entre ellos. De esta manera, el posicionamiento constructivista se expresó, en este trabajo, en un doble plano: epistemológico y metodológico. Desde el punto de vista epistemológico el constructivismo refiere al lugar del sujeto epistémico –en este caso el investigador– en la naturaleza del proceso de construcción del conocimiento, en particular del conocimiento científico. En este sentido el constructivismo se inscribe en el ámbito de las reflexiones de la teoría del conocimiento[48]. En el segundo plano, el constructivismo como recurso metodológico, se concibe a las tecnologías como producto socio-técnico. Ello implica asignar agencia no sólo a la acción humana sino, también, a todo aquello no humano. Se trata, por lo tanto, de un recurso analítico-metodológico

[46] Para Rodríguez et al. (1999, p. 92), "el estudio de casos implica un proceso de indagación que se caracteriza por el examen detallado, comprehensivo, sistemático y en profundidad del caso objeto de interés".

[47] La propuesta se asume como un estudio de caso "intrínseco". Siguiendo a Stake (2005, citado por Rodríguez y Valldeoriola, 2009), este tipo de estudio "se desarrolla porque queremos conseguir una mejor comprensión de un determinado caso. No optamos por un caso concreto porque éste represente a otros casos o porque sea ilustrativo de un determinado problema o fenómeno, sino porque es de interés por sí mismo". Para Stake el estudio de caso intrínseco conforma junto al "instrumental" y al "caso múltiple o colectivo" los tres grandes tipos de estudio de caso.

[48] Tal como afirma Retamozo (2012, p. 376): "Dentro de la teoría del conocimiento —la gnoseología— podemos situar la preocupación estrictamente epistemológica, es decir, centrada en el lugar del sujeto epistémico (sea un individuo, una comunidad o un sistema) en la producción, la validación y la aceptación del conocimiento científico". Este posicionamiento también implica introducir una discusión de carácter ontológico. Desde este punto de vista: "En el constructivismo, […], habitan posiciones que defienden que la realidad se configura con algún grado de intervención del sujeto. Esta intervención opera en la construcción de los hechos que se investigan a partir de ciertas concepciones, conceptos y determinaciones que producen el objeto y los datos (Retamozo, 2012, p. 377).

que posibilita reconstruir la compleja interacción de elementos heterogéneos, tanto sociales como tecnológicos, que acontece en los procesos de concepción, diseño, desarrollo y uso de las tecnologías, en el marco de situaciones socio-históricas concretas.

Se propuso un método en el que, a modo de tipologías, el análisis hermenéutico de las trayectorias socio-técnicas comparadas de dos *desarrollos artefactuales ejemplares* de base nanotecnológica se orientó a la reconstrucción del estilo socio-técnico de interacción Centro NanoMat-Entorno. Asumir las trayectorias socio-técnicas de los artefactos como tipologías constituyó un recurso analítico que posibilitó generar inteligibilidad. Las tipologías son, en este sentido, esquemas conceptuales abstractos que, al simplificar, resaltando algunas características observables por sobre otras, buscan generar comprensión del fenómeno o conducir a ello[49]. Se trata de conceptos a priori, elaborados a partir de acentuar algún aspecto observable singular (característica fáctica) de objetos artefactuales concretos: *el propósito principal que originalmente justificó la emergencia de los artefactos*.

Esta distinción inicial constituyó el fundamento para la configuración de los artefactos como tipologías. Se trató, por lo tanto, de una operación clasificatoria que orientó el carácter empírico de la investigación. Dicho de otra manera, las condiciones de posibilidad empírica estuvieron antecedidas por conceptos estilizados que asumieron forma de tipologías. Así entendidas, las tipologías no se propusieron como resultado o producto del análisis empírico; tampoco como una hipótesis que requirió ser contrastada empíricamente (validación empírica de las tipologías). Constituyeron un *a priori* que guió el estudio empírico –la obtención y análisis de datos–. Fueron un medio para la generación de evidencia.

Se propuso un diseño que implicó, en el plano empírico, un doble movimiento metodológico. El primer movimiento consistió en la reconstrucción de las trayectorias socio-técnicas de los artefactos ejemplares y en el análisis comparado de dichas trayectorias; el segundo movimiento se orientó a la reconstrucción del estilo socio-técnico de interacción NanoMat-Entorno. Concretamente, el estudio propuso analizar discursos,

[49] Para López-Roldán (1996, p. 12) "cabe distinguir la tipología como una operación clasificatoria formulada o construida teóricamente y la tipología como operación técnica de construcción empírica a través del tratamiento de una matriz de datos".

orales y escritos, generados hasta el año 2021, que tuvieron por temática central los procesos de concepción, diseño y desarrollo de ambos artefactos. El límite inferior del periodo de análisis no fue definido a priori (al comienzo de la investigación), sino que fue resultado del propio trabajo de campo.

El estudio de caso se realizó bajo la consideración de que era posible la reconstrucción de las dinámicas de concepción, diseño, desarrollo y uso de las dos experiencias artefactuales a partir del análisis de los discursos de actores directamente involucrados con estos procesos[50]. De esta manera, fueron los discursos –entendidos como sentidos atribuidos y declarados– los que posibilitaron comprender, interpretando, las dinámicas interactivas, socio-técnicas, NanoMat-Entorno.

En términos operativos, la reconstrucción de las trayectorias socio-técnicas de ambos artefactos se llevó adelante a partir de identificar, en cada caso, las principales etapas que les caracterizaron. A su vez, el análisis empírico para la reconstrucción de cada una de las trayectorias se orientó por tres dimensiones:

1. **Dinámicas relaciones problema/solución.**
2. **Grupos sociales relevantes y alianzas socio-técnicas.**
3. **Conocimientos y aprendizajes tecno-cognitivos y organizacionales**
   - **3.1 Dinámicas de producción de conocimientos (saberes puestos en circulación).**
   - **3.2 Operaciones de aprendizaje (dinámicas de adquisición o incorporación de conocimientos).**
   - **3.3 Capacidades (condiciones o cualidades que garantizan el cumplimiento de actividades o de funciones).**

A la primera de las dimensiones se le asignó un rol estructurador en la reconstrucción de las trayectorias socio-técnicas de los artefactos, en la medida que fue a partir de

[50] El discurso puede ser definido como un acto comunicativo que desarrollan personas concretas en un contexto de interacción social determinado. Los discursos son acciones que se producen en el marco de relaciones sociales históricamente situadas.

la identificación de las dinámicas problema/solución que se definieron las distintas etapas o fases dentro de cada trayectoria.

Se adoptó un diseño flexible de investigación. De esta manera el proceso investigativo se adaptó a la emergencia de "situaciones nuevas e inesperadas vinculadas con el tema de estudio", en lugar de asumir un protocolo lineal rígido, "con una secuencia unidireccional, cuyas fases preestablecidas se suceden en el tiempo" –secuencia que se inició con el propósito de la investigación hasta la recolección y análisis de datos– (Mendizábal, 2006, p. 67). Ello permitió la revisión y ajuste permanente del estudio durante el desarrollo de todo el proceso investigativo. Dicha flexibilidad se tradujo, en concreto, en la revisión y ajuste tanto de los antecedentes teóricos como de las dimensiones analíticas propuestas.

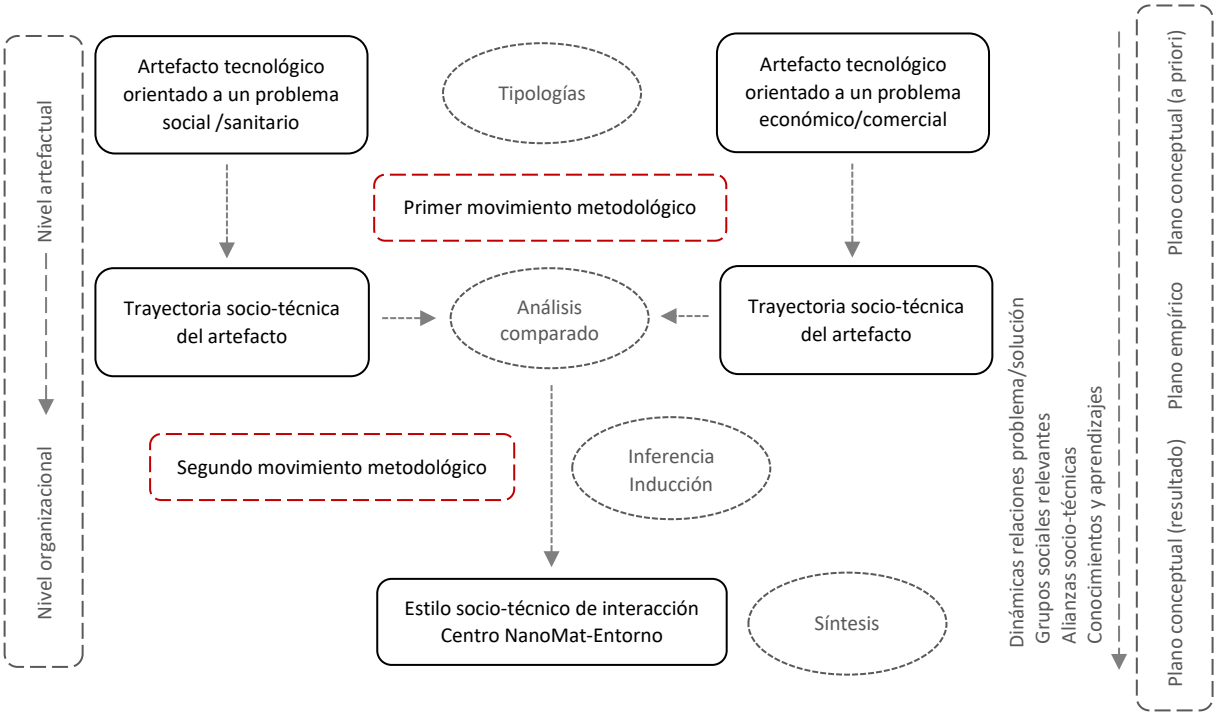


Figura 2. Esquema del diseño metodológico. Elaboración propia.

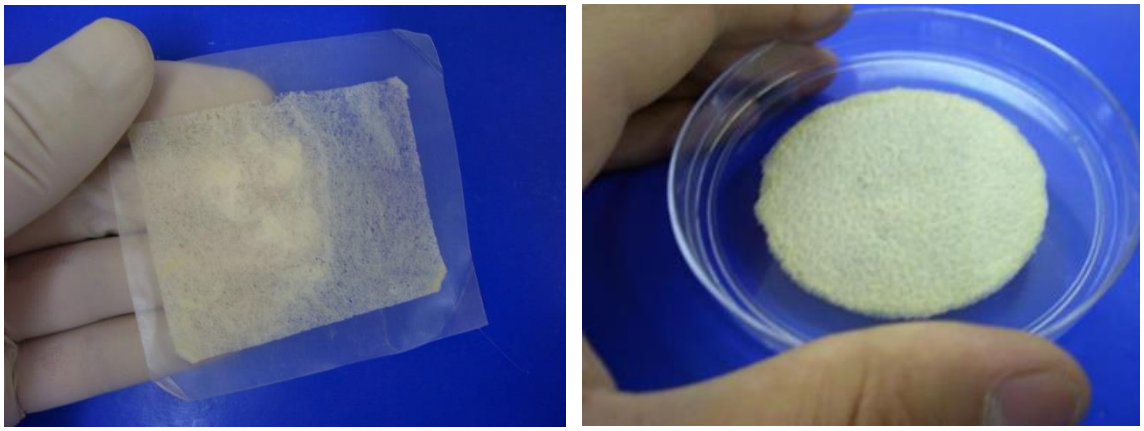
4.2 Tipologías: dos artefactos ejemplares

En el marco de alianzas que involucraron al Centro NanoMat y a empresas e instituciones públicas y privadas se han venido desarrollando diversas soluciones artefactuales de base nanotecnológica, que han implicado el despliegue de conocimientos, capacidades y aprendizajes científicos y tecnológicos locales. De particular interés para el presente trabajo resultan dos desarrollos tempranos vinculados a la actividad de la Unidad de Nanotecnología: la membrana colagénica para reposición dérmica o piel sintética y los preparados cosméticos a base de marcela. Se trata de dos *artefactos ejemplares* cuya elección para esta investigación ha sido establecido, como ya se ha indicado, con arreglo al propósito principal que originalmente justificó su emergencia[51].

Mediante la *membrana sintética para reposición dérmica* desde el Centro NanoMat se buscó dar respuesta a un problema social y sanitario. El proceso de I+D+i se orientó a contribuir a la inclusión social desde una perspectiva de salud pública. Constituye una apuesta de un equipo de investigadores del Centro NanoMat para generar procesos de I+D+i en un "área sensible a nivel social". Aún en fase de desarrollo, se trata de obtener un artefacto que, existiendo en el mercado mundial, su alto costo relativo lo hace inaccesible para gran parte de los uruguayos (Portal UdelaR, 2010). Su función es la de proteger y regenerar los tejidos en casos de quemaduras y otras heridas en la piel (Portal UdelaR, 2010). Las quemaduras se presentan con mayor frecuencia en los sectores socio-económicos más vulnerados, y en particular en los niños. Simultáneamente, son estos sectores los que poseen mayores dificultades económicas para acceder a este tipo de tratamientos. Además de su uso en quemaduras, la piel sintética podría ser utilizada en otras afecciones como úlceras diabéticas y lesiones dérmicas por abrasión o por presión (escaras). Se propuso como una alternativa a los injertos o trasplantes de piel natural –tanto autológicos como homólogos–. La posibilidad de encapsular sustancias capaces de derramarse gradualmente en áreas específicas del cuerpo humano se presentó como una característica diferencial del equipo de investigadores uruguayo. Inicialmente,

[51] Para la elección de los artefactos se contó con insumos generados en el marco del trabajo de tesis para la obtención del título de grado de la licenciatura en Sociología de la Facultad de Ciencias Sociales, UdelaR. Véase Barrero (2014).

el “colágeno soluble” utilizado para la creación del tejido provino del tendón bovino, un material abundante y de fácil acceso en el ámbito local (Portal UdelaR, 2010).



Figuras 3 y 4. Prototipo de piel sintética creado en el Centro NanoMat (Portal UdelaR, 2010).

Por otra parte, los *preparados cosméticos en base a marcela* constituyeron un desarrollo que se inscribe en la búsqueda a un problema económico/comercial de una firma local. Con esta solución artefactual se procuró contribuir a mejorar la productividad y competitividad de una firma nacional del sector cosmético. Mediante un proyecto conjunto entre el Centro NanoMat y el laboratorio nacional Grinlab (Onacril S.A.) “se lanzó en 2011 al mercado el primer producto uruguayo con incorporación de nanotecnología” (Uruguay XXI, 2014, p. 10). El proyecto se orientó al encapsulado de extracto de marcela y a la mejora de las propiedades del producto. Se buscó mejorar su aroma y aumentar su penetración a capas más profundas de la piel. Esta innovación ha sido presentada, a nivel nacional, como “un ejemplo de complementación entre la academia y la empresa” (Presidencia, 2012b).

Figura 5. Publicidad crema cosmética Actenz Platinum Fresca. Junto a Platinum Profunda y Platinum Mirada conforman la línea Platinum de Actenz

	Artefactos ejemplares	
	Membrana sintética de reposición dérmica	**Preparados cosméticos en base a marcela**
Problema original que justificó la emergencia del proceso de I+D	**Problema social** Desde una perspectiva de salud pública, se busca contribuir a la inclusión social a partir de un problema social y sanitario.	**Problema económico / comercial** Se busca mejorar la productividad y competitividad de una firma nacional del sector cosmético.

Tabla 2. Problemas originales que justificaron la emergencia de los desarrollos artefactuales estudiados.

4.3 El discurso como dato

Con fines práctico-metodológicos se clasificó al discurso, a partir del medio por el que se transmite, en oral y escrito (Llamas, 2006, p. 402)[52]. Se asumió que recurrir simultáneamente a estas dos modalidades discursivas incrementó el grado de validez de

[52] El medio por el que se trasmite, o soporte físico, no es el único criterio utilizado por Llamas para argumentar la distinción entre las dos modalidades discursivas: también deben justificarse por "las propiedades lingüísticas -léxicas, morfosintácticas, textuales- y los factores contextuales que intervienen en el proceso comunicativo" (Llamas, 2006, p. 402-403). Sin embargo, en este trabajo el primero será el único argumento utilizado para tal distinción. En términos generales, es posible clasificar el discurso a partir de

los datos, redundando en una mayor probabilidad de inferencia sobre el universo de enunciados en torno a la concepción, diseño, desarrollo y uso de los artefactos bajo estudio[53]. Para hacer de los enunciados un dato plausible de interpretación y análisis se realizó una reducción que consistió en el tratamiento de ambos niveles discursivos de forma homogénea, esto es, como discurso-texto (ver figura 6). El discurso-texto respondió así a un único soporte material sobre el que se interpretó la totalidad de los discursos registrados/obtenidos (*universo de datos*), y a partir del cual se infirió el universo de enunciados referidos a los procesos mencionados para ambos artefactos tecnológicos (*universo de análisis* o *universo de las inferencias posibles*). La homogeneización resultó en un recurso práctico para convertir el discurso concreto en dato posible de interpretación y análisis.

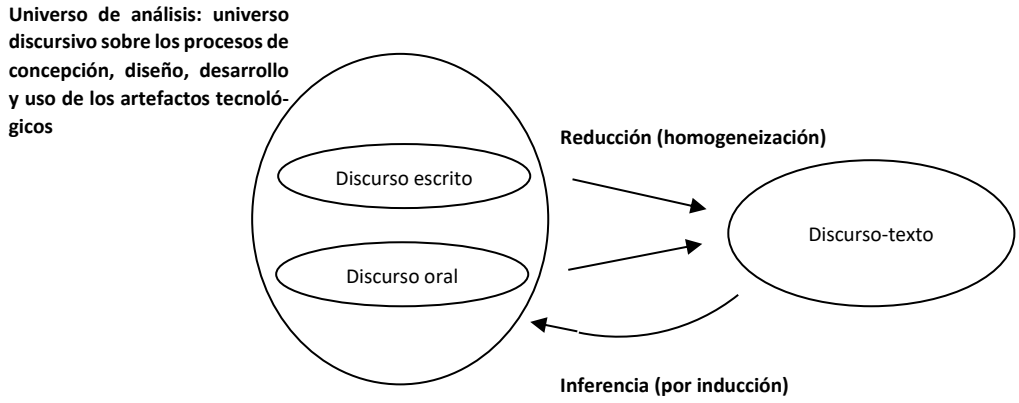


Figura 6. Universo discursivo, modalidades discursivas (discurso oral y escrito) y discurso-texto. Con fines analíticos el discurso oral y el discurso escrito se homogenizan como discurso-texto. A partir de este último se infiere el universo discursivo sobre los procesos de concepción, diseño, desarrollo y uso de los artefactos tecnológicos, y se reconstruyen las trayectorias socio-técnicas de los artefactos. Elaboración propia. Basado en Barrero (2011, p. 43).

---

la naturaleza del signo: discurso con base en signos lingüísticos (signos propios del lenguaje) y discurso con base en signos no lingüísticos (gráficos, gestuales, acústicos). El discurso con base en signos lingüísticos puede clasificarse a partir del medio por el que se transmite en oral y escrito. Estas dos modalidades (oral y escrito) constituyen el universo discursivo que interesa interpretar y analizar en este trabajo.

[53] En efecto, la capacidad de inferencia que existe al tratar estas dos expresiones es mayor que si se tratase únicamente una de las manifestaciones discursivas. Pero, es menor que si se abordase otras expresiones discursivas que aquí no hemos considerado por razones práctico-metodológicas. Decimos que hay validez en el contexto de los datos si los hallazgos representan a los fenómenos reales.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para el registro del discurso se utilizaron dos técnicas complementarias. Por un lado, se recurrió a la revisión de fuentes documentales para el registro del discurso escrito, y, por otro lado, se diseñaron y aplicaron entrevistas semiestructuradas para el registro del discurso oral. La recolección de la información se realizó en etapas sucesivas y solapadas.

En la primera etapa se identificó, revisó y sistematizó, entre los años 2017 y 2021, la totalidad de documentos disponibles online, independientemente de su año de publicación, referidos a los procesos de concepción, diseño, desarrollo y uso de los artefactos bajo estudio. Se identificaron dos tipos de documentos: material de difusión científica de origen institucional y publicaciones en prensa. De un total de veinticuatro documentos, relevados y sistematizados entre los años 2017 y 2021, trece refirieron a la membrana de reposición dérmica y once a los preparados cosméticos de marcela. Además, se revisaron ocho *currículum vitae* de investigadores. Dadas las características de la práctica investigativa del Centro NanoMat no fue posible identificar otro material disponible de forma pública online.

La revisión inicial de fuentes documentales orientó el trabajo de campo en varios aspectos. En primer lugar, posibilitó, de forma preliminar, la identificación de actores individuales y colectivos, así como potenciales informantes calificados. En segundo lugar, se constituyó en insumo para la reconstrucción preliminar de las trayectorias de los artefactos bajo estudio. En tercer término, proporcionó contenidos para el diseño del guion de entrevista. La revisión documental dio paso a la segunda fase de la recolección de datos.

Por otro lado, se elaboró una pauta común de entrevista que fue aplicada –personalmente través de la plataforma virtual Zoom– con la finalidad de obtener información de primera mano de parte de informantes calificados (investigadores y empresarios vinculados directamente con los procesos de concepción, diseño, desarrollo y uso de uno de los artefactos o de ambos artefactos bajo estudio). Una vez identificados los informantes considerados línea de base (responsables de los desarrollos artefactuales), los siguientes entrevistados fueron reclutados mediante la técnica de muestreo por bola de

nieve. El número de entrevistados y entrevistas se definió en base a saturación teórica (muestreo teórico) (Glaser y Strauss, 1967, p. 61-62). La saturación teórica respondió a los contenidos necesarios para la reconstrucción de las trayectorias de los artefactos.

La entrevista se diseñó de forma tal que permitiera una respuesta libre por parte del entrevistado: la situación concreta en la que se desarrolló la entrevista fue la que determinó la secuencia de los contenidos sobre los que se interrogó. No obstante, aun cuando flexible, el guion de entrevista cumplió una función directriz, en el sentido de que con ello se pretendió orientar el diálogo/comunicación a fin de obtener la información potencialmente relevante para la investigación (Flick, 2007, p. 104)[54]. Se entrevistó a tres investigadores/as y un director y propietario de una firma local (ver anexo). La totalidad de las entrevistas se realizaron entre los años 2020-2021. Para transcribir los archivos de audio (entrevistas) a texto se utilizó la aplicación online y gratuita oTranscribe.

Una vez sistematizados los contenidos de las entrevistas, en algunos casos se recurrió a una segunda, e incluso tercera, entrevista, a efectos de ampliar o precisar la información proporcionada en el intercambio inicial. En todos los casos, dicha ampliación se realizó de forma escrita a través de correo electrónico. Esta fase emergente para la obtención de dato –no prevista inicialmente en el diseño metodológico– se realizó durante 2021.

[54] Flick (2007, p. 107) advierte que las entrevistas semiestructuradas parten del "supuesto de que las aportaciones que son características para entrevistas estandarizadas o cuestionarios, y que limitan cuándo, en qué secuencia y cómo se tratan los asuntos, oscurecen más que iluminan el punto de vista del sujeto".

Etapa	Técnica	Instrumento	Criterio de búsqueda y selección
Primera etapa	Revisión de fuentes documentales en web	Registro de documentos escritos	Búsqueda, revisión y sistematización de todos los documentos disponibles online, localizados entre los años 2017 y 2021, de origen diverso, referidos a los procesos de concepción, diseño, desarrollo y uso de la piel sintética y los preparados cosméticos a base de marcela.
Segunda etapa	Entrevista semiestructurada personal a través de plataforma virtual	Guion de entrevista	Entrevista personal a informantes calificados (investigadores y empresarios vinculados directamente con los procesos de concepción, diseño, desarrollo y uso de uno de los artefactos o de ambos artefactos bajo estudio). A partir de la identificación de los actores considerados línea de base (responsables de los desarrollos artefactuales) los siguientes entrevistados fueron reclutados mediante la técnica muestreo por bola de nieve. El número de entrevistados/entrevistas se definió en base a saturación teórica (muestreo teórico).
Tercera etapa	Entrevista ampliatoria Escrita a través de correo electrónico	Preguntas puntuales	En los casos considerados necesarios, se recurrió a una segunda, e incluso tercera, entrevista, a efectos de ampliar o precisar la información proporcionada en el intercambio inicial.

Tabla 3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos y criterios de búsqueda y selección.

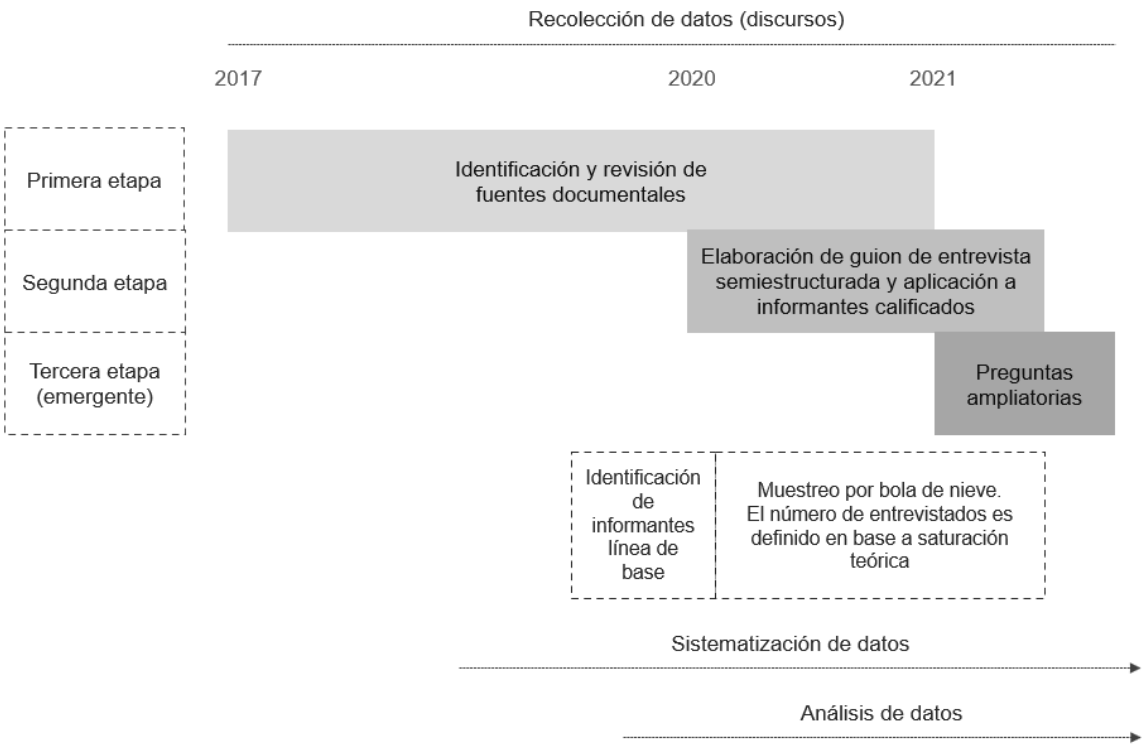


Figura 7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos. Elaboración propia.

4.5 Estrategia y técnicas para el análisis de datos

Como técnica de análisis de los datos se propuso el *análisis de contenido de los discursos*[55]. Para Andreu (2000, p. 22), "el análisis de contenido cualitativo consiste en un conjunto de técnicas sistemáticas interpretativas del sentido oculto de los textos". Por su parte, Mayntz et al. (1993) sostienen que:

[55] Para Brown y Yule (citado por Andreu, 2002, p. 209): "El analista del discurso trata su corpus como el registro (texto) de un proceso dinámico en el cual el hablante/escritor utiliza el lenguaje como instrumento de comunicación en un contexto para expresar significados y hacer efectivas sus intenciones (discurso). Trabajando sobre estos datos, el analista intenta describir las regularidades encontradas en las realizaciones lingüísticas que emplea la gente para comunicar esos significados e intenciones".

> […] se puede definir al análisis de contenido como una técnica de investigación que identifica y describe de una manera objetiva y sistemática las propiedades lingüísticas de un texto con la finalidad de obtener conclusiones sobre las propiedades no lingüísticas de las personas y los agregados sociales. (p. 198)

En particular, se optó por la modalidad propia del análisis sociológico: el nivel social/hermenéutico[56]. Este remite a la interpretación de los sentidos implicados en los discursos contextualizándolos socialmente.

> En la investigación social, el discurso desborda el texto. Lo que analizamos en nuestro trabajo de sociólogos de lo concreto son espacialmente los discursos, no lo textos; los textos nos interesan en cuanto que son los soportes y materialización de un conjunto de discursos que difieren, confluyen y se expresan en un espacio concreto referido a lo social. (Alonso, 2003, p. 202)

Procedimentalmente, a partir de la lectura, el material empírico se clasificó, segmentó, ordenó y agregó en relación a: (i) las dimensiones de análisis definidas y (ii) un criterio de temporalidad. Con ello se buscó, a partir de criterios interpretativos, el ordenamiento sistemático y objetivo de los contenidos para la reconstrucción de las trayectorias históricas de los artefactos. En un segundo movimiento metodológico, a partir de ello se realizó, mediante un proceso inferencial, la reconstrucción del estilo sociotécnico de interacción NanoMat-Entorno.

[56] Alonso (2003, p. 189) diferencia "tres niveles básicos de aproximación al análisis de discursos: un nivel informacional/cuantitativo, un nivel estructural/textual y un nivel social/hermenéutico". El primero, estudia (cuantifica) la frecuencia con la que se enuncia una idea, un concepto, una palabra, o sus relaciones. Independientemente del contexto en el que se produce. En el segundo, el discurso se explica por su propia organización interna (reglas y patrones de composición lingüística o de símbolos: códigos y estructuras). Se deja fuera de todo análisis al sujeto. El tercero, que corresponde el análisis sociológico, remite a la interpretación del sentido implicado en el discurso. Lo contextualiza socialmente; no se limita al aspecto formal ("morfológico") del soporte material (discurso-texto).

CAPÍTULO 5

TRAYECTORIA SOCIO-TÉCNICA DE LA MEMBRANA SINTÉTICA PARA REPOSICIÓN DÉRMICA

Fase 1: La concepción de la piel sintética y la elaboración de un protocolo para la extracción de colágeno de tendón bovino.

En 2007 el equipo de investigadores que trabajaba en química de materiales en el Centro NanoMat se propuso aplicar su experiencia y conocimientos en un área sensible a nivel social. La colaboración que se mantenía previamente con el Instituto Nacional de Donación y Trasplante de Células, Tejidos y Órganos (INDT)[57] en "la caracterización y criopreservación de los tejidos resultó además el marco ideal para el emprendimiento" (Contreras, 2010, p. 3 y Portal UdelaR, 2010). Surgió así la propuesta de "un desarrollo propio" (Entrevista 01): una matriz extracelular artificial o piel sintética capaz de facilitar la curación en personas que sufrían lesiones dérmicas severas (Alzugaray et al., 2011, p. 15-16). Por entonces –al igual que ocurre actualmente– en Uruguay las quemaduras afectaban con mayor frecuencia a la población socio-económicamente más vulnerada –la que combinaba viviendas y sistemas de calefacción precarios–; siendo los niños los más afectados dentro de esta población.

> La importancia del logro de estos objetivos, consistiría en la obtención de un nuevo producto de salud que facilitaría el acceso a la resolución de problemas de quemaduras graves que afecta a toda la sociedad, pero mayoritariamente a las poblaciones más vulnerables y de menos recursos. Este tipo de iniciativas, contribuyen al logro de una sociedad más inclusiva y por tanto a un proceso de desarrollo más igualitario. (Beloso et al., 2014)

La matriz extracelular sintética, al ser capaz de imitar las características estructurales y funcionales de la matriz extracelular natural, permitiría cubrir una mayor superficie

[57] El INDT es un organismo desconcentrado del Ministerio de Salud Pública y un servicio de la Universidad de la República, con obligaciones y competencias recíprocas de ambas Instituciones.

del cuerpo quemado de una persona. Se incrementaría con ello su probabilidad de supervivencia y su calidad de vida. Además, posibilitaría aumentar la funcionalidad anatómica o fisiológica, así como la estética de la zona lesionada. No sólo constituiría una solución a las quemaduras, sino también una solución para otras lesiones de la piel, como las generadas en pacientes con úlceras diabéticas y lesiones dérmicas por abrasión o por presión (escaras) –que afectan fundamentalmente al sector de mayor edad de la población–. La piel artificial emergería como una alternativa a los trasplantes autológicos –trasplantes de piel sana de otra parte del cuerpo de la persona afectada (injertos autodérmicos)– y los trasplantes homólogos –injertos en los que la piel proviene de un donante, generalmente cadavérico–. A este último se recurre cuando "las personas que sufren quemaduras en grandes extensiones de su cuerpo no tienen suficiente piel sana" para cubrir las heridas (Portal UdelaR, 2010). Sin embargo, ambas respuestas ofrecen limitantes:

> Dichos procedimientos presentan problemáticas serias, tales como la morbilidad del sitio de extracción de los autológicos y los serios problemas de reacciones inmunológicas que pueden sucederse con los homólogos o la suficiente y pronta disponibilidad de tejido en ambos casos. (Pardo, 2010, p. 37-38 y Pardo, 2012, p. 45)

El material de recubrimiento dérmico sintético constituye un método terapéutico particularmente beneficioso para quienes sufren quemaduras en grandes extensiones del cuerpo; en particular cuando su aplicación se realiza durante las primeras horas de haber sufrido la lesión de los tejidos (Contreras, 2010, p. 3). La piel natural opera como una barrera protectora frente a la presencia de patógenos del entorno, por lo que su destrucción incrementa la probabilidad de contraer infecciones, en especial durante las primeras horas de haber sufrido la lesión. La membrana artificial actúa, por lo tanto, como un recubrimiento no permanente de la zona lesionada que acelera la curación de la herida.

La piel sintética, como respuesta o solución artefactual, surgió de la iniciativa del equipo de investigación del Centro NanoMat. La dificultad para obtener el producto en

el mercado local y su elevado costo relativo tenía como resultado no constituir una opción terapéutica, en particular por parte del Centro Nacional de Quemados (CENAQUE)[58] (Entrevista 01). La demanda surgió y se canalizó a partir de la identificación por parte del CENAQUE de una necesidad emergente, expresada por quienes se veían afectados, directamente e indirectamente, a causa de dicha problemática. Se trató de una demanda social de un colectivo no organizado:

> La demanda de solución del problema no se expresa de forma organizada, lo que dificulta su visualización a nivel macro-social. No existen actores organizados que demanden la solución. En este caso, sin embargo, la demanda se hace sentir en eventos aislados, por parte de familiares de víctimas de incendios (sobre todo en la prensa masiva). El costo de la piel sintética importada es visto como un problema por los actores directamente involucrados con el mismo (quienes lo sufren, familiares y cuerpo médico). (Alzugaray et al., 2011, p. 16)

De esta manera, el problema de las lesiones dérmicas se trasladó de las familiares afectadas al Centro NanoMat, con la mediación –en términos de su enunciación– del CENAQUE: "El pasaje de problema social a problema de investigación se dio fundamentalmente por la sensibilidad de los investigadores, no tanto por la existencia de una demanda de solución al mismo" (Alzugaray et al., 2011, p. 16).

Otra razón fundamental que motivó el desarrollo de esta alternativa terapéutica fue la existencia, a escala nacional y regional, de un movimiento promotor de procesos de I+D en base a recursos autóctonos; bajo la idea de que esta estrategia otorgaba ventajas comparativas a los países (Landoni, 2009). Si bien los segmentos dérmicos sintéticos ya eran fabricados y comercializados en el mercado mundial de biomateriales de reposición médica –como en Estados Unidos, Japón y algunos países europeos– el elevado precio de comercialización en el mercado internacional (por entonces, aproximadamente doscientos veinte dólares el centímetros cuadrado) constituía una barrera, a nivel local,

[58] El CENAQUE es un Instituto de Medicina Altamente Especializada público, de referencia nacional, dependiente del Ministerio de Salud Pública y Facultad de Medicina (UdelaR).

para su adquisición por parte de la población en general; y, en particular, para la población económicamente más vulnerada. A nivel internacional, "desde fines de los años 60 se ha investigado intensa y sistemáticamente tratando de desarrollar materiales sintéticos de sustitución dérmica", como forma de remplazar los trasplantes tradicionales –tanto autológicos como homólogos– (Pardo, 2010, p. 38 y Pardo, 2012, p. 45). Algunas de estas experiencias demostraron tener mejores cualidades que los implantes tradicionales. En algunos casos se obtuvieron patentes que resultaron productos comerciales (Pardo, 2012, p. 45). En la región latinoamericana distintos países se propusieron trabajar para lograr una solución artefactual de similares características. En Chile, por ejemplo, se utilizaron quitosanos obtenidos de moluscos, de los cuales es rico el mar de este país[59]. El quitosano fue aplicado en bomberos, logrando una restauración completa de la lesión (Landoni, 2009).

Bajo este contexto, los investigadores del Centro NanoMat tradujeron el problema de las lesiones en la piel (un problema de salud púbica) a un problema tecno-cognitivo. Desde NanoMat se interpretó y circunscribió el problema, y su posible solución, a un marco tecnológico específico: el de las nanotecnologías. Se propuso desarrollar una membrana de reposición dérmica local utilizando recursos materiales y cognitivos endógenos. Se asumió que sería posible fabricar y comercializar el producto a costos inferiores y más asequibles que los que presentaba el mercado internacional (Contreras, 2010, p. 3). Se procuró, de esta manera, una adecuación, a la realidad nacional, de una solución artefactual existente. Los investigadores uruguayos estimaron que podrían ser capaces de producir la membrana bajo un costo cincuenta veces inferior al del mercado norteamericano (Portal UdelaR, 2010). De esta manera, la piel sintética no sólo constituiría un avance en términos de inclusión social, sino que también podría generar rédito económico al país (Landoni, 2009). Al igual que otros desarrollos generados en el Centro NanoMat se esperaba obtener un producto con "un potencial de comercialización" (Entrevista 01).

Al comienzo la propuesta se asumió como una "adaptación tecnológica":

[59] Los quitosanos son polímeros naturales que se obtienen a partir de la quitina, una substancia que se encuentra en el exoesqueleto de los crustáceos.

> […] nosotros, básicamente, estábamos haciéndolo en la mitad del tiempo. Con este desarrollo se buscaba hacer lo que se llama una adaptación tecnológica. O sea, no es que este desarrollo no fuera una cosa que ya se hubiera hecho antes, sino que era adaptar lo que otros grupos, incluso otras empresas, ya están haciendo: aprender a cómo hacerlo nosotros y llevarlo a hacer un scaffold o una matriz de colágeno funcional que sirviera para los propósitos que nos habíamos definido. […] fue aprendizaje desde cero de un montón de cosas que no sabíamos, que en Uruguay no estaban desarrolladas; nos llevó mucho tiempo hasta llegar a tener una matriz exitosa. (Entrevista 01)

La fase inicial del desarrollo del artefacto se caracterizó por un proceso de captación e imitación de tecnologías creadas por terceros (*Modelo de Catch Up*) a partir de información disponible y de libre acceso a nivel internacional. Se generaron procesos de aprendizajes tecno-cognitivos orientados a adquirir conocimientos y capacidades a partir de otras experiencias de desarrollo de matices colagénicas.

Desde el campo de la ingeniería de tejidos (ingeniería tisular) y de la medicina regenerativa la solución propuesta por los científicos uruguayos se orientó a crear una piel de laboratorio capaz de cumplir con varias características: cubrir la zona dañada –reduciendo la probabilidad de contraer infecciones–, facilitar el proceso de vascularización –posibilitando reconstruir el tejido dérmico dañado mediante la proliferación celular organizada y el ulterior cierre de la herida– y encapsular sustancias de aplicación local embebidas en la piel –principios activos de antinflamatorios, antibióticos o analgésicos–. La membrana sintética se constituiría, por lo tanto, en un “andamio” capaz de cumplir con varias funciones a la vez (Landoni, 2009).

Si bien la referencia inicial se ancló en experiencias internacionales, la propuesta local buscó incorporar un diferencial que hiciera de la piel nacional un producto exclusivo a partir de utilizar recursos materiales y tecno-cognitivos endógenos

> No sería inteligente plantearse empezar de cero, el desafío está en utilizar todo ese conocimiento como background, y a partir de allí construir y adaptar con las mejoras que se consideren convenientes, explican los investigadores. Porque de eso se trata, de adaptar inteligentemente el conocimiento y la tecnología ya desarrollados.

> Eso no es copiar, aclaran, puesto que hay particularidades del país que implican transitar caminos propios (por ejemplo, la tecnología de la que se dispone). De hecho, el desarrollo requiere trabajar sobre aspectos del conocimiento que, aunque no nuevos, nunca han sido aplicados en Uruguay.
>
> Nuestra intención es brindar una solución que hoy no está disponible para la población en situación de emergencia. Para nosotros es suficiente motivación. Y eso, además, conlleva varios desafíos: ¿somos capaces de reproducir lo que existe en el exterior? Sí. ¿Somos capaces de incorporar innovación propia, y tecnología uruguaya? Sí, somos. Innovación tanto en los procesos de obtención del material hasta en la utilización de otros materiales biocompatibles o la incorporación de nanoencapsulados, […]. (Contreras, 2010, p. 3)

De manera que:

> Se trata de un elemento diferencial en el trabajo del equipo uruguayo, que considera que el desafío está en adaptar inteligentemente el conocimiento y la tecnología ya desarrollados en otros países. (Portal UdelaR, 2010)

Los investigadores de NanoMat significaron a la matriz sintética (significante) como solución al problema presentado (significado). En un acto performativo, desde el marco de las nanotecnologías, estimularon dinámicas para el desarrollo del artefacto. En torno a las nanotecnologías se alinearon y coordinaron los elementos heterogéneos que configuraron un sistema de alianzas socio-técnicas. En 2008 los investigadores formularon y presentaron al Programa Investigación e Innovación Orientadas a la Inclusión Social, de la CSIC, UdelaR, el proyecto *A la búsqueda de una solución para el tratamiento de lesiones y quemaduras en población de riesgo*. Se propusieron con ello obtener recursos económicos para el desarrollo de un prototipo de piel sintética. Ese mismo año la propuesta fue aprobada para su financiación (Beloso et al., 2014 y CSIC, 2008). En el marco de este proyecto se definieron tres grandes etapas de trabajo. La primera de ellas orientada a la creación de un prototipo de membrana colagénica. La segunda fase se centraría en la realización de pruebas clínicas en animales. Y la tercera en pruebas clínicas en humanos –fase previa para habilitar la producción en escala–.

El colágeno tipo 1 o colágeno hidrolizado constituyó la materia prima principal del prototipo de membrana. El colágeno soluble es una molécula proteica o proteína que "da vida" a la piel (Beloso et al., 2014). En una primera instancia se trabajó con colágeno extraído de colas de ratón provisto por el Laboratorio de Experimentación Animal (LEA), de la FQ (UdelaR). La cola de ratón aportó el material colagénico más sencillo para comenzar a trabajar. A partir de aquí:

> […] lo que hacemos mediante un proceso químico es prácticamente deshilachar la estructura del colágeno. Es como desarmar una especie de trenza para tener en solución colágeno que realmente sirva.
>
> Hay dos tipos de colágeno: uno que es soluble y otro que es insoluble. El insoluble para estos propósitos de la piel no es bueno y uno en ese primer proceso de extracción, lo separa. Entonces, tenemos una especie de trenza que uno la va desarmando y cuando tiene eso —que es una especie de espagueti—, reticulándolo con otros agentes logramos obtener una estructura cavernosa y a su vez, con una buena propiedad mecánica.
>
> Esas trenzas las volvemos a unir, entonces queda un material biocompatible con porosidad —porque el agua que está en su interior por un tratamiento químico la removemos—; queda una estructura cavernosa y con muy buenas propiedades porque volvemos a unir esas trenzas y entonces, recuperamos las propiedades mecánicas. (Landoni, 2009)

Para unir nuevamente las trenzas de colágeno se utilizó glicosaminoglicano proveniente de cartílago del tiburón (Pardo et al., 2011, p. 20): "el cartílago de tiburón es el nexo ideal que permite unir las cadenas y otorgarle buenas propiedades mecánicas", evitando que el material se pueda fracturar (Landoni, 2009). Se trata de un material con un costo relativo elevado. Si bien era producido en distintos países de la región, el cartílago utilizado fue donado por una firma argentino-uruguaya –en "una cantidad suficiente para trabajar por un buen tiempo"–.

> El siguiente paso en el proceso de obtención de la piel artificial es unir químicamente las cadenas de colágeno para formar una red tridimensional, o reticulado; esto se rea-

liza agregando sulfato de condroitina. Nuestro grupo ha innovado en esta técnica utilizando sulfato de condroitina de origen bovino. Este es uno de los procesos que harán posible la obtención de láminas de colágeno de poco espesor, pero con propiedades mecánicas y de microporosidad adecuadas.

Posteriormente se elimina el agua de la suspensión por medio de una liofilización, que es un proceso de deshidratación de productos a baja presión (vacío) y bajas temperaturas. En la liofilización no ocurre la evaporación del agua a partir del estado líquido –normal en procesos de secados– sino la sublimación del hielo, es decir que el agua pasa directamente del estado sólido al gaseoso, manteniendo a la estructura tridimensional intacta.

En el segundo paso del reticulado, con el objetivo de lograr que el producto final presente las propiedades mecánicas adecuadas como para ser manipulable con relativa facilidad, se esparce sobre la matriz obtenida, de colágeno-condroitina, una delgada capa de silicona de grado médico –Silastic–, para lo cual se realiza una mezcla de dicha silicona con su respectivo agente de reticulado en la relación adecuada y se homogeniza. Este procedimiento se realiza a temperatura ambiente como forma de preservar la calidad del colágeno. De esta forma ambos filmes quedan adheridos y conforman una bicapa de espesor muy delgado.

Debido a que la reticulación primaria de la matriz colagénica descrita anteriormente es insuficiente, ya que en este nivel el film aún presenta una resistencia mecánica bastante baja, la bicapa debe ser reticulada en una segunda instancia. Esto se hace mediante el agregado de una solución de glutaraldehído (que entrecruza las fibras de colágeno formando uniones covalentes entre ellas, lo que incrementa su estabilidad química) en condiciones de poca luminosidad y en cámara de frío.

Posteriormente las membranas se lavan cuidadosamente con agua destilada para remover el exceso de glutaraldehído.

Luego de esta segunda instancia de reticulación la matriz adquiere una leve coloración beige y las propiedades mecánicas mejoran significativamente. (Pardo et al., 2011, p. 21-22)

La matriz tiene una doble capa (Portal UdelaR, 2010). Mientras que la cara de silicona cubre la zona lesionada evitando las infecciones, la textura porosa de colágeno

–que es la porción biocompatible– "actúa durante el proceso como una gran esponja por la cual los vasos sanguíneos entran y crecen hasta romper el colágeno". De esta forma, "el tejido queda así vascularizado, acelerando el proceso" de curación (Contreras, 2010, p. 3 y Portal UdelaR, 2010). "Luego de esta etapa, la capa superior es removida y pueden realizarse otros tratamientos" (Portal UdelaR, 2010):

> El colágeno es un elemento muy importante en el proceso de cicatrización: acelera la reparación tisular, disminuye la respuesta inflamatoria local y ejerce un buen efecto desbridante, que es la capacidad para reducir la carga bacteriana, incentiva la formación de tejido conectivo, la fagocitosis y la neovascularización en el tejido reparado. (Portal UdelaR, 2010)

Dada la centralidad de la industria cárnica vacuna en Uruguay, el tendón bovino constituyó la materia prima ideal para la piel sintética; un subproducto que se presentaba en abundancia en el país y que era de bajo costo, en su mayoría desechado por la industria cárnica nacional (excedente de producción). No era utilizado para consumo con excepción de la fabricación de harina de carne, y exportado a China a poco valor económico (Contreras, 2010, p. 3 y Psetizki, 2010). De esta manera, al tiempo que se le agregaba "valor a un subproducto de una industria nacional, como es la frigorífica" (Entrevista 01), sería posible obtener ventajas comparativas en el desarrollo de una matriz extracelular artificial local. El colágeno bovino uruguayo, una materia prima de buena calidad, le daría competitividad al país en el mercado internacional de las matrices dérmicas sintéticas. Del tendón bovino "se extrae el colágeno soluble, la proteína que da vida a la piel" (Contreras, 2010, p. 3). Por entonces, los países que producían matrices de reposición dérmica adquirían el colágeno en Nueva Zelandia, productor mundial por excelencia de este insumo. Su precio de mercado era aproximadamente cien dólares americanos por gramo. Uruguay gozaba del estatus de ser libre de la "enfermedad de la vaca loca" (encefalopatía espongiforme bovina), "condición excluyente para poder extraer el colágeno y producir el tejido" (Contreras, 2010, p. 3). De esta manera, el tendón bovino local se posicionaría, desde el inicio, como la opción para la matriz sintética uruguaya.

Siguiendo una tendencia regional, en la que países como Argentina, Brasil y Chile buscaban "utilizar su entorno como fortaleza para producir materiales nuevos, con propiedades adecuadas que puedan ser utilizadas a nivel del organismo", las ventajas proporcionadas por el tendón bovino constituirían "un aporte a la uruguaya, para problemas de los uruguayos" (Landoni, 2009). En la medida que el tendón bovino nacional se impuso como opción los investigadores de NanoMat se vieron en la necesidad de poner a punto un método de preparación de las matrices colagénicas (Pardo, 2010, p. 38). Lo que implicó la generación de un protocolo "preliminar" para la extracción de colágeno vacuno (Entrevista 02). Se buscó, por lo tanto, optimizar "los parámetros involucrados en el proceso de extracción" del colágeno (Pardo, 2010, p. 38 y Pardo, 2012, p. 45).

> El primer paso para la preparación del producto final comienza con la obtención del insumo principal, el colágeno soluble. El proceso de extracción ha sido optimizado a escala de laboratorio, teniendo especialmente en cuenta la factibilidad de su escalado a nivel industrial.
>
> La extracción del colágeno de los tendones bovinos se realiza mediante un tratamiento con una solución levemente ácida. La suspensión así obtenida se filtra como forma de eliminar al colágeno insoluble y cualquier otra impureza que pueda encontrarse en forma sólida.
>
> El colágeno soluble adquiere su especial valor a partir de su cuidadosa purificación, por lo cual deben dedicarse importantes esfuerzos en este sentido. Para ello, se les somete a varios ciclos de precipitación mediante el agregado de cloruro de sodio (sal común), y posterior disolución en ácido diluido.
>
> Para completar la purificación, en especial eliminar el contenido salino, se realiza un proceso de diálisis de la solución de colágeno soluble durante varios días a temperatura controlada. Este proceso consiste en colocar la solución a dializar dentro de una bolsa porosa de celulosa, que permite el pasaje a través de ella de moléculas pequeñas y de iones, reteniendo en su interior a las proteínas de tamaño mayor que el de sus poros.
>
> Obtenido el colágeno, se hacen análisis del mismo para confirmar que se obtuvo el material con la calidad adecuada. Para determinar la composición proteica y, por lo tanto, la pureza del colágeno obtenido, se realiza una electroforesis en gel de poliacrilamida y una espectroscopía Raman, y se realiza un análisis de difracción de rayos X con el objetivo fundamental de analizar la presencia de impurezas no proteicas, y de

verificar la eliminación total de la sal empleada en el proceso de purificación. (Pardo et al., 2011, p. 21)

Las matrices poliméricas fueron modificadas mediante el agregado de quitosano[60]. El quitosano demostró "poseer muy buenas características para la curación de heridas, como las de ser promotor del orden en la regeneración dermal, antibacterial, acelerador de la cicatrización, no tóxico y biocompatible" (Pardo, 2012, p. 38).

Como los costos que implicaban estos estudios excedían el financiamiento obtenido a través del Programa de Inclusión Social de CSIC, a fin de obtener financiamiento adicional, en 2009 el equipo de investigadores elaboró y presentó una propuesta a una convocatoria concursarle de la ANII. La propuesta se elaboró en conjunto con el Laboratorio de Señalización Celular y Nanobiología del IIBCE; lo que implicó "varios años haciendo algunos intercambios" en lo referido a las nanopartículas y a los ensayos preliminares in vivo (Entrevista 01). En el IIBCE se "hicieron ensayos vinculados con la caracterización y visualización de las nanopartículas en la matriz, y también con algunos grupos de células" (Entrevista 02).

En el año 2010 se alcanzó un prototipo acabado, a partir del cual se logró "demostrar" que era posible extraer el colágeno con las características esperadas. Se logró originar una matriz preliminar, adecuada para una primera etapa del desarrollo (Entrevista 02). La matriz cumplía con las propiedades físicas y químicas pretendidas: "biocompatibilidad, ausencia de toxicidad o efectos carcinogénicos, permeabilidad, posibilidad de una relativamente fácil manipulación y flexibilidad, biodegradabilidad y posibilidad de ser esterilizadas" (Pardo et al., 2011, p. 21).

Sin embargo, el tendón bovino local se constituyó en un obstáculo para los avances del desarrollo, en la medida que se presentaron dificultades para su obtención y suministro. En la fase preliminar del proyecto se apuntó "a que sean los frigoríficos [locales] que donen los tendones" (Entrevista 02). La elección del animal del que era extraído el

[60] El quitosano o chitosan es un glucopolisacárido (biomoléculas formadas por la unión de una gran cantidad de monosacáridos) derivado de la quitina (elemento estructural en el exoesqueleto de todos los crustáceos, también se lo encuentra en otros seres vivos como insectos y hongos).

tendón, el retiro del material de los frigoríficos, así como su posterior corte para el tratamiento en el laboratorio, presentaron algunas complejidades para el proceso de trabajo: no se garantizaba la calidad del tendón al tiempo que se dilataba el tiempo inicialmente previsto para este proceso (Entrevista 02). La solución asumida para obtener la materia prima fue la de recurrir a distintos frigoríficos; lo que fue facilitado por vínculos interpersonales e interinstitucionales informales:

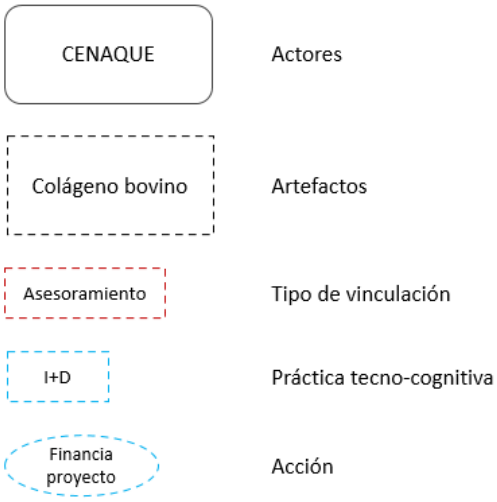
> […] a veces teníamos que rotar de frigorífico, lo fuimos pidiendo con distintas personas; hablábamos con la Cátedra de Alimentos [*Unidad de Alimentos y Nutrición del Instituto Polo Tecnológico de Pando de la Facultad de Química, UdelaR*], que como ellos tienen contacto con frigoríficos también nos daban una mano para pedir para cortar. Pero, a lo que era un servicio que apelaba a la solidaridad de los frigoríficos, a veces también se complicaba. (Entrevista 02)

La Unidad de Alimentos y Nutrición del IPTP tenía nexos con diversos frigoríficos porque trabajaba en relación a la inocuidad alimentaria (Entrevista 07).

El dinero fue un elemento central para la factibilidad del proceso de I+D. Los recursos económicos se obtuvieron de distinta manera: a través de salarios correspondientes a los cargos docentes de la FQ; mediante la financiación parcial de los salarios de los investigadores –por parte del Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM), a través del PCTP–; y mediante la obtención de fondos externos (extra presupuestales), facilitados por la postulación a fondos concursables. Además, la obtención de becas para estudios de posgrado (maestría y doctorado) no sólo permitió la realización de la formación de los estudiantes, sino que posibilitó la realización de algunos estudios específicos, en la medida en que las becas aportaron financiación para su concreción (Entrevista 02).

Desde el comienzo de esta primera fase se realizó la caracterización física y química de la matriz. Una vez seleccionado el material con las propiedades más "óptimas" se llevó adelante la caracterización biológica del material, lo que implicó el involucramiento de investigadores de otras disciplinas (biología, bioquímica, ingeniería química) (Entrevista 02).

Referencias esquemas alianzas socio-técnicas de los artefactos:



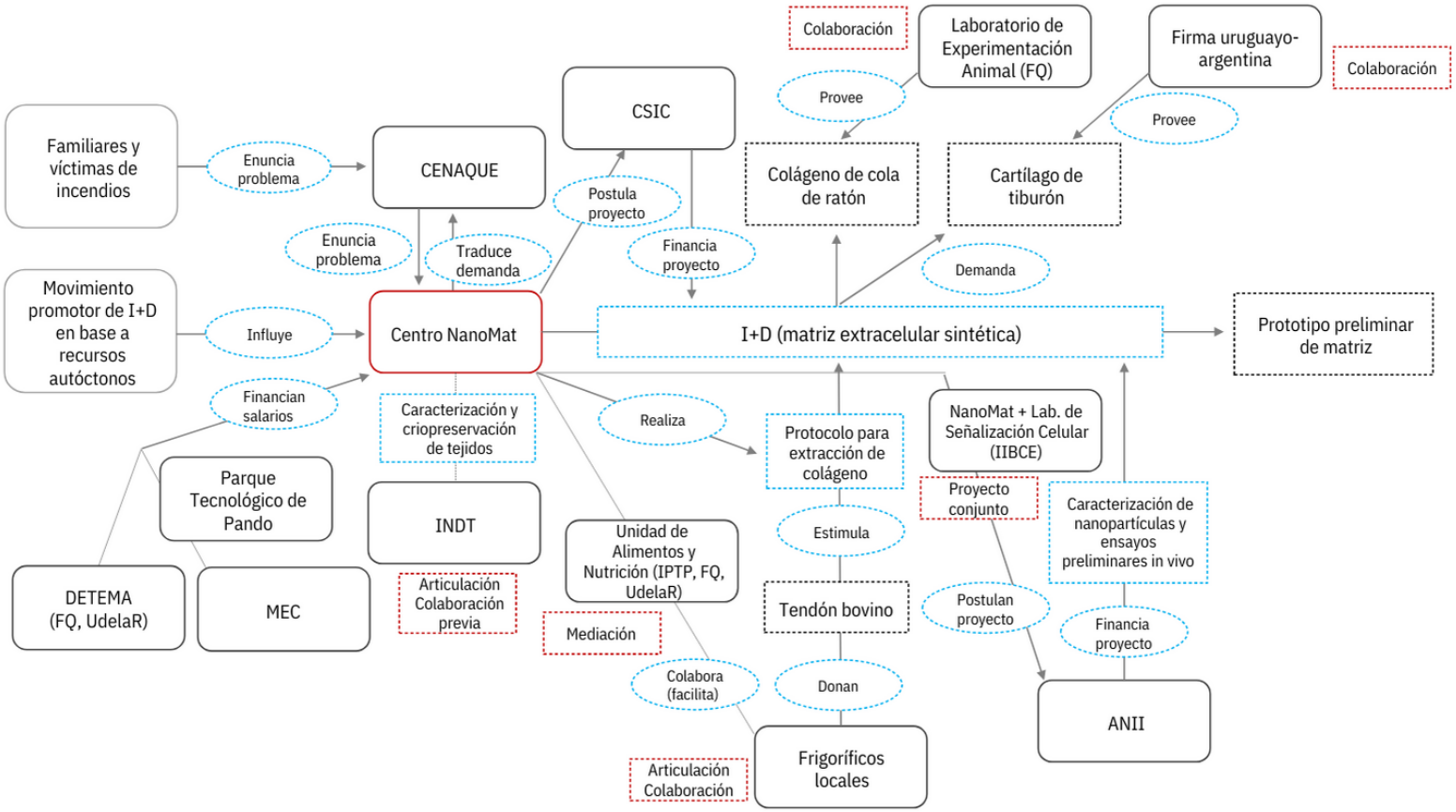


Figura 8. Primera alianza socio-técnica de la piel sintética. Elaboración propia.

Fase 2: La incorporación de nanoesferas de quitosano con vitamina C y las modificaciones del protocolo

Si bien el grupo de química de materiales del DETEMA poseía una línea de trabajo –y por lo tanto *know how*– en encapsulado de sustancias, la posibilidad de llevar adelante un encapsulado en la matriz sintética constituyó un gran desafío para el equipo de investigadores de NanoMat. Se buscaba que la piel artificial se constituyera en un soporte de un "sistemas de encapsulación" de antibióticos, corticoides, bactericidas o antimicrobianos, de forma que su liberación se realizara in situ en la lesión (Entrevista 02). Este aspecto sería clave a la hora de adicionar innovación al desarrollo (Contreras, 2010, p. 3): mientras la membrana sintética era degradada por el propio organismo las sustancias encapsuladas se derramarían de forma gradual y tópica (*drug-delivery*), sin la necesidad de suministrar grandes dosis tal como puede ocurrir en tratamientos más tradicionales. Se apuntó a que la membrana se convierta en un "pool de herramientas" para favorecer "la reconstrucción del tejido lo más rápido y de la mejor forma posible" (Contreras, 2010, p. 3).

La piel sintética se constituiría así en una respuesta artefactual inscripta en el campo de aplicación de la nanomedicina. La nanomedicina trata de "la aplicación de la nanotecnología para el diagnóstico, tratamiento, monitoreo y control de sistemas biológicos"; e "incluye tres áreas principales: el nanodiagnóstico, la liberación controlada de fármacos y la medicina regenerativa" (Landoni, 2009).

> El nanodiagnóstico desarrolla sistemas de análisis y de imagenología orientados a la detección de una enfermedad o un mal funcionamiento celular de forma temprana. Los nanosistemas de liberación de fármacos transportan los medicamentos sólo a las células o zonas afectadas: logran una mayor eficacia a menores dosis, además de efectos de liberación prolongada, así el tratamiento será más efectivo y con menos efectos secundarios. La medicina regenerativa pretende reparar o reemplazar tejidos y órganos dañados aplicando herramientas nanobiotecnológicas. (Portal UdelaR, 2010)

La propuesta local combinaba, por lo tanto, dos áreas de la nanomedicina: la liberación controlada de fármacos y la medicina regenerativa (Portal UdelaR, 2010).

Las pruebas de incorporación de nanoesferas de quitosano "con el objeto de cargarlas, en etapas posteriores, con drogas que favorezcan el proceso de curación, tales como antibióticos o analgésicos" se realizaron aprovechando el proceso de síntesis de la matriz colagénica (Pardo, 2010, p. 38 y Pardo, 2012, p. 45). A partir del año 2012 se comenzó a trabajar en la incorporación de nanopartículas de quitosano con L-ascórbico (vitamina C) [61]. Se esperaba que la liberación local y controlada de esta vitamina incrementara sus tiempos de permanencia y actividad biológica en la zona afectada, generando beneficios para las células residentes en el tejido (MIEM, 2016b). Los ensayos comenzaron a llevarse adelante a partir del involucramiento de una estudiante en bioquímica, que los realizó en el marco de su tesina de grado, que culminó en 2014 (Entrevista 02 y Entrevista 07). Actividad que fue apoyada con la incorporación de otra investigadora con formación en biología.

La segunda fase del desarrollo implicó la modificación del protocolo original. Se buscó de esta manera "hacer una caracterización más intensa, más profunda de lo que se obtenía"; de manera que el proceso se llevara delante "de forma más controlada" (Entrevista 02). El ajuste del protocolo, además, debía considerar los pasos para el proceso de esterilización. En 2011 se comenzó con la realización de "pruebas de esterilización mediante la aplicación de radiación gamma" (Pardo et al., 2011, p. 22). Este componente del protocolo se llevó adelante con el apoyo y utilización de equipamiento del Laboratorio de Inmunogenética e Histocompatibilidad del INDT. Además de equipamiento propio de NanoMat se utilizó equipamiento existente y de propiedad del IPTP, como "el liofilizador y la ultracentrifugadora refrigerada" (Entrevista 07). Por otro lado, el tendón bovino impuso su capacidad de agencia al requerir la adquisición de un congelador de laboratorio, a efectos de mantener las muestras animales a bajas temperaturas (congelado de muestras). La dificultad de NanoMat para obtener un equipo propio le llevó a explorar otras alternativas. Se valoró la posibilidad de utilizar equipamiento desafectado ("en desuso") propiedad del INDT. La propuesta fue desestimada debido a

[61] El ácido L-ascórbico y el ácido L-dehidroascórbico son las dos formas en las que se encuentra el ácido ascórbico o vitamina C. Ambas formas se encuentran en vegetales y en tejidos de animales.

aspectos normativos: las reglamentaciones internas del propio INDT establecían incompatibilidad con el uso de materiales de origen animal. También se presentó la posibilidad de obtener la donación de un congelador de laboratorio por parte del Hospital Central de la Fuerzas Armadas[62]; el cual también fue descartado ante la dificultad para ser retirado del lugar donde se encontraba ubicado. Contar con un freezer para laboratorio propio, en esta etapa, hubiese facilitado de forma sustantiva el proceso de trabajo, ahorrado recursos y tiempo: "Ese fue el equipo que más nos hubiera dado una mano importante, y que fue complicado; y en vez de eso tuvimos que manejarnos con una alternativa muchísimo más casera" (Entrevista 02). La solución alternativa a este problema consistió en el desarrollo de "un dispositivo casero, con una caja de espumaplast [*poliestireno expandido*] bien cerrada y alcohol isopropílico para que ocurriera un enfriamiento más controlado", lo que incidió positivamente en el producto: "El producto mostró mejoras notables en su porosidad y microestructura en general" (Entrevista 02).

En esta fase, el alineamiento de los investigadores con artefactos de microscopía fue clave para el desarrollo del prototipo. En un primer momento, para la caracterización biológica de la matriz se contrató, principalmente, los servicios del Laboratorio de Microscopía Electrónica de Barrido de la Unidad de Microscopía Electrónica de la Facultad de Ciencias (UdelaR). En un segundo momento se recurrió al microscopio confocal de la Unidad de Microscopía Confocal de la Facultad de Medicina (UdelaR). En el primer caso la utilización del aparato de microscopía conllevó el pago de servicios; tanto por el uso del equipo propiamente dicho como por al apoyo técnico necesario para su utilización (horas por apoyo técnico). En el segundo caso el uso del equipamiento se realizó sin costos, facilitado por articulaciones ("acuerdos") interinstitucionales en el marco de proyectos conjuntos que involucraron a NanoMat con el INDT y con el IIBCE (Entrevista 02).

Si bien con el tendón local se realizó la caracterización (ensayos biológicos) inicial, la dificultad para adquirir tendón cortado de los frigoríficos persistió. Aun cuando se ensayó adquirirlo mediante el pago de servicios. Sin embargo, esta opción también presentó dificultades debido a que no formaba parte de la práctica productiva tradicional

[62] El Hospital Central de la Fuerzas Armadas es dependiente de la Dirección Nacional de Sanidad de la Fuerzas Armadas, del Ministerio de Defensa Nacional de Uruguay.

de estos emprendimientos (Entrevista 02). A ello se sumó la ausencia de una estructura organizacional explícita en el Centro NanoMat capaz de llevar adelante la tarea de coordinación con los frigoríficos. Ello se tradujo en el retraso de los tiempos de trabajo previstos: "un problema es no tener a alguien específico para que su tarea sea hacer ese tipo de contactos, para que cumplan con los tiempos que se prometen" (Entrevista 02). Además, en 2012 se instaló en el país la multinacional Viscofan Uruguay S.A. (Grupo Viscofan); hecho que fue asociado por parte de los investigadores de NanoMat a un incremento de la dificultad para la obtención de tendón bovino y, consecuentemente, para la obtención de colágeno[63].

Esta fase del desarrollo fue posibilitada económicamente, en parte, por la extensión, en 2012, del proyecto aprobado en el marco del Programa Investigación e Innovación Orientadas a la Inclusión Social de la CSIC.

[63] El Grupo Viscofan es el líder a nivel mundial en envolturas para productos cárnicos, utilizando cuatro tecnologías: celulósica, colágeno, fibrosa y plásticos. Además, "Viscofan aplica tecnologías y métodos de extracción para procesar colágeno de piel bovina para el desarrollo y producción a escala industrial de nuevas biomatrices de colágeno en el ámbito médico y nutraceútico" (Viscofan, 2020). Con la constitución de Viscofan Uruguay S.A. en 2012 "se plisa colágeno por primera vez en Latinoamérica" (Viscofan, 2020).

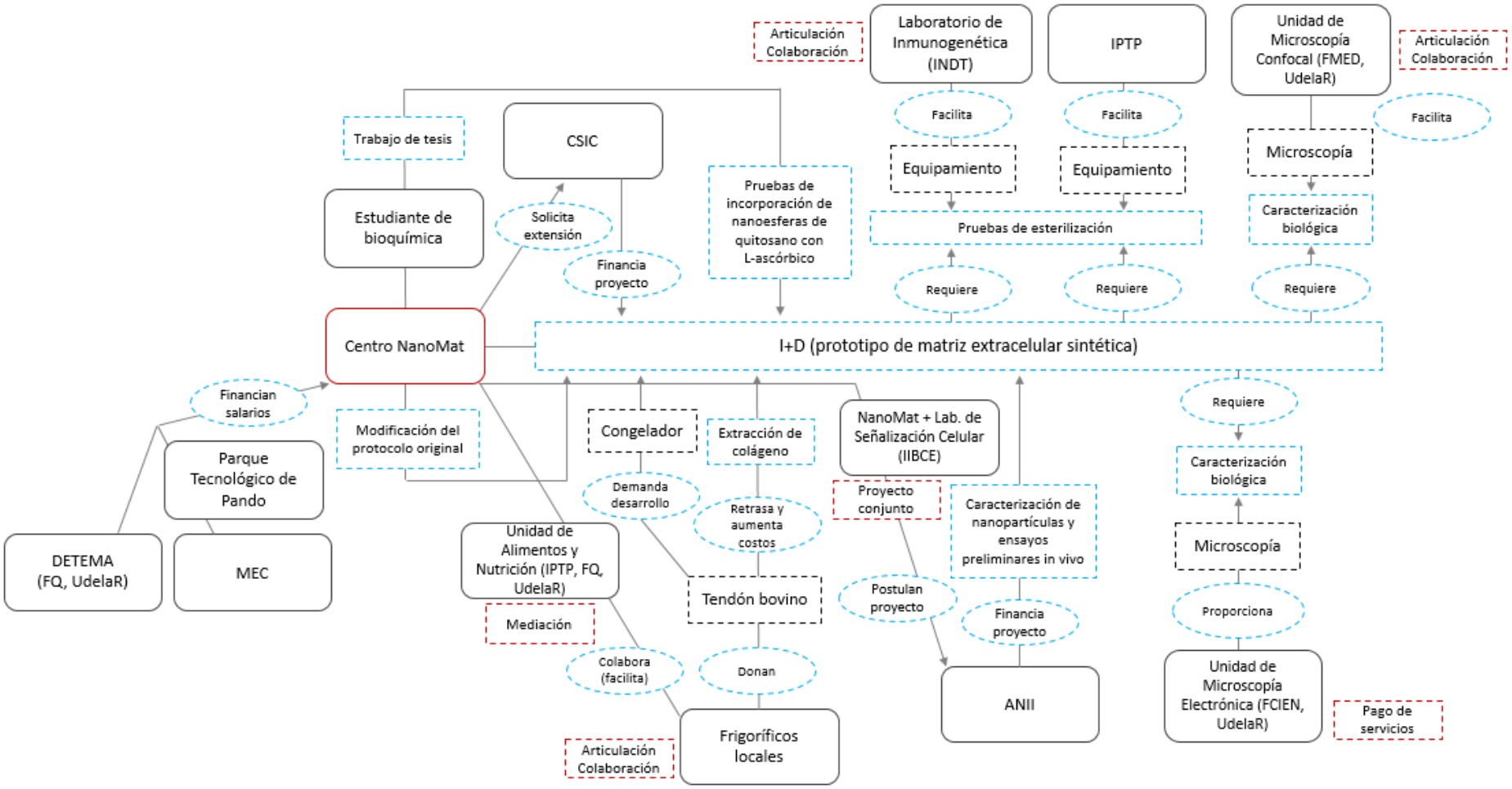


Figura 9. Segunda alianza socio-técnica de la piel sintética. Elaboración propia.

Fase 3: Hacia el escalado: los ensayos de cultivo

La realización de cultivos celulares fue otro de los problemas tecno-cognitivos que constituyó un gran desafío para el proyecto. Las pruebas de crecimiento celular en matrices in vitro debían realizarse antes de pasar a las pruebas "in vivo" –en animales y posteriormente en humanos–. Los ensayos de cultivo in vitro "permitían caracterizar el funcionamiento del biomaterial y así poder evaluar su performance como tal" (Pardo et al., 2011, p. 22). Innovación y pruebas se retroalimentaron en un proceso interactivo: "Esto implica mejorar el producto en base a generación de conocimiento propio, y esto va de la mano con la realización de pruebas" (Contreras, 2010, p. 3).

> El desafío final, desde la óptica química, es alcanzar una mayor producción de segmentos reproducibles y homogéneos de piel sintética, es decir, lograr el escalado del proceso global de preparación a nivel de escala productiva. (Pardo et al., 2011, p. 22)

Las pruebas clínicas en humanos implicarían costos elevados que para ser factibles requerían de la participación de empresas interesadas en el desarrollo y en la financiación de la etapa: inversores dispuestos a asumir riesgos económicos (Beloso et al., 2014). A fin de responder a necesidades de información y a la definición de decisiones estratégicas, el equipo de investigación desarrolló capacidades de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva: "Llegar al empresario implicaría aprendizajes relacionados a la incorporación de lenguaje empresarial y la capacidad de identificar al "empresario adecuado" ("un empresario receptivo, innovador")" (Landoni, 2009). Estas capacidades se concentraron en unos pocos integrantes del equipo (Entrevista 02). La vigilancia tecnológica y la inteligencia competitiva se orientaron a un análisis estratégico del entorno del Centro NanoMat; y se concentraron en la búsqueda y captación de potenciales inversores y compradores. Así, la práctica empresarial se asumió como un aspecto medular del proceso de I+D.

> Lo que hablamos con los colegas, es que en un medio como el nacional el investigador que desee lograr una comercialización tiene que hacer primeramente una cierta vigi-

> lancia tecnológica propia. Es decir, antes de embarcarse en un tema, tratar de ver todas las ventajas comparativas que uno tiene, todas las fortalezas, ser consciente de las debilidades, tratar de que no haya "cuellos de botella" sobre todo al comienzo del trabajo, que se permita avanzar bastante, que haya un mercado. (Landoni, 2009)

Ante la ausencia de una estructura organizacional específica y explícita estas prácticas fueron asumidas por los propios investigadores de la Unidad Académica[64]:

> Un montón de cosas que en otra parte del mundo los investigadores no tienen necesidad de pensar, porque hay todo un entorno hecho para que si se producen cien cosas se llevan a las Oficinas de Vigilancia Tecnológica pertinentes y de esas cien quedarán diez o cinco, pero hay una especie de apuesta a llevar lo académico a lo comercial. En nuestro caso, no nos queda otra que optimizar el trabajo que hacemos. (Landoni, 2009)

Si bien el diseño institucional en el que se inscribía el Centro NanoMat (Parque Científico y Tecnológico / Polo Tecnológico) había sido concebido desde su origen para facilitar la articulación sinérgica entre plataformas de investigación y el SP (empresas de base tecnológica), en los hechos, en el caso de la matriz dérmica, las prácticas orientadas a la identificación de potenciales inversores fueron asumidas por entero por los investigadores de la Unidad de nanotecnología. La dificultad para identificar empresas capaces de asumir la financiación del desarrollo artefactual respondió a un escenario que puede definirse como estructural del ámbito local: la reticencia de las firmas nacionales a destinar, efectivamente, recursos económicos para procesos de I+D (Contreras, 2010, p. 3).

> Uruguay no es un país en donde las empresas o los empresarios sean emprendedores, o ávidos dispuestos a invertir en ciencia y tecnología. […] Más bien las inversiones que

[64] Recién en 2019, en el marco del Polo Tecnológico de Pando, mediante el apoyo financiero de la Unión Europea a través del proyecto Innova Uruguay, se creó una Oficina de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva, a fin de identificar temas y áreas de innovación, de forma conjunta entre los científicos y técnicos del PCTP y los empresarios (El País, 2019). Sin embargo, desde el Centro NanoMat no se produjeron interacciones con esta institucionalidad en el marco del proceso de I+D relacionado a la membrana (Entrevista 07).

están dispuestos a hacer tienen que ver con inversiones más tecnológicas, en el sentido de incorporar tecnologías en donde importan, compran en el exterior, maquinarias que después instalan y adaptan, y aprenden a manejar. (Entrevista 01)

La factibilidad del desarrollo de la membrana no sólo estuvo condicionada por la posibilidad de garantizar la oferta –la disponibilidad de inversiones para realizar las pruebas (ensayos de cultivo) y el escalado– sino, también, por la posibilidad de garantizar la demanda. Se tornaba necesario identificar la existencia de un comprador efectivo del producto en el ámbito nacional –"el Centro Nacional de Quemados debería poner entre sus prioridades la compra [...] de piel sintética de producción nacional"– y/o un mercado del exterior donde comercializar el producto (Alzugaray et al., 2011, p. 16). Una exploración que se encontraba sujeta a "la certeza de que el producto logrado [*era*] el ideal" (Contreras, 2010, p. 3).

Al igual que en las fases anteriores, la concreción de algunas pruebas específicas fue posible en la medida que se realizaron en el marco de procesos formativos de posgrado, que obtuvieron financiación para la realización de sus proyectos de tesis. Bajo este marco se realizaron ensayos biológicos con células en el Departamento Básico de Medicina, de la Facultad de Medicina (Hospital de Clínicas, UdelaR) (Entrevista 02). Una estudiante de doctorado tuvo a su cargo ensayos con células estromales (crecimiento en una matriz de células madre y su diferenciación) en este Laboratorio. A su vez, ello facilitó la articulación con una estudiante de maestría, que primero colaboró en la realización de estos ensayos, y luego llevó adelante otras pruebas con células[65] (Entrevista 02). En algunos casos, investigadores del Centro se involucraron directamente en estos procesos formativos a través de la codirección de trabajos de tesis de posgrado.

En paralelo a las pruebas de crecimiento celular en matrices in vitro, el equipo de investigadores intercambió "con dermatólogos y expertos en quemados [*del CENAQUE*] en aspectos técnicos vinculadas a las medicaciones que podrían ser agregadas mediante

[65] Tesis de maestría en curso: Pereira, L. (2013). *Desarrollo y evaluación in vitro e in vivo de una matriz biopolimérica de colágeno tipo I con la incorporación de nanopartículas de quitosano-AA (L-Ácido Ascórbico) para el tratamiento de heridas consintió*. Programa de Investigación Biomédica, Facultad de Medicina, UdelaR.

el nanoencapsulamiento" (Portal UdelaR, 2010). Asimismo, como en todo desarrollo que se lleva adelante desde el Centro NanoMat, a fin de conocer los requisitos y el marco regulatorio nacional sobre innovaciones y aplicaciones de tecnologías médicas para acceder al mercado, se procuró conocer la información disponible en el Ministerio de Salud Pública (MSP), y se realizaron consultas informales con colegas (Entrevista 02).

Ante las dificultades que se presentaron para obtener de tendón bovino local, así como la falta de garantía de que el material seleccionado se ajustaba a la calidad esperada de colágeno, el equipo de investigadores exploró la posibilidad de adquirir en el exterior "el mismo colágeno de tendón de vaca, pero ya extraído y liofilizado" (Entrevista 02). Estos aspectos conllevaron el retraso y el aumento de los costos del proceso de trabajo. Con el colágeno extraído del tendón bovino local se realizó la caracterización (ensayos biológicos de la matriz). A finales de 2018 se comenzó a realizar pruebas con colágeno importado: con el tendón adquirido en el exterior se obtuvieron "buenos resultados" y se disminuyó el tiempo de trabajo que implicaba el procedimiento para la extracción de colágeno. Con estos resultados los investigadores optaron por continuar en esta dirección (Entrevista 02). Más allá de la intención original de los investigadores del Centro NanoMat en utilizar colágeno extraído de tendón bovino nacional, éste se alineo con los frigoríficos locales para imponer el origen de la materia prima a utilizar: colágeno importado.

Más allá del alcance en el desarrollo de la piel sintética propiamente dicho, el proceso de I+D implicó articulaciones sinérgicas que contribuyeron "a avanzar en el país en el área de ingeniería tisular entre los grupos del Centro NanoMat de la Facultad de Química, del Laboratorio de Señalización Molecular y Nanobiología del IIBCE, del Instituto Nacional de Donación y Trasplante de Células, Tejidos y Órganos (INDT) y del Área de terapia celular y medicina regenerativa del Departamento Básico de Medicina del Hospital de Clínicas" (MIEM, 2016b). Lo que permitió avanzar en un área, como la ingeniería tisular, que presentaba escaso desarrollo a nivel nacional (Entrevista 02). Además, el desarrollo de la matriz sintética alentó la emergencia de otras líneas de trabajo, así como articulaciones entre el equipo del Centro NanoMat y diversos investigadores, de distintas unidades académicas tanto de Facultad de Medicina como de la Facultad de Odontología de la UdelaR, que trabajan en el aislamiento de células madre y en el desarrollo

de protocolos para ingeniería de tejidos y medicina regenerativa (Entrevista 01 y Entrevista 02).

Este contexto propició la iniciativa para la conformación de un grupo multidisciplinario e interinstitucional orientado al desarrollo de tecnologías en el área de la bioingeniería (ingeniería tisular, ingeniería celular). Así, se comenzó a trabajar en la construcción de un ámbito institucional, sinérgico, específico en el campo de la medicina regenerativa: un centro especializado en esta materia en el Hospital Universitario (Hospital de Clínicas de la UdelaR). Bajo este escenario, la matriz formó parte de un primer proyecto conjunto entre investigadores del Centro NanoMat, del INDT y de diversas unidades académicas de la Facultad de Medicina y de la Facultad de Odontología. El proyecto *Instructive Surfaces and Scaffolds for Tissue Engineering Using Radiation Technology* fue presentado en 2013 al Programme of Coordinated Resarch Activities de la International Atomic Energy Agency (IAEA); e incluyó distintas etapas de trabajo que se extendieron en el tiempo[66]. En este marco se comparó la matriz colagénica desarrollada de forma preliminar por el equipo del Centro NanoMat con una matriz de origen biológico. Como corolario de este proceso, en 2020 se presentaron dos artículos a una revista arbitrada (Cell and Tissue Banking), en el que se compararon las caracterizaciones del prototipo de matriz sintética con una matriz de origen biológica (Entrevista 02).

En el marco del proceso de I+D se generaron dinámicas de aprendizajes que se produjeron, a partir de una lógica de transferencias de conocimientos, mediante intercambios con expertos extranjeros. Se incorporaron conocimientos específicos sobre las matrices sintéticas, así como conocimientos más amplios sobre nanoplaquetas de grafito (graphite nanoplatelets –GNP–). Simultáneamente, se transfirieron conocimientos sobre aspectos necesarios para la instalación de una planta para el escalado de la matriz artificial (Entrevista 02). Ello "colaboró" en aspectos relevantes desde el "punto de vista técnico para poder seguir adelante con la matriz" (Entrevista 02). Asimismo, el intercambio contribuyó a procesos de aprendizajes transdisciplinares: posibilitó que investigadores con una formación académica disciplinar específica incorporaran conocimientos referidos a otras especificidades disciplinares (Entrevista 02).

[66] Este proyecto fue presentado formalmente a la IAEA por el INDT.

Esta línea de trabajo interinstitucional en torno a la medicina regenerativa se proyectó, por parte de los investigadores de NanoMat, como un ámbito privilegiado de I+D:

> Yo visualizo a esto como el futuro. Si pudiésemos conseguir financiación para mantener la línea, ese sería el futuro de las matrices de colágeno, y lo que debería ser en realidad algo ya más allá de las matrices de colágeno. Deberían ser materiales de reposición tisular, algún tema más de ingeniería tisular. Ir migrando hacia una evolución y un desarrollo en el país de una temática que también está muy rezagada; tratando de generar, justamente, sinergias. Si yo tuviera que proyectar, lo proyectaría por ese lado: ir hacia lo que se llama constructos híbridos; en donde se incorpora sobre esa matriz producida artificialmente elementos biológicos, como ser células que después se pueden diferenciar. Si se necesita, por ejemplo, un reemplazo de cartílago se lo modifica de determinada manera; si necesita generar otro tipo de tejido para otro tipo de implante, mismo dérmico, se le hace crecer células que se diferencien en fibroblasto, tenocitos. Lógicamente nosotros somos un grupo de materiales, esa parte biológica no es nuestro tema. Creo que lo que estuvo bueno de este desarrollo es que nos permitió empezar a establecer sinergias y colaboraciones con grupos bien interesantes. Si yo pudiera continuar desarrollando esta línea la continuaría desarrollando, sin duda ninguna, por ese lado. (Entrevista 01)

El equipo del Centro NanoMat ensayó "los primeros cálculos para hacer algún escalado" de la matriz, pero la falta de financiación ha dificultado avanzar en esta dirección (Entrevista 02).

> Hemos intentado hacer una cosa, pero está muy complicado trabajar sin financiación. Entonces, no lo hemos continuado […]. Nosotros tenemos todas las herramientas como para poder continuar, pero no tenemos el espacio económico como para poder hacerlo.
>
> Y esto otro sí que es una línea que seguimos manteniendo, pero con muchos problemas porque nos pasa que al no tener financiación específica para poder desarrollarla la estamos desarrollando con fondos propios de una manera extremadamente lenta. En este momento está bastante parada. No hemos podido continuar demasiado. (Entrevista 01)

La exposición en distintos medios de prensa –privados y púbicos, nacionales e internacionales– constituyó, en cierta medida, la clausura del prototipo de la membrana colagénica de reposición dérmica. A partir de las alianzas socio-técnicas que se produjeron a lo largo de la trayectoria del artefacto se construyó la adecuación (funcionamiento) del prototipo de piel sintética. Sin embargo, el dinero se constituyó en elemento esencial a la hora de establecer alianzas socio-técnicas capaces de garantizar el proceso de escalado de la matriz. La dificultad que se encontró para alinear el desarrollo artefactual con dinero (financiación) abonó para que se produjera, a la fecha, la inviabilidad de la membrana sintética como desarrollo acabado –es decir, producido en escala, comercializado y utilizado por usuarios–.

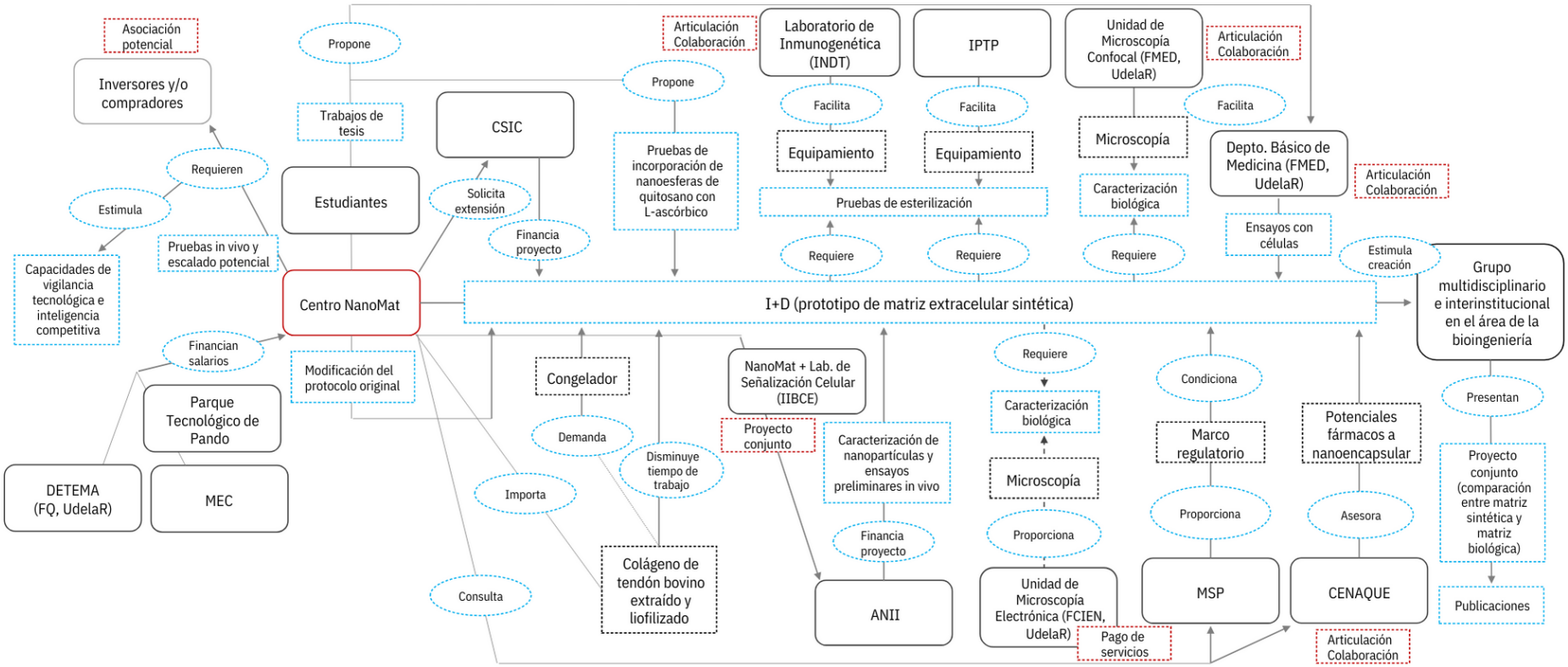


Figura 10. Tercera alianza socio-técnica de la piel sintética. Elaboración propia.

CAPÍTULO 6

TRAYECTORIA SOCIO-TÉCNICA DE LOS PREPARADOS COSMÉTICOS EN BASE A MARCELA

Fase 1: Grinlab y un diferencial innovador

A comienzos de la década de 1990 la firma argentina Nuvó Cosméticos tomó la decisión de interrumpir su producción en Uruguay[67]. En el año 1999 fue puesta a la venta la firma Uninex S.A., Laboratorio propiedad de Nuvó que se dedicaba a la fabricación de cosméticos de forma exclusiva para la marca con destino al mercado de Argentina y de Uruguay. Frente a la escasez de propuestas de interés para su compra un grupo de ejecutivos de Uninex elaboró una oferta para la adquisición del Laboratorio. La compra se concretó en el año 2001, dando lugar al Laboratorio Grinlab (Onacril S.A.)[68]. Debido a la crisis económica que se produjo en Argentina en 2001 –que al año siguiente se trasladó a Uruguay–, en 2002 Grinlab dejó de exportar sus productos a ese país. Como ocurrió con muchas empresas uruguayas, el incremento del tipo de cambio tornó poco competitivo al Laboratorio, obligándolo a un reestructura interna. Durante los años siguientes la firma tuvo dificultades para retomar las exportaciones hacia Argentina (Dalla Rosa y Izaguirre, 2010, p. 16-17).

Desde el comienzo Grinlab "se especializó en desarrollo, fabricación y envasado de productos cosméticos, perfumes y artículos de tocador". Si bien el Laboratorio comenzó produciendo casi exclusivamente para Nuvó (el 95% de la producción se realizaba para esa firma), la estrategia comercial –fundamentalmente, como consecuencia de la crisis– se orientó a disminuir la dependencia de un solo cliente, "brindando un servicio integral a empresas con marcas propias y no [*contaban*] con planta industrial, así como a industriales en situación de 'picos' de producción o en proceso de optimización de costos" (El Observador, 2011). Este proceso fue acompañado por la obtención de certificaciones de calidad ISO9001 y Buenas Prácticas de Manufactura, del Laboratorio Tecnológico del

[67] Nuvó era, a su vez, propiedad de la multinacional Sara Lee (Arbiza et al., 2009, p. 131).

[68] El contrato de compra venta de la firma incluyó un acuerdo de compromiso de compra, por parte de Nuvó, de "una cantidad mínima de productos cosméticos que se fabricaran en la empresa, por un periodo de dos años con posibilidad de extensión a cuatro" (Arbiza et al., 2009, p. 131).

Uruguay (LATU). Paralelamente, la estrategia se centró en la búsqueda de un producto propio; un diferencial innovador que permitiera desarrollar y fabricar una línea capaz de imponer a la firma en el mercado nacional de la dermocosmética –dominado por empresas multinacionales– y otros mercados del exterior. Se buscaba la expansión y autonomización de la firma en el contexto de un mercado cada vez más exigente. Grinlab se propuso así diferenciarse de otras marcas cosméticas.

Luego de evaluar distintas posibilidades de especies vegetales autóctonas se concluyó que la flor de la marcela era el producto buscado: "Era la planta que más se estaba estudiando a nivel científico [*en el ámbito nacional*], la de mayor renombre, la que 'más amor' despertaba en la gente y era utilizada en productos de fabricación uruguaya" (El Observador, 2011)[69]. La marcela blanca, *Achyrocline satureioides* (Lam.) DC, es un arbusto originario de la región sudeste de América del Sur (Sur de Brasil, Argentina, Paraguay y Uruguay). La flor tiene un amplio uso popular. Tradicionalmente se colecta en estado silvestre y se la utiliza en forma de infusión o decocción para diferentes fines terapéuticos debido a sus propiedades antiinflamatorias, antisépticas y antiespasmódicas. La tradición indica que la colecta debe realizarse durante "Semana Santa" (meses de marzo y/o abril), momento que condice con la mayor floración de la planta. Las propiedades de la marcela se han estudiado científicamente desde la década de 1990[70].

A comienzos de 2002, Grinlab y el Departamento de Neuroquímica del IIBCE en asociación con la Cátedra de Farmacognosia y Productos Naturales de la FQ concretaron un acuerdo, que contó con la financiación de la firma. El equipo de investigadores del IIBCE

---

[69] A mediados de la década de 1990 el gerente de Uninex S.A., quien luego pasaría a ser propietario de Onacril S.A, estableció vínculos con la Cátedra de Farmacognosia y Productos Naturales de la FQ a efectos de realizar un estudio sobre especies vegetales para su posible aplicación cosmética. Si bien se exploraron diferentes espacies, la dificultad para asegurar las cadenas de suministro llevó a suspender la iniciativa (Entrevista 03).

[70] A finales de la década de 1990 un grupo de investigadores del Departamento de Neuroquímica del IIBCE y de la Cátedra de Farmacognosia y Productos Naturales de la FQ había comenzado a trabajar, en el IIBCE, sobre la capacidad de neuroprotección de algunas plantas medicinales nativas, donadas por el Laboratorio URUFARMA S.A. Achyrocline Satureioides fue la especie vegetal que presentó más interés para los investigadores. Se trabajó sobre la utilización de extractos de marcela y preparaciones liposomales de flavonoides naturales y semisintéticos, con el objetivo de mejorar su capacidad neuroprotectora. Como resultado se realizaron publicaciones y, en 2003, se obtuvo una patente en Estados Unidos (Patent Application N° 20030055103). Esta línea de investigación fue continuada por integrantes del IIBCE, lo que permitió describir, por primera vez, la capacidad neuroprotectora in vitro e in vivo de extractos de marcela y, en particular, de su principal flavonoide la quercetina (Entrevista 03).

realizó pruebas de actividad y de toxicidad in vivo del extracto de marcela[71]. Los investigadores se enfocaron en el estudio de las propiedades antioxidantes de un flavonol –un tipo de flavonoides–: la quercetina. A partir de este trabajo fue posible conocer:

> […] los efectos que la flor tiene en la disminución de la formación de radicales libres –responsables de la rotura de la cadena de colágeno en la piel–, potenciando la longevidad y elasticidad cutánea. Se demostró que el extracto de Marcela, incorporado a cremas dermatológicas tiene un "efecto seguro" como antioxidante de la piel y como protector celular, previniendo la formación de arrugas. (El Observador, 2011)

Grinlab encontró en las propiedades antioxidantes o protectoras de la marcela una oportunidad para desarrollar un producto cosmético innovador para el país y a nivel mundial (Dalla Rosa y Izaguirre, 2010, p. 108). De esta manera, la flor de marcela se impuso como opción (solución) para el problema planteado por Grinlab (desarrollar un producto innovador); y las propiedades antioxidantes de la planta comenzaron a constituirse en un elemento dinamizador del sistema de alianzas socio-técnicas en el marco de la trayectoria del desarrollo del artefacto.

Simultáneamente, la Cátedra de Farmacognosia y Productos Naturales realizó pruebas para la producción de un preparado (extracto de marcela patronizado) con características óptimas para su utilización en cremas cosméticas (Comisión Social Consultiva, 2004, p. 33). La obtención de un extracto capaz de ser utilizado en la producción a escala indujo la "coordinación estrecha" entre el equipo técnico de Grinlab y los investigadores de dicha Cátedra; quienes trabajaron en la técnica para su obtención. Ello implicó que, "además de mantener las propiedades antioxidantes buscadas, el mismo presentara aroma y color adecuados […]" (Comisión Social Consultiva, 2004, p. 33). También se involucró, de forma marginal, una unidad académica del Hospital de Clínicas de la UdelaR que realizó estudios orientados a demostrar la no toxicidad del extracto de marcela y la crema (Entrevista 06).

---

[71] Este estudio se tradujo en la publicación Rivera, F., Gervas, E., Sere, C. y Dajas, F. (2004) *Toxicological studies of the aqueous extract from Achyrocline satureoides (Lam) DC (Marcela)*. Journal of Ethnopharmacology, (95), 359 – 362.

El extracto requiría matera prima. La materia prima necesaria para los estudios de actividad y de toxicidad, así como para los ensayos para la producción del preparado, fue proporcionada por la Estación Experimental Wilson Ferreira Aldunate, del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA Las Brujas) (LaRed21, 2004). Entre los años 2000 y 2004 el INIA ejecutó el proyecto Fondo de Promoción de Tecnología Agropecuaria N°137 (FPNT), orientado al desarrollo del sector de plantas medicinales y aromáticas a nivel nacional (Davies, 2004; Canoura y Prats, 2011, p. 79). Con ello se buscó conocer y caracterizar el cultivo de un conjunto de especies vegetales nativas y exóticas, así como la eventual demanda, comercialización e impacto social y económico de estas actividades. Dentro de las catorce plantas nativas analizadas se encontraban la marcela blanca y la marcela amarilla, *Achyrocline fláccida* (Weinm.) DC (Canoura y Prats, 2011, p. 79).

Para la producción seriada se adquirió la flor de marcela en la firma local Herboristería Botica del Señor S.R.L. Por otra parte, el escalado demandó el montaje, en el Polo Tecnológico de Pando, de "un extractor con la capacidad necesaria y con tecnología adecuada" (Comisión Social Consultiva, 2004, p. 33). La obtención del extracto constituyente de la crema que fue utilizado en la investigación sobre piel humana se llevó adelante mediante un extractor de laboratorio de tipo Soxhlet; sin embargo, el pasaje a nivel de escalado requirió un extractor de mayores dimensiones (Entrevista 06). Este último fue diseñado en conjunto por miembros de la FQ y el personal de Grinlab; y su fabricación se realizó en una metalúrgica local (Entrevista 06). Los conocimientos para la instalación y puesta en funcionamiento fueron "transferidos desde la FQ" (Comisión Social Consultiva, 2004, p. 33). Grinlab fue el inversor para la materialización de este desarrollo (Entrevista 06).

En 2003 se efectivizó la producción industrial de la línea de cremas cosméticas reparadoras y antienvejecimiento Actenz, y su comercialización en los mercados de Uruguay y Argentina. Mientras que la producción del cosmético se llevó adelante en instalaciones Grinlab, para la comercialización (venta y distribución) se conformó Perales del Sur S.A., en el marco del IPTP[72]. La nueva empresa involucró a Onacril S.A., a la FQ y a

[72] A partir de 2007 Perales del Sur pasó a integrar el consorcio Phyto Uruguay. El consorcio fue creado con el objeto de "potenciar la industrialización y exportación de plantas medicinales y aromáticas"; para lo

un gestor tecnológico –impulsado por el propietario y director de Grinlab– (Entrevista 06). Ello facilitó, más tarde, la exportación de los productos a Chile, Costa Rica, Italia, Paraguay y Ecuador.

Grinlab recibió los derechos de comercialización como contrapartida por haber financiado una parte importante del proceso de investigación. (LaRed21, 2004; BSE, 2004, p. 53). Durante los siguientes tres años el equipo de FQ fue responsable del control regular de calidad, tanto del extracto como del producto terminado, a partir de una metodología analítica desarrollada por los propios investigadores (Entrevista 03). El contrato entre IIBCE-FQ y Grinlab implicó un acuerdo de confidencialidad (Entrevista 01), y el pago de regalías por parte de Grinlab a partir de los tres años de comenzada la comercialización del producto (Entrevista 03). El contrato fue la materialización del alineamiento que se produjo entre el personal gerencial y técnicos del laboratorio de Grinlab, los investigadores del Departamento de Neuroquímica del IIBCE y de la Cátedra de Farmacognosia y Productos Naturales de la FQ, así como de conocimientos, equipamientos, instalaciones y dinero –que permitió financiar la investigación–.

Además, el convenio celebrado, así como las negociaciones llevadas adelante, constituyeron "un hito" para la Oficina de Asesoramientos de la FQ (Entrevista 03). Por otra parte, en este periodo existió una propuesta de presentar una patente en Estados Unidos por la preparación del extracto y sus propiedades (Entrevista 03).

---

cual se contó "con el apoyo del BID, a través del Fondo Multilateral de Inversiones, y de la Organización de las Naciones Unidas para la Industria (Onudi)" (espcetador.com, 2007)

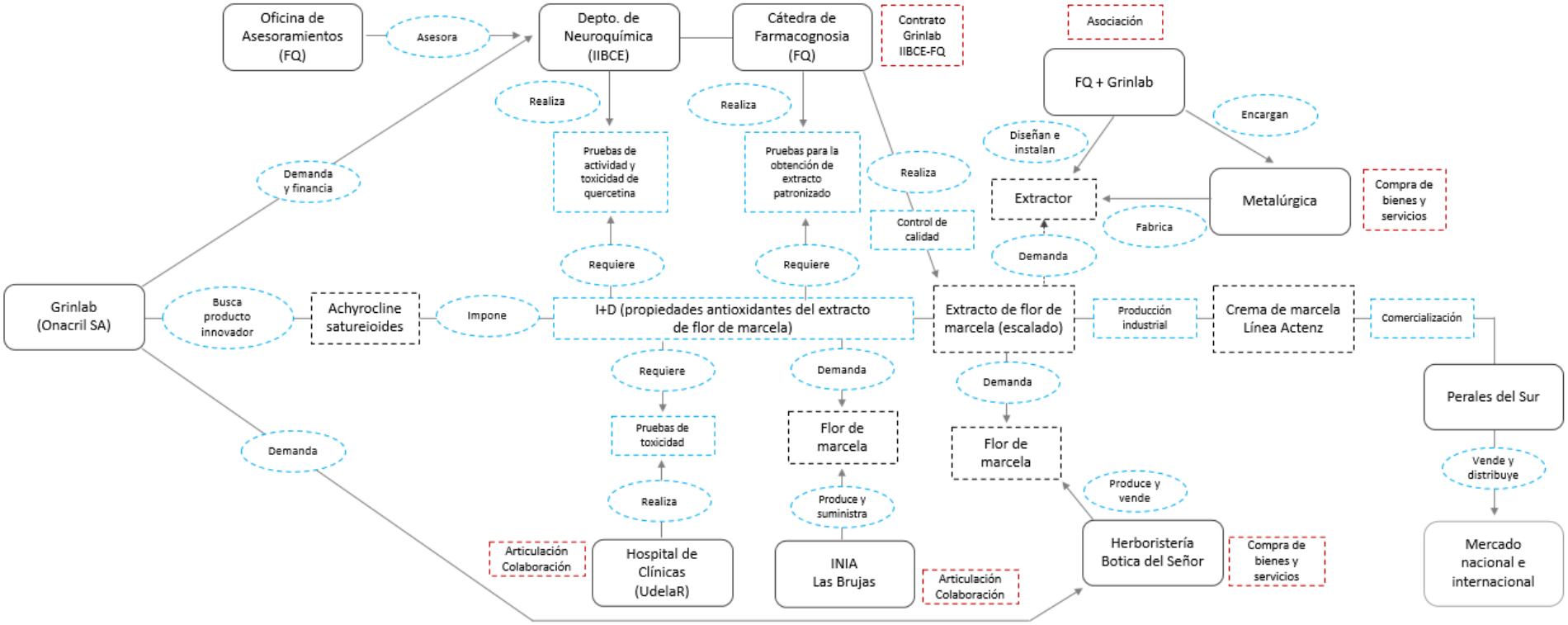


Figura 11. Primera alianza socio-técnica de los preparados cosméticos a base de marcela. Elaboración propia.

Fase 2: Del aroma penetrante al nanoencapsulado del extracto de flor de marcela

Una vez en el mercado se detectó "que el punto débil era el aroma fuerte del producto, ligado a su poder antioxidante" (DICYT, 2012, p. 87). Como consecuencia: "Un porcentaje importante de mujeres que compraron la crema en base a marcela no la volvieron a adquirir porque el fuerte aroma de la planta les disgustó" (El Observador, 2011). La solución fue inadecuada. El aroma penetrante y las consumidoras de la crema cosmética se alinearon para la no viabilidad (no funcionamiento) del producto. Si en la fase anterior la comercialización de la línea cosmética había significado la estabilización relativa y la clausura parcial del artefacto, en esta nueva etapa su éxito (funcionamiento) se vio interpelado por el alineamiento entre el aroma penetrante y las consumidoras/usuarias.

A fin de remediar este problema se comenzaron a realizar estudios para reducir el aroma de la crema. La solución debía orientarse a disminuir el aroma o a eliminarlo sin perder las propiedades antioxidantes. Se requería nuevamente un desarrollo innovador. En 2006 Grinlab planteó nuevamente al equipo de FQ la posibilidad de realizar estudios para avanzar en esta dirección. Se llevaron adelante diversas pruebas a gran escala y con los métodos tradicionales para desodorizar el extracto, pero no se logró alcanzar el resultado esperado: "aunque el aroma disminuía considerablemente, seguía imponiéndose" (El Observador, 2011 y Entrevista 03).

En el año 2007, desde la Cátedra de Farmacognosia y Productos Naturales se propuso a Grinlab explorar una solución en el marco de las nanotecnologías: nanoencapsular el extracto de flor de marcela. Ello no sólo permitiría reducir el aroma sino, también, aumentar el grado de penetración del extracto en la piel; lo que incrementaría las cualidades de la crema. Para avanzar en esta solución Grinlab se vinculó con el grupo de investigación del Centro NanoMat.

> El contacto inicial fue en un evento técnico organizado en el que exponía su trabajo el Centro NanoMat al que nos acercamos a conversar sobre la posibilidad de encapsular extracto de marcela y producir una crema tecnológicamente mucho más avanzada que la original. De allí surgió la línea Platinum. (Entrevista 06)

A partir de aquí, el equipo del Centro NanoMat se propuso interiorizarse de primera mano sobre los antecedentes de los trabajos previos llevados adelante entre Grinlab y IIBCE-FQ (Entrevista 03). El convenio entre la empresa y FQ, y la experiencia por la que se transitó para el pago de regalías constituyó un antecedente para la definición y posterior celebración del contrato entre Grinlab y NanoMat (Entrevista 03).

En esta segunda fase el problema se trasladó desde la creación de una línea de cremas cosméticas con extracto de flor de marcela, como producto innovador, hacia el problema del aroma penetrante del producto. Con ello, a su vez, el problema se desplazó de la asociación Grinlab-IIBCE-FQ hacia la asociación Grinlab-NanoMat. Se alinearon así el aroma desagradable de la crema cosmética, Grinlab y NanoMat; posicionándose este último desde una lógica de transferencia tecnológica. La circunscripción del problema del aroma penetrante al campo de las nanotecnologías (marco tecnológico) no sólo legitimó nuevamente a la flor de marcela como opción válida para la crema, sino que expandió las expectativas depositadas inicialmente desde Grinlab –en la medida que la nueva innovación prometía aumentar el grado de penetración del extracto en la piel–. El aroma penetrante estimuló a que las nanotecnologías se posicionaran como una posible solución para el potencial éxito del artefacto. De esta manera, no sólo las expectativas de Grinlab se concentraron en las nanotecnologías, sino que éstas incitaron a que la firma resignificara el potencial de comercialización de la crema cosmética –el potencial innovador del artefacto sería mayor al esperado originalmente–. Las nanotecnologías junto a las propiedades antioxidante se posicionaron como un elemento central, dinamizador, del sistema alianzas socio-técnicas en la segunda fase de la trayectoria del desarrollo.

Entre 2007 y 2008 se realizaron diversos intercambios a efectos de "entender y llegar a una alternativa de solución a los problemas y necesidades" planteados desde Grinlab "respecto de la línea Actenz" (Entrevista 04). Ello tuvo como resultado un acuerdo para formular y postular, de forma conjunta (Grinlab-NanoMat), una propuesta a la convocatoria concursable Proyectos de vinculación tecnológica de amplia cobertura de la ANII (Entrevista 04). En 2008 se presentó el proyecto *Desarrollo de preparados cosméticos de marcela basados en nanotecnología*, en el marco de la convocatoria 2009 de esta

Agencia[73]. En este proyecto se involucraron algunos investigadores de NanoMat; y tuvo como responsables a una de sus investigadoras (responsable científica por el Centro) y al director y propietario de la firma. En abril del 2009 se concretó un convenio de vinculación entre FUNDAQUIM y Onacril S.A., a partir del cual se acordó la administración y dirección conjunta del proyecto (Entrevista 04). El acuerdo celebrado implicó que los investigadores del Centro NanoMat "cedían su trabajo a cambio de contrataciones y cesión de equipamiento útil para el Centro", así como un contrato de confidencialidad, bajo la figura de secreto comercial o industrial (Entrevista 06). De esta manera, la dinámica problema (aroma penetrante del extracto de flor de marcela) / solución (desodorización del extracto de flor de marcela y aumento del grado de penetración en la piel, mediante la aplicación de las nanotecnologías) se formalizó a través del acuerdo Grinlab-NanoMat.

El diciembre de ese mismo año se aprobó la propuesta y se formalizó el contrato entre la ANII y Grinlab, lo que proporcionó el 60% de la financiación requerida por el proceso de I+D (El Observador, 2011)[74]. Entre 2009 y 2010 se llevó adelante la ejecución del Proyecto, el cual se estructuró en dos partes. La primera se orientó a innovar en el proceso productivo de la firma. En general, para los laboratorios, los desarrollos que involucran el uso de plantas medicinales requieren una cadena de suministro y de calidad constantes (Entrevista 03). Debido a que desde Grinlab se había detectado ineficiencia en la producción de los graneles por procedimientos inadecuados –errores de selección y de pesaje–, el proyecto se orientó a la mejora de la optimización a partir de la reingeniería del proceso productivo en la firma. En 2010 se automatizó el sistema de fraccionamiento de las materias primas utilizadas en la fabricación de los cosméticos: "se desarrolló un software que interconecta balanzas con escáner de código de barras, de forma tal que el peso en la balanza es censado por la computadora y la balanza determina la impresión de la etiqueta de forma automática" (DICYT, 2012, p. 128). De forma que, la conformación de esta alianza permitió, a su vez, viabilizar la construcción de una solución para un problema o necesidad tecno-productiva de la firma: la ineficiencia en la producción de los graneles.

---

[73] Proyecto ACM 2008 406

[74] De un presupuesto total de U$S 165.285, la ANII subsidió U$S 99.171.

La segunda parte del proyecto subsidiado por la ANII se orientó a la innovación de producto. Se buscó encapsular el extracto de marcela para reducir el aroma y para aumentar el grado de penetración de la piel de forma segura. Como solución el equipo de NanoMat propuso realizar el nanoencapsulamiento del extracto en vesículas liposomales (liposomas ultradeformables) diseñadas para uso cosmético (Gabinete Productivo, 2012)[75]. Durante 2010 se trabajó sobre distintos preparados "hasta lograr un producto con propiedades organolépticas (por ejemplo, la textura, olor, color) adecuadas, propiedades microbiológicas sustentables en el tiempo y que fuera un producto estable" (Gabinete Productivo, 2012). El proceso de nanoencapsulación, la incorporación del extracto a las cremas cosméticas y el análisis de los resultados obtenidos se realizó en las instalaciones del Centro NanoMat, en estrecha articulación con el directivo/propietario y el personal técnico de la firma (Entrevista 04).

La producción en serie del extracto requería del suministro estable y suficiente de materia prima. Ante la dificultad para obtener marcela en el mercado local, en 2009 Grinlab asumió la decisión de "realizar plantaciones de esta hierba en los departamentos de Montevideo (en Punta Espinillo) y Canelones" (Canoura y Prats, 2011, p. 87). En el primer caso la plantación se realizó en un predio privado, cuyo productor se comprometió a llevar adelante la actividad "a un costo razonable" para la firma (Entrevista 06). En el segundo caso, la marcela se obtuvo de un emprendimiento a cargo de "mujeres plantadoras de la zona de San Jacinto, especializadas en hierbas medicinales y aromática" (Canoura y Prats, 2011, p. 87).

En 2011 se firmó un nuevo convenio de vinculación entre FUNDAQUIM y Onacril S.A. con el objetivo de dar continuidad al suministro del extracto liposomado de marcela por parte de NanoMat (Entrevista 04). En octubre de ese mismo año Grinlab lanzó al mercado, nacional e internacional, la nueva línea premium de cremas cosméticas: Actenz Platinum, compuesta por Platinum Profunda (tratamiento reafirmante y antiarrugas), Platinum Mirada (efecto extremo antiarrugas, reducción de bolsas y ojeras) y

[75] "Los liposomas ultradeformables son formulados de manera de que sean flexibles y puedan atravesar el estrato córneo, haciendo posible que el principio activo logre una mayor penetración dérmica que los productos cosméticos convencionales" (Gabinete Productivo, 2012).

Platinum Fresca (tratamiento intensivo para las primeras arrugas e hidratación profunda). Previamente, los productos de la línea Platinum fueron testeados por Grinlab en ochenta y una mujeres de entre 30 y 65 años (Infonegocios, 2011). Los resultados positivos de los testeos dermatológicos, primero, y la aceptación del producto por parte de las usuarias-consumidoras, después, construyeron el funcionamiento de la crema.

La asociación Grinlab-NanoMat tradujo el problema del aroma penetrante en el desarrollo de una nueva línea de cremas cosméticas (Actenz Platinum) con un mayor grado de penetración de la piel de las propiedades antioxidantes de la flor de marcela y sin el aroma desagradable. El nanoencapsulamiento del extracto de flor de marcela se posicionó como un sello para la comercialización de la "marca de dermocosmética natural Actenz" (Infonegocios, 2011). A partir del sistema de alianzas socio-técnicas estables que se entretejieron en torno a las nanotecnologías y las propiedades antioxidantes de la flor de marcela se resignificó la marca; lo que se tradujo, en el plano material, en la introducción al mercado de la línea premium y, en el plano simbólico, en la clausura y en la adecuación (funcionamiento) del artefacto (cosmético). La línea fue distribuida y comercializada por Grupo Mansilla, empresa representante en Uruguay de marcas premium de fragancias y cosméticos. Además de su venta en Uruguay el producto fue exportado a Costa Rica, Ecuador, Paraguay y Guatemala (Infonegocios, 2011). Si bien hubo intentos de introducir el producto en otros mercados de la región existieron algunas dificultades que impidieron su concreción.

El diciembre de 2012 fue presentado ante la ANII el informe final del proyecto financiado por la Agencia. En marzo de 2013 se dio por finalizado formalmente el mismo: "[…] quedó en manos de la empresa el producto o los productos que habían resultado a partir del extracto liposomado. Nosotros ahí no teníamos más injerencia" (Entrevista 01).

El desarrollo del extracto liposomado de flor de marcela constituyó una "primera aproximación" a un área de trabajo que se continuó expandiendo por parte del equipo del Centro NanoMat: la micro y nano encapsulación (Entrevista 01).

> Entonces, hemos desarrollado una serie de herramientas que nos permiten abordar muchos temas. Tenemos una cierta versatilidad para poder abordar diferentes tipos

> de desafíos. En este momento, por ejemplo, cosmético no estamos desarrollando nada, pero si estamos desarrollando un sistema que encapsula un anticancerígeno; lo estamos haciendo con el Instituto Pasteur [*de Montevideo*]. También con otro grupo del Instituto Pasteur estamos desarrollando otro encapsulado que va un poco para el tema cáncer. Bueno, como dos ejemplos. Continuamos desarrollando la nano y micro encapsulación bastante. (Entrevista 01)

La difusión del proceso de I+D y de sus resultados se encontraron limitados por el acuerdo (contrato) de confidencialidad al que estuvo sujeto el desarrollo, en el marco jurídico nacional orientado a proteger y garantizar la propiedad intelectual, comercial e industrial. Esto constituyó una estrategia central del vínculo que estableció Grinlab con NanoMat debido a las debilidades que presentaba el registro de patentamientos local.

En febrero del año 2013 Grinlab "firmó la compraventa de la marca a la firma Fides S.A." Desde entonces, "la venta ha venido bajando hasta reducirse casi a cero en este año" [2021] (Entrevista 06). Grinlab había rentado un espacio en el PCTP, en el que se instaló y comenzó a operar en octubre de 2013, hasta finales del año 2016 (Entrevista 01 y Entrevista 06). En el PCTP "se llevaron a cabo dos tipos de actividades": por un lado, la "producción de extractos vegetales, entre ellos el de marcela para Actenz", y, por otro, una "investigación sobre producción de extracto seco de epilobio" (Entrevista 06).

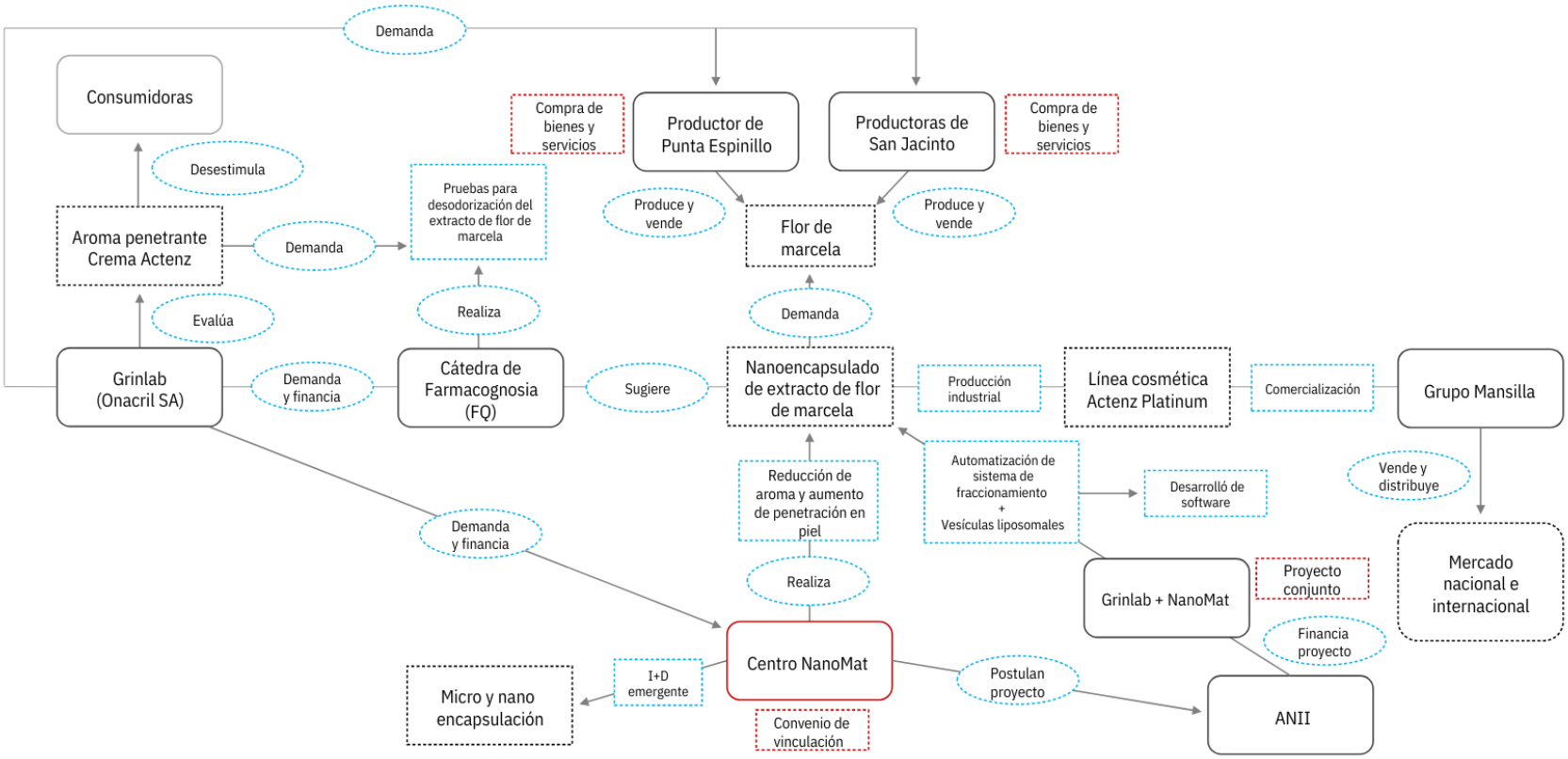


Figura 12. Segunda alianza socio-técnica de los preparados cosméticos a base de marcela. Elaboración propia.

CAPÍTULO 7
ANÁLISIS COMPARADO DE LAS TRAYECTORIAS SOCIO-TÉCNICAS DE LOS ARTEFACTOS

7.1 Descripción general

La membrana de reposición dérmica y los preparados cosméticos en base a marcela constituyeron dos desarrollos tempranos de la actividad del Centro NanoMat. El primero se trató un desarrollo originalmente promovido desde el equipo de investigadores de la Unidad de nanotecnología para dar respuesta a un problema de salud pública. En el marco de un movimiento regional promotor de I+D en base a recursos autóctonos, desde el Centro NanoMat se interpretó un problema social y sanitario (lesiones de la piel causadas por quemaduras y por otras casusas, que afectaban fundamentalmente a los sectores socio-económicamente más vulnerados) para traducirlo en una solución terapéutica, situada a la realidad local, en el campo de la nanomedicina (medicina regenerativa y liberación controlada de fármacos). Sin embargo, los investigadores interpretaron la piel sintética no sólo como una solución al problema social y sanitario, sino, también, como una oportunidad económica para el país: se buscó desarrollar un artefacto capaz de ser comercializado en el ámbito nacional e internacional. Ello promovió una dinámica que se orientó, desde el comienzo, a incorporar y articular conocimientos, capacidades y recursos endógenos. Si bien el problema original fue enunciado por el CENAQUE –quien canalizó un sentir (demanda social) de un colectivo no organizado (víctimas de incendios y familiares)–, la iniciativa de la solución concreta surgió del equipo de investigadores de NanoMat. Por lo que puede decirse que la Unidad Académica asumió un rol propositivo ante la definición del problema original.

Como punto de partida, para la resolución del problema planteado por el entorno social, desde NanoMat se asumió una lógica lineal de innovación "ofertista" o de "empuje de la ciencia" (*science-push*). Se asumió que la producción de conocimientos se llevaría adelante en una secuencia lineal que teniendo como punto de partida a la investigación básica esta sería sucedida por la investigación aplicada, el desarrollo tecnológico, la producción a escala y la comercialización en el mercado del producto. Etapa, esta úl-

tima, fundamental para que el desarrollo generara beneficios en la sociedad; en particular en la población a la que se orientaba la respuesta artefactual (población objetivo). Esta concepción asumida inicialmente fue la que estimuló, en esta situación, la relación NanoMat-Entorno.

Por otro lado, en el caso de los preparados cosméticos en base a marcela Grinlab se propuso mejorar su productividad y competitividad a partir de introducir en el mercado del sector cosmético un producto propio, con un diferencial innovador que le permitiera desarrollar y fabricar una línea capaz de imponer a la firma en el mercado nacional. Grinlab se enfrentó a la necesidad de reestructurarse ante la crisis regional de comienzos del siglo XXI, en un mercado dominado por la presencia de empresas multinacionales. Sin embargo, el producto dermocosmético desarrollado y comercializado en un primer momento –resultado de un proceso conjunto de I+D+i entre Grinlab y el equipo de investigadores del Departamento de Neuroquímica del IIBCE en asociación con la Cátedra de Farmacognosia y Productos Naturales de la FQ– se enfrentó al problema de que el aroma penetrante del producto había provocado el rechazo de las usuarias-consumidoras. Frente a esta situación, desde Grinlab se propuso a los investigadores de NanoMat estudiar y proponer una solución al problema. De esta manera, NanoMat ofreció avanzar en una respuesta puntual a la demanda concreta de la firma en el campo de la nanocosmética: el nanoencapsulamiento de liposomas de extracto de flor de marcela. El alineamiento entre ambos actores, el aroma penetrante y las propiedades antioxidantes del extracto vegetal estimuló una alianza socio-técnica en torno a objetivos precisos: generar un nuevo producto cosmético. Lo que se tradujo en la línea Actenz Platinum.

Además, en la medida que el problema/solución del aroma se circunscribió al marco de las nanotecnologías se incrementó el potencial innovador del artefacto: fue posible mejorar el grado de penetración del extracto en la piel. Con ello no sólo se relegitimó la flor de marcela como opción válida para la crema, sino que se expandieron las expectativas depositadas inicialmente desde Grinlab en la planta, es decir, se resignificó el potencial innovador del artefacto.

Como se ha indicado, el Centro NanoMat asumió un rol reactivo ante la definición del problema original propuesto por Grinlab; y su participación se restringió a una etapa

concreta de la trayectoria socio-técnica global de la línea Actenz (analíticamente inscripta en la segunda fase). Como punto de partida, para la resolución del problema planteado por el entorno productivo, desde NanoMat se asumió una lógica lineal de innovación de "tirón de la demanda" (*demand-pull*) o "del mercado" (*market-pull*). Se asumió, por lo tanto, un proceso innovativo secuencial y con etapas interdependientes, donde, a diferencia de la piel sintética, ahora la demanda era motivada por una necesidad de mercado enunciada por la empresa Grinlab. Esta demanda inicial desató el proceso de I+D+i y las dinámicas interactivas del Centro NanoMat con su entorno, hasta alcanzar la fase de difusión o comercialización del producto en el mercado.

	Desarrollos artefactuales	
	Matriz extracelular sintética	**Encapsulamiento de liposomas de extracto de flor de marcela para crema cosmética**
Problema original que justificó la emergencia del proceso de I+D	**Problema social / sanitario** Desde una perspectiva de salud pública, se buscó contribuir a la inclusión social a partir de un problema social y sanitario.	**Problema económico / comercial** Se buscó mejorar la competitividad de una firma nacional del sector cosmético.
Rol de NanoMat ante la definición del problema original.	**Propositivo**	**Reactivo**
Campo de aplicación en el marco tecnológico de las nanotecnologías	**Nanomedicina** Medicina regenerativa y liberación controlada de fármacos.	**Nanocosmética** Encapsulamiento de aroma y aumento del grado de penetración de extracto de flor de marcela en piel.
Participación de NanoMat en el proceso de I+D	**Total / Global** Enmarcada en la globalidad de la trayectoria socio-técnica de la matriz sintética.	**Parcial / Puntual** Inscripta en la trayectoria socio-técnica de la crema cosmética de la línea Actenz. La participación de NanoMat se restringe a una fase de esta trayectoria, y tiene como resultado la línea Actenz Platinum.
Concepción (punto de partida) que se asumió desde NanoMat para la resolución del problema	**Modelo lineal ofertista de innovación** Centrado en la oferta (ofertismo) o empuje de la ciencia (*science-push*).	**Modelo lineal de "tirón de la demanda"** Centrado en la demanda (*demand-pull*) o del mercado (*market-pull*).
Nivel de desarrollo alcanzado	Prototipo terminado. No se logra el escalado.	Escalado y comercialización en el mercado nacional e internacional.

Tabla 4. Descripción general de las trayectorias de los artefactos comparada.

7.2 Dinámicas problema/solución

Del análisis de las trayectorias socio-técnicas de ambos artefactos se desprende que las dinámicas problemas/solución promovieron procesos vinculativos diversos y heterogéneos NanoMat-Entorno. Las redes de coaliciones que se conformaron, en ambas trayectorias, se caracterizaron por presentar distinto grado de formalidad y duración; y se entretejieron en torno a problemas/solución circunscriptos a los problemas originales que estimularon los procesos de I+D+i: en un caso un problema de salud pública nacional y en el otro un problema económico-comercial (de productividad y competitividad) de la firma Grinlab.

Los patrones de interacción (sistemas interactivos NanoMat-Entorno) pueden ser caracterizados como una red de vínculos formales e informales, que involucraron a elementos heterogéneos (redes socio-técnicas): actores individuales y colectivos –tanto del sector público como privado–, conocimientos, aprendizajes, habilidades, insumos, equipamientos especializados, instalaciones, recursos económicos (dinero) y contratos legales. Los desarrollos artefactuales se fueron co-construyendo en la medida que se concretaron, a lo largo de las trayectorias, alianzas socio-técnicas que implicaron procesos de alineamiento y coordinación de estos elementos. A partir de estos procesos se viabilizó/no viabilizó la estabilización de la adecuación socio-técnica de los artefactos y la asignación de sentido de funcionamiento/no funcionamiento.

En cada una de las trayectorias el Centro NanoMat asumió un rol diferencial a la hora de alinear y coordinar dichos elementos. En el caso de la piel sintética, desde el comienzo, la Unidad de I+D tuvo un papel activo y central en la dinamización de los procesos vinculativos, y con ello en el alineamiento y coordinación de los elementos sociales y tecnológicos involucrados. Además, a lo largo de las distintas fases se generó una dinámica interactiva incremental (densificación de las interacciones), asociada a la necesidad de resolver problemas tecno-cognitivos y de obtener financiación para dar continuidad al proceso de I+D.

En el caso del nanoencapsulado de flor de marcela, el alineamiento socio-técnico de los elementos heterogéneos se dinamizó por la alianza Grinlab-NanoMat, como consecuencia de la necesidad de resolver el problema de aroma penetrante de la crema una

vez introducida en el mercado. Aspecto que no pudo ser resuelto por los "métodos tradicionales", por lo que el problema del aroma penetrante se desplazó al marco de las nanotecnologías. Sin embargo, este proceso se circunscribió a una dinámica de I+D más amplia: el de la crema cosmética de la línea Actenz. El alineamiento entre Grinlab, NanoMat y las propiedades antioxidantes el extracto de flor de marcela se materializó en la celebración de contratos bajo la figura legal de secreto industrial. La experiencia asociativa por la que habían transitado Grinlab y FQ-IIBCE constituyó un antecedente para la posterior asociación entre Grinlab y NanoMat.

7.3 Grupos sociales relevantes y alianzas socio-técnicas

La conformación de las dinámicas interactivas heterogéneas, que viabilizaron la resolución de los problemas y de los objetivos (iniciales y emergentes), se configuraron a partir de redes de coaliciones que involucraron al Centro NanoMat con investigadores individuales, con otras unidades de I+D, con instituciones públicas de promoción y financiación de la CTI y con empresas privadas. En este sentido, en términos analíticos, es plausible subdividir al entorno del Centro NanoMat en tres sub-entornos, según la función principal que los actores pusieron en juego, de forma directa, en el proceso interactivo con la Unidad de I+D: Entorno Social, Entorno Productivo y Entorno CyT.

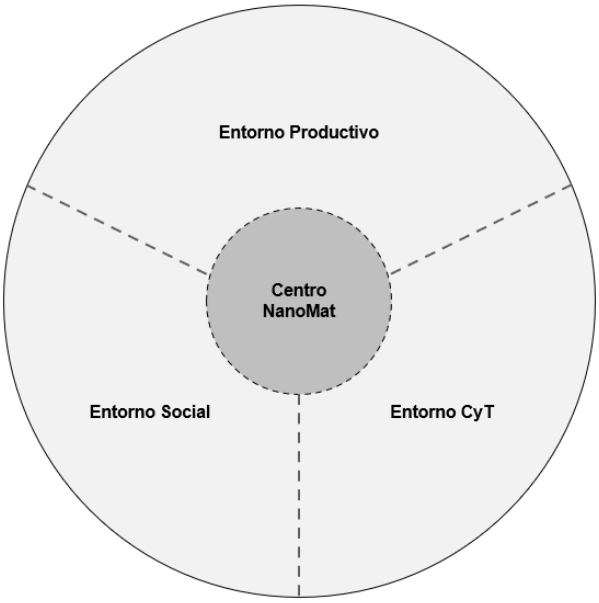


Figura 13. Sub-entornos del Entorno del Centro NanoMat.

De acuerdo a esta definición, se clasifican a los principales actores involucrados en las dinámicas interactivas que involucraron al Centro NanoMat de la siguiente forma:

	Desarrollos artefactuales	
Sub-entornos	**Matriz extracelular sintética**	**Encapsulamiento de liposomas de extracto de flor de marcela para crema cosmética**
Entorno Social	----------	----------
Entorno Productivo	Industria cárnica: frigoríficos Inversores potenciales del sector privado	Laboratorio Grinlab (Onacril S.A.)
Entorno Científico y Tecnológico	CENAQUE INDT Laboratorio de Señalización Celular y Nanobiología del IIBCE (MEC) Laboratorio de Experimentación Animal (LEA), FQ, UdelaR Departamento Básico de Medicina, del Hospital de Clínicas, (FMED, UdelaR) Hospital Central de la Fuerzas Armadas (MDN) Unidad de Alimentos y Nutrición del Instituto Polo Tecnológico de Pando (FQ, UdelaR) Parque Tecnológico de Pando Instituto de Ingeniería Química (FING, UdelaR) CSIC (UdelaR) ANII (MEC) Laboratorio de Microscopía Electrónica de Barrido de la Unidad de Microscopía Electrónica (FCIEN, UdelaR) Unidad de Microscopía Confocal (FMED, UdelaR) MSP	Laboratorio Grinlab (Onacril S.A.) Cátedra de Farmacognosia y Productos Naturales (FQ, UdelaR) Hospital de Clínicas (UdelaR) Polo Tecnológico de Pando (FQ, UdelaR) Estación Experimental Wilson Ferreira Aldunate, del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA Las Brujas) Oficina de Asesoramientos de la FQ (UdelaR) FUNDAQUIM (FQ) ANII (MEC)

Tabla 5. Actores institucionales por sub-entorno en el marco de los desarrollos artefactuales.

Como puede observarse, la interacción que NanoMat entabló con los sub-entornos asumió, de forma estilizada, características diferentes en cada una de las trayectorias socio-técnicas de los artefactos:

	Desarrollos artefactuales	
Sub-entornos	**Matriz extracelular sintética**	**Encapsulamiento de liposomas de extracto de flor de marcela para crema cosmética**
Entorno Social	Constituyó el estímulo original para el proceso de desarrollo del artefacto. Respondió a una interacción mediada (en la definición del problema) y potencial (en lo que refiere a la solución)	Inexistente.
Entorno Productivo	Facilitó el acceso a insumos (materia prima) en fases concretas del desarrollo. "Cuello de botella" para la fase de escalado.	Constituyó el estímulo original para el proceso de desarrollo del artefacto y fue fuente, parcial, de financiación.
Entorno Científico y Tecnológico	El Entorno CyT público constituyó fuente parcial de financiación, y ocupó un lugar central para el desarrollo de las dinámicas tecno-cognitivas y organizacionales, así como para la disposición de equipamientos, instalaciones e insumos.	El Entorno CyT público constituyó fuente parcial de financiación para viabilizar el desarrollo de las dinámicas tecno-cognitivas.

Tabla 6. Características de los sub-entornos en el marco de los desarrollos artefactuales.

En el caso de la piel sintética, un aspecto medular lo tuvieron los intermediarios que, al poner en circulación redes de confianza, facilitaron la mediación de NanoMat con actores de su entorno. Entre otras cosas, ello posibilitó el acceso a insumos y a equipamiento para la realización de las distintas pruebas o caracterizaciones biológicas.

Por otro lado, la dependencia de fondos públicos para la financiación del proyecto de membrana colagénica se tradujo en los logros alcanzados por el equipo de NanoMat, pero también en las limitaciones para la concreción de la fase de escalado. Si bien la

obtención de fondos públicos constituyó una estrategia de los investigadores del Centro, la dificultad para alinear a la piel con actores del sector privado dispuestos a financiar fases críticas del proceso investigativo (pruebas en humanos y escalado) constituyó un "cuello de botella" para dar viabilidad de la producción en escala y, consecuentemente, su comercialización. De esta manera, en la medida que no se logró transformar conocimientos y capacidades en un producto comercializable se obturó, con ello, dar solución al problema social y sanitario que motivó originalmente el desarrollo. Además, es posible afirmar que la iniciativa de NanoMat para generar dinámicas vinculativas con el EP, en particular el sector privado, se centró en esfuerzos individuales de los investigadores de la Unidad de nanotecnología. Ello como consecuencia de que la estructura organizacional en la que se inscribió NanoMat, y que fuera creada para estimular procesos asociación sinérgicos U-SP (Parque Científico y Tecnológico / Polo Tecnológico / Unidades de I+D), en los hechos mostró tener escasa capacidad para generar dinámicas interactivas a la hora de alinear fondos (dinero) con el proyecto.

Sin embargo, esa misma necesidad de generar estrategias para la captación de financiamiento parece haber estimulado a la interna de NanoMat el desarrollo de capacidades organizacionales (tecnologías de la organización) para la negociación y el relacionamiento político-institucional. Ello implicó aprendizajes en la práctica (*learning by doing*) relacionados al desarrollo de capacidades de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva, así como a la incorporación de lenguaje empresarial y capacidades orientadas a identificar el "empresario adecuado".

Si bien es plausible afirmar que la dificultad de NanoMat para alinear a la piel sintética con dinero contribuyó a la no viabilidad (construcción del no funcionamiento) del artefacto (en tanto producto comercializado y accesible a usuarios-consumidores), la no superación de la fase de prototipo no debe ser entendida como un fracaso en sí mismo. En efecto, por un lado, como se indicó, las alianzas que se entretejieron a lo largo de la trayectoria del proceso de I+D del artefacto, hasta alcanzar la fase de prototipo, habilitó aprendizajes que permitieron la generación y acumulación de capacidades tecno-cognitivas y organizacionales. Por otro lado, las alianzas que se fueron entablando a lo largo de la trayectoria socio-técnica de la membrana colagénicas y la acumulación de capacidades tecno-cognitivas se tradujeron en nuevas líneas de I+D para el Centro NanoMat.

Estas, a su vez, implicaron nuevas alianzas con otras unidades o con investigadores individuales de instituciones de investigación públicas. De esta manera, se habilitó la conformación de grupos interdisciplinarios e interinstitucionales de I+D, así como la elaboración conjunta de proyectos concretos, a saber:

- Grupo interinstitucional en el área de la ingeniería tisular. Centro NanoMat, Laboratorio de Señalización Molecular y Nanobiología (IIBCE), INDT, Departamento Básico de Medicina (Hospital de Clínicas, FMED, UdelaR).
- Diversos grupos de investigación de la UdelaR que trabajan en el aislamiento de células madre y en el desarrollo de protocolos para ingeniería de tejidos y medicina regenerativa. Departamento Básico (FMED, Cátedra de Materiales Dentales y Cátedra de Fisiología General y Buco-Dental (Facultad de Odontología).
- Proyecto Instructive Surfaces and Scaffolds for Tissue Engineering Using Radiation Technology, presentado al Programme of Coordinated Research Activities de la International Atomic Energy Agency (IAEA), en conjunto entre investigadores del Centro NanoMat, del INDT, e investigadores de diversas unidades académicas de la Facultad de Medicina y de la Facultad de Odontología, de la UdelaR.

En el caso del nanoencapsulamiento de liposomas de extracto de flor de marcela la Unidad de I+D asumió un rol más restringido, receptivo y pasivo a los estímulos externos a la hora de establecer vínculos con su entorno; al tiempo que la financiación no constituyó un obstáculo para que el desarrollo se materializara en un producto comercializable (innovación de producto). Aquí la alianza con el laboratorio privado que demandó el desarrollo constituyó el motor para la concreción de la innovación artefactual.

Analíticamente, es posible ubicar a la firma Grinlab ocupando dos sub-entornos del Centro NanoMat: por un lado, se constituyó en Entorno Productivo –en tanto fue generadora de la demanda y financiadora central, aunque no exclusiva, del proceso innovativo– y como Entorno CyT –en tanto participó de la producción de conocimientos y

aprendizajes cruzados entre los investigadores de NanoMat y el personal gerencial y técnico del Laboratorio–.

Con los resultados positivos de los testeos dermatológicos, Grinlab y NanoMat construyeron el funcionamiento de la nueva línea de cremas cosméticas (Actenz Platinum). Lo cual fue ratificado por las usuarias-consumidoras, que aceptaron el producto a partir de su compra, y por el interés de un grupo multinacional para su comercialización, que asumió la venta del producto en el mercado local y fue responsable de su exportación. Al igual que la piel sintética, esta experiencia constituyó una "primera aproximación" a un área de trabajo que se continuó expandiendo por parte del equipo de NanoMat: la micro y nano encapsulación.

7.4 Conocimientos y aprendizajes tecno-cognitivos y organizacionales

En ambos desarrollos artefactuales los procesos de I+D fueron viabilizados en la medida que las dinámicas interactivas NanoMat-Entorno habilitaron la circulación de procesos y prácticas tecno-cognitivas y organizacionales singulares. Las dinámicas problemas/solución no sólo promovieron procesos vinculativos diversos y heterogéneos NanoMat-Entorno, sino que estimularon el despliegue de procesos tecno-cognitivos y organizacionales.

Si bien las nanotecnologías constituyen un área de conocimiento intrínsecamente transversal este aspecto parece haber sido viabilizado y potenciado tanto por dinámicas internas a la Unidad de nanotecnología (incorporación de distintas disciplinas al equipo de investigadores) como por las dinámicas vinculativas del Centro con su entono.

De forma estilizada, los conocimientos fueron producidos en el marco de dinámicas cognitivas que pueden caracterizarse como propias de un "régimen transitorio de producción de conocimientos" (Shinn, 2000)[76]. Este régimen de producción científica se caracteriza por el hecho de que:

[76] Shinn (2000) clasificó tipos de regímenes de investigación científica y tecnológica a partir de relacionar aspectos cognitivos con las formas sociales que asumen las organizacionales donde se despliegan los procesos de investigación, para demarcarlos en tres tipos: disciplinario, transitorio y transversal.

> […] las oportunidades intelectuales, técnicas y profesionales aparecen a menudo en la periferia/frontera de los campos disciplinarios clásicos. La mayor parte del tiempo, la búsqueda de recursos cognitivos, materiales o humanos suplementarios compromete a dos o tres disciplinas. El movimiento se inscribe en un modelo oscilatorio de ida y vuelta. En el régimen transitorio, el centro principal de la identidad y de la acción de los practicantes está todavía ligado a las disciplinas, mientras que los individuos atraviesan los campos disciplinarios. Así, el movimiento de los investigadores se sitúa en un modelo oscilatorio de ida y vuelta entre esos campos. Este es muy a menudo el caso del nacimiento de nuevas disciplinas, que se encuentran en una encrucijada de diversos campos disciplinarios. Aquí, sin embargo, las demarcaciones institucionales y las formas de división del trabajo científico continúan siendo de una gran importancia, incluso cuando resultan atravesadas de un modo específico (Taborga, 2005, p. 6).

Aun cuando las distintas formaciones disciplinares de los investigadores (química, física, ciencias biológicas, bioquímica) del Centro NanoMat se subordinaron a los objetivos generales de las investigaciones, e interactuaron atravesando de forma flexible los campos disciplinares, es posible identificar sus prácticas investigativas concretas en el marco de una división de trabajo centrada en sus disciplinas originales.

Los aprendizajes para la incorporación de nuevos conocimientos, capacidades y habilidades ocuparon un lugar central en los procesos de I+D asociado a los artefactos. Las dinámicas interactivas que el Centro NanoMat entabló con su entorno también tuvieron un papel central a la hora de viabilizar los aprendizajes. Los aprendizajes observados en las trayectorias de ambos desarrollos se produjeron, principalmente, en la medida que se fue haciendo (*learning by doing*) y por interacción con el entorno (*learning by interacting*). Estos dos tipos de aprendizajes también estuvieron asociados a la incorporación y puesta en funcionamiento de equipos y sistemas, así como de funcionamiento organizacional.

La incorporación de pasantes de posgrado al equipo de NanoMat constituyó un escenario de posibilidades para la incorporación de aprendizajes formales, y consecuente

para la incorporación de capacidades tecno-cognitivas. Al tiempo que viabilizó la concreción y financiación de fases o proyectos puntuales que contribuyeron a los procesos globales de I+D.

La trayectoria de la piel sintética expone cómo ante la necesidad y dificultad para obtener un congelador de laboratorio, a efectos de mantener las muestras biológicas a bajas temperaturas, los investigadores de NanoMat diseñaron y desarrollaron una alternativa "casera". Como consecuencia de ello se logró un "producto [*que*] mostró mejoras notables en su porosidad y microestructura en general" (Entrevista 02). Ello da cuenta de la flexibilidad de los investigadores en el uso de sus capacidades y habilidades a la hora de resolver problemas prácticos.

Las alianzas que se fueron generando, a lo largo de la trayectoria de la piel, con actores sociales de otras unidades de investigación con las que se relacionó el Centro NanoMat oficiaron de plataforma para aprendizajes. Proyectos elaborados en conjunto con investigadores del entorno habilitaron espacios para la producción de aprendizajes mediante una lógica de transferencia de conocimientos a partir del intercambio con "expertos". Los intercambios con expertos extranjeros dinamizaron la incorporación de conocimientos específicos sobre nanoplaquetas de grafito, así como la incorporación de conocimientos más amplios en relación a las matrices sintéticas. Simultáneamente, se transfirieron conocimientos tecno-organizacionales sobre aspectos necesarios para la instalación de una potencial planta que permitiera el escalado de la matriz artificial en el ámbito local. Estas instancias de intercambio contribuyeron, además, a potenciar el carácter transdisciplinario del equipo de investigadores de NanoMat.

Por otro lado, con el objetivo de articular la oferta con la demanda –a partir de la captación de empresarios interesados y dispuestos a financiar las últimas fases del desarrollo de la piel sintética, así como de asumir la comercialización del producto acabado (innovación de producto)– los investigadores de NanoMat generaron capacidades de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva. Dichas capacidades, que se concentraron en unos pocos integrantes del equipo, se orientaron al análisis estratégico del entorno del Centro NanoMat. La práctica empresarial se asumió, por lo tanto, como una actividad central para la potencial viabilidad de este proceso innovativo.

En el caso del liposomado de extracto de flor de marcela, la forma contractual en que se materializó el acuerdo entre Grinlab y NanoMat fue el resultado de aprendizajes organizacionales que, bajo una lógica de transferencia de conocimientos, llevó a emular el contrato legal entre Grinlab y la asociación FQ-IIBCE, celebrado en la primera etapa de la trayectoria de la crema cosmética de la línea Actenz. La Oficina de Asesoramientos de la FQ cumplió un papel central en este proceso, dada la experiencia acumulada a partir del arreglo contractual interinstitucional previo.

El acuerdo de confidencialidad se asumió como estrategia más robusta frente al patentamiento a la hora de asegurar el uso exclusivo de los derechos de producción y comercialización de la línea cosmética Actenz Platinum, por parte de Grinlab. Como contrapartida, los investigadores de NanoMat vieron obturada la posibilidad de difundir, a través de artículos académicos, los conocimientos tecno-científicos generados y utilizados. Este hecho fue identificado por los propios investigadores como una contradicción intrínseca a las dinámicas de I+D que responden a procesos vinculativos U-SP que se inscriben en lógicas que privilegian la apropiación de los conocimientos generados por parte de las firmas asociadas. Mientras que a nivel normativo se estimula a que los investigadores interactúen con el SP, por otro lado, en ese mismo acto, se clausura la posibilidad de realizar una práctica privilegiada para la motivación, prestigio y legitimidad académica: la difusión de los conocimientos generados. El *curriculum* de los investigadores es clave para la sustentabilidad de los cargos en la UdelaR (renovación de contratos o concursos de ascenso), para la financiación de los salarios (horas docentes), así como para la obtención de fondos para solventar líneas de investigación.

Por otro lado, como se ha indicado, las trayectorias de ambos artefactos dan cuenta de un desenlace caracterizado por la emergencia de nuevas líneas de I+D y nuevos procesos asociativos. En efecto, las dinámicas interactivas NanoMat-Entorno facilitaron y viabilizaron procesos de generación y acumulación de conocimientos y capacidades tecno-cognitivas que se tradujeron en nuevas líneas de I+D, en relación con nuevas dinámicas asociativas que involucraron al Centro NanoMat con otras unidades de investigación, así como a investigadores individuales. Estas nuevas líneas de trabajo y alianzas

se visualizaron, por parte de los investigadores de NanoMat, como el “futuro” de la Unidad de nanotecnología. Las nuevas alianzas pusieron en circulación publicaciones en revistas arbitradas y proyectos conjuntos.

CAPÍTULO 8
ESTILO SOCIO-TÉCNICO DE INTERACCIÓN NANOMAT-ENTRONO

8.1 Descripción del patrón interactivo

En términos generales, el estilo de vinculación NanoMat-Entorno puede ser conceptualizado como un sistema. Esto es, como una entidad caracterizada por la interrelación de elementos heterogéneos: actores colectivos e individuales (científicos, tecnólogos, empresarios y personal técnico y administrativo), problemas y soluciones, aprendizajes, capacidades, equipamientos, instalaciones, insumos, acuerdos informales, contratos legales, derechos de propiedad, secretos tecnológicos y dinero. Estos elementos interactuaron de forma no lineal para configurar lo que puede decirse constituye un patrón singular de interacción NanoMat-Entono. Del análisis empírico se desprende que los objetivos del sistema –a partir de los cuales estos elementos heterogéneos se organizaron e interactuaron– se estructuraron funcionalmente en relación a los desarrollos artefactuales. En este sentido, puede decirse que se configuraron subsistemas interactivos dentro de la entidad interacción NanoMat-Entorno.

Si bien el SP privado se posicionó como un input (estímulo externo) central a la hora de dinamizar/no dinamizar los procesos de I+D que involucraron a NanoMat con su Entorno, los procesos vinculativos se caracterizaron por redes de coaliciones diversas y complejas en las que se involucraron, de distinta manera, otras unidades de investigación e instituciones públicas de promoción y financiación de la CTI. Estos actores cumplieron un papel sustantivo para la resolución de los problemas tecno-cognitivos que se fueron presentando a lo largo de la trayectoria de los artefactos. Por lo que las alianzas con estos ámbitos públicos se constituyeron en condición necesaria para la viabilidad, parcial o total, de los desarrollos artefactuales.

Las condiciones de posibilidades de los resultados producidos y el acceso (efectivo o potencial) por parte de los usuarios finales estuvo mediado por la disponibilidad de recursos económicos. En este sentido, el mecanismo de financiación estatal a través de proyectos concursables fue clave. Sin embargo, el caso de la piel sintética evidenció que este dispositivo presentó restricciones a la hora de dar sustentabilidad a aquellas etapas

que requirieron mayor flujo de capital, y donde el sector privado no estuvo dispuesto a intervenir. Además, la capacidad de los investigadores para procurar sus propias fuentes de financiación ocupó un lugar central.

Fueron las dinámicas problemas/solución que se presentaron a lo largo de las trayectorias históricas de cada uno de artefactos las que estimularon (dinamizaron) los procesos vinculativos NanoMat-Entorno. Las redes de coaliciones singulares se configuraron en la medida que emergieron problemas y en que se procuró su resolución. Estas redes se caracterizaron por presentar distinto grado de formalidad y duración. El Centro NanoMat se ubicó como un actor protagónico a la hora dinamizar el entrelazamiento de los diversos elementos sociales y tecnológicos involucrados, en lo que, siguiendo a Callon (1998), se constituyó en redes capaces de ir redefiniendo y transformando, a lo largo del tiempo, aquello de lo que estaban hechas. Las dinámicas vinculativas con el entorno fueron, a la vez, una estrategia y un espacio de oportunidades para los investigadores de NanoMat a la hora de enfrentar los desafíos y obstáculos con los que se encontraron en las distintas fases de las trayectorias de los artefactos. Los desafíos implicaron aspectos económicos (obtención de recursos financieros), tecno-cognitivos, de disponibilidad de insumos, equipamientos e instalaciones, así como contractuales y legales.

Las dinámicas interactivas Nano-Mat-Entorno respondieron a una característica intrínseca de las nanotecnologías: la multidisciplinariedad. Como advierte Vessuri (1995a, p. 5), “la instrumentalización de la ciencia para la solución de tareas o misiones estrechamente definidas” se expresa en la emergencia de “comunidades multidisciplinarias de tareas”, donde científicos y tecnólogos establecen una nueva alianza. En este marco, la idea de investigación describe mejor que la de ciencia esta alianza entre ambos actores. Ante la búsqueda de soluciones a complejos problemas sociales se produce una ruptura con la tradicional lógica disciplinaria de las comunidades científicas. No obstante, aunque los investigadores despliegan sus acciones bajo la lógica de las comunidades multidisciplinarias aún pueden seguir siendo clasificados en las disciplinas con arreglo a las clásicas “comunidades disciplinarias”. La confluencia y articulación de los distintos

conocimientos teóricos y capacidades disciplinares que poseían originalmente los investigadores del Centro NanoMat (en su adscripción original al DETEMA) posibilitaron avanzar en los procesos de I+D.

Los aprendizajes que permitieron la incorporación de nuevos conocimientos, capacidades y habilidades –tecno-cognitivas, organizacionales y de puesta en funcionamiento de equipos– fueron viabilizados por las dinámicas interactivas NanoMat-Entorno. Los aprendizajes se produjeron, principalmente, en la medida que se fue haciendo (*learning by doing)* y por interacción con el entorno (*learning by interacting*).

Una característica de los investigadores del Centro NanoMat parece haber sido la flexibilidad para procurar respuestas tanto a los problemas tecno-cognitivos como para definir estrategias vinculativas que les permitieran o bien responder a las demandas del cliente –en el caso del encapsulamiento de liposomas de flor de marcela– o bien la captación de inversores –en el caso de la membrana colagénica–, independientemente de los resultados obtenidos a partir de sus acciones.

Los investigadores de NanoMat pusieron en juego sus capacidades para traducir los problemas originales en soluciones artefactuales en el área de las nanotecnologías, a partir de dinamizar el alineamiento de elementos heterogéneos intrínsecos al propio Centro, así como de su entorno. La capacidad de los investigadores para entablar interacciones con el entorno se constituyó en un aspecto central del estilo de vinculación NanoMat-Entorno.

El desarrollo de los artefactos permitió al Centro NanoMat generar una trayectoria acumulativa de conocimientos y capacidades tecno-cognitivas y vinculacionales. A su vez, este patrón de acumulación virtuosa devino en nuevas líneas de investigación para el Centro NanoMat, al tiempo que condujo a la emergencia de nuevos procesos interactivos que involucraron a la Unidad de nanotecnología con otras unidades de investigación, así como con investigadores individuales –que si bien se encontraban inscriptos en institutos de investigación públicos entablaron alianzas de forma personal–. Estas líneas se percibieron por parte de los investigadores de NanoMat como áreas estratégicas de I+D que debían consolidarse de cara al “futuro”. Hecho que da cuenta de la capacidad del Centro NanoMat para reorientar sus aprendizajes hacia nuevos desafíos.

8.2 Análisis del estilo de interacción NanoMat-Entorno

El análisis de las trayectorias socio-técnicas de dos artefactos no sólo posibilitó comprender como se concibieron, diseñaron y desarrollaron estas tecnologías, sino que, además, permitió relacionar estos procesos con un estilo de interacción U-E que involucró a una Unidad de I+D de la UdelaR específicamente creada para la vinculación con el SP. El estudio de caso se ha propuesto abrir la "caja negra" de los procesos interactivos NanoMat-Entorno para comprender su complejidad y multidimensionalidad. Las dinámicas interactivas NanoMat-Entorno se han constituido en una unidad relevante de análisis en la medida que posibilitaron estudiar, relacionando, actores, artefactos, problemas/soluciones, procesos y prácticas tecno-cognitivas y organizacionales singulares en el marco de una institucionalidad de I+D especializada en nanotecnologías. El estudio no se focalizó estrictamente en aquello que ocurrió en el Centro NanoMat en tanto *locus* o "sitio de investigación" (Knorr-Cetina, 1996) que opera como un sistema cerrado; sino en el proceso relacional de la Unidad de I+D con su entorno social, productivo y CyT. De esta manera, analíticamente, los procesos interactivos socio-técnicos constituyeron las unidades contextuales donde se organizó social y cognitivamente el Centro NanoMat; es decir, donde se desplegaron las relaciones problema/solución y las dinámicas tecno-cognitivas y tecno-organizacionales que involucran a la Unidad de I+D.

El Centro NanoMat fue concebido desde su origen como un arreglo institucional para la producción y transferencia de conocimientos científicos y tecnológicos a partir de emular a modelos paradigmáticos de vinculación U-SP. Bajo el influjo de enfoques normativos y estructurales, con la creación del primer laboratorio o unidad especializada de investigación en nanotecnologías se buscó materializar en el ámbito nacional una institucionalidad capaz de promover la estrecha articulación de la Universidad con el mercado. Desde estos enfoques la articulación U-SP ha sido concebida como *locus* privilegiado para los procesos de producción de conocimientos científicos y tecnológicos, y como estratégica a la hora de promover el desarrollo en los países. Estas "formas institucionales isomórficas" fueron alentadas en la región bajo la "creencia universal en la utilidad de la ciencia y la tecnología para el desarrollo nacional" (Vessuri, 1995a, p. 6). Sin embargo, el presente estudio de caso da cuenta de cómo un modelo institucional

para la vinculación U-SP concebido e internalizado en su origen bajo el influjo de políticas de CTI normativas –fundamentadas, en esencia, en modelos lineales, secuenciales, de innovación– se caracterizó, en los hechos, por el despliegue de dinámicas interactivas diversas y complejas en las que intervinieron elementos heterogéneos, tanto tecnológicos como sociales, que se co-construyeron. El trabajo da cuenta de la existencia de procesos innovativos densos, no lineales.

El estudio expone cómo aun cuando los procesos de I+D se conciben en estrecha articulación con el mercado su viabilidad también se encuentra fuertemente asociada a la posibilidad de generar alianzas con otros espacios de investigación e instituciones públicas de promoción y financiación de la CTI. Estas alianzas se constituyen en condición necesaria para la resolución de los problemas y para el cumplimiento de los objetivos perseguidos, en la medida que el sector público constituye un actor central a la hora de dar factibilidad a dichos procesos.

El análisis de la trayectoria de la membrana colagénica para reposición dérmica permite afirmar que las interacciones que el Centro NanoMat entabló con su entorno se insertaron en un contexto estructuralmente caracterizado por: (a) la ausencia a nivel nacional de un sector privado dispuesto a asumir riesgos, (b) la restricción de fondos públicos para sostener procesos de I+D de largo aliento, y (c) un sistema científico y tecnológico de innovación que presentó restricciones relativas a la hora de articular infraestructura científico-tecnológica, estructura productiva y gobierno. En términos generales, los investigadores de NanoMat buscaron sortear estos déficits institucionales (nivel macro) a partir de esfuerzos individuales (nivel micro), de forma tangencial a la estructura Parque Científico y Tecnológico / Polo Tecnológico / Unidades de I+D especializada en nanotecnologías (nivel meso). La ausencia de estructuras capaces de dinamizar, de hecho, la captación de actores del sector privado para financiar fases críticas del proceso de desarrollo, así como para la potencial producción en serie, condujo a que estas actividades estuvieran centradas, fundamentalmente, en algunos investigadores de la Unidad de nanotecnología. Este hecho los posicionó en el rol de *investigadores gestores* o de *gestores académicos de investigación*. Ello devino en aprendizajes personales y colectivos que contribuyeron al desarrollo de competencias que posibilitaron dinamizar a lo largo del tiempo nuevos procesos interactivos NanoMat-Entorno. Sin embargo, como

contrapartida, estas actividades dispersaron a los investigadores de sus actividades centrales de I+D, generando costos de oportunidad académicos, tanto personales como colectivos.

El caso del encapsulado de liposomas de extracto de marcela permitió identificar la presencia de tensiones provocadas por la necesidad de generar prácticas de reconocimiento y legitimación propias del quehacer científico y por la necesidad de garantizar la rentabilidad de las inversiones al EP privado. En efecto, el sector privado se dispuso a acompañar y financiar procesos de I+D en la medida que estos se mantuvieran bajo la figura de secreto industrial; forma jurídica que permitió asegurar a la empresa los beneficios en el mercado de las innovaciones realizadas. Sin embargo, ello mismo restringió a los investigadores para poner en práctica procesos intrínsecos de legitimación de la actividad científico-académica: la difusión de los procesos y resultados de investigación en los que participaron activamente. La posibilidad de obtener fuentes de financiación a fin de dar sustentabilidad a los procesos de I+D se depositó, por excelencia, en la capacidad del propio grupo de investigación. Sin embargo, el contexto general en el que se inscribió esta práctica más que contribuir a la legitimidad académica de los investigadores parece haberla restringido: se presentó un dilema entre la necesidad de obtener financiación y la necesidad de legitimación para sostener la membresía en la UdelaR.

Analíticamente, fueron las dinámicas relacionales NanoMat-Entorno las que constituyeron la unidad de análisis para el estudio de los procesos y prácticas tecno-cognitivos –que, como se ha procurado mostrar, se relacionaron con la resolución de problemas concretos en las trayectorias de los artefactos–. En este sentido, el presente trabajo se aparta de un abordaje internalista y se aproxima a la noción de "arenas transepistémicas" propuesto por Knorr-Cetina. Para Knorr-Cetina (1996, p. 151) "no tiene sentido buscar una 'comunidad de especialidad' como el contexto relevante para la producción de conocimiento". Ello significa que son los "compromisos contextuales" ("compromisos transepistémicos") los que de alguna manera "afectan a, o son una parte intrínseca de, la producción de conocimiento tal cual se la ve en el laboratorio".

> Ahora es mi intención postular que los compromisos transepistémicos de los científicos son el lugar [*locus*] en el cual se definen, revisan y negocian las traducciones de la

> decisión (los criterios) invocados por las elecciones del laboratorio, en conexión con las negociaciones acerca de los recursos en juego en varias relaciones. (Knorr-Cetina, 1996, p. 156)

Las dinámicas NanoMat-Entorno se caracterizaron por vincular elementos científicos y no científicos. Es en las dinámicas interactivas donde fluye "el no límite entre lo no científico y lo científico y también entre lo micro y lo macro que se produce, o producen, las relaciones que se dan en las arenas transepistémicas" (Taborga, 2004, p. 7). En la interacción NanoMat-Entorno se definieron problemas y se negociaron soluciones y recursos que se tradujeron en productos artefactuales concretos. En este sentido, el Centro NanoMat no debe ser analizado como un sistema cerrado que recibe *inputs* o estímulos externos y que genera *outputs* en forma de respuestas o soluciones científico-tecnológicas.

Si bien, como se ha indicado, el Centro NanoMat se enunció y materializó en su origen bajo la determinación de una política de CyT que, de forma explícita, promovió procesos vinculativos U-SP y la producción de conocimientos orientada por la demanda potencial del EP, el estudio de caso ha permitido observar que en los hechos las dinámicas vinculativas NanoMat-Entorno no se reducen a dicha racionalidad. En cambio, los procesos vinculativos estuvieron direccionados por racionalidades diversas. En el plano de los actores, la racionalidad de los investigadores del Centro NanoMat no se limitó exclusivamente a una racionalidad científica-tecnológica, sino que intervinieron, integrándose a ella, otras racionalidades: socio-política y económica. Ellas orientaron las acciones de los investigadores a la hora de definir los problemas originarios que estimularon los procesos de I+D, así como aspectos prácticos a lo largo de las trayectorias de los artefactos. Esto debe entenderse bajo la idea de que la práctica tecno-científica constituye, en primer lugar, una actividad social y política.

Quizás este sea un aspecto clave a la hora de intentar comprender cómo una institución creada específicamente para la vinculación U-SP en el marco de la UdelaR no estuvo ajena a la búsqueda de una solución tecnológica adecuada a un problema social y sanitario de la realidad local, que afecta a los sectores socio-económicamente más vulnerados. ¿Podría afirmarse que el rol propositivo de los investigadores para introducir

en su agenda procesos de I+D orientados a contribuir a un problema de salud púbica se inscribe en una matriz ideológica propia del pensamiento latinoamericano, que desde larga data ubica a la Universidad Pública como un actor comprometido con su entorno social y político? Si se asume una respuesta afirmativa a esta interrogante entonces cabe preguntarse: ¿Cuál es el alcance efectivo de esta racionalidad cuando todo el proceso se subsume, en última instancia, a la lógica del mercado? Concretamente, ¿por qué pese a los esfuerzos de los investigadores del Centro NanoMat para alinear fondos económicos del EP privado fracasaron las alianzas para que la piel sintética alcanzara la fase de escalado? El estudio de caso muestra que cuando se trata de un desarrollo orientado a la inclusión social –como es el caso de la piel sintética– se presentan cuellos de botella a la hora de superar la fase de prototipo. Entonces, ¿cómo generar dinámicas de desarrollo tecno-productivo orientadas a generar respuestas viables a problemas sociales por parte de la UdelaR; en particular cuando se trata de tecnologías intensivas en conocimientos científico-tecnológicos y donde los usuarios-beneficiarios no se encuentran organizados? ¿Cuán factible es la concreción de este tipo de desarrollos en el marco de alianzas que se configuran, en última instancia, por la lógica del mercado? ¿Por qué el sector privado (firmas o inversores) encontrarían interés en un desarrollo, como la piel sintética, cuyo propósito principal es que sea comercializado a bajo costo –para garantizar su accesibilidad a los sectores más vulnerados–?

La pregunta sustantiva parece ser, por lo tanto, cómo compatibilizar el ideario del compromiso social y político de la Universidad Latinoamericana con una racionalidad que en los hechos obtura la posibilidad de efectivizarlo. Ello implica referir la adecuación/inadecuación de las innovaciones tecnológicas orientadas a la inclusión social a la racionalidad que, en última instancia, estructura todos los procesos: la lógica del mercado. De esta manera, las acciones –independientemente de las intenciones que las movilizan– siempre deben ser referidas al principio de realidad o racionalidad última que las estructuran. Como se ha visto, esta tensión se materializa tanto en el plano de los artefactos (la imposibilidad de dar respuesta tecnológica al problema social que motivó el desarrollo) como de los actores (la dificultad de los investigadores para sostener la legitimidad exigida por la academia frente a las dinámicas impuestas por el mercado).

8.3 Consideraciones finales

El presente estudio de caso abordó la relación U-E a partir de analizar estrategias, actores y procesos interactivos concretos. La investigación ha procurado contribuir a mostrar que, más allá de los aspectos normativos que los orienten, los procesos y las dinámicas relacionales U-E se inscriben en lógicas que merecen ser comprendidas en sí mismas en cada caso concreto. Por otro lado, se ha observado cómo la naturaleza contingente de los procesos interactivos que involucraron al Centro NanoMat se inscribió en elementos estructurales sobre los que se dinamizó esa contingencia.

Los desarrollos artefactuales estudiados no sólo fueron causa, sino que también fueron consecuencia de las dinámicas vinculativas NanoMat-Entorno. La inclusión de ambos desarrollos artefactuales en la agenda de I+D del Centro NanoMat no sólo promovió dinámicas interactivas, sino que, también, favoreció la generación de capacidades vinculativas interinstitucionales. Puede decirse que la confluencia de todos los aspectos devino en un estilo socio-técnico de interacción NanoMat-Entorno.

En términos generales, se torna necesario seguir profundizando sobre la forma en cómo se vinculan las Universidades con su entorno en América Latina, y el lugar que asume la producción de conocimiento científicos y tecnológicos en relación a estos procesos en casos concretos. Junto a ello sería relevante profundizar en algunos aspectos:

Primero. Analíticamente, se torna central demarcar, de forma estilizada, los distintos entornos con los que interactúa la Universidad a fin de aportar inteligibilidad al papel específico que estas instituciones tienen en los procesos de producción y uso social de los conocimientos generados.

Segundo. Si partimos de la idea de que en la región latinoamericana la producción de conocimientos científicos y tecnológicos se encuentra localizada fundamentalmente en la iniciativa del sector público, y en particular en las universidades públicas, entonces cabe preguntarse sobre la pertinencia de adoptar marcos interpretativos que han sido elaborados para dar cuenta de relaciones que responden a otros contextos institucionales e idiosincráticos, donde el sector privado ha mostrado un papel más activo que en la región.

Tercero. Los procesos de producción y uso social de conocimientos en el marco de las universidades latinoamericanas deben analizarse como acciones heterogéneas que responden a racionalidades diversas y actores e instituciones concretas. Sin olvidar que esas acciones se inscriben en rasgos más generales que son propios del contexto periférico, al tiempo que responden a las lógicas estructurales globales.

Cuarto. Si en la región latinoamericana el estímulo a fortalecer la relación U-SP se ha presentado, fundamentalmente, "como un factor de supervivencia más que un factor de enriquecimiento intelectual", motivada por la escasez de fondos y la erosión de la tradicional forma de legitimar la investigación (Sutz, 1997), ¿cómo impacta este proceso en la búsqueda de soluciones que se orientan a dar respuesta a los sectores históricamente más postergados? Y, ¿qué consecuencias tiene el repliegue de lo público, y en particular de la Universidad Pública, en relación a este fenómeno?

Quinto. Por último, si se asume que el enlazamiento de las universidades con su entorno implica siempre su permeabilidad, entonces, ¿qué consecuencias ha de tener para la Universidad Pública ser permeable a un escenario como el descrito?

BIBLIOGRAFÍA

Aguiar, D. Fressoli, M. y Thomas, H. (2007). Estilos socio-técnicos de producción de tecnologías conocimiento-intensivas: La conformación de una empresa de biotecnología en el campo de la salud humana en Argentina (1980-2006). *Cuestiones de Sociología* (4), 213-242. En Memoria Académica. http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.3686/pr.3686.pdf Consultado: 13/03/2018

Aguiar, D. (2011). *Análisis de procesos socio-técnicos de construcción de tecnologías intensivas en conocimiento en la Argentina. Un abordaje desde la sociología de la tecnología sobre una empresa de biotecnología en el sector salud. El caso Bio Sidus S. A. (1975-2005)* [Tesis del Programa de Doctorado en Ciencias Sociales, FLACSO, Argentina].

Albornoz, M. (2003). Reseña de "Re-Thinking Science. Knowledge and the Public in an Age of Uncertainty" de Helga Nowotny, Peter Scott y Michael Gibbons. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, (1) 1, 225-230.

Alonso, L. (2003). *La mirada cualitativa en Sociología*. Fundamentos.

Alzugaray, S., Mederos, L. y Sutz, J. (2011). La investigación científica contribuyendo a la inclusión social. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, (6) 17, 11-30.

Andréu, Jaime (2000) Las técnicas de Análisis de Contenido: Una revisión actualizada. Fundación Centro de Estudios Andaluces.

Agencia Nacional de Investigación e Innovación (2016). *Informe de Evaluación Alianzas para la Innovación y Redes Tecnológicas Sectoriales*. Documento de Trabajo N°10. Informe de Evaluación de Instrumentos, Unidad de Evaluación y Monitoreo, ANII, Montevideo.
https://www.anii.org.uy/upcms/files/listado-documentos/documentos/informe-de-evaluacion-alianzas-para-la-innovacion-y-redes-tecnologicas-sectoriales.pdf

Arbiza, F., Gilardi, C. y Rojas, R. (2009). *La logística como herramienta de crecimiento en pymes exportadoras de fitomedicamentos*. [Tesis de grado, Facultad de Ciencias Económicas y de Administración, UdelaR].
https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/159/1/M-CD3861.pdf

Barrero, G. (2014). *Contribución de la sociología a la investigación y evaluación de las nanotecnologías*. [Tesis de grado, Facultad de Ciencias Sociales, UdelaR]. Revista Iberoamericana de CTS. http://www.revistacts.net/tesisport/87-tesis/571-contribucion-de-la-sociologia-a-la-investigacion-y-evaluacion-de-las-nanotecnologias

Baptista, B. (2016). Revisión histórica de las políticas de ciencia, tecnología e innovación en Uruguay. *Documento de trabajo Nº46*, Programa de Historia Económica y Social, Facultad de Ciencias Sociales, UdelaR.

Basalla, G. (1967). The spread of western science. *Science*, (156) http://faculty.rmu.edu/~short/research/science-centers/references/Bassala-G-1967.pdf

Bases ANCAP-UdelaR (2014). Bases del llamado a proyectos de investigación y desarrollo en el marco de las Sextas Jornadas ANCAP-UdelaR, CSIC, UdelaR. http://www.csic.edu.uy/renderResource/index/resourceId/34120/siteId/3

Bases PIT-CNT–UdelaR (2013) Bases del llamado a proyectos de investigación y desarrollo en el marco de las Primeras Jornadas PIT-CNT–UdelaR 2013, CSIC, UdelaR. http://www.csic.edu.uy/renderResource/index/resourceId/28717/siteId/3

Beloso, J., Carbajal, M., Lado M., Trobo, M., y Vaz, M. (15-17 de setiembre, 2014). Uruguay, ¿un país innovador? El caso de la piel sintética. [Comunicación en congreso]. XIII Jornadas de Investigación de la Facultad de Ciencias Sociales, UdelaR, Montevideo.

Bianchi, C. y Cohanoff, C. (28-30 de mayo, 2008). La investigación como mecanismo para la vinculación Universidad-Sectores Productivos. Siete años del Programa de Vinculación con el Sector Productivo CSIC-UDELAR. [Comunicación en congreso]. VI Jornadas Latinoamericanas de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología (VI ESOCITE), Río de Janeiro, Brasil.
https://www.csic.edu.uy/sites/csic/files/congresos/la_diversidad_como_fortaleza_para_la_investigacion.pdf

Bijker, W. (1995). *Of Bicycles, Bakelites, and Bulbs. Toward a Theory of Sociotechnical Change*. Cambridge, Massachusetts, The MIT Press.

Brovetto, J. (1994). Formar para lo desconocido. Apuntes para la teoría y práctica para un modelo universitario en construcción. *Serie: Documentos de trabajo N°5*, UdelaR.

Bruun, H. y Hukkinen, J. (2008). Cruzan fronteras: un diálogo con tres formas de comprender el cambio tecnológico. En Thomas, H. y Buch, A. (Coord.), *Actos, actores y artefactos* (185-216). Editorial de la Universidad Nacional y Quilmes.

Banco de Seguros del Estado (2004). Crema de marcela. En *Almanaque del Banco de Seguros del Estado* (52-53). BSE de Uruguay.

Cabezas, S. (27 de octubre, 2010). Uruguay: Científicos crean piel sintética a partir de colágeno bovino. *Fayer Wayer*. https://www.fayerwayer.com/2010/08/uruguay-cientificos-crean-piel-sintetica-a-partir-de-colageno-bovino/

Callon, M. (1998). El proceso de construcción de la sociedad. El estudio de la tecnología como herramienta del análisis sociológico. En Doménech, M. y Tirado, F. (Eds.), *Sociología simétrica. Ensayos sobre ciencia, tecnología y sociedad* (143-170). Gedisa.

Callon, M. (2008). La dinámica de las redes tecno-económicas. En Thomas, H. y Buch, A. (Coords.), *Actos, actores y artefactos. Sociología de la Tecnología* (101-145) Editorial de la Universidad Nacional y Quilmes.

Canoura, C. y Prats, L. (2011). *La flor de la marcela*. Doble Clic Editoras.

Chiacone, A., Chimuris, R., y Garrido, L. (2010). Historia del desarrollo de las nanotecnologías en el Uruguay. En Chiacone, A. y Foladori, G. (Coords.), *Las nanotecnologías en Uruguay*. ReLANS y CSEAM, UdelaR.

Chiancone, A. (2013). Interpretaciones y desafíos locales de la investigación y desarrollo en nanotecnologías. En Chiancone, A. y Foladori, G. (Coords.), *Nanotecnologías en Uruguay*. Colección Interdisciplinarias 2012, Espacio Interdisciplinario, UdelaR.

Chiancone, A., Chimuris, R., y Garrido, L. (2013). Historia del desarrollo de las nanotecnologías en Uruguay. En Chiancone, A. y Foladori, G. (Coords.), *Las nanotecnologías en Uruguay*. Colección Interdisciplinarias 2012. Espacio Interdisciplinario, UdelaR.

Chiancone, A. y Foladori, G. (2013) Las nanotecnologías en Uruguay. En Chiancone, A. y Foladori, G. (Coords.), *Las nanotecnologías en Uruguay*. Colección Interdisciplinarias 2012. Espacio Interdisciplinario, UdelaR.

Cimoli, M., Dosi, G. (1994). De los paradigmas tecnológicos a los sistemas nacionales de producción e innovación. *Comercio Exterior*, (44) 8, 669-682.

Contreras, M. (23 de abril, 2010). Los caminos de la piel sintética. *Separata*, *Brecha*.

Convenio INNOVA-Uruguay (2007). Convenio de financiación entre la Comunidad Europea y la República Oriental del Uruguay, Convenio N° DCI-ALA/2007119040

Convenio UdelaR-UTE (2017). Convenio entre Universidad de la República y la Administración Nacional de Usinas y Transmisiones Eléctricas
http://www.universidad.edu.uy/renderResource/index/resourceId/46409/siteId/1
Consultado el 8 de julio de 2017

Cueto, M. (1989). *Excelencia científica en la periferia.* Grade.

Davies, P. (2004). Estudios en domesticación y cultivo de especies medicinales y aromáticas nativas. En Davies, P. (Ed.) Serie FPTA-INIA, Montevideo.
http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2810/1/15630041107070839.pdf

Cohanoff, C., Mederos, L., y Simón, L. (2014). La universidad vinculada y sus desafíos. En,Bianco M. y Sutz, J (Coords.), *Veinte años de políticas de investigación en la Universidad de la República: aciertos, dudas y aprendizajes.* Ediciones Trilce / CSIC, UdelaR.

Comisión Social Consultiva (2004). Mesa: Sector Farmacéutico. Propuesta: Escenarios posibles de desarrollo del sector farmacéutico de producción nacional. UdelaR.

http://www.funcex.org.br/material/redemercosul_bibliografia/biblioteca/ESTUDOS_URUGUAY/URY_14.pdf

Contreras, M. (23 de abril, 2010). Los caminos de la piel sintética. *Separata, Brecha*.

Comisión Sectorial de Investigación Científica (2008). Repartido Comisión Sectorial de Investigación Científica N° 27/08. Resoluciones adoptadas por la Comisión Sectorial de Investigación Científica en Sesión Ordinaria de 18 de setiembre de 2008. http://www.expe.edu.uy/expe/resoluci.nsf/7aad5bbd1e3580e00325731b005a4085/4001d7f7ec3fe2b6032574c900446232?OpenDocument

Comisión Sectorial de Investigación Científica (2013) Programa PIT-CNT–UdelaR. http://www.csic.edu.uy/renderPage/index/pageId/1102

Comisión Sectorial de Investigación Científica (2017) Programa de Vinculación Universidad-Sociedad y Producción. http://www.csic.edu.uy/renderPage/index/pageId/125#heading_480

Comisión Sectorial de Investigación Científica (s/f) Presentación, Integrantes CSIC y Comisiones Asesoras. http://www.csic.edu.uy/renderPage/index/pageId/400

Davyt, A. (2011). Apuntes para una historia de las instituciones rectoras en ciencia, tecnología e innovación en Uruguay: 50 años de cambios y permanencias. En *Fondo Bicentenario "José Pedro Barrán". Políticas científicas, tecnológicas y de innovación en el Uruguay contemporáneo (1911-2011).* ANII.

Davyt, A. (2012). Evolución de las concepciones de política de ciencia, tecnología e innovación y modelos institucionales en Uruguay. *Revista Gestão & Conexões*, (1) 1, 8-43.

Davyt, A. y Cabrera, C. (12-14 de noviembre, 2014). Vinculación Universidad-Sociedad y formaciones universitarias: una perspectiva histórica y una tesis actual. [Comunicación en congreso]. Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación, Buenos Aires.

Decreto N°544/009 (2009) Organización y Administración del Parque Científico y Tecnológico de Pando (PCTP). IMPO, Normativas y avisos legales de Uruguay. Disponible en: https://www.impo.com.uy/bases/decretos/544-2009

Decreto N°82/010 (2010) Aprobación del Plan Estratégico Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. IMPO, Normativas y avisos legales de Uruguay. https://www.impo.com.uy/bases/decretos/82-2010./

Dirección Nacional de Innovación, Ciencia y Tecnología (2012). Informe a la sociedad. Ciencia, Tecnología e Innovación en Uruguay en los últimos años. DICYT, MEC, Uruguay.

Dalla Rosa, A., y Izaguirre, P. (2010). Estructura, estrategia y resultados en la industria de perfumes, cosméticos y otros productos de tocador en los años 1998 a 2008 en Uruguay. Monografía. [Tesis de grado, Facultad de Ciencias Económicas y de Administración, UdelaR].

Decreto N°544/009 (2009). Organización y Administración del Parque Científico y Tecnológico de Pando (PCTP). IMPO, Normativas y avisos legales de Uruguay.

Echeverría, J. (2009). Interdisciplinariedad y convergencia tecnocientífica nano-bio-info-cogno. *Sociologias*, (11), 22-53.

El Observador (10 de octubre, 2011). Contraflor al resto. [Editorial] *El Observador, Montevideo*. https://www.elobservador.com.uy/nota/contraflor-al-resto-2011101011380

El País (30 marzo, 2019). Parque Científico y Tecnológico de Pando logró primera certificación de América Latina. [Editorial] *El País, Montevideo*. https://www.elpais.com.uy/vida-actual/parque-cientifico-tecnologico-pando-logro-primera-certificacion-america-latina.html

espectador.com (28 de agosto, 2007). Phyto Uruguay será la "marca país" para promover y exportar productos naturales. *espectador.com, Economía*. http://historico.espectador.com/economia/103058/phyto-uruguay-sera-la-marca-pais-para-promover-y-exportar-productos-naturales

Etzkowitz, H. y Webster, A. (1998). Entrepreneurial Science: the Second Academic Revolution. En Etzkowitz, H. y Webster (Eds.), A., *Capitalizing Knowledge.New Intersections of Industry and Academia.* State University of New York Press.

Etzkowitz, H. (2002). *La triple hélice: universidad, industria y gobierno Implicaciones para las políticas y la evaluación*. http://www.sivu.edu.mx/portal/noticias/2009/Vinculacion-Latriplehelice.pdf

Flick, U. (2007). *Introducción a la investigación cualitativa*. Morata.

FUNDAQUIM (s/f). *Fundación para el progreso de la Química*. [sitio web] http://www.fundaquim.org.uy/doku.php

Gabinete Productivo (2010) *Gabinete Productivo. Cadenas de Valor (II): bio y nanotecnología, avícola porcina, cítricos, textil-vestimenta*. Gabinete Productivo, Uruguay.

Gabinete Productivo (6 de agosto, 2012). *Proyecto conjunto academia-empresa*. [Institucional] Presentación realizada al inicio de la Ronda de Nano y Bio Negocios, organizada por los Consejos Sectoriales de Nanotecnología y Biotecnología, con apoyo de AUDEBIO. https://issuu.com/reduruguayencuentro/docs/audebio

Garrido, S., Lalouf, A., Thomas, H. (2011). Veleros y vapores, velocidad y engaño. Análisis socio-técnico de las transformaciones en la navegación marítima en el proceso de abolición del comercio atlántico de esclavos (siglo XIX). *Historia Critica*, (44), 32-54. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81122472003

Garrido, S., Lalouf, A., y Thomas, H. (19-22 de septiembre, 2007). *Navegación marítima, construcción naval y trata de esclavos entre los siglos XVIII y XIX. Análisis socio-técnico de un proceso de co-construcción de artefactos y sociedades*. [Comunicación en congreso]. XI Jornadas Interescuelas, Departamento de Historia. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Tucumán, San Miguel de Tucumán.

Garrido, S., Lalouf, A., y Moreira, A. (2014). Tecnologías para la inclusión social y dinámicas desarrollo sustentable. Análisis socio-técnico de experiencias de desarrollo local basadas en el aprovechamiento de energías renovables. *Astrolabio. Nueva Época*, (12). https://revistas.unc.edu.ar/index.php/astrolabio/article/view/7365

Garrido, S., Lalouf, A., y Santos, G. (25-28 de julio, 2016). *Energía eólica de alta potencia en Argentina. Análisis socio-técnico de su trayectoria (1990-2015).* [Comunicación en congreso]. XI Jornadas Latinoamericanas de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología - ESOCITE 2016, Curitiba.

Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H., Schwartzman, S., Scott, P. y Trow, M. (1997). *La nueva producción de conocimiento. La dinámica de la ciencia y la investigación en las sociedades contemporáneas*. Ediciones Pomares-Corredor S.A.

González de la Fe, T. (2009). El modelo de Triple Hélice de relaciones universidad, industria y gobierno: un análisis crítico. *Revista Arbor*, (185) 738, 739-755. https://arbor.revistas.csic.es/index.php/arbor/article/view/327

Glaser, B. y Strauss, A. (1967). *The discovery of grounded theory: strategies for qualitative research*. Aldine.

Herrera, A. (1973). La creación de la tecnología como expresión cultural. *Revista Nueva Sociedad*, (8-9).

Herrera, A. (2011). Los determinantes sociales de la política científica en América Latina. Política científica explícita y política científica implícita. En Sábato, J. (Comp.), *El pensamiento latinoamericano en la problemática ciencia-tecnología-desarrollo-dependencia* (151-170). Colección PLACTED-Ediciones Biblioteca Nacional.

Hughes, T. (1983). *Networks of Power: Electrification in Western Society, 1880-1930*. Johns Hopkins University Press.

Hughes, T. (2008). La evolución de los grandes sistemas tecnológicos. En Thomas, H. y Buch, A. (Coords.), *Actos, actores y artefactos. Sociología de la Tecnología* (101-145). Editorial de la Universidad Nacional y Quilmes.

Ibarra Colado, E. (2003). Capitalismo Académico y globalización: la universidad reinventada. *Educação & Sociedade*, (24), 84. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-73302003000300017

Infonegocios (13 de septiembre, 2011). Actenz "encapsula" la marcela y lanza su línea premium Platinum. [Editorial] *Infonegocios* https://infonegocios.biz/y-ademas/actenz-encapsula-la-marcela-y-lanza-su-linea-premium-platinum

Instituto Polo Tecnológico de Pando (s/f). Web del Instituto Tecnológico de Pando. http://www.polotecnologico.fq.edu.uy/es/

Knorr-Cetina, K. (1996). ¿Comunidades científicas o arenas transepistémicas de investigación? Una crítica de los modelos cuasi-económicos de la ciencia. REDES, 7(3), 129-160.

Kreimer, P. (2002). ¿De qué objeto hablamos? Crítica a los conceptos de "Triple Hélice" y "Nueva Producción de Conocimientos". *REDES*, (9) 18, 225-232.

Kreimer, P. (2000). *Ciencia y Periferia: una lectura sociológica. En Montserrat, M. (Comp.) La ciencia en la Argentina entre siglo. Textos, contextos e instituciones* (187-201) Ediciones Manantial.

Landoni, A. (24 de marzo de 2009). Uruguay podría producir piel sintética para injertos. [Progarma radial] *Producción Nacional*. Entrevista radial emitida el en 1410 AM LIBRE. http://www.produccionnacional.com.uy/uruguay-podria-producir-piel-sintetica-para-injertos-4/

LaRed21 (2004). *¿Quién inventó la crema de marcela?* [Editorial] LaRed21 https://www.lr21.com.uy/comunidad/156425-%C2%BFquien-invento-la-crema-de-marcela

Ley Presupuestal 17.296 Art. 307. https://www.impo.com.uy/bases/leyes/17296-2001/307

Ley 18.804. En https://www.impo.com.uy/bases/leyes/18084-2006/24

Leyersdorff, L. (2012). *The Triple Helix of University-Industry-Government Relations. University of Amsterdam*. Amsterdam School of Communication Research (ASCoR). http://core.ac.uk/download/pdf/11888706.pdf

Libisch, A., Mujica, A., Peralta, N., Reig, N. y Snoeck, M. (2015). El Centro de Extensionismo Industrial en Uruguay: una nueva modalidad de vinculación universidad-empresas. En Garrido, C. y García, D. (Coords.) *Colección Idea Latinoamericana Digital. Serie Relaciones Universidad-sectores productivos*, (1), Oficinas de Vinculación. Editorial Unión de Universidades de América Latina y el Caribe (UDUAL).

Llamas, C. (2006). Discurso oral y discurso escrito: una propuesta para enseñar sus peculiaridades lingüísticas en el aula de ELE. En Álvarez, A (Eds.), *La competencia pragmática y la enseñanza del español como lengua extranjera.* Actas del XVI Congreso Internacional de Asele (402-411), Universidad de Oviedo.

López Roldán, P. (1996). *La construcción de tipologías: metodología de análisis.* Departament de Sociologia, Universitat Autbnoma de Barcelona. https://papers.uab.cat/article/view/v48-lopez

Miniterio de Educación y Cultura (2012). *Informe a la sociedad: Ciencia, Tecnología e Innovación en Uruguay en los últimos años*. Dirección de Innovación, Ciencia y Tecnología, MEC de Uruguay.

Memoria UdelaR (2008). *Memorias del Rectorado*. UdelaR. http://www.universidad.edu.uy/renderResource/index/resourceId/13586/siteId/1

Mendizábal, N. (2006). Los componentes del diseño flexible en la investigación cualitativa. En Vasilachis de Gialdino, I. (Coord.), *Estrategias de investigación cualitativa* (65-105). Gedisa.

Mendoza, C. y Correa, B. (2013). *Nanotecnología y Nanoseguridad en Uruguay. Nanoevaluación y Propuesta de Plan de Nanoseguridad*. UNITAR - Proyecto Piloto de Nanoseguridad. Centro Coordinador del Convenio de Basilea, Centro Regional del Convenio de Estocolmo, para América Latina y el Caribe, Montevideo. http://ccbasilea-crestocolmo.org.uy/wp-content/uploads/2019/01/Nanotecnolog%C3%ADa_y_Nanoseguridad_en_Uruguay.pdf

Ministerio de Industria, Energía y Miiería (2016a). Nanotecnología en la industria. Investigación, desarrollo y aplicación. Capítulo Salud (13-14). [Institucional] Ministerio de Industria Energía y Minería, Presidencia de la República de Uruguay. http://www.miem.gub.uy/documents/6799828/0/Nanotecnolog%C3%ADa%20Salud%20Uruguay.pdf

Ministerio de Industria, Energía y Minería (2016 b) Noticias Institucionales. http://www.miem.gub.uy/-/consejo-sectorial-de-nanotecnologia-publica-tres-documentos-para-promover-y-difundir-emprendimientos-del-sector

Miller, G. y Senjen, R. (2008). Del laboratorio a la cadena alimenticia: las nanotecnologías en los alimentos y la agricultura. En Foladori, G. e Invernizzi, N. (Coords.), *Nanotecnologías en la Alimentación y Agricultura* (25-79). UdelaR.

Mombrú, Á. (2010). Nanotecnología y Uruguay. En Chiacone, A. y Foladori, G. (Coords.), *Las nanotecnologías en Uruguay* (9-16). ReLANS y CSEAM, UdelaR.

Mombrú, Á. (2013) Nanotecnología y Uruguay. En Chiancone, A. y Foladori, G. (Coords.), *Nanotecnologías en Uruguay* (17-25). Colección Interdisciplinarias 2012, Espacio Interdisciplinario, UdelaR.

Pardo, H. (2010). Nanomateriales con potenciales aplicaciones tecnológicas desarrollados en el Centro NanoMat, Polo Tecnológico de Pando, Facultad de Química. En Chiancone, A. y Foladori, G. (Coords) *Las Nanotecnologías en Uruguay* (37-38) Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad (ReLANS). CSEAM, UdelaR.

Pardo, H., Ricardo F., Mariano R., Ignacio L., Luciana F., Magdalena I., Selva C., Alejandra S. y Álvaro M. (2011). Obtención de piel artificial de bajo costo. *Revista Uruguay Ciencia* (13), 20-22.
http://www.uruguay-ciencia.com/articulos/UC13/Piel%20artificial%20UC%2013.pdf

Pardo, H. (2012). Nanomateriales con potenciales aplicaciones tecnológicas desarrollados en el Centro NanoMat, Polo Tecnológico de Pando, Facultad de Química. En Chiancone, A. y Foladori, G. (Coordes), *Las nanotecnologías en Uruguay* (43-52). Espacio Interdisciplinario, UdelaR.

Pardo, H. (2017) *Líneas de investigación desarrolladas en Centro NanoMat.* [Presentación]. Instituto Polo Tecnológico de Pando, Facultad de Química, UdelaR.

Parque Científico Tecnológico de Pando (s/f a). *El Parque* [Institucional].
http://www.pctp.org.uy/es/acerca-de-pctp

Parque Científico Tecnológico de Pando (s/f b). *Áreas I+D+i* [Institucional].
http://www.pctp.org.uy/es/areas-i-d-i/7/bioanalitica

Parque Científico Tecnológico de Pando (s/f c). *Quiénes somos* [Institucional].
http://www.pctp.org.uy/es/quienes-somos

PENCTI (2010). *Plan Estratégico Nacional en Ciencia, Tecnología e Innovación*. Gabinete Ministerial de la Innovación de Uruguay.

Picabea, F. y Lalouf, A. (2013). *General, si usted me permite, yo le voy a fabricar automóviles en el país. Un nuevo abordaje sobre la producción automotriz en la Argentina (1946-1952).* Apuntes de investigación del CECyP (21), 49-74. Instituto de Investigaciones Gino Germani. Grupo de Estudios en Cultura, Economía y Política.

Picabea, F. y Garrido, S. (2015). Universidad y Sociedad. Del modelo lineal a la innovación para el desarrollo inclusivo y sustentable. En CLACSO (Eds.), *Universidad pública y desarrollo: innovación, inclusión y democratización del conocimiento* (62-77). IEC-CONADU.

Piñuel, J. (2002). *Epistemología, metodología y técnicas de análisis de contenido*. Universidad Complutense de Madrid. http://web.jet.es/pinuel.raigada/A.Contenido.pdf

PLEDUR 2000-2004 (2001) *Plan Estratégico de la Universidad de la República 2000-2004* (segunda edición). Rectorado, UdelaR.
http://www.universidad.edu.uy/renderResource/index/resourceId/765/siteId/1

PLEDUR 2005-2009 (2005) *Plan Estratégico de la Universidad de la República 2005-2009*. Rectorado, UdelaR.
http://www.universidad.edu.uy/renderResource/index/resourceId/845/siteId/1

Poole, C. y Owens, F. (2007). *Introducción a la nanotecnología*. Editorial Reverté.

Portal UdelaR (2010). *Científicos crean piel sintética para tratamiento de quemados*.
http://www.universidad.edu.uy/prensa/renderItem/itemId/26261

Portal UdelaR (2013a). *Polo Tecnológico de Pando: Encuentro seguro entre el sector productivo y la Universidad*.
http://www.universidad.edu.uy/prensa/renderItem/itemId/34240/refererPageId/12

Portal UdelaR (2013b). La diversidad del Polo Tecnológico de Pando. Pasen y vean.
http://www.universidad.edu.uy/prensa/renderItem/itemId/34241/refererPageId/12

Portal UdelaR (2014). *Parque Científico y Tecnológico de Pando se proyecta hacia el próximo quinquenio*. http://www.universidad.edu.uy/prensa/renderItem/itemId/36221

Presidencia (2008). *Gobierno-UDELAR. La investigación especializada en nanotecnología al servicio del país productivo*.
http://www.presidencia.gub.uy/_Web/noticias/2008/04/2008042212.htm

Presidencia (2012a). *Soluciones conjuntas ANP y UdelaR promueven jornada de investigación e innovación.* [Institucional] Presidencia de Uruguay. https://www.presidencia.gub.uy/comunicacion/comunicacionnoticias/anp-y-udelar-promueven-jornada-de-investigacion-e-innovacion

Presidencia (2012b). *Nano y Bionegocios. Empresarios y académicos buscan tecnologías que mejoren calidad de los productos*. http://presidencia.gub.uy/comunicacion/comunicacionnoticias/ronda-bio-nano-tecnologias

Programa ANCAP-UdelaR (2014). [Institucional] CSIC.
http://www.csic.edu.uy/renderPage/index/pageId/138

Programa ANP-UdelaR (2014). [Institucional] CSIC.
http://www.csic.edu.uy/renderPage/index/pageId/1001

Psetizki, V. (31 de agosto, 2010). Uruguay: crean piel artificial a bajo costo. *BBC Mundo*.
https://www.bbc.com/mundo/ciencia_tecnologia/2010/08/100830_uruguay_piel_sintetica_pea

Retamozo, M. (2012). Constructivismo: Epistemología y Metodología en las ciencias sociales. En Garza, T. y Leyva G. (Coords), *Tratado de metodología de las ciencias sociales: Perspectivas actuales* (325-351). Fondo de Cultura Económica.

Rodríguez, D. y Valldeoriola, J. (2009). *Metodología de la investigación*. Universitat Oberta de Catalunya.

Rodríguez, G., Gil, J. y García, E. (1999). *Metodología de la investigación cualitativa*. Aljibe

Rubianes, E. (2009). Hacia una política de estado en investigación e innovación. En Elissalde, R. (Comp.), *Gozos y sombras del gobierno progresista*, Editorial Dedos.

Rubianes, E. (2014). Políticas públicas y reformas institucionales en el sistema de innovación de Uruguay. En Rivas, G. y Rovira, S. (Eds.), *Nuevas instituciones para la innovación. Prácticas y experiencias en América Latina*. CEPAL.

Sábato, J. y N. Botana (1968). La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina. *Revista de la Integración*, (1) 3, 15-36.

Sábato, Jorge (2004). *Ensayos en campera.* Editorial de la Universidad Nacional de Quilmes.

Santos, G. y Thomas, H. (2012). Inoculaciones, procesiones religiosas y cuarentenas. Configuración socio-técnica de las viruelas en América Latina: Funcionamiento y circulación de saberes entre Europa, África y América en el siglo XVIII. *REDES*, (18) 34, 113-142.

Shinn, T. (2000). Formes de division du travail scientifique et convergence intellectuelle. La recherche technico–instrumentale. *Revue française de sociologie*. XVl Colloque International de la AISLF, Québec.

Shinn, T. (2002). La Triple Hélice y la Nueva Producción del Conocimiento enfocadas como campos socio-cognitivos. *REDES*, (9) 18, 191-211.

Slaughter, S. y Larry, L. (1997). *Academic Capitalism: Politics, Policies, & the Entrepreneurial University*. The Johns Hopkins University Press.

Slaughter, S. y Gary R. (2004). *Academic Capitalism and the New Economy. Markets, State, and Higher Education.* The Johns Hopkins University Press.

Snoeck, M., Hernández, M. y Andrea W. (2012). Capacidades, necesidades y oportunidades de la industria manufacturera en tecnología e innovación –sectores alimentario, metalúrgico y plástico–. *Informe final de proyecto Vol. 2.* Dirección Nacional de Industria del MIEM / UdelaR / CIU. http://www.ciu.com.uy/Diie/contenidos/pdf/informe_final_completo.pdf

Sutz, J. (1997). The New Role of the University in the Productive Sector, en Etzkowitz, H. y Leydesdorff, L. (Eds.), *Universities and the Global Knowledge Economy. A Triple Helix of University-Industry-Government Relations*. Londres y Washington, Pinter.

Sutz, J. (2002). Comentarios a las reflexiones de Terry Shinn: La Triple Hélice y la Nueva Producción del Conocimiento enfocadas como campos socio cognitivos. *REDES*, (9) 18, 213-223.

Tabares, J. y Correa, S. (2014). Tecnología y sociedad: una aproximación a los estudios sociales de la tecnología. *Revista Iberoamericana CTS*, (9) 26, 129-144.

Thomas, H. y Gianella, C. (2006). Trayectorias de aprendizaje y dinámicas de resolución de problemas en instituciones latinoamericanas de generación y transferencia de conocimientos científicos y tecnológicos. Análisis de una experiencia de desarrollo de un polo tecnológico (PTC-Argentina). *Espacios*, (27) 2, 5-34.

Thomas, H. (2008). Estructuras cerradas vs. procesos dinámicos: Trayectorias y estilos de innovación y cambio tecnológico. En Thomas, H. y Buch, A. (Coords.), *Actos, actores y artefactos. Sociología de la Tecnología* (212-262). Editorial de la UNQ.

Thomas, H., Fressoli, M., y Lalouf, A. (2008). Presentación. Estudios sociales de la tecnología: ¿hay vida después del constructivismo? *REDES*, (14) 27, 59-76.

Thomas, H. (2012). Tecnologías para la inclusión social en América Latina: de las tecnologías apropiadas a los sistemas tecnológicos sociales. Problemas conceptuales y soluciones estratégicas. En Santos, G. y Fressoli, M. (Eds.). Tecnología, desarrollo y democracia. Nueve estudios sobre dinámicas socio-técnicas de exclusión/inclusión social (pp. 65-86). MINCyT de Argentina. https://revistas.unc.edu.ar/index.php/astrolabio/article/view/7365

Taborga, A. M. (8-10 de diciembre, 2004). *Producción de Conocimiento Científico en la periferia. Consideraciones acerca del carácter explicativo del concepto 'Arenas transepistémicas de investigación' en contextos periféricos*. [Comunicación en congreso]. IV Coloquio Internacional sobre Gestão Universitária na América do Sul, Florianoplis. https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/35588/Ana%20Mar%c3%ada%20Taborga%20-%20Producci%c3%b3n%20de%20conocimiento.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Taborga, A. M. (8-10 de diciembre, 2005). *Producción de conocimientos: un abordaje posible*. [Comunicación en congreso]. V Coloquio Internacional sobre Gestão Universitária na América do Sul. Eje: La gestión del conocimiento y las instituciones de educación superior, Mar del Plata. https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/96888/TABORGA%201%20-%20VCOLOQUIO%20GESTI%c3%93N%20UNIVERSITARIA%20TABORGA.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Universidad de la República (1998). *Breve Historia de la Universidad de la República*. Colección del Rectorado. UdelaR.

Universidad de la República (2006). Jornadas Oscar Maggiolo "Conocimiento y Cadenas Productivas". *Documento de Trabajo del Rectorado N° 29*. http://www.universidad.edu.uy/libros/opac_css/doc_num.php?explnum_id=327

Uruguay XXI (2014). *Industria farmacéutica. Oportunidades de inversión extranjera en Uruguay*.
http://www.uruguayxxi.gub.uy/inversiones/wp-content/uploads/sites/3/2014/09/Industria-farmaceutica.pdf

Varsavsky, O. (1994). Ciencia, política y cientificismo. *Colección Los fundamentos de la Ciencias del Hombre N° 50*. Centro Editorial de América Latina.

Vercelli, A. y Thomas, H. (2007). La co-construcción de tecnologías y regulaciones: análisis socio-técnico de un artefacto anti-copia de Sony- BMG. *Espacios*, (28) 3, 23-25.

Vessuri, H. (1994). La ciencia académica en América Latina en el siglo XX. *REDES*, (1) 2, 41-76.

Vessuri, H. (1995a). La Academia "va al mercado". Un enfoque sociológico de las relaciones de los investigadores académicos con el mundo productivo. En Vessuri, H. (Comp.), *La Academia va al mercado. Relaciones de científicos académicos con clientes externos*, Fondo Editorial FINTEC.

Vessuri, H. (1995b). Special Focus: The Latin-American University and R&D. *Industry & Higher Education*, (9) 6, 365-369.

Viscofan (31 de diciembre, 2020). *Informe Anual. Viscofan S.A. y sociedades dependientes*.
https://public.viscofan.com/investor-relations/financialinformation/en/03_CCAA%20consolidadas%20completas_Spanish%20version.pdf

Ziman, J. (2000). *Real Science. What it is, and what it means*. Cambridge University Press.

ANEXO

Entrevistas

Nombre	Rol	Fecha de entrevista	Modalidad
Helena Pardo	Docente investigadora. Co-responsable del Centro NanoMat. Desde el año 2017 directora alterna del Instituto Polo Tecnológico de Pando.	17/09/2020	Virtual (Zoom) Duración: 45 minutos
		09/06/2021	Ampliación escrita
		21/07/2021	Ampliación escrita
Luciana Pereira Mora	Investigadora del Centro NanoMat	28/09/2020	Virtual (Zoom) Duración: 50 minutos
		14/06/2021	Ampliación escrita
Horacio Heinzen	Docente investigador. Responsable de la Cátedra de Farmacognosia y Productos Naturales, de la Facultad de Química, UdelaR.	02/06/2021	Virtual (Zoom) Duración: 32 minutos
Jorge Ferrari	Director y propietario de la firma Grinlab (Onacril SA)	08/07/2021	Escrita

Tabla 7. Entrevistados, rol que ocupa en relación a los desarrollos, fecha de entrevista y modalidad.