

**Evolución de la I+D en una gran empresa argentina (ALUAR 1974-2007):  
de la construcción de conocimientos y capacidades innovativas  
a la vigilancia tecnológica y el control de calidad \***

**Evolução da P&D em uma grande empresa argentina (ALUAR 1974-2007):  
da construção de conhecimento e capacidades inovadoras  
à vigilância tecnológica e controle de qualidade**

***Evolution of R&D in a Large Argentine Company (ALUAR 1974-2007):  
From the Construction of Knowledge and Innovative Capabilities  
to Technological Surveillance and Quality Control***

**María Noelia Corvalán Carro y Andrés Niembro \*\***

El artículo analiza las estrategias tecno-productivas y de investigación y desarrollo (I+D) de ALUAR entre 1974 y 2007, a la luz de la economía evolucionista del cambio técnico y del enfoque de las interacciones micro-macro. De esta forma, contribuye a comprender la evolución de las capacidades tecnológicas de grandes empresas locales en un país periférico y de alta inestabilidad político-económica como la Argentina. El vínculo entre la micro y la macro permite explicar algunas respuestas defensivas en contextos de crisis y, en otros, el aprovechamiento de oportunidades o el despliegue de acciones ofensivas, como el aumento de la capacidad productiva, la integración vertical o el desarrollo de nuevos productos, mercados y mejoras de proceso. En paralelo, se evidencia una evolución de las estrategias tecnológicas (y de la estructura de I+D), desde la generación de conocimientos y capacidades endógenas para una industria naciente en Argentina, hasta la vigilancia tecnológica y la asistencia para la certificación y control de calidad en etapas posteriores. ALUAR es un reflejo además de los *claroscuros* de las políticas productivas en Argentina, donde conviven el Estado como promotor de unos pocos sectores y firmas *de élite* con la desarticulación y regresividad industrial del período analizado.

**Palabras clave:** creación de capacidades; procesos de aprendizaje e innovación; trayectoria tecnológica; interacciones micro-macro; grandes empresas locales

Este artigo analisa as estratégias tecno-produtivas e de pesquisa e desenvolvimento (P&D) da ALUAR entre 1974 e 2007, à luz da economia evolutiva e da mudança técnica e da abordagem das interações micro-macro. Desta forma, contribui para compreender a evolução das capacidades tecnológicas das grandes empresas locais num país periférico e com elevada instabilidade político-económica, como Argentina. A ligação entre micro e macro permite-nos explicar algumas respostas defensivas em contextos de crise e, noutros, a aproveitamento de oportunidades ou a implementação de acções ofensivas, tais como o aumento da capacidade produtiva, a integração vertical ou o desenvolvimento de novos produtos, mercados e melhorias de processos. Em paralelo, é evidente uma evolução das estratégias tecnológicas (e da estrutura de P&D), desde a geração de conhecimentos e capacidades endógenas para uma indústria nascente na Argentina, até à vigilância tecnológica e assistência para a certificação e controlo

---

\* Recepción del artículo: 20/02/2021. Entrega de la evaluación final: 04/06/2021.

\*\* *María Noelia Corvalán Carro*: profesora e investigadora de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Chubut, Argentina. Correo electrónico: mnoelia.corvalan@gmail.com. *Andrés Niembro*: profesor e investigador de la Universidad Nacional de Río Negro, Argentina. Correo electrónico: aniembro@unrn.edu.ar.

de qualidade em fases posteriores. ALUAR é também um reflexo do chiaroscuro das políticas produtivas na Argentina, onde o Estado como promotor de alguns sectores e empresas de elite coexiste com a desarticulação industrial e a regressividade do período em análise.

**Palavras-chave:** desenvolvimento de capacidades; processos de aprendizagem e inovação; trajectória tecnológica; interacções micromacro; grandes empresas locais

*This article analyzes ALUAR's techno-productive and research and development (R&D) strategies between 1974 and 2007, from the perspective of the evolutionary economics of technical change and the approach of micro-macro interactions. In this way, it contributes to understanding the evolution of technological capabilities in large local companies of a peripheral country with high political-economic instability such as Argentina. Micro-macro interactions allow explaining some defensive responses in contexts of crisis and, in others, the exploitation of opportunities or the deployment of offensive actions, such as the increase of productive capacity, vertical integration or the development of new products, markets and improved processes. At the same time, there is evidence of an evolution of technological strategies (and of the R&D structure), from the generation of endogenous knowledge and capabilities for a nascent industry in Argentina, to technological surveillance and assistance for certification and quality control in later stages. ALUAR is also a reflection of the chiaroscuros of productive policies in Argentina, where the State as a promoter of a few sectors and elite firms coexists with the industrial disarticulation and regression of the period analyzed.*

**Keywords:** capability building; learning and innovation processes; technological trajectory; micro-macro interactions; large local companies

## Introducción

La industria del aluminio primario, al igual que otras proveedoras de insumos, se originó al amparo de regímenes promocionales de la segunda fase del proceso argentino de industrialización por sustitución de importaciones (ISI). La génesis de esta industria debe entenderse en el marco de la estrategia nacional de desarrollo productivo y tecnológico orientada al autoabastecimiento de manufacturas, y particularmente de la autosuficiencia de este material estratégico para el complejo militar-industrial-estatal (Harriague *et al.*, 2007; Rougier, 2011). Los debates preliminares en Argentina acerca del desarrollo del sector del aluminio se registraron en los primeros gobiernos de Perón (1946-1955), pero a partir de allí fueron diversos los intentos de provisión local que sistemáticamente fallaron (De Alto, 2013).

A pesar de las conclusiones a veces encontradas respecto a los resultados de la ISI (Bisang, 1994; Katz, 1998; Kosacoff, 1993; López, 2002; Nochteff, 1994), en lo que respecta a la industria del aluminio, varios autores sostienen que el modelo sustitutivo posibilitó evolucionar desde lo más sencillo -en términos tecnológicos y con menores requerimientos de capital- hacia las fases más complejas (Bisang, 1994; Rougier, 2011). Sin embargo, el desarrollo nacional de este sector enfrentaba la ausencia del eslabón de producción de aluminio primario en el país. Esta era una limitante de compleja resolución por tratarse de una industria de rendimientos decrecientes y que demandaba grandes escalas de producción.

En los intentos por expandir la cadena hacia el eslabón primario, bajo el gobierno militar de Levingston y a pesar de los cuestionamientos de diferentes sectores involucrados, se contrata directamente a ALUAR, empresa constituida en 1970 para un concurso público (finalmente declarado desierto) bajo una estrategia de diversificación de FATE. Sin embargo, las condiciones cambian al momento de realizar la contratación directa de ALUAR. A partir de 1976, la ISI y el modelo desarrollista son desplazados por el modelo financiero y de ajuste estructural (Schorr, 2011), cambiando profundamente las orientaciones macroeconómicas y de la actividad industrial (Kosacoff, 2009). Durante la puesta en marcha del proyecto, la realidad resultó ser muy distante de lo planificado, impulsando a la firma a implementar prácticas empresariales innovadoras para reducir el *gap* tecno-productivo con la frontera técnica internacional, y a redefinir su perfil hacia uno de corte fuertemente exportador (Bisang, 1994; Rougier, 2011).

En este marco de cambiantes condiciones macro y meso-económicas, el estudio del caso ALUAR, y en particular de las actividades de (la gerencia de) investigación y desarrollo (I+D), contribuye al análisis de la trayectoria tecno-productiva y la evolución de las estrategias de construcción de capacidades de una firma perteneciente a la élite industrial argentina. En otros términos, el artículo persigue el objetivo de comprender las estrategias tecno-productivas y de I+D de ALUAR, en cada una de las etapas que atraviesa entre 1974 y 2007, a la luz de la economía evolucionista del cambio técnico y del enfoque de las interacciones micro-macro.<sup>1</sup> Desde el plano teórico-metodológico, la aplicación de una mirada evolutiva acerca de las estrategias y decisiones empresariales (micro), en función de los incentivos, señales o condicionantes político-económicos (macro-meso) de cada período, representa una perspectiva analítica que puede extrapolarse a otros casos de estudio.

---

<sup>1</sup> El período considerado se corresponde con el inicio de ALUAR en 1974 y finaliza con la puesta en marcha en el 2007 de la ampliación de 238 cubas que constituyen la Serie D, última inversión tecnológica de gran envergadura, previa al inicio de operaciones del Parque Eólico ALUAR en febrero de 2019.

Luego de esta introducción, en la sección 1 se presentan los antecedentes del trabajo y se desarrolla el marco teórico-metodológico del artículo. Desde la sección 2 a la 5, el análisis del caso de estudio se estructura por períodos (1974-1982; 1983-1989; 1990-2002; 2003-2007), definidos en función de grandes cambios (y virajes) político-económicos en Argentina. Cada una de estas secciones avanza desde una breve descripción de los aspectos más generales de las políticas macroeconómicas y sectoriales de la época hacia las estrategias tecno-productivas y de construcción de capacidades de I+D adoptadas en ALUAR. La última sección presenta las conclusiones y reflexiones finales del caso.

## 1. Antecedentes y marco teórico-analítico

Diferentes estudios han abordado las estrategias de ALUAR, por lo que constituyen un punto de referencia, aunque sus enfoques o alcances temporales son diferentes a los de este artículo. Por ejemplo, Bisang (1994) analiza la construcción de la conducta tecnológica de la firma desde su etapa de inversión en 1972, previa a la puesta en marcha del proyecto, hasta 1993. Rougier (2011), en tanto, describe las capacidades empresariales de la firma que le permitieron crecer, consolidar niveles de competitividad internacional y adaptarse a los cambios políticos y económicos del contexto. Además, enfatiza el rol del Estado y las políticas e instrumentos que facilitaron la puesta en marcha de ALUAR y el acompañamiento en etapas subsiguientes. También merece señalarse, por su vinculación con la historia de ALUAR, la obra de De Alto (2013), que narra la apuesta de Manuel Madanes en avanzar con la División Electrónica de FATE en la década del 70.

A diferencia de estos estudios previos, para analizar la evolución del comportamiento tecno-productivo de ALUAR se tomarán elementos del enfoque de la economía del cambio tecnológico o economía evolucionista (EE), complementados con la noción de interacciones micro-macro. Esto permite comprender hasta dónde la dinámica de las variables macroeconómicas, las políticas económicas y los instrumentos promocionales, influyen (o no) sobre las decisiones empresariales (Katz y Bernat, 2013), especialmente las estrategias tecno-productivas.

En este sentido, las conceptualizaciones de la EE neoschumpeteriana resultan útiles para analizar la dinámica de creación de capacidades y del cambio tecnológico en la firma, dando relevancia al marco institucional en el que se encuadra la toma de decisiones (Bruun y Hukkinen, 2003). Nelson y Winter (1974), diferenciándose de la racionalidad de la economía clásica, argumentan que las decisiones de las organizaciones se definen en un marco de imperfección de la información y con una capacidad limitada para su procesamiento. Por ello, tienden a utilizarse los conocimientos y habilidades adquiridas en la firma, que en muchas ocasiones suelen ser tácitos y difíciles de codificar. Para la EE el aprendizaje y la acumulación de conocimientos son aspectos claves en la generación de capacidades innovativas (Arrow, 1962; Lundvall, 1985; Rosenberg, 1982). Los procesos de aprendizaje, cualquiera sea su tipo (*by doing, by using, by interacting*, y los desarrollados posteriormente), son acumulativos y las empresas que hayan creado un entorno adecuado para el aprendizaje poseen mayores capacidades para adaptarse a períodos de transición o cambio. Este carácter acumulativo del conocimiento y las capacidades en cada sendero (evolutivo) de aprendizaje tecnológico tiende a revalorizar el papel de las innovaciones incrementales, a partir de la introducción de mejoras concatenadas a lo largo del tiempo (a diferencia del énfasis de Schumpeter en las innovaciones radicales o disruptivas asociadas a la idea de *destrucción creativa*).

Por su parte, Dosi (1982) aporta el concepto de paradigma tecnológico, en referencia al patrón de búsqueda de soluciones alternativas a problemas tecnológicos. A su vez, los paradigmas dan a los nuevos desarrollos una trayectoria tecnológica específica, que fuera de ese marco podría haber sido diferente. Hughes (1983) analiza la dinámica tecnológica en términos de sistemas tecnológicos, los cuales pueden definirse por su objeto de resolución de problemas o por sus componentes orientados en términos de problema-solución. Freeman y Pérez (1988) relacionan los paradigmas tecnológicos con los sistemas tecnológicos y afirman que los primeros se van conformando en un proceso por el cual las innovaciones son interdependientes y se asocian en sistemas tecnológicos. Freeman (1987), Lundvall (1992) y Nelson (1993) acuñan el concepto de sistema nacional de innovación, el cual revaloriza la influencia que tienen las instituciones y estructuras económicas sobre la dirección del cambio tecnológico.

Respecto a las interacciones entre la micro y macroeconomía, Fanelli y Frenkel (1995) entienden que el enfoque tradicional de corto plazo, que considera a los desequilibrios macroeconómicos como temporales, resulta inapropiado para comprender la realidad de las economías latinoamericanas, las cuales se caracterizan por una elevada y sostenida volatilidad. Una característica que pueden presentar las economías de mayor inestabilidad es la preferencia de los agentes por la flexibilidad, lo cual afecta el tipo y la cantidad de la inversión y, por ende, la capacidad de innovación. Por otra parte, Peirano y Porta (2005) señalan que la relación entre la micro y la macro es asimétrica, en el sentido que la macro puede condicionar a la micro más que lo que esta última puede estructurar a la primera. Esto se evidencia en Argentina, donde la dimensión microeconómica agrupa un conglomerado de empresas y sectores insuficientemente compacto como para transformarse en un factor estructurante de una macro consistente con un crecimiento sostenido.

A la luz de los enfoques anteriores, se realizó una revisión de fuentes secundarias, tanto de la bibliografía disponible, como de informes, memorias de balances y publicaciones de ALUAR que reflejan las estrategias y programas de innovaciones y mejoras. A su vez, se analizaron documentos oficiales contemporáneos a la radicación de la firma y etapas posteriores, como leyes, decretos y ordenanzas. Por otra parte, se generó información primaria a partir de la realización de diez entrevistas en profundidad (entre 2015 y 2018) a gerentes y jefes de la empresa, investigadores que estuvieron involucrados con la firma desde las fases iniciales y representantes de empresas del sector metalmeccánico y del Grupo ALUAR, las cuales han evolucionado en estrecha vinculación con la industria del aluminio.

## **2. Construcción de conocimientos en producción de aluminio en el cambiante escenario de la puesta en marcha (1974-1982)**

A mediados de la década del 70, Argentina entra en una etapa política y económica que cuestiona al régimen de la ISI y posibilita la irrupción del modelo financiero y de ajuste estructural (Azpiazu y Schorr, 2010). La política económica iniciada en 1976 cambió profundamente las orientaciones con las que se venían desarrollando las actividades industriales, dando paso a un proceso de desarticulación productiva y regresividad industrial (Kosacoff, 1994). Esta desarticulación fue el resultado de una política que combinó la liberalización de mercados y la apertura externa con regímenes de promoción industrial, pero para pocos sectores.

En este marco, en algunas ramas industriales (como productos químicos y metales básicos) maduraron grandes proyectos de inversión, impulsados al amparo de regímenes promocionales del decenio anterior, siendo ALUAR uno de los ejemplos. El financiamiento de dichos proyectos de inversión en sectores básicos de capitales nacionales, con economías de escala y capacidad exportadora, fueron privilegiados por la política desarrollista vigente entre 1964 y 1974 (Rougier, 2011). La puesta en marcha de estos grandes proyectos, bajo condiciones favorables acordadas con el Estado Nacional, fue una de las patas del heterogéneo comportamiento de la industria en la década posterior, que combinó involución industrial en empresas de menor tamaño y posición de privilegio para un conjunto reducido de grupos económicos mayormente nacionales (Kosacoff, 1993).

El tratamiento desigual que la política industrial de mediados de los 70 dio a los diversos sectores fue lo que le permitió a ALUAR la puesta en marcha de su planta en 1974 y el funcionamiento durante los primeros años, a pesar de no haber obtenido el resultado económico proyectado en la planificación. La firma integraba el Grupo FATE, uno de los grupos económicos tradicionales de capital nacional y que tuvo un trato de privilegio en la política industrial de la época. ALUAR contaba con un contrato que eliminaba prácticamente el riesgo empresarial, debido a la aplicación de un esquema de promoción especial. Sin un programa promocional que alivianara el riesgo de la inversión inicial y los costos de funcionamiento de los primeros años, difícilmente se hubiese concretado la instalación y puesta en marcha de la planta de Puerto Madryn, en un marco de inestabilidad macroeconómica como el de mediados de los 70. Sin embargo, esto no resta mérito a la capacidad empresarial de Manuel Madanes, su dueño, de haber sabido aprovechar la situación y hacer de esto un negocio señalado por la prensa como el más grande del siglo (Rougier, 2011).

En lo que respecta a las decisiones técnicas en la puesta en marcha de la empresa, cabe mencionar que la tecnología utilizada en la producción de aluminio primario puede caracterizarse como madura. Carlos Varsavsky, primer Director de Operaciones de ALUAR -lo que en la estructura actual sería similar al Director Industrial de la firma-, fue el responsable de definir el socio tecnológico extranjero inicial que propondría la firma para el convenio con el Estado Nacional celebrado durante el período desarrollista. Tal convenio aprobaba la instalación de la planta llave en mano con tecnología extranjera, lo que posibilitaba a las empresas locales incorporar tecnología escasa y compleja, reduciendo así una de las barreras de ingreso (Rougier, 2011)<sup>2</sup>.

Si bien la política industrial desarrollista vigente durante la gestación del proyecto intentó sortear la compra de tecnología externa, la inexistencia en el país de capacidades tecnológicas en la materia fue el primer obstáculo. Las bases y condiciones del llamado a licitación previo al mencionado contrato establecían requisitos que no eran factibles de cumplirse. El mismo Varsavsky (1972, p. 2) señalaba que “no encontré a ningún argentino que se haya dedicado a la fabricación de aluminio en el mundo entero”. Por otro lado, los (acelerados) plazos que establecía el concurso también resultaron un obstáculo adicional a la posibilidad de desarrollar la tecnología localmente. Es así que

---

<sup>2</sup> A partir de 1886 y durante 60 años, el mercado estadounidense tuvo una estructura monopólica debido al control total de la patente, algo muy diferente al caso europeo, donde el poder de explotación de los recursos básicos y de la tecnología estuvo menos concentrado. Entre 1950 e inicios de los años 70, la industria (a nivel global) evolucionó hacia un oligopolio dominado por seis grandes firmas, las cuales a su vez adoptaron diversas estrategias para acceder a las principales fuentes de recursos y a mercados de la periferia, surgiendo por ejemplo los *joint-ventures* como modalidad de acuerdos. A partir de las décadas del 80 y 90, el mercado se atomizó y volvió más competitivo, con una mayor cantidad de producciones locales, nuevos mercados, proliferación de acuerdos entre múltiples tipos de firmas y la evolución hacia la baja del precio.

la propuesta que diseñó Varsavsky, con la que se presentó a licitación, consistía en un programa que combinaba adquisición de tecnología extranjera llave en mano con desarrollo propio local. Para esto último, propuso implementar un programa basado en la realización de mejoras incrementales a la tecnología extranjera. Implícitamente, ALUAR debía encarar un programa tecnológico propio, partiendo de la disponibilidad de una cuba, pero con la obligación de mantenerla actualizada. Uno de los ex-investigadores de ALUAR, el físico Daroqui,<sup>3</sup> describe el desafío que la firma había propuesto a la gerencia de I+D:

“Lo que se compra en tecnología para ALUAR a los italianos [Montecatini Edison] era como un esquema de la tecnología, tal como aparecería en un libro. Por eso, los primeros años se le pone muchísima cabeza para mejorar el rendimiento. Las cubas tenían una eficiencia del 83% y en poco tiempo pasaron al 93% (...) Se hicieron considerables esfuerzos para mejorar la tecnología, el ambiente, el rendimiento y los materiales. Había un grupo de investigación y desarrollo especialmente dedicado a pensar en las cubas” (entrevista a Daroqui, 10 de mayo de 2015).

Lo interesante de la estrategia de Varsavsky radica en la combinación de compra de tecnología extranjera con un plan de desarrollo propio que posibilitaría sortear las limitaciones locales de ese momento. Básicamente, los problemas que ALUAR se planteaba al inicio del proyecto tenían como eje dominar la tecnología y dotar de capacidades técnicas a la firma para desarrollar mejoras incrementales al proceso de fabricación, que redundasen en mayor productividad y menores costos. Para ello, se debieron sortear diversos desafíos técnicos, algunos no esperados, y formar al personal técnico. Estas primeras definiciones fueron claves para justificar la decisión de Varsavsky de incorporar en el organigrama de la empresa una gerencia, que dependía directamente del gerente general, dedicada a estudiar la tecnología de producción de aluminio.

Respecto a los desafíos técnicos, cuando se definió la inversión por la tecnología Montecatini, a fines de los años 60, no resultó evidente el *gap* tecnológico con las empresas líderes del mercado, pero en la puesta en marcha de la planta en 1974 surgieron problemas y deficiencias productivas que complejizaron el reto de alcanzar el estado del arte de la tecnología.<sup>4</sup> El retraso más evidente en comparación con los parámetros internacionales residía en las cubas abiertas con sistema de carga lateral de la planta de electrólisis, ya que el modelo de Montecatini acarrea deficiencias en el desempeño, la productividad y el impacto ambiental.

Durante los primeros años de funcionamiento de la empresa se dedicó mucho esfuerzo a investigar estos temas, tarea que recayó fundamentalmente en la jefatura de electrólisis, dentro de la gerencia de investigación (**Figura 1**), debido a que eran los responsables de entender el proceso electroquímico.

---

<sup>3</sup> Incorporado al equipo de investigadores en 1976 y jubilado en 2014. Fue el último miembro con perfil de investigador del equipo de la gerencia de I+D de ALUAR.

<sup>4</sup> Al inicio surgieron otros problemas relacionados con la provisión de energía, debido al retraso de la obra de la represa de Futaleufú, la cual no estuvo en condiciones de entregar la energía parcialmente hasta 1978.

“En [la gerencia de] Investigación había muchos proyectos dedicados al entendimiento del proceso electroquímico de la cuba. Habían desarrollado cubas miniaturas, que eran un hornito en donde se podían hacer procesos a nivel laboratorio, que movían medio kilo de material. Era un poco más grande que una taza lo que se utilizaba. Conocer los parámetros básicos del manejo de una cuba eran cosas que se hacían en el laboratorio. Después, la cuba es otra historia, pero la parte fundamental estaba estudiada allí. Ese era el grupo de electrólisis” (Daroqui, 2015).

El equipo de investigadores que tenía la firma cuando comenzó a operar se enfrentó al desafío de contrarrestar la pronta obsolescencia de la tecnología Montecatini. La misión que Varsavsky unos años antes había definido para el área, respecto de trabajar en la modernización de la tecnología adquirida, se debió implementar desde el primer momento. El cerramiento de cubas fue el proyecto más importante con el que se involucró el equipo de investigación durante este período, básicamente por estar muy asociado a la mejora de la eficiencia de la producción y el cuidado del medioambiente. A la vez, resultó ser altamente complejo, dado que debieron enfrentar el reto de cerrar el *gap* respecto a la tecnología internacional de la época, pero sin dejar de operar la planta en las condiciones vigentes.

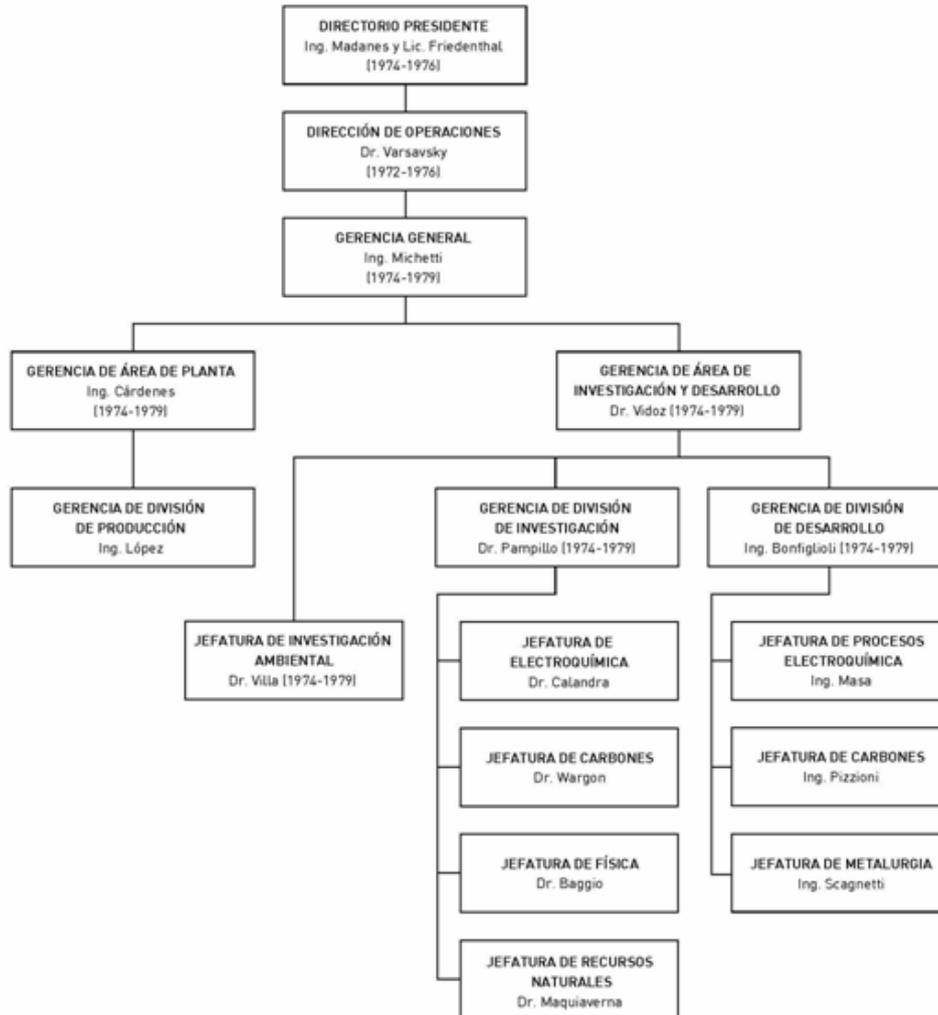
En cuanto a la conformación de este grupo de investigadores, el proceso de reclutamiento fue muy particular (y diferente a la estrategia de dotación de operarios<sup>5</sup>). Los lamentables sucesos acaecidos en 1966 durante el gobierno militar de Onganía, contra el sector científico y particularmente contra la UBA, llevaron a que un número importante de investigadores (que se habían exiliado en el exterior) consideren a ALUAR como un proyecto que renovaba sus esperanzas de desarrollar su profesión en el país. La compleja situación que atravesaba el sector universitario en la época también se presentó como una oportunidad para atraer a recursos humanos altamente formados en disciplinas básicas e ingenieriles, que en otras circunstancias difícilmente hubiesen pensado la radicación en la Patagonia. En este contexto, Madanes demostró su capacidad empresarial para aprovechar la oferta disponible de profesionales formados en ciencias básicas e ingenieriles, y generar en ellos una vocación para desarrollar conocimientos vinculados a los procesos productivos relacionados con sus empresas (Harriague *et al.*, 2007). A su vez, el asesoramiento de Varsavsky, tanto en la identificación de potenciales profesionales como en la conformación de este *staff* especializado, resultó ser un factor indispensable.

La primera estructura organizacional de ALUAR (**Figura 1**) presentaba un alto grado de profesionalización con múltiples jefaturas a cargo de doctores, algo poco habitual en ámbitos empresariales. A su vez, resulta interesante destacar el desbalance de la gerencia de I+D, intensificada hacia la gerencia de investigación. Esto imprimía al diseño original de ALUAR un perfil más científico, que encontraba su explicación en la necesidad de generar conocimientos en un país sin antecedentes en la industria del aluminio<sup>6</sup>. Así la gerencia de I+D inició su actividad con un equipo cercano a 50 profesionales provenientes de diferentes instituciones tecnológicas del país, un peso inusual para una firma de 300 empleados (Bisang, 1994; Harriague *et al.*, 2007).

<sup>5</sup> Para el *staff* de operarios se buscaron candidatos en zonas rurales y sin experiencia en trabajo fabril con el objetivo, según Pérez Álvarez (2011), de lograr una rápida fidelización del trabajador, mediante el otorgamiento de beneficios sociales y por la falta de experiencia sindical.

<sup>6</sup> Tanto los profesionales de la gerencia de I+D como los de la gerencia del área de planta (jefes y personal técnico) se especializaron en la fabricación de aluminio primario con estancias en el exterior (Italia, Noruega, Estados Unidos) y también se recibieron técnicos en Puerto Madryn.

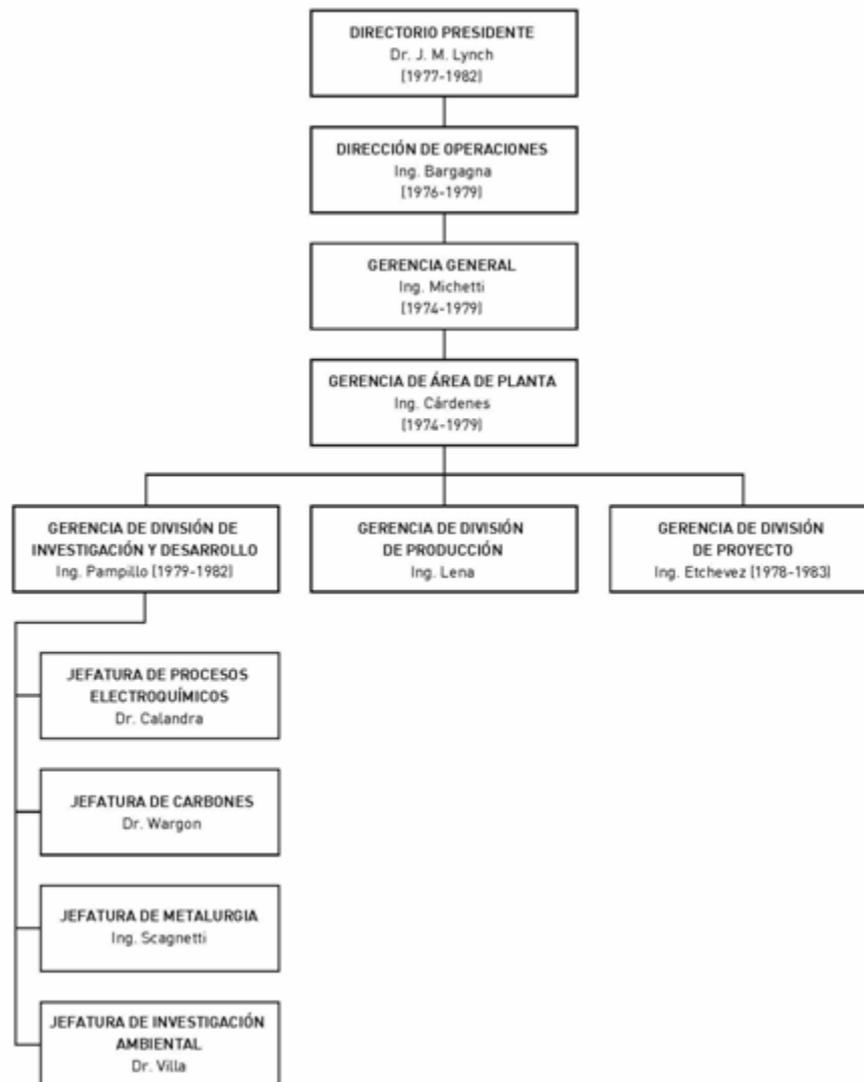
Figura 1. Organigrama parcial de ALUAR con estructura completa de gerencia de I+D (1974-1976)



Fuente: elaboración propia

Sin embargo, hacia 1977 la estructura empieza a simplificarse, coincidiendo con el retiro de Varsavsky y con la resolución de un conflicto que se sucedió durante los primeros años entre la gerencia de Planta, a cargo del Ingeniero Cárdenes, y la de I+D, conducida por el Doctor Vidoz, en disputa por el lugar de liderazgo dentro de la empresa. Finalmente, Madanes definió que la gerencia de Planta sería asistida por la de I+D, ocupando esta última un rol de asistencia técnica y asesoramiento para las áreas de producción, del cual nunca salió. La decisión del dueño de ALUAR desencadenó la primera reducción que sufrió el área de I+D, pasando de 50 a 30 miembros en 1977 y fusionando la gerencia de Investigación y la de Desarrollo en una sola gerencia de I+D (bajo la conducción del ingeniero Pampillo entre 1979 y 1982), subordinada a la gerencia de área de planta (**Figura 2**).

Figura 2. Organigrama parcial de ALUAR con estructura completa de gerencia de I+D (1977-1979)



Fuente: elaboración propia

Al margen de la disputa mencionada, un factor explicativo clave para el achicamiento del área de I+D fue la llegada del Ingeniero Bargagna al cargo de Director de Operaciones, tras el alejamiento de Varsavsky. Madanes siempre mostró una capacidad para lograr acuerdos políticos que resultaran beneficiosos para su *holding* empresarial y el cambio del Director de Operaciones encuentra sentido en la búsqueda de consensos con el gobierno militar. Massare (2014) sostiene que Bargagna tenía diálogo con los militares, lo que resultaba estratégico para mantener un vínculo aceitado. Sin embargo, el nuevo Director de Operaciones no tenía una postura favorable al desarrollo propio de tecnología. Esto provocó las renuncias del Doctor Vidoz al cargo de Gerente de I+D y del Ingeniero Bonfiglioli como Gerente de División de Desarrollo, quienes habían sido reclutados de la CONEA a inicios del proyecto de ALUAR.

En 1982 la gerencia de I+D quedó a cargo del Doctor Calandra<sup>7</sup>, quien venía desempeñándose como Jefe de Electroquímica desde 1974, y asumió luego del alejamiento de Pampillo (a quien le habían solicitado la renuncia). Calandra siempre tuvo el mismo cargo hasta que fue promovido y su jefatura nunca sufrió los impactos de las sucesivas modificaciones que tuvo la gerencia de I+D. Cabe destacar que, si bien la jefatura de electroquímica pertenecía al área de I+D, tenía un vínculo muy estrecho con el proceso productivo más importante de la empresa y, por ende, con la gerencia de producción. Esto ayuda a entender la elección de Calandra como el candidato a ocupar la gerencia de I+D y, además, refuerza la postura de la conducción de ALUAR de disponer de un equipo de I+D orientado a resolver las demandas productivas.

El proceso de ajuste que atravesó la gerencia de I+D revela que, si bien Madanes no dejó de concebir al desarrollo tecnológico como una estrategia de diferenciación y crecimiento, éste debía estar subordinado a los procesos productivos y orientado a mejorar la eficiencia de los mismos. Aun cuando el cambio del director de operaciones discontinuó proyectos más vinculados a la I+D interna y dio menor impulso a las acciones de innovación, esto no logró eliminar totalmente el plan original de Varsavsky. Las características del proceso de fabricación de aluminio primario, de rendimientos a escala y tecnología madura, exigió esfuerzos de mejoras incrementales a cargo de los profesionales de la firma, como se verá a continuación.

### **3. Las capacidades innovativas de ALUAR en un contexto de alta inestabilidad macroeconómica (1983-1989)**

Como sostiene Kosacoff (2009), durante los años 80 la búsqueda de la estabilidad macro se convirtió en el camino ineludible dado el conjunto de perturbaciones que atravesaban a la economía argentina, cuyas manifestaciones más crudas fueron los episodios hiperinflacionarios a fines de la década. En tanto, el tejido industrial continuó su camino hacia una estructura reprimarizada y más concentrada. Azpiazu y Schorr (2010) afirman que durante el gobierno de Alfonsín se dio un proceso de afianzamiento estructural de los grandes grupos económicos, que consolidaron su poder de control sobre núcleos estratégicos de diferentes cadenas productivas. Mientras este proceso de concentración se manifestaba en algunos sectores, en el resto de la industria se daba un desempeño diferenciado, generando un panorama heterogéneo donde convivían el desmantelamiento y reducción de muchas firmas con el crecimiento y modernización de otras (Kosacoff, 1993). Las fluctuaciones de la industria que tuvieron lugar a partir de 1983 -un alza en la actividad con la implementación del Plan Austral (1985) y posteriormente una fuerte caída con el proceso hiperinflacionario (1987-1990)-, contribuyeron con la profundización de la desarticulación fabril.

En este contexto, que *a priori* se calificaría como difícilmente inspirador para la innovación desde el enfoque de las interacciones micro-macro, ALUAR generó avances significativos en su dinámica tecno-productiva con una inversión en tecnología que no se observó en la mayoría de los sectores de la industria local. Así como los primeros años de funcionamiento de la planta se centraron en superar los desafíos que trajo aparejada la instalación y puesta en marcha, se identifica luego una segunda etapa en la cual el personal manifiesta una comprensión profunda del proceso productivo y una preocupación por afinar el funcionamiento de la planta, aprovechando al máximo la capacidad tecnológica instalada. Durante la década del 80 se verifica una mayor solidez en los equipos de profesionales en las gerencias de proyecto, de producción y de I+D,

---

<sup>7</sup> Doctor en química e investigador principal del CONICET. Gerenció el área hasta que se jubiló en 2000.

con suficiente dominio de los conocimientos incorporados durante los primeros años de funcionamiento como para volcarlos a la búsqueda de soluciones a problemas complejos.

Rougier (2011, p. 392) señala que “desde mediados de la década de 1980 tuvo lugar una serie de cambios menores que incrementaron la capacidad productiva más allá de lo que permitían la tecnología y diseño original de la planta”. No obstante, los expertos que vivenciaron estos años en ALUAR, lejos de describirlo como un período de cambios incrementales menores, lo presentan como un proceso arduo y complejo y, a la vez, lo reconocen como el más creativo de todos los tiempos de la firma. Por otro lado, la relevancia que tuvieron los cambios tecnológicos y los desarrollos de la época llevó a que se reincorporara en el organigrama en 1986 la gerencia de proyectos -que había sido eliminada en 1983- para abocarse al proyecto de modernización de las cubas y otras modificaciones complementarias. Así describe esta etapa el Ingeniero Menegoz, quien se desempeñó precisamente como gerente de proyectos entre 1986 y 2004:

“Sin dudas, la época de mayor creatividad fue la del 86 al 91, porque fue todo desarrollo nuestro. Fue el período más creativo y sin pedirle ayuda a nadie. Por ejemplo, cuando se cambiaba un ánodo, aparecían unos restos. Entonces había que desarrollar un puente grúa y colocarle una cuchara y eso lo teníamos que resolver nosotros. (...) Fue todo un desarrollo tecnológico que se dio a partir de atacar los problemas de a uno, con recursos limitados y con capacidades nuestras, porque no había a quién pedir ayuda. Montecatini, luego de vendernos las cubas, cierra a los pocos años y no había otras plantas similares a las de ALUAR. (...) Por eso digo que en la planta hay cubas Pechiney, que son las de las series C y D [ampliaciones puestas en marcha en 1999 y 2007], y hay cubas ALUAR, que son las de las series A y B, ya que de Montecatini no les queda nada” (entrevista a Menegoz, 19 de junio de 2018).

Por otro lado, la finalización y puesta en marcha de la obra de la Central Hidroeléctrica de Futaleufú en 1979 permitió superar una etapa en la que la escasez de provisión energética impuso un límite a la capacidad productiva, lo cual cambió el eje de preocupación de la Dirección Industrial de la firma. Hasta ese momento, llegar al umbral mínimo de producción capaz de absorber los costos fijos de la planta era el indicador que desvelaba a las autoridades. Superado este problema con la provisión energética necesaria, el foco de atención se trasladó hacia otras cuestiones no menos fundamentales: el control ambiental y el desarrollo de un producto exportable ante la caída del mercado local.

Así es que en este período se registran las principales mejoras realizadas en el sector de electrólisis y avances, no menos significativos, en la planta de producción de cocción de ánodos, fundición y el sector de cómputos. Los cambios más importantes se dieron en el proceso vinculado al funcionamiento de las cubas, siendo el cerramiento de las mismas el aspecto más urgente por resolver. Su modelo inicial abierto y de alimentación lateral acarreaba ineficiencias productivas (entre ellas, el elevado consumo energético) y problemas ambientales por los humos del proceso.

La gerencia de proyectos, junto con el Departamento de Electroquímica de la gerencia de I+D a cargo del Ingeniero Cobo, fueron los encargados de estudiar el problema y buscar soluciones. La Ingeniera Echelini, que fue la responsable del modelado, había

estado previamente a cargo de algunos trabajos teóricos dentro de un departamento especial que se disolvió en 1981. Luego de la primera reducción de la gerencia de I+D, tanto ella como el proyecto pasaron al Departamento de Electroquímica, que fue el área que más colaboró con la gerencia de proyectos en la implementación del circuito complementario de estabilidad electromagnética (o anillo electromagnético). La prueba piloto de este circuito eléctrico suplementario, basado en un desarrollo propio, demostró que proveer a las celdas de un proceso de estabilidad magnética otorgaba mayor rendimiento de la corriente y aumento de la vida útil de los equipos. Hacia 1983 el éxito de la prueba piloto del anillo electromagnético instalado en 16 cubas indicó la conveniencia de extender el sistema hacia el resto de la sala (Estevez y Girardi, 1988). Así lo relata el ingeniero Cañavate, exintegrante del Departamento de Electroquímica:

“La prueba piloto fue en 1983 con 16 cubas de Sala 1 (...). Yo era el encargado de medir con un registrador la oscilación del voltaje de una cuba que se produce por el movimiento del metal y esperando la conexión del anillo. De pronto la oscilación se detuvo y fui corriendo a ver si era el comienzo del anillo compensador y sí. ¡Era cierto! Pasada esta prueba piloto con éxito, y calculando lo que representaba en ganancias, se decidió la extensión al resto de las cubas de Sala 1 y luego a las tres restantes. Pero en lugar de apostar al diseño propio, la organización decidió contratar a la empresa italiana que ya lo había desarrollado” (entrevista a Cañavate, 15 de agosto de 2016).

En base a entrevistas surge que la empresa Montecatini también había desarrollado el anillo compensador, dado que salvaba una deficiencia de sus cubas, y se lo había ofrecido a ALUAR. Lograda con éxito la prueba piloto, y conociendo que la firma italiana tenía previsto cerrar sus plantas, la conducción de ALUAR negoció un precio muy conveniente, ya que sin las plantas de Montecatini tal desarrollo sólo podía implementarse en Puerto Madryn. A pesar de la decisión final, esta anécdota evidencia las capacidades internas con las que contaba la firma, desarrolladas en los pocos años de su existencia.

La estabilización electromagnética de las cubas permitió tener un mayor control sobre el proceso de electrólisis y avanzar en el diseño e implementación de un método de alimentación de alúmina que facilitó la automatización de este proceso y la dosificación del material, lo que aseguró la disolución total del agregado y la reducción de los efectos anódicos (Cobo y Calandra, 1992). Además, se requería implementar un sistema de alimentación que permitiese avanzar en el cerramiento de las cubas. El área de Proyectos de ALUAR se encargó del desarrollo de los cilindros y pistones de alimentación, tolvas y estructuras principales, específicos para las cubas. En 1984 se logró el primer prototipo de alimentación y rotura puntual, el que se perfeccionó hasta llegar a su diseño definitivo en 1986. Cobo y Calandra (1992) sostienen que la clave de la innovación en este desarrollo estuvo en hacer compatible el espacio limitado que se disponía con las exigencias impuestas a los equipos por el proceso en sí.

El sistema de alimentación puntual y control de carga posibilitó el diseño y puesta en marcha de un nuevo método de transporte de la alúmina hacia las tolvas. Las gerencias de proyecto, producción e I+D analizaron dos tecnologías alternativas y finalmente se decidió por la tecnología suiza de *fase densa*, que requirió de la implementación de un sistema de cañerías y además se realizaron importantes desarrollos de ingeniería para adaptar la tecnología adquirida a la planta.

Los logros anteriores posibilitaron que se avance en la automatización de la alimentación de la cuba para reemplazar el control manual. Junto con el cerramiento de las cubas, este sistema permitió captar los humos para enviarlos a la planta de tratamiento (Ares *et al.*, 1993). Las tareas para el cerramiento de las cubas se iniciaron en 1986 y culminaron en 1988. Si bien la tecnología se compró llave en mano a la empresa Fläkt de Noruega, tanto la ingeniería para la adaptación a la planta de Puerto Madryn como el resto de los diseños de componentes estructurales estuvieron a cargo de los profesionales de ALUAR y otras empresas locales. Menegoz señala que:

“El diseño de los conductos de aspiración de cada cuba y su salida al colector ubicado en los patios entre salas de electrólisis fue una tarea compleja por el poco espacio que quedaba debajo de la cuba (...) Tuvimos que diseñar cuidadosamente cómo instalar los conductos del sistema de captación de humos y adecuarlo a la planta” (Menegoz, 2018).

Todos estos ejemplos demuestran una combinación de capacidades de aprendizaje e innovación, que en algunos casos se dispararon a partir de la adquisición de tecnología importada. Los aprendizajes generados durante la identificación y análisis de las fallas del proceso productivo, como en la aplicación de los conocimientos previos del equipo de profesionales para la búsqueda de soluciones, resultaron de suma importancia. Asimismo, se observan diseños de ingeniería de elevada complejidad, que exceden el carácter de simples adecuaciones y que demuestran un alto nivel de capacidades innovativas.

En el caso del diseño del anillo de grafito en el sector de solidificación puede encontrarse otra experiencia de desarrollo propio con profesionales de ALUAR pero que, a diferencia del anillo electromagnético, se avanzó con su implementación definitiva. A pesar de pertenecer a diferentes equipos de investigación, estas experiencias comparten el modo de innovación a partir del binomio problema-solución. El anillo de grafito fue un desarrollo tecnológico que se inició como consecuencia de la detección de una falla de proceso, lo que activó la puesta en práctica de los conocimientos del equipo de profesionales e impulsó una propuesta de mejora de elevada complejidad.

Para la fabricación de barras de extrusión y placas de laminación se utiliza una máquina de colada vertical con moldes que utilizan un lubricante para controlar la extracción del calor y la calidad de la superficie. Debido a que la lubricación manual se realizaba antes de iniciar el proceso de fundición, la degradación de la lubricación era motivo de piezas defectuosas. Los investigadores del Departamento de Metalurgia realizaron una primera modificación que consistió en la incorporación de un anillo de grafito y, posteriormente, lograron desarrollar un sistema de lubricación continua que se implementó en 1989 y se utilizó durante 10 años. Así lo relata Daroqui:

“En la época en la que los desarrollos eran locales, el gerente de planta compró el proyecto que presentamos y lo pudimos hacer. La máquina se hizo acá y los primeros moldes se hicieron con scraps. Hice un desarrollo que permitió cambiar la lubricación manual, que afectaba la calidad de la pieza, y se me ocurrió hacer una lubricación continua. Me acuerdo que, cuando le muestro al gerente en el laboratorio la pieza de aluminio, ésta transpiraba aceite. (...) Recibí esa máquina que tenía un descarte del 15% por piezas que se

perdían y logré un rendimiento del 99,6%. Y la calidad era uniforme, eran todos igualitos los barrotos. Además, antes se hacía una colada por turno y luego de la modificación pasamos a dos coladas tranquilos, así que la productividad fue muy alta” (Daroqui, 2015).

El análisis de estos casos y de otros que se resumen en la **Tabla 1** evidencia una serie de innovaciones incrementales a partir de capacidades internas, permitiendo identificar un patrón de búsqueda de soluciones a problemas tecnológicos concretos (Dosi, 1982). Detectadas las fallas en los procesos de producción, los responsables de la gerencia de proyectos y producción, con sus divisiones (Electroquímica, Carbones, Metalurgia), iniciaban la exploración de soluciones alternativas, recurriendo a conocimientos internos de los ingenieros de la planta como de los investigadores de la gerencia de I+D. Es así que puede observarse la construcción paulatina de un sendero tecnológico, en el cual los sucesivos desarrollos concatenados (Freeman, 1995) muestran una gradualidad y acumulación de conocimientos dentro de ALUAR.

Tabla 1. Cronología de las innovaciones tecnológicas de ALUAR (1983-1990)

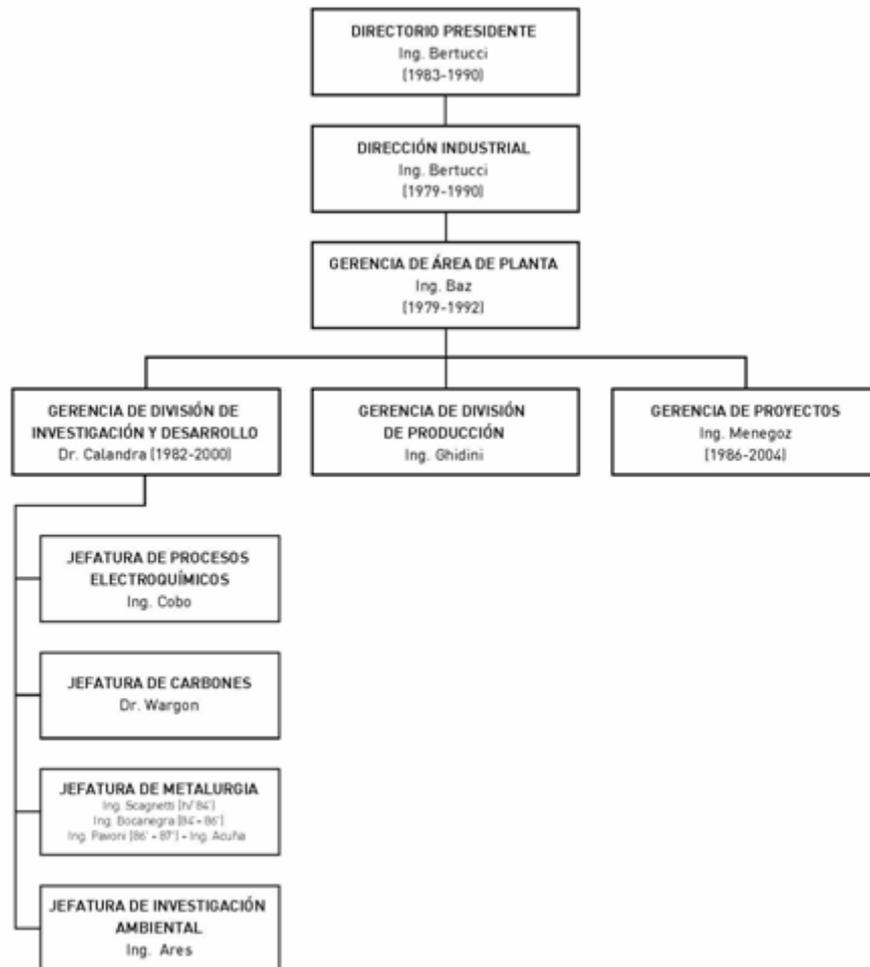
Año	Innovación	Origen	Inversión (Mill u\$s)	Resultados
1983		Propio (Dpto. Procesos Electroquímicos)	13,3	Prueba piloto exitosa en 16 cubas
1984-1985	Compensación magnética	Importado (italiano)		Reducción 660 kW/tn; aumento de la producción 2,3%; aumento vida útil de la cuba: 50%
1984 – 1986	Equipos de roturas	Propio (Dpto. Procesos Electroquímicos)	S/d	Reducción de consumo energía; eliminación de transporte
1986 – 1987	Cubas de rotura; alimentación puntual		10,4	
1986 – 1987	Dosificadores de alúmina		S/d	
1986 – 1988	Planta de tratamiento de humos	Importado (noruego)	14,9	Recupero de materiales; mejora efectos ambientales
	Componentes estructurales	Nacional	S/d	
1986 – 1988	Control automático	Propio (Grupo FATE)	S/d	Reducción de consumos y tiempos; mejora de programación
1986 – 1988	Transporte de alúmina	Importado	3,3	Elimina transporte; dosifica la carga
1986 – 1989	Cerramiento de cubas	Importado	S/d	Recupero de materiales; mejora control de energía
1987 – 1989	Planta de molienda de electroquímico	Propio	S/d	Mejora de producción; mayor vida útil
1986 – 1989	Molienda de ánodos	Propio	S/d	Incremento de producción; reducción de rechazos
1986 – 1989	Cámara de cocción de ánodos	Propio	13,1	Aumento de producción; mayor rotación de equipos
1988 – 1990	Informatización	Importado / Propio	S/d	Mejora general de la producción
1989	Anillo lubricado continuo	Propio	S/d	Reducción de productos defectuosos y de tiempo; aumento de la producción

Fuente: elaboración propia en base a Rougier (2011) y entrevistas

Estos desarrollos exponen la evolución del perfil de la gerencia de I+D desde la producción científica-tecnológica hacia la asistencia técnica altamente especializada. La reducción del área de I+D en 1979 reflejó dos cuestiones fundamentales: por un lado, el liderazgo de la agenda de los temas productivos por sobre los de investigación; y por otro, la influencia de Bargagna como director de operaciones, quien no tenía una posición favorable al desarrollo de tecnología local, como se mencionó en la sección anterior. A partir de entonces, la gerencia de I+D quedaría dependiendo de la gerencia de área de planta con rango de gerencia de división (**Figura 3**), adoptando el rol de asistencia técnica y asesoramiento al área de producción y de proyectos, y con un perfil alejado de la investigación básica. El nuevo rol se reflejó en el tipo de intervención de sus profesionales en los procesos de cambios y mejoras tecno-productivas llevados a

cabo en la década del 80. Los cambios posteriores de la estructura hasta 1989 no tuvieron la relevancia de los sucedidos en 1979, los cuales generaron una bisagra en el sector.

**Figura 3. Organigrama parcial de ALUAR con estructura completa de la gerencia de I+D (1983-1990)**



Fuente: elaboración propia

La consolidación de las capacidades internas de los profesionales de I+D fue el resultado de una política que, más allá de ciertos vaivenes, la empresa sostuvo desde los inicios del proyecto, ante la ausencia de especialistas en un país sin tradición en la industria. Además, a partir de expresiones en entrevistas o memorias y balances de la firma, se verifica que contar con un grupo de I+D con proyectos aplicados y actividad científica era signo de empresa de excelencia. Por ejemplo, en las Memorias de 1982 se mencionan las ocho publicaciones en revistas especializadas de estudios vinculados a la investigación ambiental, desarrollo de aleaciones, carbones y electroquímica, como así también la participación de representantes del grupo de I+D en diversas reuniones científicas y técnicas en el país y el extranjero. Por otra parte, las actividades de divulgación que el grupo de I+D realizó en sectores especializados, particularmente las

relacionadas con los beneficios de la utilización del aluminio, cumplieron un rol de apoyo a la política comercial de la firma.

#### **4. Ajuste y vigilancia tecnológica en una etapa de crisis y profundización de la política aperturista (1990-2002)**

En los primeros años de la década del 90 se producen cambios políticos y económicos en el plano internacional, regional y nacional, que modificaron el comportamiento de todos los sectores, incluido el del aluminio. No obstante, fueron las reformas de la política doméstica las que protagonizaron el período. De manera estilizada, las mismas se basaron en la estabilización de precios, la privatización o concesión de activos públicos, la apertura comercial para muchos sectores de la economía local, la liberalización de gran parte de la producción de bienes y servicios y la renegociación de pasivos externos (Heymann, 2000).

Si bien la convertibilidad logró con éxito la estabilización del nivel general de precios, la apreciación del tipo de cambio real -con el consecuente cambio en los precios relativos a favor de los servicios no transables- y la apertura comercial tuvieron un sesgo desindustrializador (Azpiazu *et al.*, 2001). Asimismo, la industria mostró un magro desempeño en términos de generación de valor, lo que Kosacoff (2009) explica por dos fenómenos: la desintegración de la producción fabril local, resultado de un proceso aperturista que potenció la adquisición en el exterior de insumos o productos finales; y la consolidación de un grupo reducido de firmas oligopólicas en actividades centradas en las primeras etapas de los procesos productivos. El primer fenómeno derivó en el cierre de numerosos emprendimientos fabriles o su redefinición hacia actividades vinculadas con el ensamblado o la comercialización de productos importados. El segundo profundizó un perfil industrial con predominio de firmas oligopólicas con poder para definir el futuro de sus ramas productivas (Azpiazu *et al.*, 2001).

En este marco general, la década del 90 evidenció dos etapas muy diferentes respecto al tipo de estrategia implementada por ALUAR, en respuesta a los desafíos del entorno local pero también internacional. Los primeros años de la década mostraron un muy desfavorable panorama global, por los precios en baja debido al denominado *efecto ruso* (crisis en el mercado mundial por sobreoferta rusa tras el desplome de la Unión Soviética), sumado a los cambios en la política económica tendiente a la apertura y al atraso cambiario. Este nuevo contexto generó saldos negativos para la firma y preocupación entre los principales accionistas.

No obstante, ALUAR desistió de avanzar en lo que fueron prácticas comunes entre los empresarios locales: fusionarse con empresas de capitales extranjeros o ceder el control como medida para contrarrestar la incertidumbre macroeconómica. En cambio, la nueva conducción de la mano de Daniel Friedenthal y Javier Madanes Quintanilla (presidente desde 1992 y accionista mayoritario desde 1993, respectivamente)<sup>8</sup> implementó una estrategia defensiva basada en la reestructuración y ajuste de costos. Esto derivó en una intensa reducción del plantel y en la integración hacia atrás con el insumo más crítico, la provisión de energía a precios razonables, lo cual logró revertir el resultado de la firma a sólo tres años de haber iniciado el programa defensivo.

---

<sup>8</sup> Tras la muerte de Manuel Madanes en 1988, en los años siguientes se desatan disputas familiares en torno a la herencia de la presidencia y se dan varios cambios de mandato.

Una vez revertida la situación crítica que ALUAR debió atravesar, los buenos resultados alejaron las presiones de venta de la firma y alentaron a la conducción a implementar estrategias ofensivas, las cuales contemplaron la inversión en importantes proyectos para la ampliación de la capacidad instalada y la integración hacia adelante de eslabones que agregarían valor al aluminio primario. De esta manera, se logró diversificar la oferta tradicional de la firma en un *mix* de productos que se alejan del carácter de *commodities*, lo que le otorgó mayor poder para la fijación de precios diferenciados. Sin embargo, esto trajo aparejado otros desafíos vinculados a la calidad mínima exigida por los nuevos mercados internacionales en los que se quería incursionar, y a los esfuerzos de adaptación tecnológica por la incorporación de nueva maquinaria y equipos.

La nueva conducta tecnológica de ALUAR se condice con los cambios en la conducción, y particularmente con la llegada de Javier Madanes Quintanilla a la toma de decisiones. El replanteo del modelo de conducción previo de Manuel Madanes también contempló la revisión de la política de acumulación de conocimientos y capacidades internas como fuente de potenciales soluciones tecnológicas. La implementación de la nueva política tecno-productiva generó cierto desconcierto e incertidumbre, especialmente en el personal vinculado al área de I+D. El testimonio de Daroqui da cuenta de que:

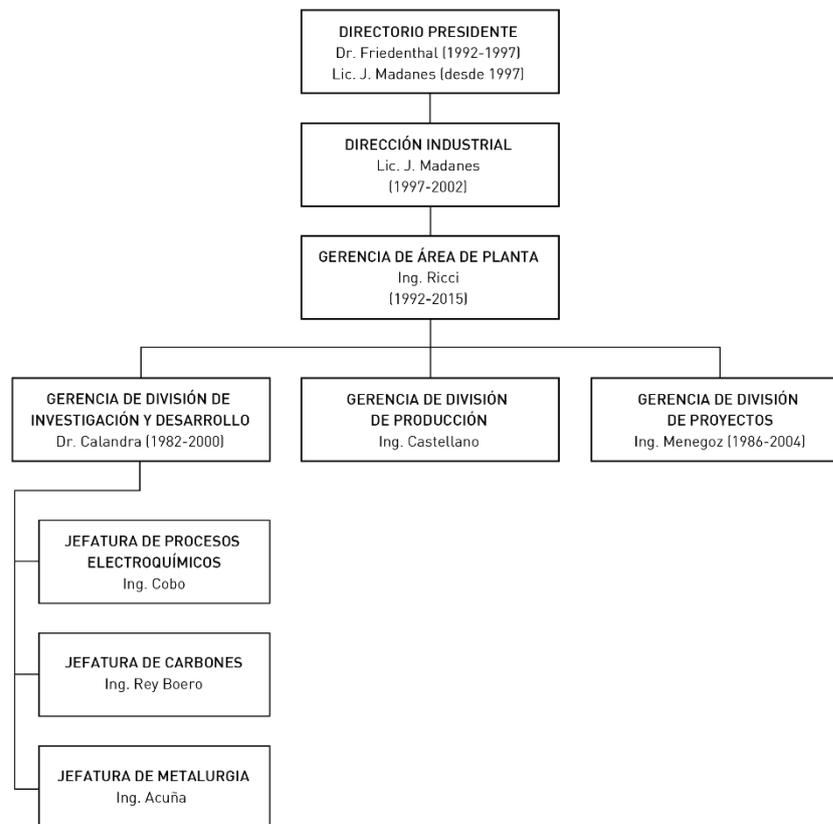
“En la etapa de Javier Madanes, a partir de 1993<sup>9</sup>, muchos pensaron que ALUAR desaparecía, ya que él es financista y la empresa es productiva. Sin embargo, sorprendió por su capacidad de identificar oportunidades de generar dinero sin perder de vista que es preciso invertir para tener ganancias. Aunque no apostó a la I+D, se propuso estudiar las mejores tecnologías existentes en el mundo y producir de la mejor manera con tecnología de punta. Se planteó crecer produciendo con la mejor tecnología que existiese” (Daroqui, 2015).

Este nuevo modelo empresarial y los cambios que se dieron en cuanto a la reorientación y reestructuración de la firma no fueron ajenos a la realidad general que el sector manufacturero atravesó durante la transición de los 80 a los 90. Las definiciones que en materia tecnológica adoptó ALUAR están en línea con lo que Peirano y Porta (2005) describen como la reconversión microeconómica basada en la apertura de la función de producción, con incorporación de maquinaria, insumos y componentes importados, y racionalización de los planteles, en algunos casos sacrificando capacidades estratégicas. Respecto a lo último, las nuevas políticas tecno-productivas y el replanteo de la misión de la gerencia de I+D fueron funcionales a las medidas de racionalización del personal implementadas por la empresa desde inicios de la década, lo cual redundó en una nueva reducción del plantel en 1993 y cambios en la conducción del área. Si bien la gerencia de I+D nunca desapareció por completo, el proceso de reestructuración trajo aparejado uno de los ajustes más importantes de su estructura (**Figura 4**).

---

<sup>9</sup> Cuando se establece como accionista mayoritario, aunque recién en 1997 asume formalmente el cargo de presidente.

**Figura 4. Organigrama parcial de ALUAR con estructura completa de la gerencia de I+D (1994-2000)**



Fuente: elaboración propia

El cambio más llamativo consistió en la eliminación del Departamento de Investigación Ambiental, cuyas tareas a cargo, particularmente las relativas al control ambiental, fueron absorbidas por el Departamento de Electroquímicos, bajo la conducción del ingeniero Cobo. El Químico Zavatti, jefe del Departamento de Gestión Ambiental hasta 2017<sup>10</sup>, atribuye los motivos de esta decisión a las medidas de reducción de planta durante la crisis internacional del aluminio. No obstante, agrega también que “existía la necesidad de enfocarse en el desempeño ambiental de la planta” (entrevista a Zavatti, 20 de septiembre de 2015).

La diversidad de temas en los que asistía el área de I+D a producción era variada, siendo la vigilancia internacional de tecnologías vinculadas a la fabricación de aluminio una de las líneas de asesoramiento que más se desempeñó durante los años 90.

“La premisa era comprar lo mejor que había en el mundo. Era cero desarrollo, porque Javier decía: hay que comprar bien y no perder el tiempo porque estamos para hacer aluminio. Antes era bien aplicado lo que hacíamos en I+D (...), después pasó I+D a tener un rol de staff

<sup>10</sup> Ingresó en 1986 en el equipo del Departamento de Investigación Ambiental dependiente de la gerencia de I+D.

y poder hacer algunos desarrollos, pero manteniendo este tamaño más pequeño” (Daroqui, 2015).

Por otra parte, hacia mediados de la década se verifica que la implementación de estrategias ofensivas, basadas en la incorporación de eslabones aguas abajo e innovaciones comerciales, impulsó el desarrollo de nuevos productos destinados a otros mercados internacionales. Esto promovió nuevas líneas de trabajo en la gerencia de I+D vinculadas a la mejora de calidad y al agregado de valor en un *mix* de nuevos productos incorporados a la oferta tradicional de la firma. Las demandas de asistencia técnica que surgieron a partir de los nuevos productos ofrecidos se sumaron a la tarea de búsqueda y asesoramiento sobre tecnología internacional. La siguiente experiencia en solidificación, descrita por el Licenciado Novoa, quien se desempeñó dentro de la gerencia de producción, evidencia los desafíos que se empezaron a presentar:

“A partir de esta etapa se abren nuevos frentes en ALUAR. Uno vinculado a la optimización del proceso tradicional de fabricación de aluminio y mecanismos de solidificación. A partir de la crisis se comienza a trabajar en la tecnología de la cota +350 en adelante, es decir, los procesos de solidificación que reciben el aluminio en estado líquido directo de electrólisis. Comienza a cobrar importancia a partir de la decisión de fabricar productos con mayor valor agregado. Y otro frente fue el cambio de tecnología de solidificación de barrotes en 1995, que se pasa de la Reynolds a la Wagstaff” (entrevista a Novoa, 9 de enero de 2015).

El cambio que menciona Novoa refiere a un salto tecnológico que se realizó en la planta de fundición, al reemplazar el sistema de lubricación por tecnología Wagstaff adquirida llave en mano. Si bien la tecnología Reynolds también fue una adquisición llave en mano, posibilitó la incorporación de sucesivas mejoras incrementales a cargo del equipo de técnicos de la gerencia de I+D, como se mencionó en la sección anterior. Pero a pesar de estos avances, persistieron algunas deficiencias que eran un obstáculo para la inserción en los mercados internacionales a los que se había apuntado. Cuando se decide implementar el sistema Wagstaff, los resultados del salto tecnológico se reflejaron de inmediato, no sólo en la calidad del producto, sino en los niveles de productividad, duplicando la capacidad de colada por turno.

“Javier mandó a la gente de I+D a ver máquinas para hacer un producto terminado de buena calidad. Y se compraron máquinas que aumentaron la producción y de más valor agregado. Así se pasa de producir sólo lingotes de aluminio, que es técnicamente un commodity, a productos de mayor valor agregado” (Daroqui, 2015).

Este ejemplo, como otros tantos que tuvieron lugar en esta etapa, deja al descubierto la lógica subyacente de la política tecno-productiva que implementó la nueva gestión. Al igual que muchas de las empresas de la industria argentina, se observa en ALUAR que la modalidad predominante de los esfuerzos innovativos durante la década del 90 fue la adquisición de maquinarias y equipos (Anlló *et al.*, 2007). Las actividades vinculadas a la I+D, la ingeniería y el diseño aparecen muy relacionadas con los esfuerzos de adaptación del capital físico adquirido. A pesar de la menor tasa de desarrollos

endógenos del área de I+D, en comparación con otros períodos analizados de la firma, es interesante resaltar el incremento de productividad y la mejora de calidad en el producto que se obtuvieron en estos años.

En esta etapa, tanto la ampliación del 40% de la capacidad de la planta de electrólisis, con las 144 cubas que conformaron la línea C (tecnología comprada a la francesa Pechiney y proyecto a cargo de Techint entre 1997 y 1999), como la incorporación en la planta de fundición de máquinas de colada con tecnología Wagstaff en 1995 demandaron de la asistencia técnica de I+D para asegurar el adecuado funcionamiento de los equipos. Es así que se observa en este período a los especialistas enfocados en identificar cuellos de botella en el proceso productivo y encontrar soluciones tendientes a la armonización del funcionamiento de las nuevas máquinas.

A su vez, al interés por avanzar en nuevos mercados internacionales, se sumaron las diferentes acciones desplegadas en pos de fortalecer el posicionamiento que ALUAR tenía en el mercado nacional, amenazado por la política de apertura, lo cual también requirió de la asistencia de los profesionales del área de I+D. En esta línea, Rougier (2011) menciona que la firma avanzó en convenios para asistir técnicamente a empresas elaboradoras para promocionar los diferentes usos y aplicaciones del aluminio. A su vez, desarrolló nuevos productos en articulación con su subsidiaria KICSA y otras firmas, como Flamia para el diseño de aberturas y La Helvética para jaulas. Estas estrategias de asesoramiento técnico y de diseño de nuevos productos, en acompañamiento a un nuevo paradigma comercial, son algunos ejemplos de las demandas que se le presentaban a la gerencia de I+D, la que ratificó su rol de *staff* de otras gerencias.

En definitiva, ALUAR profundiza en este período su alejamiento del estilo tecnológico que supo mostrar durante los 80, caracterizado por un mayor equilibrio entre los diferentes componentes de las actividades de innovación, conjugando tecnología llave en mano y desarrollos propios -que demandaron I+D, ingeniería y diseño- no solo con fines de adecuación del capital físico importado. En los 90 la firma deja de construir su sendero tecnológico sobre la base de binomios de problema-solución. Por el contrario, en esta etapa ALUAR presenta una conducta tecnológica concentrada en la incorporación de máquinas y equipos con mejoras en el plano organizacional (Kosacoff y Ramos, 2006). Todas estas definiciones redundaron en una profunda reducción del área de I+D, que la consolidó en la función de asesor técnico, subordinada a la gerencia de producción.

## **5. Control de calidad en un período de reindustrialización y promoción al capital concentrado (2003-2007)**

El fin del régimen de convertibilidad, que había caracterizado a la política económica de los 90, estuvo signado por una profunda crisis económica, social y política. Luego de la crisis de 2001-2002, el período de posconvertibilidad se inicia con una devaluación del peso, bajo la presidencia de Duhalde, que provocó una modificación abrupta en los precios relativos y en las rentabilidades sectoriales, favoreciendo a la producción de bienes transables. No obstante, Kosacoff (2009) señala que las ramas manufactureras presentaron diferentes niveles de recuperación, dinamismo y contribución al crecimiento, de acuerdo al régimen competitivo y a su capacidad de respuesta al cambio en los precios relativos.

Si bien la industria fue la que lideró el proceso de reactivación económica, sólo alcanzó a revertirse parcialmente la desindustrialización de los años 90. Azpiazu y Schorr (2010) señalan que la reindustrialización en la posconvertibilidad fue acotada, dispar entre ramas y no logró modificar la estructura productiva respecto de la década anterior. El crecimiento económico se vinculó fuertemente con la producción exportable, pero también implicó incrementos significativos de los bienes vinculados al mercado interno (Basualdo, 2009). Aquellas empresas que estaban más cerca de la frontera tecnológica internacional, donde se ubica ALUAR, pudieron rápidamente incrementar sus exportaciones y sustituir importaciones, dado el nuevo tipo de cambio que favoreció a los productos transables.

El contexto macroeconómico de la posconvertibilidad resultó propicio para ALUAR, a raíz de su fuerte perfil exportador y la experiencia en desarrollo de mercados externos con el cambio de estrategia en los 90. El nuevo modelo instaurado desde 2003 promovió una acumulación extraordinaria de excedentes en un sector industrial que recibió suficientes estímulos del mercado para generar nuevos proyectos de ampliación en sus capacidades productiva y/o exportadora, y a los que además se les otorgó incentivos para la inversión a veces redundantes. Este entorno potenció los buenos resultados que ALUAR venía registrando y supo ser explotado por su presidente, Javier Madanes Quintanilla, quien ya venía de varios años de inversión en capacidad instalada, aun cuando el modelo de los 90 promovía el destino de los excedentes a la especulación financiera o al desarrollo del sector servicios.

En este período, Javier Madanes Quintanilla profundizó la estrategia ofensiva que venía desempeñando con éxito desde la década anterior, y postuló un nuevo proyecto de ampliación al concurso del Régimen de Promoción de Inversiones, que le permitió sacar provecho de los incentivos otorgados por la Ley 25.924. De esta manera, ALUAR volvió a echar mano a un recurso ya conocido por la firma y que le había redundado amplios beneficios en los 90: la ampliación de la planta y la integración hacia adelante.

La decisión de profundizar el desarrollo de otros mercados internacionales, con nuevos productos de mayor valor agregado, implicó nuevos desafíos tecnológicos en los procesos productivos, a la vez que debió enfocarse en alcanzar los parámetros de calidad, seguridad ocupacional y ambiental exigidos por los mercados a los que se intentaba exportar. El cumplimiento de dichos estándares internacionales impulsó diversas actividades de innovación en esos años, lo que redundó positivamente para la firma en una *competitividad no-precio* independiente del tipo de cambio real elevado.

En esta misma línea, ALUAR impulsó una forma de vincularse con el resto de la industria prestadora de servicios, de tipo colaborativo y con el objetivo de elevar la calidad en todo el complejo del aluminio. Javier Madanes Quintanilla tenía claro que la calidad de las prestaciones de sus contratistas era un componente importante en sus propios estándares. Por ello, se implementaron programas de asistencia para la certificación de normas de calidad en sus contratistas tercerizados, en los que involucraron a profesionales de los diferentes sectores de la firma. En otros casos, se avanzó en la absorción de dichas empresas proveedoras, asegurándose formalidad y calidad.

Durante la posconvertibilidad la gerencia de I+D mantuvo el rol de asistencia técnica a la gerencia de producción que desempeñó durante los 90. Las actividades relativas a las mejoras tecnológicas que más se destacaron en este período fueron las vinculadas a la vigilancia internacional de los avances tecnológicos, el asesoramiento en las operaciones de compra llave en mano y el posterior acompañamiento en la

implementación. Sin embargo, es importante considerar el componente de innovación que trajo aparejado el incremento en la capacidad instalada (Bernat, 2016), teniendo en cuenta que durante estos años ALUAR llevó a cabo su segundo proyecto de ampliación de la planta (con la serie D también adquirida a Pechiney) y la compra de otra empresa de semielaborados (ex ARKUZ, actualmente Semielaborados II). Dichas iniciativas demandaron la incorporación de nuevas máquinas y equipos, que aportaron novedades en materia de procesos y productos. En este sentido, y aun tratándose de una tecnología madura, el rol del área de I+D para la vigilancia y asesoramiento en la compra e implementación de los equipos más adecuados resultó de suma importancia.

Otro aspecto a considerar en relación a la asistencia brindada por el área es que el proyecto de inversión del 2005, en comparación con el ejecutado en 1995, presentó un mayor componente local en lo que refiere a dirección e ingeniería, servicios especializados, desarrollos específicos de estructuras, entre otras actividades. Esto promovió experiencias de innovación que contaron con el asesoramiento de los equipos especializados de ALUAR y, especialmente, de INFA.<sup>11</sup>

En lo que refiere a I+D específicamente, los proyectos en los que se trabajó en estos años tenían el objetivo de mejorar los parámetros de productividad de las cubas electrolíticas, como así también de los procesos complementarios. Por ello, se hicieron pruebas sobre ocho cubas prototipo para implementar luego sobre las series A, B y C. El repaso del perfil de las actividades de I+D que el área desempeñó durante la posconvertibilidad refleja una continuidad de la conducta de los 90. Esto confirma lo sostenido por Peirano y Porta (2005) respecto a que el nuevo escenario macroeconómico no generó necesariamente una mayor sofisticación en la producción, ni grandes cambios innovativos.

No obstante, a partir del análisis de los balances de ALUAR del 2003 al 2007 se destaca una fuerte vinculación de la I+D con las acciones orientadas a la mejora de los estándares de calidad, de seguridad ocupacional y de medioambiente. La relevancia dada en las memorias de los balances anuales a las acciones implementadas en pos de adecuar los procesos para certificar con el cumplimiento de la tri-norma (calidad, seguridad ocupacional y medioambiente) evidencia que se trató de una línea de trabajo central de la gerencia de I+D. La evolución de las incumbencias del área de I+D se refleja también en la estructura de las memorias, en las cuales las actividades de mejora de los procesos para la certificación comienzan siendo descriptas bajo el título de "Proyectos y mejoras tecnológicas" y luego mutan hacia el de "Investigación y desarrollo, seguridad e higiene industrial y sistemas de gestión".

Todo indica que durante la posconvertibilidad el área mantuvo el rol de asistencia técnica a la gerencia de producción, iniciado en los años 80 y profundizado en los 90, pero con una mayor dedicación en los 2000 a la tarea de atender las demandas emergentes de las definiciones comerciales. Si bien el vínculo con el área comercial ya provenía de los 90, cuando la nueva conducción implementó estrategias ofensivas para el ingreso a nuevos y más exigentes mercados, la estrategia en la posconvertibilidad de insertarse en nichos internacionales con altos estándares de calidad, seguridad ocupacional y medioambiente impuso una agenda de trabajo a la gerencia de I+D con eje en la mejora de los procesos.

El grado de incidencia que las exigencias ambientales de los mercados internacionales imponían a la agenda de la gerencia de I+D puede verse en uno de los escasos

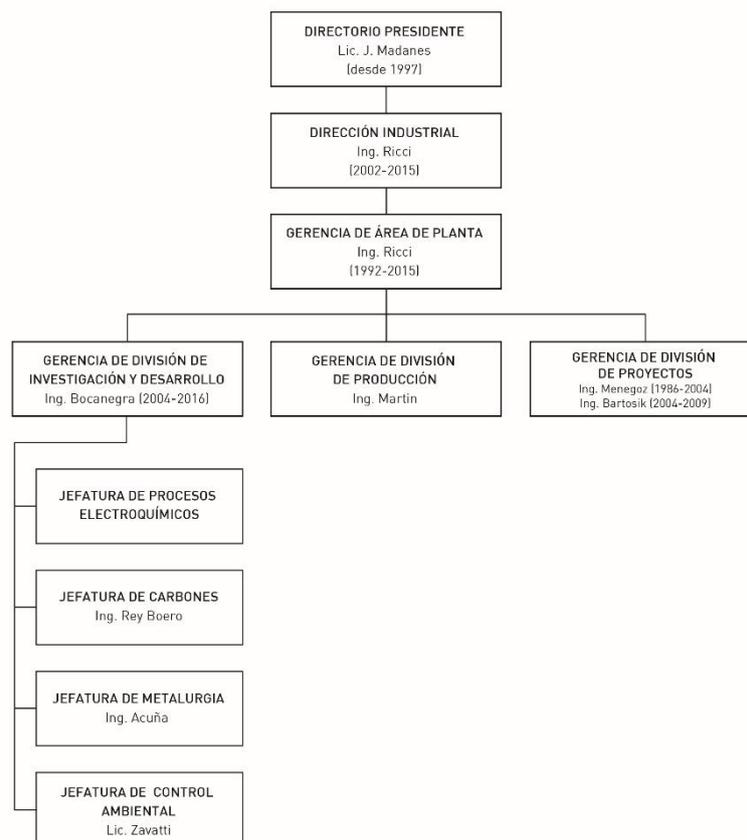
---

<sup>11</sup> Empresa prestadora de servicios de construcción y montajes electromecánicos asociados a la industria del aluminio, de la que se compró el 80% de las acciones en 2002.

proyectos de desarrollo tecnológico que se ejecutó en este período, vinculado a solucionar un tema ambiental y con potencial reconocimiento internacional. El proyecto atendió la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero, resuelto mediante el diseño de un algoritmo de detección temprana y apagado automático de efecto anódico para las cubas. A este desarrollo se intentó enmarcarlo como Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL), previsto en el Protocolo de Kioto, y cuyo resultado contribuiría a demostrar una vez más los esfuerzos de ALUAR por cumplir con los altos estándares ambientales.

Lo anterior se ve reflejado en el organigrama de la gerencia de I+D en la posconvertibilidad, donde en el 2003 se reincorpora la jefatura de control ambiental, a cargo de Zavatti, que había sido eliminada en 1993 y fusionada en Electroquímicos (**Figura 5**). Desde los inicios de ALUAR, la gerencia de I+D siempre había contado con un área dedicada con exclusividad a los temas ambientales, pero el proceso de reducción implementado para enfrentar la crisis de los 90 resolvió la eliminación de la jefatura.

**Figura 5. Organigrama parcial de ALUAR con estructura completa de gerencia de I+D (2004-2007)**



Fuente: elaboración propia

La revisión de la actividad de la jefatura de control ambiental, y de sus análogas en los inicios, permite identificar una evolución en sus incumbencias y en el perfil de sus

acciones, que reflejan los diferentes grados de relevancia que ALUAR fue otorgando a los temas ambientales y el énfasis particular que le dio durante la posconvertibilidad. Esto último se justifica en las posibilidades de atender mercados exigentes en relación con este aspecto. Zavatti comenta que:

“Siempre hubo una preocupación por el control ambiental. El Departamento de Control Ambiental estuvo en el organigrama original de ALUAR y dentro de la gerencia de I+D, porque hablar de temas ambientales en los 70 era claramente temas de investigación y desarrollo. El nombre del área fue cambiando, iniciando como Investigación ambiental, pasando por Control ambiental y, en la actualidad, Gestión ambiental. Esto es porque al principio se hacía más investigación y luego se focalizaron en el control como inspectores de calidad y mediciones de las emisiones. Con el advenimiento de los sistemas de gestión ISO 14.000-19.001 se dedicaron más a hacer gestión y establecer procedimientos” (Zavatti, 2015).

La lógica de responder a las exigencias del mercado también promovió que el Departamento de Control Ambiental se mantuviera dentro de la estructura de la gerencia de I+D, como había estado desde los inicios de ALUAR. Este lugar del organigrama facilitaba el vínculo con las ingenierías de procesos de electroquímica y carbones, que demandaban un fuerte control para el cumplimiento de los parámetros medioambientales. Finalmente, el departamento cambió su nombre en 2012 por el de gestión ambiental, manteniendo en la conducción a Zavatti y el lugar dentro de la gerencia de I+D. Si bien continuaron las tareas de medición a su cargo, las mismas se comenzaron a realizar en un marco de incumbencias más amplio, de diseño de protocolos y poder de contralor dentro de la firma para su implementación.

## Conclusiones

A lo largo de este artículo se describieron las estrategias tecno-productivas de ALUAR entre 1974 y 2007, siendo un caso interesante para abordar el problema del cambio técnico en grandes empresas de capital nacional de un país periférico y de alta inestabilidad político-económica como la Argentina. Más en general, el estudio realizado puede servir de base para comprender o comparar los procesos del cambio técnico y la acumulación de capacidades tecnológicas al interior de las firmas que conforman la élite empresaria argentina (que en la mayoría de los casos han sido beneficiarias de diferentes instrumentos promocionales de parte del Estado). En términos de hallazgos o implicancias: 1) se aprecia una trayectoria propia de aprendizaje y desarrollo de capacidades endógenas, incluso en contextos altamente inestables; 2) frente a este cambiante escenario, se despliega un sendero de constante reorganización de las estrategias tecno-productivas; 3) todo esto suele impactar en la organización, los objetivos y las actividades de (la gerencia de) I+D a lo largo del tiempo; y 4) en cada etapa se puede divisar, además, un vínculo entre señales o incentivos político-económicos, explícitos o implícitos, y la acumulación de activos, capacidades o tecnologías. En pocas palabras, el vínculo entre la micro y la macro ayuda a comprender algunas respuestas defensivas en contextos de crisis y, en otros, el aprovechamiento de oportunidades o el despliegue de acciones ofensivas por parte de este tipo de empresas.

El proyecto inicial de ALUAR se debe comprender en el marco de la estrategia nacional de desarrollo industrial y tecnológico orientada al autoabastecimiento de manufacturas y, en particular, de aluminio primario. Aunque los debates preliminares respecto al desarrollo de este sector se registran a mediados de la década del 40, la puesta en marcha de la única planta productora de aluminio primario que tiene la Argentina recién se dará en 1974. Durante estas décadas se originaron diversos proyectos de gran escala de capitales nacionales, como ALUAR, y paralelamente se establecieron las bases de una dinámica particular del cambio tecnológico bajo la agencia del Estado. Algunos de estos proyectos, desarrollados al amparo de regímenes promocionales, presentan recorridos poco tradicionales en cuanto a las estrategias de cambio técnico y a los procesos de acumulación de capacidades locales, que resultan interesantes en pos de analizar los procesos de desarrollo.

El hecho de que los contextos macroeconómicos vigentes durante la puesta en marcha y consolidación de ALUAR fueran bien diferentes a los dominantes durante la concepción del proyecto obligó tempranamente a la firma a revisar sus estrategias comerciales y tecno-productivas. Las mutaciones políticas y económicas relegaron de la agenda el crecimiento industrial y provocaron el achicamiento del mercado local, destinatario original de este material estratégico, lo que hizo que la firma debiera rediseñar sus horizontes. En este sentido, ALUAR se enfocó en el desarrollo de mercados internacionales y en las exigencias para su ingreso.

Sin restar mérito a la conducción de ALUAR, se observa como una constante del período analizado que la firma fue beneficiaria de múltiples instrumentos promocionales otorgados por el Estado, tal como se verifica para el resto de las firmas de la élite empresarial de Argentina. Asimismo, los vaivenes de la macro y de las políticas productivas en estas décadas, que profundizaron las diferencias estructurales entre los diferentes sectores manufactureros, generaron un grupo de grandes firmas con poder oligopólico y con un comportamiento tecno-productivo diferente al resto del tejido industrial, siendo ALUAR un caso de estudio representativo de dicho grupo.

La **Tabla 2** resume las estrategias tecno-productivas de ALUAR entre 1974 y 2007, y presenta las definiciones de la firma en interacción con los diferentes escenarios económicos e industriales en dicho período. El análisis del vínculo entre la micro y la macro permite explicar la naturaleza de algunas de estas decisiones como respuestas adaptativas (defensivas) a los cambios de la economía nacional o la intención de aprovechamiento (ofensivo) de oportunidades generadas por el entorno. La implementación de las estrategias de desarrollo de mercados externos es un ejemplo de la adecuación del proyecto original de producción local de aluminio primario, diseñado bajo la vigencia de un modelo centrado en la industria nacional y el mercado interno, diferente al de la puesta en marcha. En otros momentos, la firma no sólo adoptó estrategias defensivas (por ejemplo, ajustes del personal y racionalización de costos), sino que también desplegó acciones ofensivas para el desarrollo de nuevos nichos de mercado, la expansión de la capacidad productiva, la implementación de cambios tecnológicos o la adquisición de otras empresas estratégicas en la cadena de valor del aluminio. Esto último resultó una manera ventajosa para adquirir el capital físico de las firmas absorbidas, pero también el capital humano y el *stock* de conocimientos que poseían.

En lo que refiere a las estrategias tecnológicas implementadas por ALUAR, se identifican diferencias en cada etapa, vinculadas con demandas que surgieron de la puesta en marcha o el ajuste del proceso productivo, la inserción en nuevos mercados internacionales, mejoras de productos, entre otras. Varias de estas definiciones micro

se vinculan además con políticas macro que generaron oportunidades para un grupo de actividades industriales con productos transables. No obstante, la revisión de la conducta tecno-productiva de ALUAR desde el marco de la economía evolucionista aporta algunas reflexiones adicionales. El recorrido del comportamiento tecnológico de la firma demuestra la construcción de un *stock* de conocimientos especializados en la fabricación de aluminio primario, algo inexistente en el país hasta ese momento. Este *know how* único a nivel nacional se desarrolló a partir de procesos acumulativos de aprendizajes formales y tácitos, de todos los tipos (*by doing, using, interacting, exporting, etc.*), pero también por la combinación de diferentes actividades de innovación aplicadas a la búsqueda de soluciones en torno a problemas productivos concretos. Es así que puede observarse la construcción paulatina de un sendero tecnológico en ALUAR, con desarrollos concatenados y acumulación de conocimientos. Estas innovaciones incrementales fueron esenciales para alcanzar niveles de productividad muy por encima de los registrados en los inicios de la empresa.

Dependiendo del desafío a superar en cada etapa, se observa que se apela con mayor intensidad a algunas actividades de innovación que a otras, recurriendo a perfiles de recursos humanos diferenciados. En este sentido, se verifica que, en las primeras etapas, en las que el reto estaba en desarrollar el acervo local de conocimientos vinculados a la industria y el logro de la puesta en funcionamiento de la planta, las actividades de mayor importancia fueron las de investigación, de formación y construcción de capacidades internas, y de diseño e ingeniería para la adecuación de la tecnología adquirida. En cambio, las tareas de vigilancia tecnológica y la asistencia técnica para la certificación de normas (de calidad, ambientales y de seguridad e higiene) cobraron mayor intensidad en los últimos períodos.

Tabla 2. Políticas económica e industrial y estrategias tecno-productivas de ALUAR (1974-2007)

PERÍODO	POLÍTICA ECONÓMICA	POLÍTICA INDUSTRIAL	ESTRATEGIAS EMPRESARIALES DE ALUAR				
			EJE CENTRAL	TECNOLÓGICAS	ORGANIZACIONALES	COMERCIALES	PRODUCTIVAS
1974 - 1982	Liberalización de mercados y apertura externa - Reforma financiera 1977 - Política monetaria pasiva	Regímenes de promoción industrial con beneficios para pocos sectores industriales. Desarticulación productiva y regresividad industrial (desindustrialización y reprimarización)	Generar conocimiento nacional sobre producción de aluminio primario-Superar desafíos de instalación y puesta en marcha de la empresa-Provisión de energía con fuentes complementarias durante la construcción de Futaleufú	Desarrollo del know how nacional en producción de aluminio-Ingeniería propia orientada a la puesta en funcionamiento de tecnología adquirida-Intenso plan de capacitación y asistencia técnica a cargo de empresas extranjeras	1976: nuevo Director de Operaciones con perfil menos orientado a la I+D-1979: Baja de rango de la Gcia. de I+D a División (dependiendo de Gcia. Planta)-Reducción del personal y eliminación de toda la estructura vinculada a investigación básica	Reorientación al mercado externo por caída del mercado doméstico-1977: exportaciones indirectas a través de clientes-1979: exportaciones 20% de las ventas (Japón, Uruguay, Corea, Francia, Holanda)	1980: se alcanza producción a capacidad plena: nivel de producción más cercanos al diseño original de 140/150 mil ton. anuales, que permitió una "absorción racional de los costos fijos"
1983 - 1989	2 etapas-Grispun: redistribución del ingreso hacia asalariados p/ mejora demanda interna y apoyo a producción-Inicio renegociación deuda con FMI-Sourrouille: Plan Austral (85') p/ control déficit fiscal, déficit externo, control de inflación	Regímenes de promoción generan concentración de grupos económicos y desmantelamiento de PyMEs, provocan regresividad y heterogeneidad industrial-Promoción de la exportación para colocar sobre-oferta de productos locales	Ajuste del funcionamiento de la planta y aprovechamiento de la capacidad productiva instalada	Innovaciones incrementales más importantes en torno al cerramiento de cubas-Al complementarias concentradas en ingeniería y diseño propio-I+D externa, adquisición tecnología complementaria, capacitación en manipulación de las cubas cerradas	Cambios menores de estructura de I+D, pero relevantes en lo referente a perfiles de puestos claves: menos vinculados a la investigación, más involucrados a temas productivos	Profundiza ventas directas a mercados externos (exporta 50% de su producción) - Exportaciones indirectas llegan al 30% de las ventas y superan las directas (resultado de su programa de estímulo a clientes exportadores)	1983: adquisición de KICSA para incorporar líneas de extrusión, laminación y fabricación de papel aluminio y diversificar oferta exportable

PERÍODO	POLÍTICA ECONÓMICA	POLÍTICA INDUSTRIAL	ESTRATEGIAS EMPRESARIALES DE ALUAR				
			EJE CENTRAL	TECNOLÓGICAS	ORGANIZACIONALES	COMERCIALES	PRODUCTIVAS
1990 - 2002	Ley de Convertibilidad (1991) que fija paridad entre peso y dólar - Estabilización de precios - Apertura comercial - Privatización o conseción de activos públicos - Renegociación pasivos externos	Desintegración de la producción y debilitamiento de núcleos estratégicos de la matriz productiva - Concentración de la actividad manufacturera en grandes empresas oligopólicas (desindustrialización y reestructuración regresiva)- Extranjerización del capital industrial	Enfrentar crisis local e internacional con reestructuración y ajuste-Ampliación de la capacidad productiva	Fuerte vigilancia tecnológica y adquisición tecnología (en procesos de verticalización), capacitación en nuevos eslabones productivos y consultorías p/ certificación-Menos importante la I+D e ingeniería y diseño vinculadas a la adaptación de la tecnología llave en mano	Reducción del 30% plantel operativo y del 20% administrativo y generencial, justificada en estrategia de reducción de costos-Eliminación Dpto Investigación Ambiental de la Gcia. I+D	Acciones de estímulo a clientes locales (asistencia técnica y just in time p/ reducción de sus costos operativos que les permita subsistir)-Agregado de valor al aluminio primario (nuevos productos)	1996: adquiere CyK y crea División Elaborados: incorpora procesos p/ nueva línea de productos diferenciados-1995: ampliación capacidad productiva un 40%-1998: adquiere Uboldi y crea Semielaborados I: incorpora capacidad 50 mil ton. de aleaciones-2002: adquiere INFA incorpora servicios ingeniería
2003 - 2007	Tipo de cambio elevado con rentabilidad sectorial de bienes transables, altas tasas de crecimiento y demanda interna en expansión	Régimen de promoción p/ incentivar exportación dirigido a sectores beneficiados por el mercado generó profundización de la cúpula empresarial- Extranjerización del capital industrial	Ampliación de la capacidad productiva- Mejora de los parámetros de calidad exigidos en mercados internacionales	Asesoramiento a contratistas p/ elevar calidad-Vigilancia tecnológica, compra de equipos y maquinarias, capacitación y consultorías vinculadas a certificación de normas-I+D interna e ingeniería menos importantes	2003: se incorpora la Jefatura de Control Ambiental que había sido eliminada 10 años antes con el ajuste del personal	Diversificación de oferta con productos de mayor valor agregado y parámetros que responden a exigencias de mercados internacionales	2003: ampliación provisión de energía eléctrica mediante construcción nuevo tendido y acuerdo de suministro de gas por 20 años-2005: ampliación capacidad productiva en 35%

Fuente: elaboración propia

En lo relativo a la organización del área de I+D, la mutación de su estructura y los cambios en los perfiles de los profesionales a cargo de las gerencias y jefaturas evidencian el proceso de adecuación a los objetivos que la conducción de la firma fue priorizando a través de los años. Así es que la empresa original diseñada por Varsavsky, alineada a un modelo desarrollista promotor de una industria local basada en el conocimiento, se dotó de una estructura de gran dimensión dedicada a la investigación bajo la dirección de recursos humanos altamente formados, algo poco común en el ambiente empresarial de la época. La pronta transición hacia una empresa orientada al mercado y la necesidad de adecuarse al nuevo entorno impuesto por la última dictadura militar, no sólo apresuraron el alejamiento de Varsavsky, sino también el inicio de un proceso de redefinición de la política tecnológica, que paulatinamente se fue alejando de la impronta desarrollista del plan original. Estos cambios en la estrategia tecno-productiva de la firma se reflejaron en la reorganización de la gerencia de I+D, eliminando la totalidad de la estructura dedicada a investigación básica en pos de priorizar las áreas de desarrollo a cargo de ingenieros.

En suma, este artículo pretende haber contribuido a la comprensión de los procesos del cambio técnico y de acumulación de capacidades tecno-productivas en grandes empresas argentinas, que conforman el grupo de firmas beneficiadas por la política económica e industrial de las últimas décadas. La evidencia recolectada del caso de ALUAR puede resultar una base empírica y analítica útil para los responsables del diseño de políticas de desarrollo productivo, y para una comprensión holística de sus luces y sombras. Por un lado, se destaca el poder transformador del Estado y su acompañamiento en el desarrollo de actividades sin experiencia previa en el país, con la consecuente trayectoria de construcción de capacidades tecnológicas, procesos de aprendizaje e innovación, incrementos de productividad, diversificación y creación de nuevos mercados. La contracara negativa de todo el período analizado, caracterizado por la profundización de la heterogeneidad estructural, es que el progreso de un grupo de firmas oligopólicas de élite se vio acompañado por un proceso de desarticulación productiva y regresividad industrial por el lado de las empresas de menor tamaño, con la consecuente destrucción de capacidades tecno-productivas y puestos de trabajo.

### **Agradecimientos**

Se agradecen los valiosos comentarios de un evaluador anónimo de la revista, como así también de Bernardo Kosacoff, Marcelo Rougier y Martín Schorr, jurados de la tesis de maestría en ciencia, tecnología e innovación (Universidad Nacional de Río Negro), de la cual se desprende este artículo. Como es usual, los errores remanentes son de nuestra exclusiva responsabilidad.

### **Bibliografía**

Anlló, G., Lugones, G. y Peirano, F. (2007). La innovación argentina post-devaluación, antecedentes previos y tendencias a futuro. En B. Kosacoff (ed.), Crisis, recuperación y nuevos dilemas. La economía argentina, 2002-2007. Santiago de Chile: CEPAL.

Ares, J., Calandra, A. y Cobo, O. (1993). Empresas líderes en desarrollo, aplicación y difusión de tecnologías ambientalmente racionales en América Latina: El caso de ALUAR Aluminio Argentina SAIC. Buenos Aires: CEPAL.

Arrow, K. (1962). *The rate and direction of inventive activity: Economic and social factors*. Princeton: Princeton University Press.

Azpiazu, D., Basualdo, E. y Schorr, M. (2001). *La industria argentina durante los años noventa: Profundización y consolidación de los rasgos centrales de la dinámica sectorial pos-sustitutiva*. Buenos Aires: FLACSO.

Azpiazu, D. y Schorr, M. (2010). *Hecho en Argentina. Industria y economía, 1976-2007*. Buenos Aires: Siglo XXI.

Basualdo, E. (2009). Evolución de la economía argentina en el marco de las transformaciones de la economía internacional de las últimas décadas. En E. Arceo, y E. Basualdo (eds.), *Los condicionantes de la crisis en América Latina*. Buenos Aires: CLACSO.

Bernat, G. (2016). *Innovación en la industria manufacturera en la posconvertibilidad: la necesidad de complementar con políticas industriales*. Buenos Aires: CIECTI.

Bisang, R. (1994). *ALUAR: Trayectoria económica y competitividad internacional*. San Pablo: CYTED.

Brunn, H. y Hukkinen, J. (2003). Crossing boundaries: An integrative framework for studying technological change. *Social Studies of Science*, 33(1), 95-116.

Cobo, O. y Calandra, A. (1992). *Innovación tecnológica en la producción de aluminio*. *Revista Ciencia Hoy*, 4(21), 1-8.

De Alto, B. (2013). *Autonomía tecnológica. La audacia de la División Electrónica de Fate*. Buenos Aires: CICCUS.

Dosi, G. (1982). Technological paradigms and technological trajectories: A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Research Policy*, 11(3), 147-162.

Estevez, J.C. y Girardi, R. (1988). *Industria del aluminio en Puerto Madryn*. Buenos Aires: CEPAL.

Fanelli, J. y Frenkel, R. (1995). Estabilidad y estructura: Interacciones en el crecimiento económico. *Revista de la CEPAL*, 56, 25-41.

Freeman, C. (1987). *Technology policy and economic performance: Lessons from Japan*. Londres: Pinter.

Freeman, C. (1995). The national innovation systems in historical perspective. *Cambridge Journal of Economics*, 19(1), 5-24.

Freeman, C. y Pérez, C. (1988). Structural crises of adjustment: Business cycles and investment behavior. En G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg y L. Soete (eds.), *Technical change and economic theory*. Pisa: LEM.

Harriague, S., Quilici, D. y Sbaffoni, M. (2007). *El modelo del Triángulo de Sabato y tres casos argentinos*. XII Seminario Latino-Americano de Gestión Tecnológica, Buenos Aires.

Heymann, D. (2000). Políticas de reforma y comportamiento macroeconómico: La Argentina en los noventa. Serie Reformas Económicas No. 61. Santiago de Chile: CEPAL.

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

Katz, J. (1998). Aprendizaje tecnológico ayer y hoy. *Revista de la CEPAL*, No. extraordinario, 63-76.

Katz, J. y Bernat, G. (2013). Interacciones entre la macro y la micro en la postconvertibilidad: Dinámica industrial y restricción externa. *Desarrollo Económico*, 52(207-208), 383-404.

Kosacoff, B. (1993). *La industria argentina: Un proceso de reestructuración desarticulada*. Buenos Aires: CEPAL.

Kosacoff, B. (1994). La industria argentina: De la sustitución a la convertibilidad. En J. Katz (ed.), *Estabilización macroeconómica, reforma estructural y comportamiento industrial*. Santiago de Chile: CEPAL.

Kosacoff, B. (2009). Marchas y contramarchas de la industria argentina (1958-2008). *Boletín Informativo Techint*, 330, 101-124.

Kosacoff, B. y Ramos, A. (2005). Comportamientos microeconómicos en entornos de alta incertidumbre: La industria argentina. *Boletín Informativo Techint*, 318, 73-115.

López, A. (2002). Industrialización sustitutiva de importaciones y sistema nacional de innovación: un análisis del caso argentino. *REDES*, 10(19), 43-85.

Lundvall, B. (1985). *Product innovation and user-producer interaction*. Aalborg: Aalborg University Press.

Lundvall, B. (ed.) (1992). *National systems of innovation. Towards a theory of innovation and interactive learning*. Londres: Pinter.

Massare, B. (2014). De los neumáticos a los chips: el rol de la I+D en el desarrollo de las calculadoras y computadoras en la División Electrónica FATE (1969-1982). III Simposio de Historia de la Informática de América Latina y el Caribe, Montevideo.

Nelson, R. (ed.) (1993). *National innovation systems. A Comparative Analysis*. Nueva York: Oxford University Press.

Nelson, R. y Winter, S. (1974). Neoclassical vs. evolutionary theories of economics growth: Critique and prospectus. *The Economic Journal*, 84(336), 886-905.

Nochteff, H. (1994). Los senderos perdidos del desarrollo. Elite económica y restricciones al desarrollo en la Argentina. En D. Azpiazu y H. Nochteff (eds.), *El desarrollo ausente. Restricciones al desarrollo, neoconservadorismo y elite económica en la Argentina*. Buenos Aires: FLACSO.

Pérez Álvarez, G. (2011). Paternalismo, experiencia obrera y desarrollo del régimen de gran industria: La historia de ALUAR. *Revista Mundos do Trabalho*, 3(6), 130-150.

Peirano, F. y Porta, F. (2005). La Macro propone y la Micro dispone: Reflexiones sobre la economía argentina. Proyecto Sistema nacional y sistemas locales de innovación: Estrategias empresarias innovadoras y condicionantes meso y macroeconómicos. Buenos Aires: SECYT.

Rosenberg, N. (1982). *Inside the black box: Technology and economics*. Cambridge: Cambridge University Press.

Rougier, M. (2011). Estado y empresarios de la industria del aluminio en la Argentina: El caso ALUAR. Bernal: Editorial UNQ.

Schorr, M. (2011). La desindustrialización como eje del proyecto refundacional de la economía y la sociedad en Argentina, 1976-1983. *Revista América Latina de Historia Económica*, 19(3), 31-56.

Varsasvky, C. (1972). Exposición de Carlos Manuel Varsasvky. Seminario de Ciencia y Tecnología Argentinas en la Industria, Fundación Bariloche.