



**Universidad de Chile**

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas

Departamento de Bioquímica y Biología Molecular

**“Bioquímica y Sociedad: el rol de las investigaciones en catálisis enzimática, biomoléculas, metabolismo de carbohidratos y biología molecular en la institucionalidad científica chilena entre los años 1957 y 1980”**

Memoria para optar al título profesional de  
Bioquímico

**Cristóbal Alejandro Olivares Vargas**

**Directores**

**Dr. Christian A.M. Wilson Moya**

Laboratorio de Bioquímica de Moléculas Individuales y Mecanobiología

Departamento de Bioquímica y Biología Molecular

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas

Universidad de Chile

**Dra. Bárbara Kirsi Silva Avaria**

Departamento de Historia

Facultad de Filosofía y Humanidades

Universidad Alberto Hurtado

**Marzo, 2022**

## **Financiamiento**

Este trabajo fue financiado bajo el proyecto FONDECYT N°11200168 de la Dra. Bárbara Silva Avaria y el FONDECYT N°1181361 del Dr. Christian Wilson Moya.

### **Participación en congresos:**

**Presentación oral:** Olivares, C.; Wilson, CAM.; Silva, B.; Ciencia y sociedad: el rol de los bioquímicos en la institucionalidad científica chilena entre los años 1960 y 1980. VIII Encuentro de Ciencia, Tecnología y Sociedad – Universidad Arturo Prat – Enero de 2021. Panel: Estudios de CTS en tiempos constituyentes y pandémicos: desafíos, encrucijadas y reflexiones en marcha

**Presentación oral:** Olivares, C.; Wilson, CAM.; Silva, B. “Science and society: the role of the biochemists on the Chilean scientific institutionalization between the years 1957 and 1980”. Science and Technology Global Conference – The George Washington University, Arizona State University and University of Maryland – Abril de 2021. Panel: Healthcare and History

**Presentación oral:** Olivares, C.; Wilson, CAM.; Silva, B. “Ciencia y Sociedad: el rol de la bioquímica profesional en la institucionalidad científica chilena entre los años 1957 y 1980”. II Encuentro de Ciencia, Tecnología y Sociedad – Pontificia Universidad Católica del Perú – Agosto de 2021. Panel: Speedtalks

**Presentación oral:** Olivares, C.; Wilson, CAM.; Silva, B. Ciencia y sociedad: el rol de la bioquímica profesional en la institucionalidad científica chilena entre los años 1957 y 1980. XXXVII Congreso de la Asociación Nacional de Estudiantes de Bioquímica – Universidad de Chile – Agosto de 2021. Panel: Competencia de presentaciones orales (3er lugar) – Genética.

**Poster:** Olivares, C.; Wilson, CAM.; Silva, B. Science and Society: The role of professional Biochemistry in the Chilean Scientific Institutionalization between 1957 and 1980. XLIV Reunión Anual de la Sociedad de Bioquímica y Biología Molecular – Octubre de 2021. Panel: Poster presentation

**Presentación oral:** Olivares, C.; Wilson, CAM.; Silva, B. Ciencia y Sociedad: el rol de la bioquímica profesional en la institucionalidad científica chilena en la segunda mitad del siglo XX. IX Encuentro de Ciencia, Tecnología y Sociedad – Universidad de Santiago de Chile – Enero de 2022. Panel: Política científica en tiempos de transformación.

“La historia, parafraseando a Georges Clemenceau, es un tópico demasiado importante para ser dejado exclusivamente a los historiadores”

**Dankward A. Rustow**, *"Transitions to Democracy. Toward a Dynamic Model"*

“El siglo XXI (...) sólo será más que una promesa y una esperanza de la profesión bioquímica si logra su identidad y su convergencia en la sociedad en que debe ejercer, a través de un proceso educativo que forme profesionales orientados a servir al ser humano en **ciencia y humanidad** y capaces de adaptarse a los desafíos de un entorno en permanente cambio”

**Mario Sapag-Hagar**, *"El cincuentenario de la carrera de Bioquímica en la Universidad de Chile"*

*Capítulo 4: (...) Las proyecciones futuras de la Bioquímica en Chile"*

*A mis profesoras, profesores, amigos, familia y a las comunidades universitarias  
que fueron parte de mi proceso educativo  
y me orientaron a servir a mi entorno con **ciencia y humanidad***

### iii. Agradecimientos y dedicatorias

Detrás del inicio y finalización de este trabajo de tesis hubo un gran número de personas que, con mucho orgullo y satisfacción, puedo decir que ayudaron al desarrollo de esta. Para ahondar en dicho proceso, debo referirme a quienes fueron parte de mi diversa formación.

A mis compañeros, amigos, profesores y profesoras de Bioquímica de la Universidad de Concepción, donde estudié entre los años 2015 y 2016. Dentro de esta casa de estudios, el compartir con gente de todas partes de Chile en un campus único que converge varias áreas del conocimiento me formó de una manera muy humilde y completa. Con esta experiencia, llevo el desarrollo libre del espíritu (como bien dice su himno) como norte en mi vida. Honor y gloria a la casa de Molina Garmendia y a toda su comunidad.

A mi director de tesis, el profesor Christian Wilson, cuyo apoyo, cercanía y atención me inspiran a ser el mejor profesional que puedo ser; con la perspectiva científica y el pensamiento crítico que todo bioquímico debe tener. Las ideas que le dieron origen a este trabajo comienzan con la primera clase que yo tuve en la Universidad de Chile, "*Hitos de la bioquímica en Chile*", la que dictó el mismo profesor Wilson. Luego, en el año 2019, en el clásico almuerzo de pescado frito con él dentro del hospital psiquiátrico de la Chile, empezaron las primeras conversaciones que le dieron el nacimiento puntual a este proyecto de título (y de vida, debo decir). El profesor Christian siempre me acompañó y apoyo, incluso en los momentos más difíciles de esta tesis. Gracias por su amistad, que superó las fronteras de la docencia.

A los y las integrantes del laboratorio de Bioquímica de Molécula Individual y Mecanobiología: Hilda, Luka, Miguel, Valentina, Flavia, Nathalie y Wendy, con quienes pasé mis mejores momentos de vida científica en la Universidad de Chile y me apoyaron en este camino de la historia y política de las ciencias. Gracias por las conversaciones, enseñanzas, momentos divertidos, caminatas/trekkings, experiencias que estarán por siempre conmigo, y por integrarme de manera fraterna al grupo, lo que hizo que la pandemia no se sintiera tan aplastante.

A mi directora de tesis, la profesora Bárbara Silva, quien en un contexto tan complicado como la pandemia, aceptó ayudarme y enseñarme elementos de investigación histórica que terminaron siendo un pilar y antorcha para esta tesis. Esto profundizó el nivel crítico e intelectual de este trabajo y le dio un sello esencial a la parte histórica científica y sociohistórica. Gracias por su disposición y apoyo, los que me llevaron a tomar al rol de la historia de las ciencias como un área de tremenda importancia, cosa que me harán referirme e inspirarme siempre a este campo de aquí al futuro.

A Martín Pérez, quien desde Arizona y sin importar que no haya podido ser parte de mi comisión evaluadora, se tomó el tiempo de asesorar y darle forma a este proyecto de tesis. Gracias por la inspiración para pensar en un mejor camino hacia una política de las ciencias y por la valiosa enseñanza de que no por hacer algo fuera de laboratorio “dejare de ser bioquímico”. Gracias por la compañía y amistad a la distancia, las que me ayudaron a mirar esta investigación y mi futuro profesional con mayor seguridad.

Al equipo del curso de Cultura Científica de mi facultad, especialmente a la profesora María José Gallardo quien me dio la oportunidad de ser su primer ayudante dentro del curso y que me abrió las puertas para hacer mis primeras clases de historia y política de las ciencias, con sus interesantes evaluaciones anexas. Gracias por darme la oportunidad de vivir la docencia universitaria, lo que me otorgó las alas para proyectar lo que quiero hacer en mi vida profesional.

A la profesora María Antonieta Valenzuela, por darme la oportunidad de estudiar en la Casa de Bello, por su docencia y por su tremenda cercanía, lo que nos hacía tomar varios y agradables minutos hablando en los pasillos de la facultad. Gracias por estar conmigo de principio a fin, lo que también implicó el importante apoyo para que esta tesis se pudiese realizar y así, determinar mi ingreso y egreso.

A la profesora Daniela Seelenfreund por su constante apoyo desde el principio de esta tesis y por su detallada lectura y corrección, lo que la llevó a un pulido que jamás creí que llegaría. Gracias por sus enseñanzas y por su profundo apoyo a los estudiantes que se dejó la certeza de que siempre se puede hacer una mejor ciencia para la sociedad con un sentido crítico.

A los miembros de mi comisión, el profesor Javier Puente, por su atenta corrección y también por el apoyo que le dedicó a la realización de este proyecto de título; y la profesora Lorena García por su revisión y atención a los detalles bioquímicos de esta tesis.

A todos los profesores, amigos y compañeros de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas con quienes compartí, aprendí y viví gran parte de mi vida universitaria en la Universidad de Chile.

A todos los miembros de las instituciones donde hice mis prácticas profesionales y me formaron y apoyaron en este camino: el Instituto de Neurociencia Biomédica y el Proyecto Anillo: “*Knowledge production in contemporary Chile*”.

A la Asociación Nacional de Estudiantes de Bioquímica (ANEB), institución la cual fui delegado, por ser el espacio donde me desempeñé en lo que siempre quise hacer, llevar el interés por la ciencia a las personas. Esta aventura, que lleve a cabo por tres años, no pudo haber sido posible sin los delegados con los que trabajé: Constanza, Vicente y Camila;

y por supuesto, a los y las delegadas con quienes desarrollamos una linda amistad en las filiales de: la Católica, la de Santiago de Chile, la Católica de Valparaíso y (por supuesto) la de Concepción. Que la ANEB siga siendo un espacio donde los estudiantes creen y hagan de la bioquímica un espacio diverso.

A la linda comunidad de Congreso Futuro y al equipo de voluntarios del que fui parte por dos años, cuya pasión por el trabajo de la comunicación profesional de las ciencias inspiraron a la realización de un trabajo como este.

A mi polola y mejor amiga, Victoria, cuya irrenunciable creencia en mí y mis capacidades me ayudan siempre a esbozar una sonrisa y a tener las ganas de seguir en este camino. Gracias por enseñarme la importancia del compañerismo y por inspirar una enorme pasión por la interdisciplina, lo que se encuentra detrás de este proyecto y de nuestras carreras, Bioquímica y Derecho (ciencia y humanidades).

A mis amigos del colegio y de la vida, por los buenos momentos y sincera amistad: Carlos, Ignacio, Tomás, Benjamín y Fabián. Su apoyo, compañía, reflexiones y humor me levantaron varias veces dentro de este proceso.

A los miembros, compañeros y académicos de la Facultad de Economía y Negocios de la Universidad de Chile, quienes llevaron a encantarme con el campo de la economía, con un alto nivel de exigencia, profundidad y diversidad.

A mi familia. A mis padres, Jorge y Carolina, por su apoyo, atención y crítica que bien, a veces podía ser dura, era realista y me ayudaba a tener los pies en la tierra. Gracias por todo su trabajo, dedicación, amor, y por dejarme el camino para poder ser libre de elegir y tener el privilegio de tener una excelente educación que lamentablemente, muchos otros no pueden tener. A la Srta. Haydee, cuya dedicación a nuestra casa y enorme cariño siempre nos ha ayudado a mantener nuestras actividades cotidianas y vida a flote. A mis hermanas, quienes forjaron parte importante de mi personalidad, y especialmente a mi hermanita pequeña, Isidora, de quien aprendí a ser más atento, responsable y a la vez divertido. Gracias por darme la oportunidad de ser esa persona a quien admirar. En un futuro serás tú a quien mirare con gran admiración, mi pequeña gigante.

Mi camino continua dentro del Magíster en Políticas Públicas de mi alma mater, donde buscaré entender el fenómeno de lo público y su relación con el conocimiento científico y la investigación. Por el sendero que he estado recorriendo, se que el camino a una mejor ciencia y su conexión con Chile son posibles.

**Infinitas gracias**

#### iv. Índice de contenidos

1. Introducción .....	1
1.1. Las ciencias y la bioquímica dentro del contexto internacional en el siglo XX .....	1
1.2. El camino a la profesionalización de la Bioquímica en Chile en la segunda mitad del siglo XX .....	3
1.3. El dinámico contexto político y social chileno .....	4
1.4. La convergencia entre rol investigativo y rol público .....	6
1.5. El esfuerzo institucional de los bioquímicos y el bajo aporte del Estado .....	9
2. Hipótesis .....	11
3. Objetivos .....	11
4. Métodos .....	12
4.1. Cuantificación de la actividad científica de Hermann Niemyer, Osvaldo Cori y Jorge Allende entre 1957 y 1980.....	12
4.2. Búsqueda bibliográfica respecto a la creación de la carrera de bioquímica e instituciones científicas relevantes donde contribuyeron estos tres investigadores .....	13
4.3. Aplicación de entrevistas semiestructuradas a actores relacionados a los sujetos de estudio, que conocieron el contexto de la investigación bioquímica y el desarrollo de instituciones científicas entre 1957 y 1980 .....	13
4.4. Cálculo del índice h a partir de las citas de las principales publicaciones científicas de Niemyer, Cori y Allende entre 1957 y 1980 .....	14
4.5. Correlación estadística entre la actividad científica de los sujetos de estudio y la actividad científica nacional entre 1957 y 1980 .....	15
5. Resultados.....	17
5.1. Bioquímica profesional: uno de los comienzos de las instituciones que configuraron la ciencia en Chile en la segunda mitad del siglo XX.....	17
5.2. Hermann Niemyer: investigación en el metabolismo de carbohidratos, rol público en la academia y formación institucional .....	17
5.2.1. Rol y trayectoria científica de Hermann Niemyer entre 1957 y 1980.....	18
5.2.2. Roles y trayectoria pública de Niemyer entre 1957 y 1980.....	20
5.2.3. Análisis conjunto de roles científicos y públicos de Niemyer entre 1957 y 1980	23
5.2.4. Fondos adjudicados en las investigaciones de Hermann Niemyer entre 1957 y 1980.....	24
5.3. Osvaldo Cori: profesor y gestor de la Bioquímica e investigación profesional ....	25
5.3.1. Rol investigativo y actividad científica de Osvaldo Cori entre 1957 y 1980..	26
5.3.2. Roles y trayectoria pública de Cori entre 1957 y 1980.....	28

5.3.3.	Análisis conjunto de roles científicos y públicos de Cori entre 1957 y 1980.	30
5.3.4.	Fondos adjudicados en las investigaciones de Osvaldo Cori entre 1957 y 1980	32
5.4.	Jorge Allende: Llegada de la biología molecular a Chile y mejoramiento de las redes científicas internacionales	32
5.4.1.	Rol investigativo y actividad científica de Jorge Allende entre 1957 y 1980.	34
5.4.2.	Roles e hitos públicos de Allende entre 1957 y 1980.	36
5.4.3.	Análisis conjunto de roles científicos y públicos de Allende entre 1957 y 1980	38
5.4.4.	Fondos adjudicados en las investigaciones de Jorge Allende entre 1957 y 1980	39
5.5.	Relación entre los roles científicos y públicos de Niemeyer, Cori y Allende entre 1957 y 1980	40
5.5.1.	Impacto de las investigaciones científicas de Niemeyer, Cori y Allende entre 1957 y 1980.	40
5.5.2.	Comparación entre la compatibilidad de las actividades científicas y trayectorias públicas de Niemeyer, Cori y Allende entre 1957 y 1980	41
6.	Discusiones	45
6.1.	Bioquímica profesional y la configuración de la institucionalidad científica chilena	45
6.2.	Influencia del contexto internacional en la configuración de la profesionalización e institucionalización científica	48
6.4.	Equipos de Investigación, formación de futuros profesionales y el caso de investigadoras en la bioquímica chilena	50
6.5.	Dificultades de la investigación histórica en ciencias: utilización de datos para resultados cualitativos y cuantitativos.	52
6.6.	Entendiendo la política científica contemporánea a partir de la historia de las ciencias.	52
7.	Conclusiones	55
8.	Bibliografía	56
9.	Anexos	61



## v. Índice de tablas y figuras

Figura 1. Hitos importantes de la vida de Hermann Niemeyer.....	7
Figura 2. Hitos importantes de la vida de Osvaldo Cori.....	8
Figura 3. Hitos importantes de la vida de Jorge Allende.....	9
Figura 4. Hitos públicos científicos que ocurrieron después de la fundación de la carrera de Bioquímica.....	17
Figura 5. Contraste de rol científico y rol público de Hermann Niemeyer entre 1957 y 1980.....	18
Figura 6. Cristal de la Glucoquinasa de ser humano ( <i>Homo sapiens</i> ).....	19
Figura 7. Actividad científica de Hermann Niemeyer (1957 – 1980) .....	23
Figura 8. Proporción de fondos adjudicados por Hermann Niemeyer (1957 – 1980) .....	25
Figura 9. Contraste de rol científico y rol público de Osvaldo Cori entre 1957 y 1980 .....	26
Figura 10. Cristal de Apirasa de ser humano ( <i>Homo sapiens</i> ) .....	27
Figura 11. Actividad científica de Osvaldo Cori (1957 – 1980) .....	31
Figura 12. Proporción de fondos adjudicados por Osvaldo Cori (1957 – 1980) .....	32
Figura 13. Contraste de rol científico y rol público de Jorge Allende entre 1957 y 1980 .....	33
Figura 14. Cristal de la Treonil tRNA sintetasa de <i>Thermus thermophilus</i> .....	35
Figura 15. Actividad científica de Jorge Allende (1957 – 1980) .....	38
Figura 16. Proporción de fondos adjudicados por Jorge Allende (1957 – 1980) .....	39
Figura 17. Índice h de las publicaciones científicas de Niemeyer, Cori y Allende (1957 – 1980) ...	41
Figura 18. Comparación entre la suma actividad científica de los sujetos de estudio y la suma de la trayectoria pública de estos científicos entre 1957 y 1980 .....	42
Figura 19. Correlación por años entre la actividad científica de Niemeyer, Cori y Allende y la actividad científica nacional (1957 – 1980) .....	44
Figura 20. Genealogía académica de Hermann Niemeyer, Osvaldo Cori y Jorge Allende durante su carrera como investigadores y formadores .....	51
Tabla 1. Palabras claves a utilizar para la búsqueda de publicaciones científicas entre 1957 y 1980 en las bases de datos GS y Sc.....	12
Tabla 2. Personas entrevistadas mediante la metodología de entrevistas semiestructuradas .....	14
Tabla 3. Medidas estadísticas de correlación entre la actividad científica de los sujetos de estudio y la actividad científica nacional .....	43

## vi. Abreviaturas

ANID	Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo
APP	Alianza Para el Progreso
CB	Catálogo Bello
CEACB	Centro de Estudios Avanzados en Ciencias Biológicas
CONICYT	Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica
CRUCH	Consejo de Rectores de las Universidades Chilenas
EE. UU	Estados Unidos
FACIN	Facultad de Ciencias
FAQYF	Facultad de Química y Farmacia
FONDECYT	Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico
GS	Google Scholar
ICRO	<i>International Cell Research Organization</i>
$K_m$	Constante de Michaelis
$n_{a.c.t}$	Total de actividad científica de los tres investigadores
$n_{a.c.n}$	Total de actividad científica nacional
NIH	<i>National Institute of Health</i>
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
SBBM	Sociedad de Bioquímica y Biología Molecular
Sp	Scopus
tRNA	Ácido Ribonucleico de transferencia
UCh	Universidad de Chile
UNESCO	Organización Cultural, Científica y Educativa de las Naciones Unidas
UPR	Universidad de Puerto Rico

## **vii. Resumen**

Es importante estudiar la historia de las ciencias experimentales y su impacto en Chile para entender la relevancia social e institucional de la investigación científica en el país. En 1957, se crea la carrera de Bioquímica en la Universidad de Chile; el primer programa de pregrado dedicado exclusivamente a formar científicos profesionales en el país. Esta carrera abrió nuevas posibilidades de trabajo investigativo y reconocimiento de científicos en espacios públicos. Luego, en 1967, el presidente Frei Montalva crea la Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología (CONICYT), la primera institución estatal encargada en administrar centralizadamente la investigación científica nacional y que tuvo una importante influencia de profesionales científicos.

Entre los que estaban vinculados a la bioquímica, se distinguen por sus contribuciones científicas y participación en el espacio público: Hermann Niemeyer, fundador del primer programa de doctorado en ciencias, cofundador de la primera Facultad de Ciencias e investigador principal en metabolismo en carbohidratos; Osvaldo Cori, cofundador de la carrera de Bioquímica, parte de la primera mesa directiva de CONICYT e investigador en catálisis enzimática y biomoléculas; y Jorge Allende, profesor de las primeras clases de biología molecular en Chile, generador de redes de colaboración latinoamericanas en ciencias e investigador principal en biosíntesis de proteínas. Desde la biografía de estos investigadores, se puede comprender la relación entre ciencias e institucionalidad científica.

Este trabajo sociohistórico tiene como objetivo analizar e interpretar las contribuciones científicas y públicas de estos científicos que ayudaron a levantar la institucionalidad científica en Chile entre 1957 y 1980. El propósito de aquello es contribuir al entendimiento disciplinar de las instituciones científicas nacionales. Esto se llevó a cabo con análisis cualitativos, basados en entrevistas semiestructuradas e investigación en fuentes históricas, y con trabajo cuantitativo, midiendo la actividad científica de cada investigador. Se descubrió que las conexiones entre estos investigadores y atención hacia el trabajo científico los impulsó a buscar representatividad, lo que los llevó a importantes cargos tanto universitarios como de gestión pública. A su vez, se descubrió que las líneas de investigación de estos científicos potenciaron el aporte científico nacional y la institucionalidad de manera directa, pero el desarrollo óptimo de este trabajo científico no fue compatible con sus roles públicos.

## **viii. Abstract**

*“Biochemistry and society: The role of research in enzymatic catalysis, biomolecules, carbohydrate metabolism and molecular biology in the Chilean scientific policy institution between the years 1957 and 1980”*

It is important to study the history of experimental science and its impact in Chile in order to understand the social and institutional relevance of scientific research in the country. In 1957, the University of Chile creates the first experimental science career in the country: Biochemistry. This program sparked new possibilities for scientific research and public space for professional scientists. Later, in 1967, President Frei created the National Commission of Science and Technology, which was highly influenced by this new generation of professionals.

Among those related to biochemistry, those who stand out for their contributions and participation in the public policy discussion are: Hermann Niemeyer, founder of the first Ph.D. program in science and researcher in the carbohydrate metabolism; Osvaldo Cori, cofounder of the Biochemistry career and researcher of enzymatic catalysis and biomolecules; and Jorge Allende, coordinator of the first Molecular Biology classes and one of the principal researchers of the biosynthesis of proteins. The relationship between biochemistry and the national scientific institutions can be traced, based on the analysis of these personalities and their research.

This scientific sociohistorical work aimed to analyze and interpret the scientific contributions of these pioneers in biochemistry to the institutionalization and strengthening of the experimental sciences in Chile between 1957 and 1980. The purpose is to contribute to the understanding of the creation and workings of public science institutions in Chile. This was carried out by qualitative analysis, making semi-structured interviews and research in historical sources, and by quantitative analysis, measuring the scientific activity of these researchers. We have discovered connections between these scientists and how the lack of resources and the poor settings for carrying out research pushed them to seek representativity and lead them to take important positions in the main institutions that administrate scientific research. At the same time, we have discovered that their research directly enhanced the national scientific work and the national scientific institution, but the prime development of the scientific work was not compatible with their public role.

## **1. Introducción**

La fundación de la carrera de Bioquímica en Chile en 1957 marcó un hito en la generación de una base profesional científico-investigativa en el país. Esta fue la primera carrera profesional que se dedicó a formar exclusivamente a científicos e investigadores en ciencias naturales y experimentales (*Sapag-Hagar, M. et al. 2007*). Las investigaciones que primaban en el periodo de la fundación de la carrera de bioquímica eran investigaciones en fisiología experimental, metabolismo y catálisis enzimática, las que hasta ese momento eran mayoritariamente desarrolladas por médicos de formación que ejercían en el desarrollo experimental de las ciencias (*Torrealba, C. 2013*).

La fundación de Bioquímica se enmarcó tanto en un contexto internacional como nacional en el cual las ciencias y la investigación, en pleno siglo XX, se encontraban en un periodo intenso de institucionalización y profesionalización (*Kohler, R. 1975; Fruton, J. 1999*) en el cual fortalecieron el desarrollo político, social y cultural de muchas naciones. ¿Cuál habrá sido el rol de la Bioquímica en este contexto dinámico en el cual se enmarcan las ciencias experimentales en este periodo?

### **1.1. Las ciencias y la bioquímica dentro del contexto internacional en el siglo XX**

En el plano internacional, la segunda mitad del siglo XX estuvo marcada por la Guerra Fría, periodo caracterizado por la competencia por el control político y económico del mundo entre Estados Unidos (EE. UU, en adelante) y la Unión Soviética. Este conflicto integraba modelos contrapuestos de sociedad, en los que existía una verdadera carrera por el futuro y en la que era de fundamental relevancia el nivel de avance científico-tecnológico (*Solovey, M. 2001*). Fue tanto así, que ciertas ramas del conocimiento como la astronomía, la física, la química y la biología comenzaron a ser disciplinas bastante requeridas para avanzar en niveles de desarrollo. Este énfasis quedó demostrado con la carrera espacial, competencia que, sin duda, impulsó tanto a EE. UU como a la Unión Soviética a fortalecer la investigación científica en sus territorios y conseguir naciones aliadas (*Correa, S. 2001*). Aquello ocurrió, por ejemplo, con la migración de investigadores a los respectivos polos de desarrollo y la potenciación de ciencias en otros países, como fue el caso de la astronomía en Chile (*Silva, B. 2019*).

A principios del siglo XX, la bioquímica se consideraba como una línea de investigación que conformada diferentes disciplinas como la medicina, nutrición, botánica y

farmacia (Kohler, A. 1975). En un principio, la investigación a nivel celular y molecular solía ser una interrogante de varias ciencias de la salud para explicar fenómenos visibles y cuyos descubrimientos tanto a nivel del metabolismo como fisiológico y fisiopatológico resultaban en innovaciones y aplicaciones importantes para las disciplinas mencionadas (Helvort, T.V; Hessenbrunch, A. 2000). Poco a poco, la bioquímica como disciplina empezó a tener mayor relevancia a medida que varios investigadores se dedicaron a proponer teorías respecto de procesos dentro de la célula para así explicar sus fenómenos a nivel molecular. Esta escuela de pensamiento se desarrolló fuertemente en Europa y principalmente en Alemania antes de la Segunda Guerra Mundial. En este país, se desarrollaron por ejemplo, las investigaciones en cinética enzimática de Leonor Michaelis y Maud Menten (Michaelis, L. et al, 1913), el descubrimiento del ciclo del ácido cítrico por Hans Krebs (Krebs, H.A. et al, 1937) y la caracterización de la coenzima A por Fritz Lipmann (Lipmann, F. 1953). Posteriormente y debido a los devastadores efectos de la Segunda Guerra y desestabilización del continente europeo, varios investigadores emigraron hacia EE. UU, tales como Otto Meyerhof (alemán), Fritz Lipmann (alemán) y Severo Ochoa (español). Una de las consecuencias de estos desplazamientos fue que impulsaron el desarrollo de esas áreas de las ciencias experimentales y elevaron el nivel en el que se hacía investigación en dicho país en la segunda mitad del siglo XX (Lipmann, F. 1971; Kohler, R. 1975). Luego, estos investigadores en EE. UU desarrollaron diferentes líneas de investigación como el estudio de la glicólisis, el rol de receptores celulares y buena parte del desarrollo de la biología molecular (Kohler, R. 1975; Rheinberger, H.J. 1997). La acción de estos y otros científicos que migraron de Europa a EE. UU incidió en la aceleración del desarrollo científico.

El crecimiento por parte de EE. UU y la Unión Soviética no se detuvo en la competencia científico - tecnológica, sino que se extendió a la búsqueda de influencia ideológica hacia otros países. Esto se concretó para el bloque americano con la inauguración de la Alianza Para el Progreso (APP, en adelante) en 1961, un programa de EE. UU dirigido a varios países latinoamericanos para promover una serie de reformas y políticas públicas. Una de sus finalidades fue "*acelerar el desarrollo económico y social (...) para acelerar el nivel de vida de los países latinoamericanos al de países industrializados*" (Alianza Para el Progreso, 1963). En este contexto, se otorgaron diferentes formas de financiamiento (entre ellas, a investigaciones científicas) para elevar la calidad de vida de

la población, de modo de que disminuyera la posibilidad de que el socialismo, promovido por la Unión Soviética, se extendiera en la región. Otra consecuencia directa de esto es que EE. UU debía promover el financiamiento en el área científica para llegar a ese anhelo de industrialización; este hecho se manifestó en las diferentes becas a profesionales científicos, proyectos de innovación en ciencias (astronomía, ingeniería solar, agroindustria, entre otros), donaciones, como lo fue el ciclotrón a la Facultad de Ciencias (FACIN, en adelante) de la Universidad de Chile (UCh, en adelante). A ello se le sumaron préstamos económicos a universidades o bien intercambio de científicos (*Hoecker, G. 1967; Salinas, A. 2012; Torrealba, C. 2013; Silva, B. 2019*).

## 1.2. El camino a la profesionalización de la Bioquímica en Chile en la segunda mitad del siglo XX

A mediados de 1950, ya existía en Chile una pequeña comunidad de diversos actores que se encargaban de hacer investigación científica en las universidades (*Torrealba C. 2013*). En el área de la bioquímica y biología experimental aquello no fue algo menor, debido al impulso de diferentes investigadores que llevaban a cabo un importante trabajo a pesar de tener escaso financiamiento. Dentro del ámbito académico, el impulso de estas áreas llevó a la formación de diferentes profesionales que decidieron optar por el camino de la investigación experimental. En la Facultad de Medicina de la UCh, existió una fuerte generación de investigadores, como Adeodato García y Vicente Izquierdo a principios de los años 1900, seguidos por Eduardo Cruz- Coke, Juan Noé y Francisco Hoffmann. Sus trabajos científicos se concentraron en metabolismo celular, catálisis enzimática y fisiología experimental (*Torrealba, C. 2013*). A principios del siglo XX, estas tres áreas le dieron forma a la bioquímica chilena.

En un punto cúlmine para la investigación en bioquímica, los profesores e investigadores de la Facultad de Química y Farmacia (FAQYF, en adelante; corresponde a la actual Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas), Osvaldo Cori (médico de formación) y Aida Traverso (química-farmacéutica de formación), junto con las autoridades del mismo plantel y casa de estudios, fundaron la carrera de Bioquímica en la UCh en el año 1957 (*Sapag-Hagar, M. et al. 2007*). Esta carrera logró formar a profesionales que se dedicaron a aspectos experimentales de la investigación a partir de las propiedades moleculares y microscópicas de los sistemas vivos con una fuerte base en química. La

carrera tuvo diferentes cursos como Química Fisiológica y Patológica, Bioquímica general, Biofísica y Fisiología bacteriana, entre otros, que fueron impartidos por investigadores como Mario Luxoro, Gustavo Hoecker y los mismos Cori y Traverso. Así crearon un pequeño nicho de fisiólogos, biofísicos y microbiólogos que buscaba transmitir una formación completamente dedicada a la investigación científica para futuros profesionales.

El proceso de profesionalización científica se fue profundizando y se crearon carreras como Química (1959), Astronomía (1965), diferentes licenciaturas en ciencias en la FACIN de la UCh (1965), así como el primer Doctorado en Ciencias (1967), también de la FACIN y luego en colaboración con la FAQYF y la Facultad de Medicina. Sumado a eso, se abrió la carrera de Bioquímica en otras universidades del país con enfoques diversos; en la Universidad de Concepción (1957) que presentó un énfasis más clínico y, años después, en la Universidad Católica (1980) con una orientación más biológica y de biología molecular (*Sapag – Hagar, M. et al 2007*).

El crecimiento de esta comunidad se encontraba en un contexto nacional que resultó ser bastante dinámico, es por ello que interesa comprender qué ocurría en el periodo mencionado y cómo este pudo incidir en el rumbo de la bioquímica, las ciencias experimentales y todo el marco institucional de la investigación científica nacional.

### 1.3. El dinámico contexto político y social chileno

El contexto que enmarcó el importante proceso de profesionalización y crecimiento de la comunidad científica en Chile fue también dinámico desde los escenarios políticos, económicos y sociales. Esto generó un camino bastante difícil para lo que sería la trayectoria que estaba generando la creciente comunidad de científicos.

Históricamente, el financiamiento hacia las ciencias ha sido escaso (*Salinas A. 2012; Astudillo P. 2016*). En la mitad del siglo XX, el rector de la UCh, Juan Gómez Millas (1953-1963), promovió que el financiamiento universitario tuviese formalmente una pequeña parte dedicada a la ciencia y tecnología (*Riobó, E. 1988; Mellafe et al. 1992*). Este hecho resultó en la promulgación de la ley 11.575 en 1954, la que buscaba generar el Fondo de Construcción e Investigaciones Universitarias, que obtenía financiamiento a partir de la recaudación del 0,5% de ingresos fiscales y de aduanas hacia la UCh. Este proyecto fortaleció la investigación en todas las áreas que abarcaba este plantel (*Mellafe et al. 1992; Salinas, A. 2012*) y posteriormente dio impulso a la creación del Consejo de Rectores de



las Universidades Chilenas (CRUCH, en adelante), el cual se coordinaría para promover la investigación científica y tecnológica en todas las universidades de esa agrupación (*Consejo de Rectores de las Universidades Chilenas, 1954*). Este consejo estuvo compuesto inicialmente por las universidades de Chile, Católica, Católica de Valparaíso, Técnica del Estado, Federico Santa María y Austral.

Los avances científicos a nivel internacional y el crecimiento de la comunidad científica a nivel nacional empujaron a las universidades a organizar e institucionalizar la investigación científica dentro de sus planteles. Por ello en 1966 las Universidades del CRUCH promovieron la consolidación de una nueva institución, llamada la Comisión Nacional de Investigaciones, la cual sería administrada por ellas mismas, lo que le otorgaría mejores decisiones técnicas y mayor autonomía (*Salinas, A. 2012*). Con lo que no contaban era que en 1967 estallaría el proceso de reforma universitaria, lo que llevó la atención de las casas de estudio hacia el proceso de cambio social que exigían varios actores dentro de sus estamentos (*Correa, S. et al. 2001*). De esta forma, el gobierno de Eduardo Frei M. impulsó la creación de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT, en adelante) en 1967, organismo dependiente del Ministerio de Educación que se encargaría de asesorar al Presidente de la República en materia científica (*CONICYT, 1967; Astudillo, P. 2016*).

El funcionamiento de CONICYT fue esencial para la creciente profesión científica, tanto en relación con el financiamiento de investigaciones como para la conexión con becas internacionales, la mayoría provenientes de EE. UU. Cabe destacar que el primer presidente de la Comisión fue Roberto Barahona Silva, médico anatomopatólogo y biólogo, y uno de los miembros de la mesa directiva de la Comisión en sus primeros años fue Osvaldo Cori. En consecuencia, la presencia de la bioquímica se extendió a espacios estatales (*CONICYT, 1967; Cori, O. 1985*).

En 1970, la investigación científica en las universidades se enfrentó a la fuerte politización y polarización dentro de sus campus y en el país, principalmente porque muchos de sus investigadores poseían financiamiento estadounidense (*Salinas, A. 2012; Torrealba, C. 2013*). La tensión detrás de este contexto era que el socialismo era completamente contrario a lo que buscaba EE. UU en el contexto de la Guerra Fría (*Correa, S. et al. 2001*). Una de las propuestas populares de Salvador Allende fue generar el primer

Congreso de Científicos de Chile en 1972, el que sentaría las bases de un CONICYT que apelara a las necesidades de dichos profesionales y generaría así una nueva política científica (CONICYT, 1972). Dadas las diferentes visiones ideológicas de los investigadores chilenos, la dirigencia del Congreso llevó a establecer bases que fueran más acordes a los fines del gobierno de la Unidad Popular, lo que consolidaría una preferencia nacional de una ciencia ligada por misión y aplicada, factor que dividía a varios académicos (CONICYT, 1972; Salinas, A. 2013). Paralelo a estos sucesos, las tensiones sociales e inestabilidad política y económica llevaron a un periodo de incertidumbre a nivel nacional, por lo que CONICYT no fue prioritario para el gobierno de Allende en su último año (Salinas, A. 2013).

Finalmente, en Septiembre de 1973 un golpe de Estado terminó con el gobierno de Allende, lo que llevó a un quiebre nacional importante dentro de la historia nacional. Este suceso implicó una fuerte intervención militar en las universidades, la exoneración de varios académicos y la disminución en la operatividad de CONICYT hasta 1980 (Correa, S. et al 2001; Astudillo, P. 2016). Así, las ciencias experimentales nacionales necesitaron de personas que tuviesen un rol más público y pudiesen ayudar a mantener a la comunidad y reconectarla luego los sucesos descritos.

#### 1.4. La convergencia entre rol investigativo y rol público

A pesar del contexto presentado en el capítulo anterior, la investigación en ciencias biológicas pudo ser levantada por varios equipos de investigación los cuales provenían de las universidades. En Chile existía capacidad de generar conocimiento de punta desde las Universidades a pesar de sus escasos recursos (Torrealba, C. 2013; Astudillo, P. 2016). En el campo de la bioquímica y la biología experimental había varios grupos destacados como los laboratorios de fisiología en la Facultades de Medicina de la UCh y la Universidad Católica, de Bioquímica en la FAQYF, y de Bioquímica y Biología Molecular en la FACIN, además del laboratorio de Ciencias en Montemar (Sapag-Hagar, M. et al 2007; Torrealba, C. 2013). Estos centros llevaron a un importante reconocimiento de la investigación biológica y bioquímica chilena.

A pesar del aparente éxito de la comunidad de ciencias biológicas, se reconocen pocos personajes que tuvieron una influencia tanto dentro como fuera del ámbito investigativo, en específico, que tuvieron un rol público y pudieron expandirse tanto al ámbito institucional universitario, de organizaciones científicas y político. Estos roles

llevaron a cargos importantes como decanaturas, presidencias de sociedades y creación de importantes comunidades científicas, además de una voz que incidía tanto dentro como fuera de este grupo de expertos.

Entre estos investigadores, se han identificado tres que convergen en ambos aspectos, pues tuvieron protagonismo en el ámbito investigativo y en el ámbito público. Estos son, por orden de nacimiento:

I. Hermann Niemeyer (1918 – 1991)

Cofundador de la FACIN de la UCh, creó la Sociedad de Bioquímica y Biología Molecular (SBBM, en adelante) y el primer programa de bioquímica para el doctorado en Ciencias (Ureta, T. et al. 2012). Fue investigador principal en Chile de las vías metabólicas de los carbohidratos, empezando muy tempranamente con el estudio de metabolismo en células hepáticas desde su tesis en Medicina con el profesor Eduardo Cruz-Coke. Continuó con su paso por el Hospital Arriarán, en el cual trabajó gratuitamente en investigación sobre desnutrición infantil junto al Dr. Julio Menenghella (Torrealba, C. 2013). Luego, en 1949 hizo una pasantía en el laboratorio del bioquímico Fritz Lipmann, en donde trabajó en fosforilación oxidativa y respiración mitocondrial. Fue el primer científico en publicar una monografía de metabolismo de carbohidratos y el primer libro en español sobre Bioquímica (Cárdenas, M.L. 2012). Posteriormente, en la FACIN, se dedicó a investigar la caracterización de isoenzimas en la misma vía en el hígado. Algunos de sus hitos más reconocidos pueden verse en la **figura 1**.

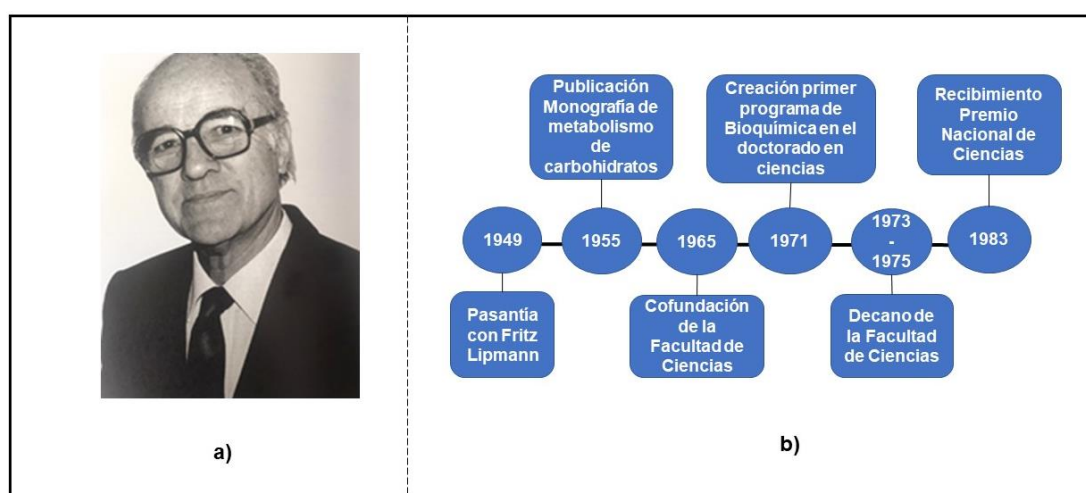
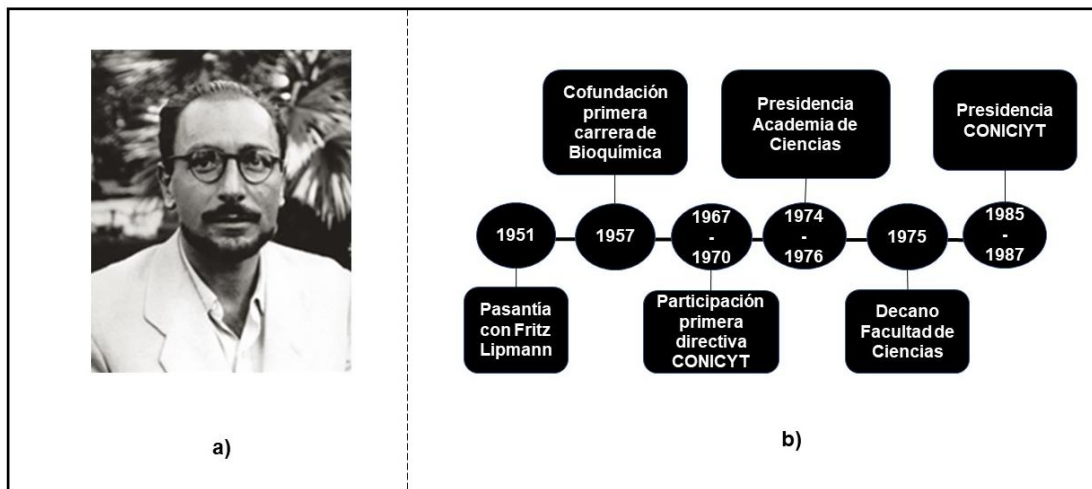


Figura 1| Hitos importantes de la vida de Hermann Niemeyer a) Fotografía de Hermann Niemeyer (1918 – 1991) (Torrealba, C. 2013). b) Hitos científicos y públicos más reconocidos de Niemeyer.

## II. Oswaldo Cori (1921 – 1987)

Cofundador de la primera carrera de Bioquímica en Chile junto a Aida Traverso, y parte del claustro académico que creó la FACIN en la UCh. Fue decano de esta misma (1975-1977) y presidente de CONICYT (1985-1987). Estudió Medicina en la UCh, y al término de su carrera se alejó del área clínica al hacer su tesis en fisiología experimental con el Dr. Francisco Hoffmann. Después pudo especializarse gracias a una pasantía en Estados Unidos en 1951, en el laboratorio del Dr. Fritz Lipmann en el área de estudios de catálisis enzimática. Trabajó en la caracterización de la 6-fosfogluconolctona y en metabolismo, específicamente en la fosforilación a nivel de sustrato del ciclo de Krebs. Gracias a esta especialización, pudo traer distintas líneas de investigación en caracterización de biomoléculas y estudios de catálisis enzimática al laboratorio de Bioquímica general de la FAQYF. En Chile investigó sobre la caracterización proteica de la apirasa, de los terpenos y algunas rutas metabólicas como la de compuestos nitrogenados (Cori, O. 1985; Ureta et al. 1988). Algunos de sus hitos más reconocidos se resumen en la **figura 2**.

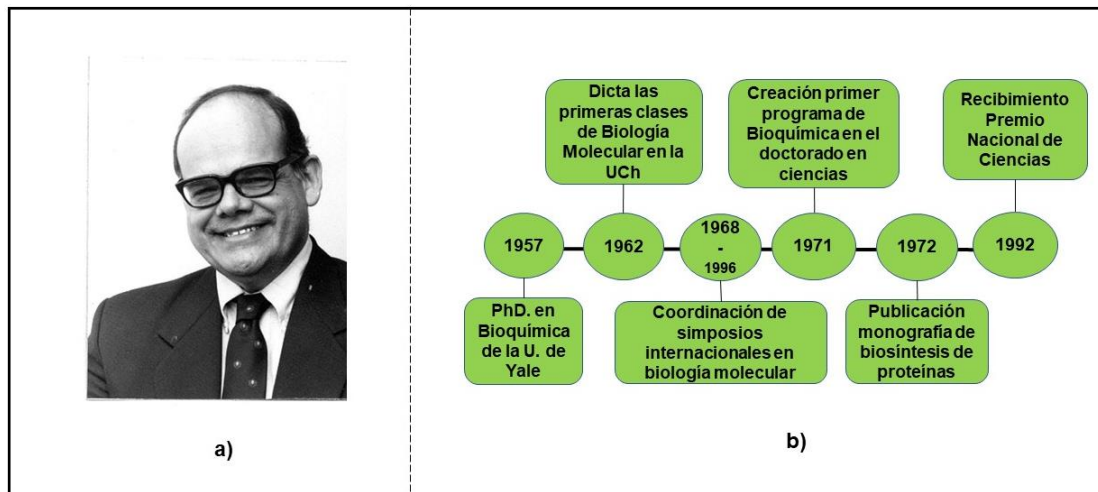


**Figura 2| Hitos importantes de la vida de O. Cori. a) Fotografía de Oswaldo Cori (1921 – 1987) (Torrealba, C. 2013). b) Hitos públicos y científicos más reconocidos de Cori.**

## III. Jorge Allende (1934 -)

Coordinador de las primeras cátedras de biología molecular en Chile, coordinador de diferentes cursos sobre técnicas de biología experimental (1968 – 1996) y primer presidente de la SBBM (1971). Empezó su carrera en EE. UU, donde realizó su doctorado en Bioquímica con el Dr. Joseph Fruton, en el cual inició su investigación en biología molecular

en elongación de proteínas, línea que continuó en el laboratorio del Dr. Fritz Lipmann, en el cual fue partícipe de una investigación sobre la síntesis de enlaces peptídicos (*Nakamoto, T., Lipmann, F. et al. 1963*). Una vez en Chile y contratado por la Facultad de Medicina de la UCh, se enfocó en investigar el rol y acción de la aminoacil tRNA sintetasa junto a su esposa, la Dra. Catherine Conelly (*Allende, M. 2020*). Una de sus últimas líneas de investigación fue la inducción hormonal para la maduración de los ovocitos de rana (*Allende, J. 2006*). Algunos de sus hitos más reconocidos se indican en la **figura 3**.



**Figura 3 | Hitos importantes de la vida de J. Allende a) Fotografía de Jorge Allende (1934 -) (Orellana, O. 2001). b) Hitos públicos y científicos más reconocidos de Allende.**

### 1.5. El esfuerzo institucional de los bioquímicos y el bajo aporte del Estado

Históricamente, la contribución del Estado a la ciencia e investigación ha sido baja, lo cual se evidencia con el tardío proceso de creación de CONICYT, en comparación a otras naciones del norte global (*Lemarchand, G. 2015*) y frente a la creciente comunidad científica y el dinámico contexto en el que se enmarcó Chile en la segunda mitad del siglo XX. Entre las décadas de los 60 y 80, existió un panorama a nivel social, político y económico que dificultó el proceso de una conexión plena entre sociedad y ciencias, incluyendo a la bioquímica y biología experimental. En 1980, se regularizó el modo financiero de la investigación científica mediante la creación del Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDECYT, en adelante), el cual establece la entrega de financiamiento de manera regular mediante fondos concursables del Estado (*CONICYT, 2000*). Hasta ese momento, se observaba una comunidad científica experimental que generaba avances científicos y públicos de manera independiente a las instituciones públicas.

La contribución de estos profesionales para la bioquímica y las ciencias en nuestro país fue fundamental, tanto desde el aspecto investigativo como público. Esto ha generado a la fecha una importante escuela que ha ayudado a levantar a las ciencias experimentales, a construir un espacio para que se desarrolle y finalmente **se desarrollen la profesionalización y avance la institucionalización de las ciencias en Chile**. Este último concepto hace relación a la generación de leyes y costumbres que gobiernan la manera en que pueden interactuar agentes dentro de un sistema (CORE, 2017). La generación de aquello puede darse tanto por:

- i. los avances científicos hechos por cuerpos de profesionales en conjunto, medible a través su aporte al avance del conocimiento
- ii. el levantamiento de entidades científicas formadas por personas que buscan representar a su comunidad. Estas a su vez, sirven como un puente para comunicar los principales eventos de esta comunidad a la sociedad.

Finalmente y en base a lo expuesto en los antecedentes, desde 1957 la bioquímica profesional tuvo un rol importante dentro de la configuración de las ciencias y la institucionalidad científica en Chile. Esto abre la posibilidad de entender cómo fue ese proceso de configuración y de qué manera las ciencias biológicas, a partir de Niemeier, Cori y Allende y las investigaciones que ellos desarrollaron, pudieron mantener el importante estatus que tuvo la bioquímica bajo las condiciones en las que se encontraba el país. Esto por lo menos hasta el año en que se generó una institución que regularizaría la forma de financiar las investigaciones a nivel nacional con dinero del Estado, la cual fue FONDECYT a partir de 1980.

## **2. Hipótesis**

Existe una relación entre el aporte científico y público de Hermann Niemeyer, Osvaldo Cori y Jorge Allende y la institucionalidad científica chilena entre los años 1957 y 1980.

## **3. Objetivos**

### 3.1. General

Analizar la relación existente entre el aporte científico y el aporte de actividades públicas de Hermann Niemeyer, Osvaldo Cori y Jorge Allende y la configuración de la institucionalidad científica chilena entre los años 1957 y 1980.

### 3.2. Específicos

- i. Recoger, analizar e interpretar la trayectoria científica y pública de Hermann Niemeyer, Osvaldo Cori y Jorge Allende a partir de sus principales publicaciones en sus respectivas áreas de investigación y de sus principales hitos públicos entre 1957 y 1980.
- ii. Correlacionar la actividad científica de Hermann Niemeyer, Osvaldo Cori y Jorge Allende a través de sus principales publicaciones en las líneas de catálisis enzimática, biomoléculas, metabolismo de carbohidratos y en biología molecular y la actividad científica nacional en estas investigaciones entre 1957 y 1980.

## 4. Métodos

### 4.1. Cuantificación de la actividad científica de Hermann Niemyer, Osvaldo Cori y Jorge Allende entre 1957 y 1980

Se cuantificó la actividad científica de Niemyer, Cori y Allende como sujetos de estudio y se separaron los diferentes componentes (financiamiento, lugar de trabajo, coautores) de dichas actividades para su posterior análisis. Los criterios por los cuales se construyeron los conceptos para actividad científica en esta investigación consisten en los parámetros de **publicaciones correspondientes a sus líneas de investigación** (*ver anexo 1*) y de **tesis dirigidas de estudiantes de pre y postgrado** (*ver anexo 2*). Las herramientas de búsqueda que se utilizaron son las bases de datos de Google Scholar (GS, en adelante) (*Google Scholar, 2021*), Scopus de Elsevier (Sp, en adelante) (*Elsevier, 2021*) y el Catálogo Bello de la Biblioteca Digital de la Universidad de Chile (CB, en adelante) (*Biblioteca Central Universidad de Chile, 2021*).

Las palabras claves para llevar a cabo las búsquedas en GS y Sp fueron adaptadas de las líneas de investigación y frases recurrentes dentro de las publicaciones de Niemyer, Cori y Allende. En el caso del CB, sólo se buscaron los nombres de los autores, dado que es el mejor indicador para la búsqueda dentro del catálogo. La **tabla 1** muestra las palabras claves utilizadas en las bases de datos, las que engloban las palabras claves encontradas en las principales publicaciones de los tres sujetos. Estas se encuentran en inglés dado que era el principal idioma en el que se publicaba en el área de las ciencias bioquímicas.

Catálisis enzimática	Biomoléculas	Metabolismo de carbohidratos	Biología molecular
<i>Oswaldo Cori</i>	<i>Oswaldo Cori</i>	<i>Hermann Niemyer</i>	<i>Jorge Allende</i>
<i>Phosphorylation</i>	<i>Terpene biosynthesis</i>	<i>Glucose synthesis</i>	<i>protein synthesis</i>
		<i>Carbohydrate metabolism</i>	<i>Polynucleotide</i>
<i>N-phosphorylcreatine</i>	<i>Molecule synthesis</i>	<i>Liver metabolism</i>	<i>sRNA – tRNA</i>
<i>Potato apyrase</i>	<i>Stereospecificity</i>	<i>Diet on metabolism</i>	<i>peptide bond formation</i>
<i>Dihydrolase</i>	<i>Monoterpenes</i>	<i>Liver phosphorylase</i>	<i>aminoacyl adenilate</i>
<i>Enzymatic catalysis</i>	<i>Plant molecules</i>	<i>Hexose 6-phosphotransferase</i>	<i>Ribonucleic Acid Synthetases</i>
<i>Enzymatic activity</i>	<i>Molecular forms</i>	<i>Isoenzymes</i>	<i>Oocyte studies</i>
	<i>Molecular changes</i>	<i>Glucokinase</i>	<i>Aminoacyl transfer</i>
			<i>RNA injection</i>

**Tabla 1| Palabras claves a utilizar para la búsqueda de publicaciones científicas entre 1957 y 1980 en las bases de datos GS y Sc.**



#### 4.2. Búsqueda bibliográfica respecto a la creación de la carrera de bioquímica e instituciones científicas relevantes donde contribuyeron estos tres investigadores

Se buscaron diferentes fuentes bibliográficas, archivos y documentos redactados entre los años 1957 y 1980 o referentes a esta época, de forma de conectar diferentes hechos que rodearon el desarrollo de la bioquímica y sus principales investigaciones en Chile. En el contexto de la presente pandemia por COVID-19, se optó por recurrir a archivos digitales para recopilar la información histórica de varias bibliotecas, archivos personales e institucionales que se encuentran en las páginas de la SBBM, de la Academia de Ciencias y de la UCh, entre otros.

#### 4.3. Aplicación de entrevistas semiestructuradas a actores relacionados a los sujetos de estudio, que conocieron el contexto de la investigación bioquímica y el desarrollo de instituciones científicas entre 1957 y 1980

La metodología de historia oral corresponde a una forma de hacer investigación histórica en la que se busca “reconstruir el pasado a partir de testimonios orales” (Iturmendi, D. M. 2008). La principal herramienta de la historia oral son las entrevistas, para esta investigación, se escogió el instrumento de la entrevista semiestructurada. Esta consiste en una instancia de conversación en la que el investigador busca profundizar en tópicos ya conocidos con un entrevistado y que busca abrirse a temas no planificados derivados de la misma conversación (Packer, M.J. 2017). Esto se logra a partir de preguntas generales sobre los mismos tópicos, los cuales rescatan aspectos ya conocidos del entrevistado.

En el marco de esta investigación y en búsqueda de generar un relato lo más completo posible, se elaboró una lista de personas a entrevistar relacionadas a los sujetos de estudio con las y los que se aplicó la metodología de entrevistas semiestructuradas con nueve preguntas básicas (ver anexo 3). Estos se seleccionaron de acuerdo a tres criterios con relación con los sujetos de estudio: vínculo institucional, vínculo científico y vínculo cercano, el cual puede corresponder a un familiar o amigo o amiga (**tabla 2**). Estos criterios se definieron de forma de observar a los sujetos de estudios desde distintas perspectivas en cuanto a los círculos en los que se desempeñaban. A su vez, para obtener la información con la mayor transparencia posible, las entrevistas se llevaron a cabo de forma anónima, firmando un consentimiento informado (ver anexo 4) con el cual se autoriza el uso de la información manifestada en la instancia de conversación sin revelación de sus identidades.

Finalmente, se consideró una selección con paridad de género para esta metodología dado que la vivencia del trabajo científico, especialmente en los años estudiados, otorga diferentes interpretaciones de esta, lo que enriqueció el relato del presente trabajo. En total se entrevistaron a 5 hombres (H) y 5 mujeres (M). El detalle puede verse en la **tabla 2**.

Sujetos de estudio	Criterio		
	V. Institucional	V. Científico	V. Cercano
Hermann Niemeier	I.1 (H)	Ci.1 (M)	Ce.1 (M)
Oswaldo Cori	I.2 (H)	Ci.2 (M)	Ce.2 (H)
Jorge Allende	I.3 (M)	Ci.3 (M)	Ce.3 (H)
Jorge Allende <i>ex post</i> a entrevistas			

**Tabla 2| Personas entrevistadas mediante la metodología de entrevistas semiestructuradas.** Se seleccionaron nueve personas de las cuales se aplicó un criterio diferenciador para construir el relato desde perspectivas distintas. Estos criterios son vínculo institucional – vínculo científico – vínculo cercano. Dado que son anónimos, sus nombres se cambiaron por la inicial del criterio de selección y el número se asoció al sujeto de estudio por orden de antigüedad. En total, se entrevistaron 5 mujeres (M) y 5 hombres (H)

Tomando en consideración que Jorge Allende es el único sujeto de estudio vivo a la fecha, se elaboraron dos entrevistas, una anterior y otra posterior a las nueve entrevistas realizadas. Para esta investigación, se utilizó sólo la posterior o *ex post* a las entrevistas dado que en dicha entrevista se profundizó más en sus aspectos científicos e institucionales.

Finalmente, las entrevistas fueron transcritas (*ver anexos 5 al 14*)<sup>1</sup> para poder ser citadas e interpretadas. Sus transcripciones fueron levemente modificadas para mantener el anonimato y poder ser consultadas públicamente. Un ejemplo genérico de modificación es: “Mi tío investigó el rol de la glucoquinasa” por “Niemeier investigó el rol de la glucoquinasa”.

#### 4.4. Cálculo del índice h a partir de las citas de las principales publicaciones científicas de Niemeier, Cori y Allende entre 1957 y 1980

El índice h es un indicador que mide el impacto de las investigaciones científicas según la cantidad de citas que hayan tenido cada una de sus publicaciones (*Hirsch, J.E. 2005*). A partir de los datos de las publicaciones científicas de los sujetos de estudio en GS, se calcularon los índice h para conocer de forma retrospectiva, cuan impactante fueron sus trabajos científicos.

<sup>1</sup> En la sección de resultados, las citas que se utilizaron para referenciar a las entrevistas fueron solamente el código con que se anonimizó a los entrevistados y a Jorge Allende con JA.

El presente índice se obtuvo mediante una función que enumera las citas de mayor a menor, y determina como el número de citas que coincide con el número de la publicación enumerada cardinalmente.

Para efectos de la comparación de índice  $h$ , se consideraron sólo las publicaciones científicas de Niemeier, Cori y Allende, dado que este índice hace uso del número de citas de sus trabajos. Las tesis dirigidas no se consideraron, dado que son menor en número y en su mayoría no poseen no se puede acceder fácilmente a determinar su impacto (por ejemplo, cuantas veces fueron citadas) u otro parámetro similar.

#### 4.5. Correlación estadística entre la actividad científica de los sujetos de estudio y la actividad científica nacional entre 1957 y 1980

Se hizo una correlación estadística entre la suma de las actividades científicas de los sujetos de estudio y la suma de toda la actividad científica nacional, correspondiente a la de los sujetos de estudio y la de otros investigadores chilenos en catálisis enzimática, biomoléculas, metabolismo de carbohidratos y biología molecular. Dentro de la actividad científica nacional, se consideraron aquellas publicaciones de autores chilenos que hayan publicado tanto en terreno nacional, como en otro país. Esta situación se da cuando el investigador se encuentra en una pasantía, o que luego hayan regresado, hecho que pasó, por ejemplo, con autores como Pablo Valenzuela. Este criterio se tomó en consideración dado que los tres sujetos de estudio también hicieron publicaciones fuera del país. A su vez, para el parámetro nacional se consideraron también tesis de estudiantes dirigidas por algunos coautores recurrentes de Niemeier, Cori y Allende para tener una población más significativa y ajustada a los datos recopilados. Finalmente, se excluyeron otras líneas de investigación dentro de la bioquímica como la biofísica, fisiología y microbiología. A pesar de que estas áreas fueron importantes, se decidió optar por aquellas en que los sujetos de estudio trabajaron directamente, considerando que fueron investigaciones representativas para la bioquímica.

Para el análisis estadístico de correlación, se utilizó la versión 22 del programa SPSS de IBM (*IBM, 2013*) en el cual se ingresaron las variables de años (1957 a 1980), actividad científica de los sujetos de estudio, y actividad científica nacional sobre las líneas de investigación mencionadas. El análisis se realizó con el método de hipótesis de una cola,

en la que se busca rechazar o no la hipótesis nula ( $H_0$ ) y elegir esta o la hipótesis alternativa ( $H_1$ ). Para esta investigación, las hipótesis se definieron como:

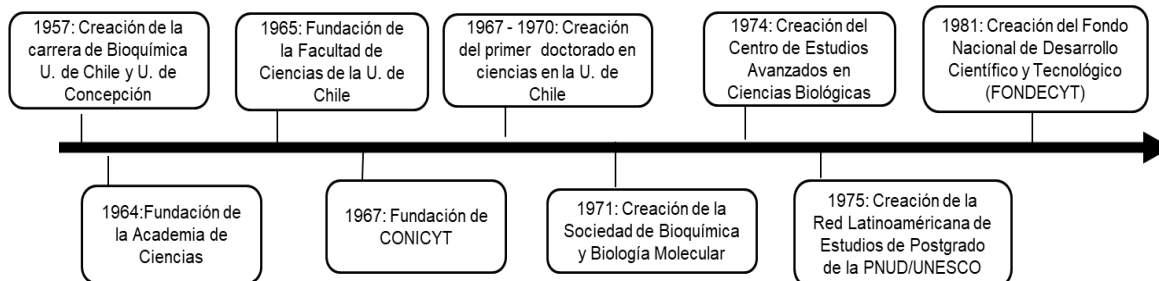
- i.  $H_0$ : No existe una correlación directa entre la actividad científica de Niemeyer, Cori y Allende y la actividad científica nacional entre 1957 y 1980.
- ii.  $H_1$ : Existe una correlación directa entre la actividad científica de Niemeyer, Cori y Allende y la actividad científica nacional entre 1957 y 1980.

La prueba estadística que se utilizó para llevar a cabo la correlación fue la prueba de correlación de Pearson con un valor de significancia ( $\alpha$ ) del 1%, en la cual el programa de SPSS entregó el valor de P de la prueba estadística (*Pearson, K. 1900*). Si este valor da un resultado entre 0 y 1, se rechaza la  $H_0$  y se comprueba la correlación, de lo contrario, no se rechaza la  $H_0$  y la correlación no es válida.

## 5. Resultados

### 5.1. Bioquímica profesional: uno de los comienzos de las instituciones que configuraron la ciencia en Chile en la segunda mitad del siglo XX

Según la literatura y las entrevistas realizadas, la carrera de Bioquímica abrió un espacio formal para que diferentes personas con inclinación y gusto hacia el conocimiento y la investigación científica se reunieran y ejercieran como profesión (1.2; R. Vicuña R., O. Cori, 1981). La fundación de esta carrera se construyó de manera simultánea tanto en la UCh, a manos del matrimonio Cori- Traverso, como en la Universidad de Concepción bajo la dirección de Luciano Chiang y Leticia Sánchez (Ci. 2). Junto a estos eventos, ocurrieron una serie de hitos públicos que marcaron el desarrollo de la institucionalidad científica chilena. En la **figura 4**, se listan algunos hitos relevantes que se encuentran íntimamente relacionados con Niemeyer, Cori y Allende en el periodo entre 1957 y 1981. Esto muestra, que la bioquímica es un prisma a través del cual observar el proceso de institucionalización científica. En las siguientes secciones se analizarán sus contribuciones científicas y públicas tanto a partir de las entrevistas realizadas como de la cuantificación de sus actividades científicas.



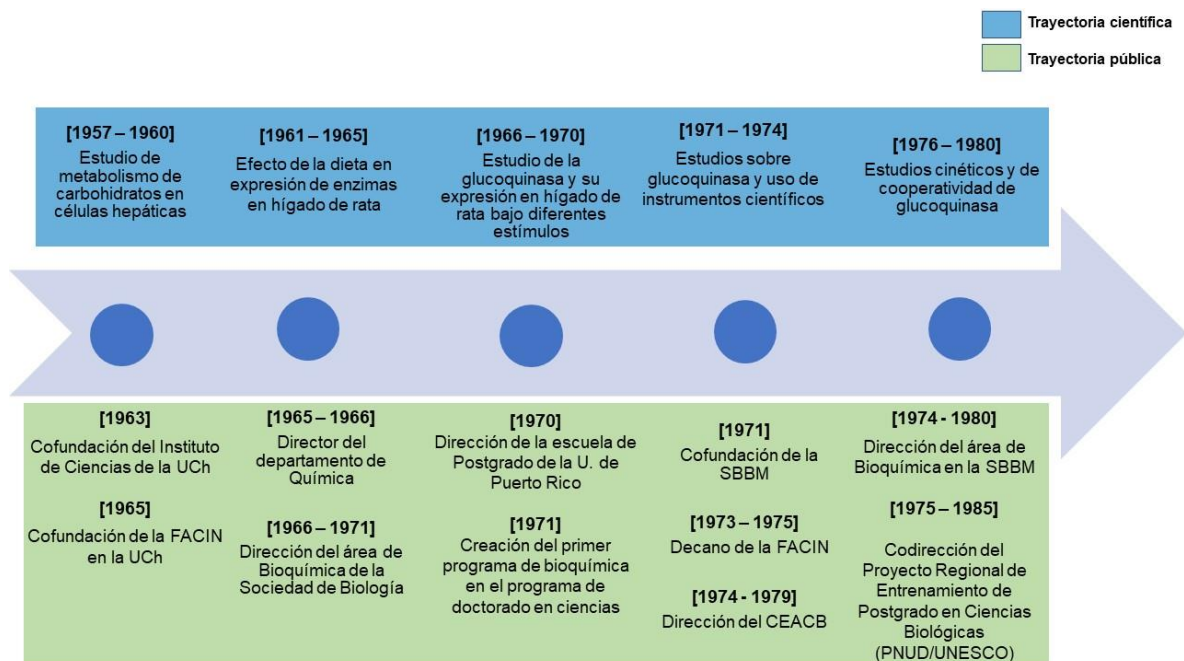
**Figura 4| Hitos públicos científicos que ocurrieron después de la fundación de la carrera de Bioquímica.** Se observan algunos hitos públicos que marcaron la institucionalidad científica chilena.

### 5.2. Hermann Niemeyer: investigación en el metabolismo de carbohidratos, rol público en la academia y formación institucional

Según las entrevistas llevadas a cabo (Ce.1; Ci.1; I.1) a Hermann Niemeyer se le conoció por ser una persona con coraje, de una racionalidad extrema y bastante crítico ante cualquier procedimiento o resultado científico que se le presentaba (Ci. 1; Ce. 1). Un ejemplo de aquello fue con el debate que mantuvo desde 1955 con Carl y Gerti Cori (no relacionados a Osvaldo Cori) en cuanto al rol de la enzima que sintetiza el glicógeno, la

UDP-Glucosa y el hecho de que no tuviera una función dual. Niemeyer planteaba que había otra enzima que degradaba el glicógeno y, efectivamente tenía razón, pero no tuvo los recursos para poder demostrar sus argumentos de manera experimental (Ci.1; Torrealba, C., 2013). Su aspecto crítico fue un elemento que marcó la trayectoria de Niemeyer.

En la **figura 5** se observa el avance en paralelo entre su trayectoria científica, expresadas en las líneas de investigación que se encontraba desarrollando en cierto periodo de tiempo, y su trayectoria pública. A continuación, se detallarán los aportes de ambas trayectorias entre los años 1957 y 1980.



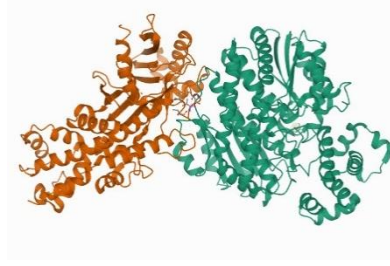
**Figura 5| Contraste de rol científico y rol público de Hermann Niemeyer entre 1957 y 1980.** La actividad pública de Niemeyer fue tomando cada vez más peso en aporte a la comunidad científica mientras que la actividad científica tuvo oscilaciones importantes, siendo bastante más baja después de 1970.

### 5.2.1. Rol y trayectoria científica de Hermann Niemeyer entre 1957 y 1980

En 1957, Hermann Niemeyer trabajaba en el Instituto de Química Fisiológica y Patológica de la Facultad de Medicina de la UCh, en Borgoño 1470, enseñando la unidad de metabolismo en la cátedra de Bioquímica (Ureta.T, 2018) y formando escuela con diferentes estudiantes que se sentían atraídos por su forma de enseñar (I.1). La línea de investigación que inició ese año fue el estudio de metabolismo de carbohidratos en células hepáticas, siendo su modelo de estudio el hígado de rata (ver anexo 1). Entre 1957 y 1958,

investigó el rol del glicógeno, tanto como inductor o como inhibidor de diferentes procesos metabólicos de la síntesis de p-aminohipurato (Niemeyer, H. et al. 1958), molécula fundamental de la función osmótica del riñón.

Entre 1961 y 1965, Niemeyer profundizó su investigación en el efecto de la dieta y expresión de diferentes isoenzimas en células hepáticas de rata. En este contexto, y cuando ya se integran más investigadores a su laboratorio, como Tito Ureta, Norma Pérez y Lillian Clark-Turri, Niemeyer publica su investigación más citada a la fecha, “*Multiple molecular forms of ATP hexose 6-phosphotransferase from rat liver*” (Ver anexo 1; González, C, Niemeyer, H. et al 1964). En esta investigación, González y Niemeyer descubren que una isoforma de la hexoquinasa, la glucoquinasa, sería la enzima dependiente de la ingesta de glucosa y tendría mayor afinidad con esta. Este descubrimiento le abrió las puertas a investigar la función de las diferentes isoformas de las enzimas expresadas en el metabolismo de carbohidratos (**figura 6**).



**Figura 6| Cristal de la Glucoquinasa de ser humano (*Homo sapiens*) (PDB: 4LC9).** Enzima que Niemeyer investigó en hígado de rata durante varios años.

A partir de 1966, sus investigaciones se enfocaron en experimentar con diferentes condiciones dietarias, hormonales y de otros estímulos externos que afecten la expresión de la glucoquinasa. En algunas de sus publicaciones analizó la expresión de la glucoquinasa en respuesta a la insulina y glucagón y su inhibición con diferentes componentes como 2-benzoato. A su vez, Niemeyer junto a su equipo publicaron un trabajo de inhibición de la actividad enzimática de glucoquinasa por catecolaminas, investigación bastante simple para lo que hacía su laboratorio que fue llevado a cabo con espectrofotometría y metodologías de obtención de tejido ya estandarizados por su grupo (Ureta, T.; Niemeyer, H. et al. 1970).

Entre 1971 y 1974, Niemeyer estudió la glucoquinasa bajo diferentes técnicas bioquímicas como la cromatografía gaseosa, en la que caracterizó diferentes patrones que

entregó el instrumento, y titulación inmunológica, técnica que no había ocupado anteriormente para conocer nuevos patrones de esta isoenzima (Ureta, T., Niemeyer, H. et al. 1971; Clark-Turri, L., Niemeyer, H. et al. 1974).

A partir de 1975 profundizó en la caracterización fisicoquímica de la glucoquinasa y el estudio de su cinética sigmoidea, es decir, corresponde a una enzima homoalostérica. La publicación titulada “*Adaptative character of liver glucoquinase*” (Niemeyer, H. et al. 1975), resume varios resultados experimentales llevados a cabo en el laboratorio de Niemeyer que apuntan a una mayor expresión de la isoforma D de la glucoquinasa y el cálculo de su constante de Michaelis ( $K_m$ ). El alto valor de esta constante indicó que la enzima poseía una alta tasa de síntesis de productos, siendo este la fosforilación de la glucosa para la síntesis de glucosa-6 fosfato.

Entre 1976 y 1980, Niemeyer tuvo sólo tres publicaciones que siguieron con estudios enzimológicos de la estructura de esta enzima y otras caracterizaciones cinéticas de la misma, como la cooperatividad de la glucoquinasa con la glucosa (Cárdenas, M.L., Niemeyer, H. et al. 1979), y dirigió la tesis de postgrado de Octavio Monasterio “*Mecanismo cinético de la glucoquinasa : estudios en velocidad inicial con 2-desoxiglucosa como sustrato y efecto de inhibidores, modificaciones químicas e interacciones enzima-ligandos*” (ver anexo 2) que según su título, tributaba hacia estudios específicos de procesos cinéticos de esta isoenzima.

#### 5.2.2. Roles y trayectoria pública de Niemeyer entre 1957 y 1980

Hermann Niemeyer y otros destacados investigadores como Igor Saavedra y Gustavo Hoecker, fundaron el Instituto de Ciencias de la UCh en 1963, cuyo objetivo era formar a profesionales de diferentes disciplinas en materias científicas como la física, la matemática, la química y la biología (Ureta, T. et al. 2012). Luego de diferentes negociaciones con la UCh, se funda en 1965, la FACIN, profesionalizando las diferentes ramas que se enseñaban en dicha escuela y buscando la posibilidad de abrir postgrados en el futuro (I.1; Salinas, A. 2012). Niemeyer tomó el cargo de director del departamento de química entre los años 1966 y 1967 de esta misma facultad (Ureta, T. et al. 2012). A partir de aquí, él empieza a tomar mayores direcciones de instituciones científicas y a fortalecer la formación de profesionales científicos dentro de la UCh.



En 1966 Niemeyer asistió al simposio latinoamericano de regulación metabólica en México coorganizado por el Dr. Alexander Hollaender, genetista y bioquímico alemán. Uno de los objetivos de estos simposios era conectar a científicos en formación, especialmente latinoamericanos con investigadores de renombre de todo el mundo. En este simposio, Niemeyer compartió su proyecto y enfatizó sus ideas de generar un capital humano de punta en Latinoamérica, por lo cual le encomendaron cumplir esta misión junto a Jorge Allende en Chile (*Allende, J. 2010; Ureta, T. et al. 2012*)

Al llegar a Chile, se le dificultó este objetivo dado que en 1967 estaba en proceso la reforma universitaria. Si bien Niemeyer adhería al proceso de descentralización de las cátedras a departamentos, no compartía la fuerte politización y movilización dentro del recinto universitario (*JA; Ureta, T. et al 2012*). Luis Izquierdo recoge en un manifiesto de los profesores de la Facultad de Medicina que Niemeyer firmó, indicando que: “...*casi nadie duda que la Universidad de Chile requiere cambios importantes (...) No faltan los estudios que clarifican (...) un ideal de responsable y madura reforma universitaria. Pero esta reforma invoca sin mayores precisiones (...) el ideal de democratización universitaria, para concluir imponiendo, por una parte, el espíritu y la conducta de asambleas inorgánicas que en una Universidad son la negación de la individualidad y de la sociabilidad democrática...*”. En estos años, Niemeyer se encontraba enseñando sólo las cátedras de bioquímica en la Facultad de Medicina y la FACIN y dirigiendo el área de bioquímica y biología molecular en la Sociedad de Biología, cargo asumido en 1967. Algunos hitos puntuales de la reforma universitaria, como la intervención de estudiantes en la FACIN por trabajar con fondos estadounidenses (*Hoecker, G., 1970*), no le agradaron a Niemeyer. Por lo mismo se menciona que pudo haber salido de Chile para tomarse un año sabático en Puerto Rico (*JA; Ureta, T. et al. 2012*).

En 1969, Niemeyer tomó el cargo de director de la Escuela de Postgrado en la Universidad de Puerto Rico (UPR, en adelante) (*JA; Allende, J. 2010*). En esa institución, los profesores le pidieron dirigir la apertura de un programa de doctorado en bioquímica, propuesta que dejó pensando a Niemeyer sobre el potencial y necesidad que tenía Chile en cuanto a su capital humano. En una conversación con Jorge Allende, Julio Celis y Tito Ureta, deciden llevar a cabo el programa en su país de origen y hacerlo en la FACIN (*JA; Ureta, T. et al 2012*). Así, reclutó a diferentes académicos de ciencias biológicas y les propuso crear el primer Programa de Bioquímica dentro del Doctorado en Ciencias

Biológicas, siendo inaugurado en marzo de 1971 (*I.1; Ureta, T. et al. 2012*). Niemeyer tomó la dirección de este programa y el primer claustro académico se conformó de 6 profesores y profesoras tanto de la FACIN como de Medicina. En 1973 este claustro se ampliaría a 13 profesores, incluyendo a académicos de la FAQYF y de la Universidad Católica. Este hito llevó a la profesión científica un paso más adelante y formó una escuela de investigadores que se mantiene a la fecha tanto en la UCh, como dispersos a lo largo del país (*I.1*). Los objetivos del programa de doctorado no sólo buscaron generar profesionales de alto nivel, sino que busco dotar a las universidades “*de personal docente con una elevada formación académica para que su crecimiento sea inteligente y creador*” (*Ureta, T. et al. 2012*).

Niemeyer también participó de la generación de instituciones fuera de la UCh, siendo una de ellas la SBBM. La idea fue levantar una sociedad independiente desde la Biología, que ya había inaugurado la sección de Bioquímica y Niemeyer la dirigió (*I.1; Ureta, T. et al. 2012*). La SBBM se convierte en personalidad jurídica en 1974, un año después del golpe de Estado- Niemeyer se mantiene como director del área de bioquímica de esta sociedad entre 1974 y 1980 (*SBBM, 2020*).

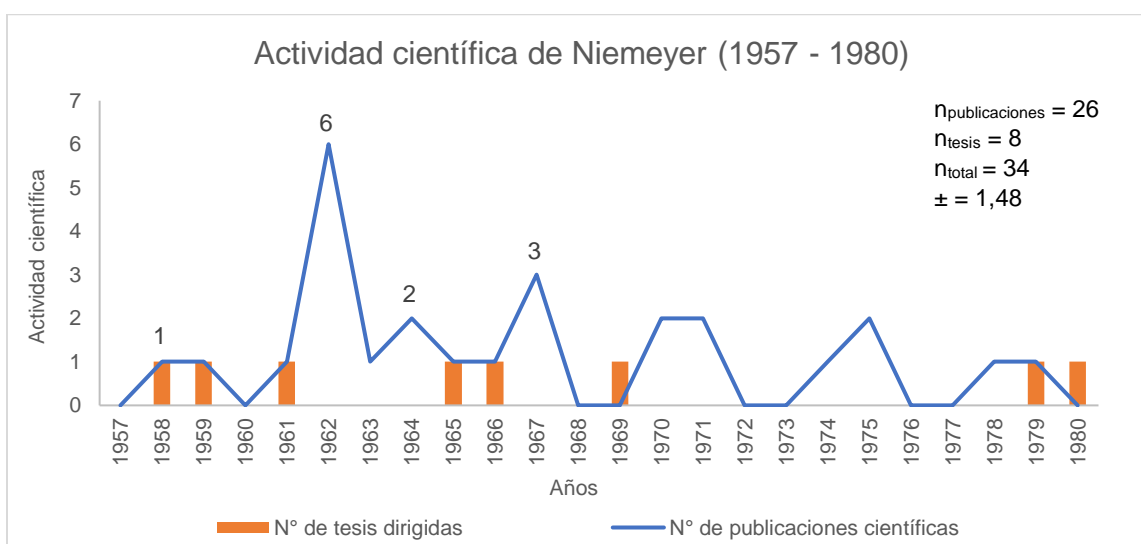
En los tiempos de dictadura, Niemeyer se enfocó más en la participación y dirigencia de roles públicos, dado que las universidades fueron tremendamente perjudicadas en cuanto a sus equipos humanos, lo que incluyó a sus investigadores. El decano de la FACIN de aquel momento, el físico Dr. Sergio Aburto se encontraba de viaje en Europa al momento del golpe, hecho que lo alejó de la posibilidad de volver a Chile; por ello, varios miembros de la facultad le pidieron a Niemeyer tomar ese cargo para evitar la imposición de una autoridad designada (*Ci.1; I.1*). Esta decisión le significó trasladar por completo su laboratorio a la FACIN, el cual anteriormente estaba en la Facultad de Medicina, estableciendo el laboratorio de Bioquímica y Biología Molecular en la sede oriente de la UCh (actual campus Juan Gómez Millas). Parte implícita de su rol dentro del cargo, el cual cumplió entre 1973 y 1975, fue la protección de varios profesores, entre ellos el biofísico Mario Luxoro (*I.1; Ci.1*), cuya postura política lo tenía en peligro frente al régimen militar.

Teniendo establecido su nicho por completo en la FACIN, se dedica mucho más al área formativa y pública en diferentes instituciones. Sus últimos roles los ejerce en conjunto a Jorge Allende, cuya colaboración lo llevó a trabajar en el fortalecimiento de programas de postgrado en ciencias biológicas tanto dentro como fuera del país. Uno de estos esfuerzos

fue la formación del Centro de Estudios Avanzados en Ciencias Biológicas (CEACB, en adelante), que agrupó a varios científicos importantes del país (entre ellos, O. Cori) para conformar una red que fortaleciese los estudios de postgrado en Chile (Allende, J. 2010; Ureta, T. et al. 2012). Esto además, tuvo un objetivo internacional, dado que para obtener financiamiento de la Organización Cultural, Científica y Educacional de las Naciones Unidas (UNESCO, en adelante) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, en adelante), debían formar una organización como lo fue la CEACB y obtener apoyo de CONICYT (Allende, J. 2010; Ureta, T. et al. 2012). Gracias a este programa, se obtuvo financiamiento para la investigación científica, becas, pasantías y cursos de técnicas científicas en Chile con expositores internacionales.

### 5.2.3. Análisis conjunto de roles científicos y públicos de Niemeyer entre 1957 y 1980

En la **figura 7** se observa una actividad científica con bastantes variaciones, teniendo su punto más alto en 1962, y sus puntos más bajos en 1957, 1968, 1972, 1973, 1976 y 1977. De aquí, se infiere que la actividad científica de Hermann Niemeyer no fue constante y tampoco se desarrolló de manera ascendente, sino que tuvo diferentes sucesos que hicieron que tuviera varios altos y bajos. La cantidad de publicaciones científicas en el periodo descrito fueron 26 y las tesis dirigidas de 8 (7 de pregrado y 1 de postgrado). Esto suma un total de actividad científica de 34. Se considera la suma entre publicaciones y tesis dirigidas, cuyo promedio fue de 1,48 publicaciones por año.



**Figura 7| Actividad científica de Hermann Niemeyer (1957 – 1980).** La cantidad de publicaciones científicas, en barras azules, fue de 26 y la de tesis dirigidas, en línea roja, de 8. Su actividad científica total fue de 34 y el promedio de actividad por año es de 1,48.

Según lo analizado, la trayectoria pública de Niemeyer lo llevó a siempre educar a científicos y científicas y a levantar una institucionalidad que se preocupara de esto a escala académica. Esto lo logra a través de las diferentes instituciones que fundó y cofundó desde 1963 en adelante. Es interesante notar que su actividad científica disminuye de manera notable a partir de 1968, posterior a la reforma universitaria, lo que coincide con los hechos mencionados en su trayectoria pública. Luego, su actividad científica se mantiene más baja cuando empieza a asumir altos cargos a nivel institucional, específicamente desde que fundó la SBBM y dirige el Programa de Bioquímica en el Doctorado en Ciencias, ambos en 1971. A partir de 1973, su actividad como investigador disminuye considerablemente, manteniéndose entre 2 publicaciones y 1 tesis dirigida, debido a los cargos públicos que desempeñó. En este periodo, Niemeyer fue decano de la FACIN, dirigió el CEACB y fue director del área de bioquímica de la SBBM.

Cabe destacar que Niemeyer ayudó a fundar varias instituciones que buscaban levantar el trabajo investigativo dentro de la comunidad de las ciencias biológicas, lo que al mismo tiempo llevó a que él trabajase menos en sus propias investigaciones.

#### 5.2.4. Fondos adjudicados en las investigaciones de Hermann Niemeyer entre 1957 y 1980

Niemeyer llevó adelante su trabajo gracias al aporte que recibió de **tres fondos nacionales** y **cuatro fondos internacionales** (*ver anexo 15*). La institución nacional que más aportó a Niemeyer fue la Comisión de Ayuda a la Investigación de la Facultad de Medicina de la UCh, con la que publicó 15 *papers*, seguido por la institución internacional Rockefeller Foundation. La **figura 8** indica la proporción de fondos adjudicados que aportaron a sus investigaciones según hayan sido nacionales o internacionales. El mayor porcentaje con fue de entidades nacionales con un 53% de *papers* publicados con esos fondos, y un 47% con *papers* publicados con fondos internacionales.

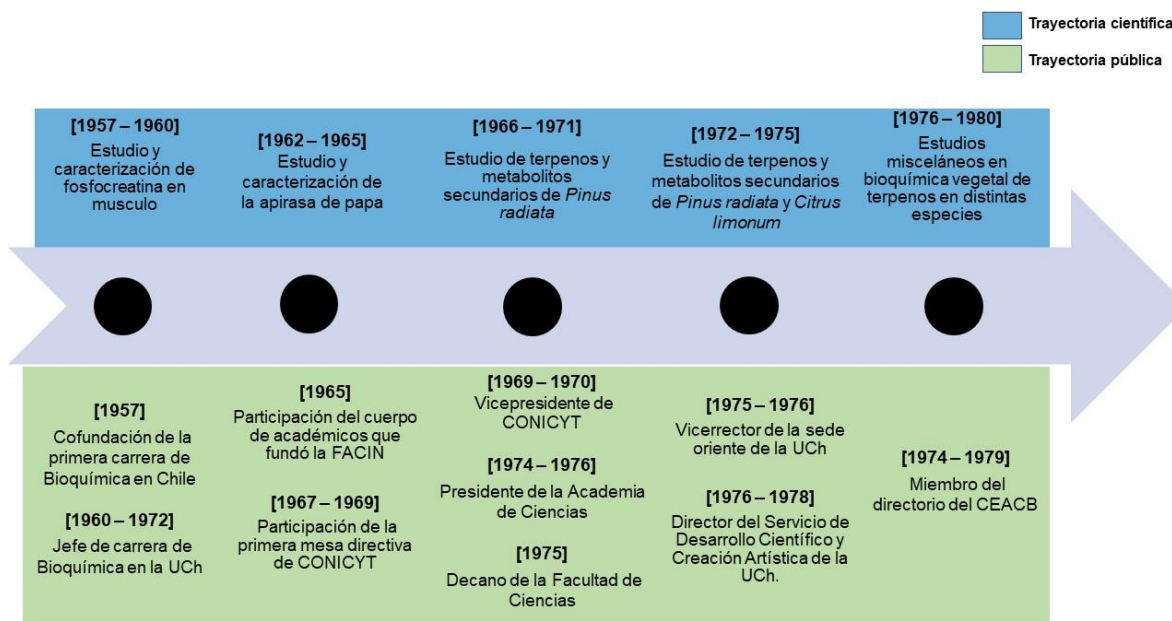


**Figura 8|Proporción de fondos adjudicados por Hermann Niemyer (1957 – 1980) (total = 7).** De entre los fondos que más utilizó en sus publicaciones, fueron el de la Comisión de Ayuda a la Investigación de la Facultad de Medicina de la UCh (n = 15) por el lado nacional, y de la Rockefeller Foundation por el lado internacional (n = 10) (ver anexo 15).

### 5.3. Oswaldo Cori: profesor y gestor de la Bioquímica e investigación profesional

Según la entrevista cercana, a Oswaldo Cori se le caracterizó como una persona bastante rigurosa y cartesiana (Ce. 2), por lo que le era muy afín realizar investigación científica. A su vez, su trayectoria lo llevó a tomar cargos tanto dentro de la UCh, como en la Academia de Ciencias, institución que agrupaba una serie de científicos titulares - como Gustavo Hoecker y Eduardo Cruz-Coke - para representar a las ciencias frente al Estado y la sociedad (*Academia de Ciencias, 2014*). A su vez, estuvo fuertemente ligado con la fundación de CONICYT, siendo uno de los pocos bioquímicos que llegó a esta institución, en la que representó fuertemente a las ciencias experimentales (I.2; Ce.2).

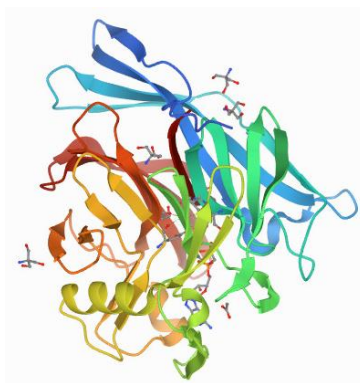
La relación directa entre los roles científicos y públicos de Cori no es muy evidente, pero tiene relación con la generación de escuelas de formación científica profesional. En la **figura 9** se ve el avance en paralelo de sus roles públicos e investigaciones científicas. A continuación, se verán las diferentes características que configuraron la escuela de bioquímica de Cori y como ese carácter riguroso y cartesiano impactó en la institucionalidad científica chilena.



**Figura 9| Contraste de rol científico y rol público de Osvaldo Cori entre 1957 y 1980.** La actividad pública de Cori comenzó por una importancia local en la FAQYF, por lo que se dedicó bastante a dirigir tesis y publicar, y posterior a 1967, comienza a tomar cargos de administración universitaria y nacional.

### 5.3.1. Rol investigativo y actividad científica de Osvaldo Cori entre 1957 y 1980

La trayectoria investigativa de Cori se llevó a cabo principalmente en el laboratorio de Bioquímica General en la FAQYF (*Ci.2*). Entre 1957 y 1960 publicó junto a su esposa, Aida Traverso, sobre la creatina y diferentes elementos metabólicos que participan en su fosforilación en músculo esquelético de rata (*Cori et al. 1958; Cori et al. 1960*). A partir de 1961, el matrimonio científico decide cambiar su línea de investigación para así utilizar un modelo de estudio que no sea de origen animal (*Ci.2*), por lo que decidieron estudiar la apirasa, enzima que hidroliza una molécula de ATP para formar AMP, en el modelo de papa (*Solanum tuberosum*). En este periodo, el matrimonio Cori – Traverso compartieron tres publicaciones, mientras que Cori, dirigió tres tesis para la obtención y purificación de esta enzima (*ver anexo 14 y 15*). De esta forma, comenzaron a hacer investigaciones pioneras en materia de estudio de la apirasa y enzimas hidrolíticas en organismos vegetales (**figura 10**).



**Figura 10| Cristal de Apirasa de ser humano (*Homo sapiens*) (PDB: 1S1D).** Cori y Traverso investigaron la apirasa de papa por alrededor de cinco años.

En 1964 Cori separa su línea de investigación de Traverso, cuando comienza a estudiar los terpenos, un complejo grupo de moléculas orgánicas derivadas de aceites esenciales en organismos vegetales. Ese mismo año, dirigió la primera tesis de sobre esta línea en su laboratorio, titulada “*Biosíntesis de terpenos en agujas de Pinus radiata*” de Pablo Valenzuela (Ver anexo 2). Ya en 1966 profundiza la investigación que llevaron a cabo en su trabajo de tesis y lo publican junto a Enrique Beytía y Arturo Yudelevich (*P. Valenzuela, Cori, O. et al. 1966*). En esta investigación, identifican los intermediarios sintetizados en las vías de biosíntesis de terpenos. En adelante, varios estudiantes hicieron sus tesis en este tema con Cori, entre ellos Carlos George Nascimento y Emilio Cardemil, con quienes vieron biosíntesis de terpenos, estudio de intermediarios como prenoles, entre otros (ver anexo 2). Por otro lado y en el mismo laboratorio, Traverso continúa investigando la apirasa de papa junto a un nuevo equipo de investigadores y en su mayoría, investigadoras (Ci. 2; Ci.3).

A partir de ese periodo hasta 1980, Cori se dedica a publicar y dirigir tesis sobre la síntesis, análisis y el uso de técnicas experimentales de gran sofisticación para la época como el uso de cromatógrafos de gas, con respecto a la síntesis de terpenos. Esto lo hace primero, en Pino (*Pinus radiata*) y luego Limonero (*Citrus limon*), entre otros. A su vez, trabajó tanto en la FAQYF, como en la Universidad de California, Santa Bárbara, junto a su amigo Clifford A. Bunton (Ce.2; Cori et al. 1979) en reacciones orgánicas de monoterpenos. Entre 1975 y 1980, sus investigaciones se enfocaron en metabolitos varios y enzimas de Pino y Limonero, como pirofosfatos y preniltransferasas.

Desde el lado puramente científico, el entrevistado institucional describió a O. Cori como “*un científico muy profundo en sus convicciones, muy sabio en la materia propiamente científica, muy inclinado hacia la química, él tenía una noción de la bioquímica muy orientada a estudiar mecanismos de reacción enzimática. Su inclinación iba más por la química que por la parte propiamente biológica*” (I.2). Esto dado que transitó entre investigaciones de catálisis enzimática y análisis de biomoléculas y enzimología, a investigar reacciones orgánicas de biomoléculas vegetales.

### 5.3.2. Roles y trayectoria pública de Cori entre 1957 y 1980

Los inicios puntuales de la Bioquímica profesional, aparte de la especialización de Cori en las ciencias experimentales, fue cuando su esposa, Aída Traverso (1921 – 2000) (Ci.2), termina la carrera de Química y Farmacia en la UCh para poder ejercer investigación científica junto a Cori (Ci.2; Ce.2). Esto los vinculó más con la FAQYF lo que lo llevó a mantener contacto y luego amistad con el primer decano de esta Facultad, el profesor Juan Ibáñez (Ci.2). Lo anterior les abrió las puertas para poder trasladarse a la FAQYF y abrir juntos el primer laboratorio de Bioquímica General en 1956, a pesar de que Ibáñez ya no era decano en ese momento. Con ello, obtuvieron el cargo de profesores para la cátedra de Bioquímica General, lograron hacer publicaciones e incluso guiar algunas tesis de estudiantes de Química y Farmacia (*ver anexo 2*).

En 1957, Cori y Traverso cofundan la primera carrera de Bioquímica en Chile, estrenando así la primera malla universitaria dedicada a formar investigadores en ciencias biológicas y agrupando a un equipo de científicos que pudiera llevar a cabo las asignaturas suscritas en su programa (*Sapag – Hagar, M. et al. 2007*). Esto marcó un hito de profesionalización de las ciencias, ya que “*...a partir de la creación de la carrera empezaron a titularse investigadores propiamente bioquímicos, que no tenían una formación médica, sino que netamente orientado hacia la investigación bioquímica*” (I.2). A su vez, en Concepción se funda la misma carrera 6 meses después bajo los esfuerzos de Luciano Chiang y Leticia Sánchez, matrimonio de investigadores en enzimas digestivas como la pepsina y gastrina y muy amigos del matrimonio Cori – Traverso (Ci.2). Estos se formaron con Cori para especializarse en el área docente (Cori, O. 1985), para así poder armar diferentes cátedras en la Universidad de Concepción. Este hecho ejemplifica el rol formador de Cori.



En principio, la carrera compartió los primeros años de formación con Química y Farmacia y admitía en principio una matrícula de entre 20 y 25 estudiantes (Ci.1; I.2). La particularidad de los primeros egresados de Bioquímica fue que muchos de los primeros estudiantes se fueron a hacer sus tesis en dicho espacio junto al espacio del laboratorio de Bioquímica General de Cori y Traverso (I.2; Ci.2). En 1960, con la creciente masa de estudiantes que seguía ingresando a la carrera, Cori toma el cargo de jefe de carrera (Cori, O. 1985) en el cual pudo generar instancias para conocer mejor a estos estudiantes (I.2, Ci.1; Ci.3). Entre los primeros investigadores que entraron a su laboratorio, estaba Frank Marcus, quien pronto partiría la carrera de Bioquímica en la Universidad Austral, con la formación que le habían entregado (Ci.2) y también Emilio Cardemil, símil en la Universidad de Santiago de Chile.

Desde el lado académico, el curso de bioquímica general fue donde los estudiantes de esta nueva carrera se diferenciaron de los farmacéuticos y se adentraron en la cátedra coordinada por Cori y principalmente enseñada por Cori y Traverso, en el cual se enseñaban contenidos relacionados con enzimología (Ci.1; Ci.3; I.3).

Desde el lado investigativo, la cultura dentro del laboratorio de Bioquímica General fue lo que también ayudó a formar a los estudiantes de esta escuela, siendo un lugar en el cual se almorzaba con todo el grupo para hablar de temas actuales que ocurrían con ciencias, artes, música y política (I.2; Ci.2; Ci.3), llevaba a cabo seminarios de investigación y clases que hacían los miembros del laboratorio (Ci.2). En definitiva, el laboratorio como lugar de formación fue para Cori el lugar más importante para generar científicos críticos más allá de lo experimental.

Cori también fue parte del claustro académico que formó parte de la fundación de la FACIN en 1965, pero el hito mismo de la fundación se le atribuye más a Niemeyer (Ci.2) y los otros profesores que finalmente terminaron siendo parte del grupo de profesores titulares de esa Facultad (Ci.2; Ureta, T. et al 2012).

En 1966, cuando tuvo sus primeras publicaciones sobre terpenos en *Pinus radiata*, Cori es incorporado como miembro de número a la Academia de Ciencias del Instituto de Chile (Ureta, T. 2018). A partir de este hito, Cori ya empieza a ser bastante más activo en roles públicos en su carrera científica.

En 1967, el presidente Frei Montalva fundaría CONICYT de la que Cori fue parte de su primera mesa directiva y luego en 1969, fue proclamado vicepresidente de dicha directiva (*Ci. 2; Ce.2; Cori, O. 1985*). Así, la participación de Cori le permitió a la institucionalidad nacional tener a la bioquímica como un punto importante tanto en atención como en financiamiento (*ver anexo 15*).

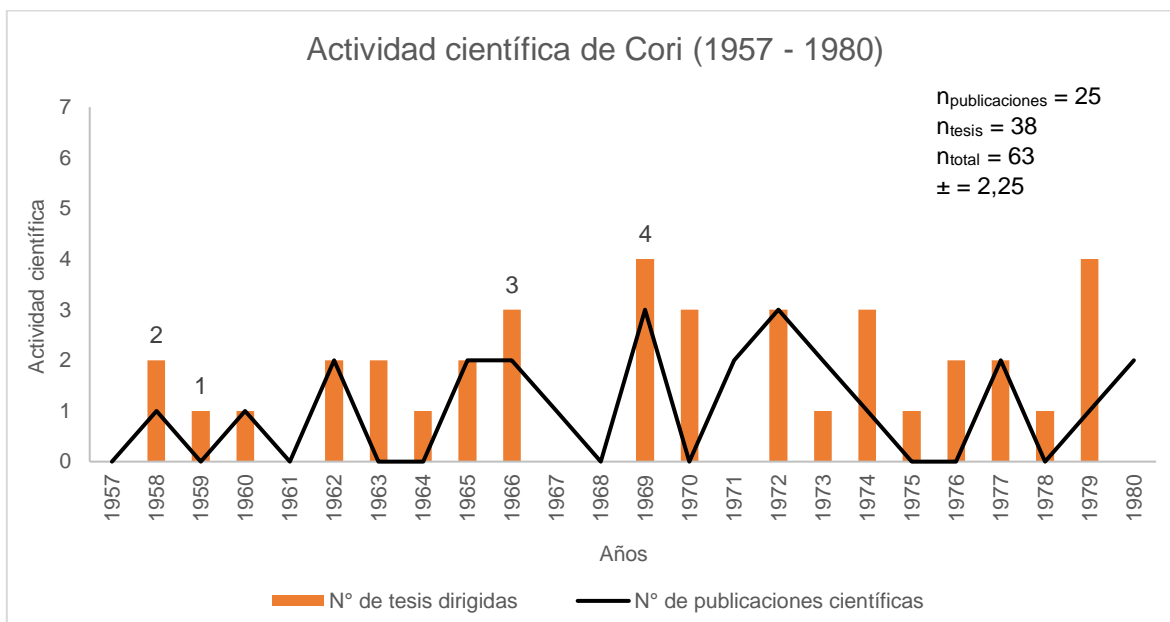
En el periodo del golpe de Estado, Cori retomó su dirigencia en cargos públicos y de instituciones científicas, hecho que coincide con su alejamiento de la FAQYF (*Ci.2*) y su acercamiento a la FACIN y a otros cargos extrauniversitarios. En 1973, formó parte de la comisión de examen del Doctorado en Ciencias, como parte del Programa de Bioquímica (*Ureta T. et al. 2012*). En 1974, asume como presidente de la Academia de Ciencias por un periodo completo de dos años y en paralelo, en 1975 asume como decano de la FACIN, sucediendo a Niemeyer y estando ahí por un periodo bastante corto ya que luego se le ofreció el cargo de Vicerrector de la sede oriente de la UCh entre 1975 y 1976 (*Cori, O. 1985*). Finalmente, entre 1976 y 1978, toma la dirección del Servicio de Desarrollo Científico y Creación Artística de la UCh, cuyo modelo de fondos concursables, que también usaba la Universidad Católica, fue una inspiración importante para que más adelante CONICYT implantara esta forma de financiamiento en FONDECYT en 1980 (*I.2; El Mercurio, 1981*). A su vez, entre 1974 y 1979, fue parte de la directiva de Santiago en el CEACB, institución principalmente impulsada por Niemeyer y Allende.

En este periodo de estallido de participación en actividades públicas comenzó a publicar de manera reiterada con respecto a la situación de las ciencias en Chile y cómo debe aumentar su valor cultural (*Ce. 2; Cori, O. 1985*). Escribió columnas de opinión y cartas al director, con las que fue bastante escuchado dentro y fuera del mundo académico (*Ci. 2; I.2; Ce. 2*). Los cargos que tuvo después del golpe de Estado lo ayudaron a tener una posición en la cual pudiese hacer más cambios y reestructuraciones políticas tanto dentro como fuera de la UCh.

### 5.3.3. Análisis conjunto de roles científicos y públicos de Cori entre 1957 y 1980

En la **figura 11** se observan variaciones en la actividad científica de Cori, con su punto más alto en 1969 y sus puntos bajos en 1957, 1961 y 1968. A diferencia de la actividad de Niemeyer, Cori se dedicó mayoritariamente a dirigir tesis, con una cantidad

total de 38 tesis dirigidas (siendo sólo una de estas de postgrado) y 25 publicaciones científicas (ver anexos 1 y 2).



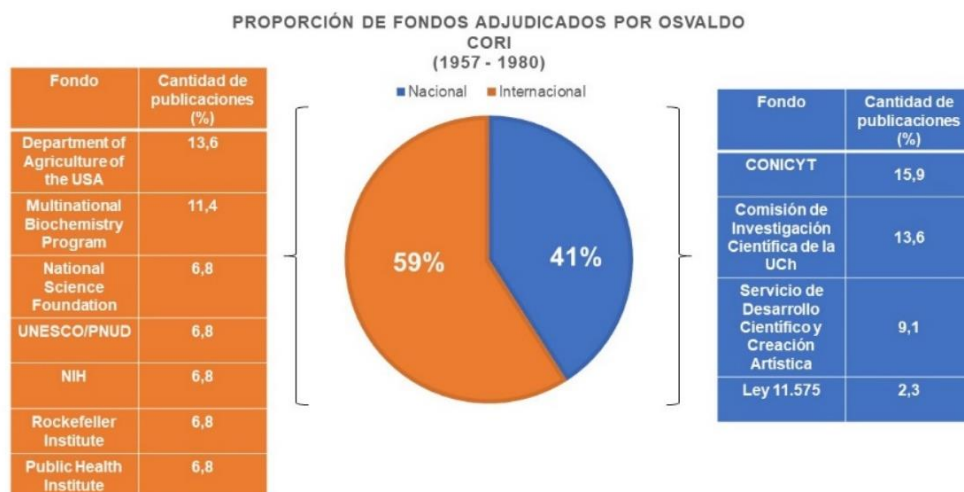
**Figura 11| Actividad científica de Osvaldo Cori (1957 – 1980).** El número de tesis dirigidas, en barras rojas corresponde a 38 y el número de publicaciones científicas da un total 25, en líneas negras teniendo un promedio de actividad científica total de 2,25 (ver anexos 1 y 2).

Su periodo de mayor productividad fue entre 1969 y 1973, el cual coincide con la fundación de CONICYT y su participación en la mesa directiva. Esto lleva a inducir que si bien, esta institución no otorgaba fondos de manera formal o establecida por la institución (Salinas, A. 2012; Ci.2; I.2), su participación ahí lo ayudó a incrementar su actividad científica, aumentando así sus investigaciones en biomoléculas. Vale destacar que también aprovechó los vínculos del acuerdo Chile – California posterior a 1970 para hacer experimentos en la Universidad de California, Santa Bárbara con Clifford A. Bunton (Ver anexo 1; Ce.2; Ci.2).

Bien es cierto que muy pocos estudiantes continuaron con la investigación que Cori estableció con el vasto estudio de terpenos y otras biomoléculas, los varios que pasaron por su escuela adquirieron un sentido de motivación y rigurosidad que se esparció a otras escuelas científicas a la fecha, (Ce. 2; Ci.2) como fue descrito con Marcus y Cardemil.

### 5.3.4. Fondos adjudicados en las investigaciones de Osvaldo Cori entre 1957 y 1980

Cori llevó adelante su trabajo gracias al aporte que recibió de cuatro fondos nacionales y ocho fondos internacionales (*ver anexo 15*). La institución nacional que más aportó a Cori fue CONICYT, con lo que pudo publicar 7 *papers*, mientras que la institución internacional con la que más colaboró para publicar fue el *Department of Agriculture of the United States*, con el cual generó 6 *papers*. La **figura 12** indica la proporción de fondos adjudicados que financiaron sus investigaciones según hayan sido nacionales o internacionales. El mayor porcentaje con fue de entidades internacionales con un 59% de documentos publicados con esos fondos, y un 41% con documentos publicados con fondos nacionales.



**Figura 12| Proporción de fondos adjudicados por Osvaldo Cori (1957 – 1980) (total = 12).** De entre los fondos que más utilizó en sus publicaciones, fueron el de CONICYT (n = 7) por el lado nacional, y del *Department of Agriculture of the United States* por el lado internacional (n = 6) (*ver anexo 15*).

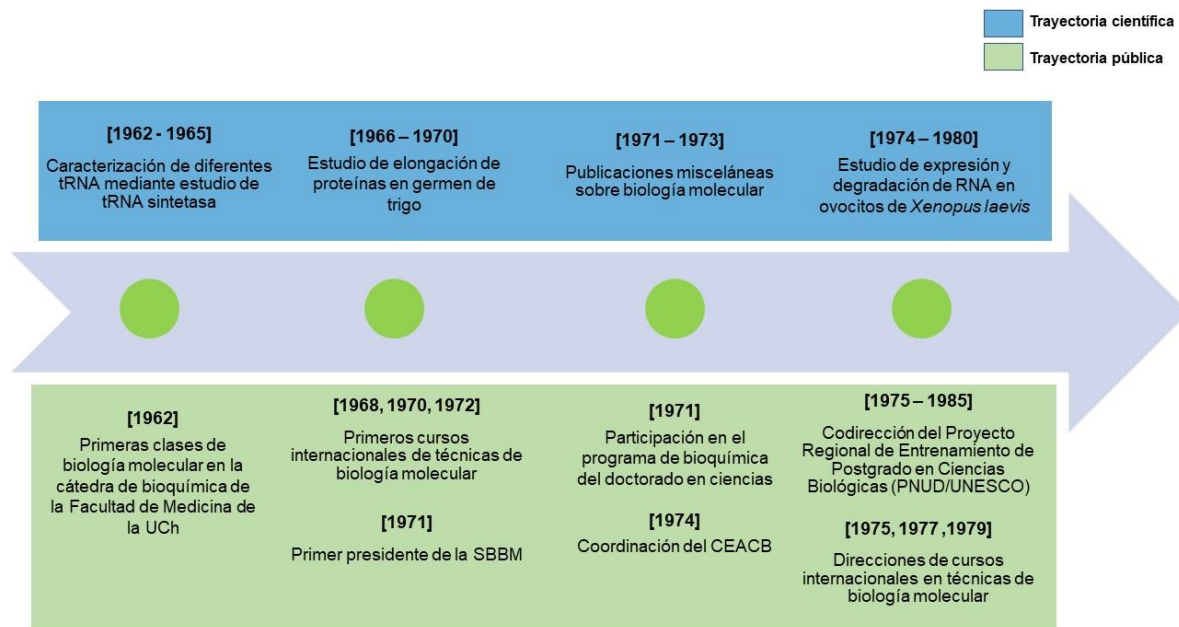
### 5.4. Jorge Allende: llegada de la biología molecular a Chile y mejoramiento de las redes científicas internacionales

Jorge Allende, a quien sus entrevistados denominaron “el científico del mundo” (*Ci.3; Ce.3; I.3*), es un bioquímico con una trayectoria marcada por las conexiones, ya que logró el vínculo del país con varios científicos e instituciones internacionales, lo que desarrolló la profesión y comunidad científica.

Nació en Costa Rica y fue educado en ese país, Chile y EE. UU dado que era hijo de padre diplomático chileno. Obtuvo un *mayor* (licenciatura) en Química 1957 en la Universidad del Estado de Luisiana y obtuvo el grado de Doctor en Bioquímica en 1961 en

la Universidad de Yale, con estudios en biología molecular (Allende, M. 2020). Ese mismo año, Allende es invitado a trabajar a la UCh por Juan Gómez Millas en uno de sus viajes a Nueva York (JA). Allende se comprometió a trabajar en la UCh una vez finalizados su postdoctorado con Fritz Lipmann en elongación de proteínas en los procesos de traducción (JA; Allende, J. 2010; Allende, M. 2020). A principios de 1962, Allende viajó a Chile junto a la científica Catherine Connelly, con quien se casó poco tiempo antes de irse a Sudamérica. Allende venía con una importante base de trabajo en diferentes elementos de RNA, el cual decidió seguir investigando en Chile junto a Connelly. Con ello, ambos trajeron la primera escuela de biología molecular al país.

Los roles científicos y públicos de Allende se entrelazan de manera explícita, dado que la profundización de su investigación en biosíntesis de proteínas y sus constantes viajes a Estados Unidos para aprender nuevas técnicas o publicar diferentes investigaciones, lo llevó a generar vínculos con científicos internacionales. En la **figura 13** se observan ambas trayectorias de forma paralela, de las cuales se profundizará en los siguientes capítulos.



**Figura 13| Contraste de rol científico y rol público de Jorge Allende entre 1957 y 1980.** La actividad pública de Allende rodeo el mejoramiento de la calidad con la que se hacía investigación en el país y sobre vinculación de científicos tanto a nivel nacional como internacional. Esto avanzó de forma paralela con los avances científicos del laboratorio de los Allende – Connelly.

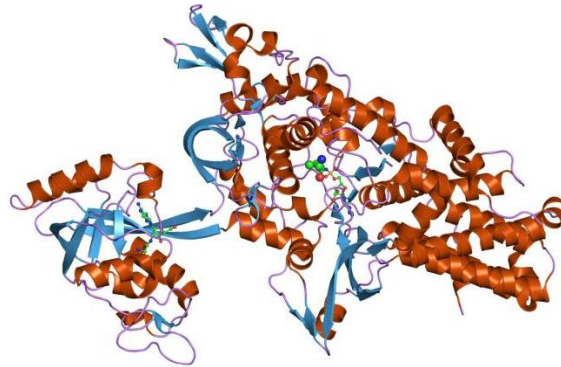
#### 5.4.1. Rol investigativo y actividad científica de Jorge Allende entre 1957 y 1980

La gran revolución de la genética y la biología molecular, campo que estudia el DNA y sus componentes genéticos de forma experimental, estaba empezando su auge cuando Allende entra a su doctorado y hace su tesis con Joseph Fruton sobre ribosomas y expresión de proteínas (Allende, J. 2010; Allende, M. 2020).

En 1962, el matrimonio Allende – Connelly llegaron a trabajar al Instituto de Química Fisiológica y Patológica de la UCh, en la cual investigaron sobre el RNA de transferencia (tRNA, en adelante) y el estudio de la treonil adenilato ciclasa para encontrar aspectos metabólicos de la traducción de proteínas (*ver anexo 1*). Así, ellos comenzaron en paralelo a crear su equipo de investigación y en paralelo, a realizar las primeras cátedras de biología molecular en la UCh (JA), eventos que combinados, empezaron a generar otra escuela con nuevas temáticas en el área de bioquímica. Por esto, se le reconoce por haber traído la biología molecular a Chile (Ci.3; I.2; I.3). La persona entrevistada del área científica asegura que: “No había ningún otro grupo que se dedicara a la biología molecular en ese momento” (Ci.3), lo que atrajo a varios bioquímicos como Rafael Vicuña y Pablo Valenzuela, que anteriormente habían trabajado con Cori.

Allende y Connelly empezaron trabajando sin problemas financieros gracias a los fondos de la *Jane Coffin Foundation* que traían de EE. UU al haber sido estudiantes de Yale en su postgrado (JA; Allende, J. 2010). Sus primeros estudios en Chile dentro del proceso de traducción del DNA, específicamente relativos a la caracterización del tRNA y la aminoacil tRNA sintetasa, enzima que permite ligar mediante un enlace éster a su respectivo tRNA (Allende, J. et al 1963). Cabe destacar que existe un tRNA por aminoácido, es decir, existen alrededor de 20, por lo que el campo de conocimiento sobre estas enzimas era, para la época, muy vasto. Su investigación se inició con la purificación de la enzima, continuando con caracterizar su afinidad con su sustrato en hígado de rata (Connelly, C., Allende, J. 1964). Luego de diferentes experimentos de purificación y caracterización de la tRNA sintetasa (**figura 14**), descubrieron que la más estable era la treonil tRNA sintetasa al ser más abundantes en células animales. En 1964, Allende publica “*Isolation of threonyl adenylate-enzyme complex*”, en la cual utiliza diferentes técnicas como medición de radioactividad, medibles en un detector Geiger de flujo de gas, y con cromatografía de intercambio iónico (Allende, J. et al 1964). El descubrimiento tras esta publicación fue el

hecho de que podían estudiar de forma separada y especializada, cada paso de la reacción de tRNA y su unión con el aminoácido para llevar a cabo el proceso de traducción de proteína. Es por ello que la primera gran línea de investigación de los Allende – Connolly fue la biosíntesis de proteínas.



**Figura 14| Cristal de la Treonil tRNA sintetasa de *Thermus thermophilus* (PDB: 1OBC).** Enzima que estudio *in vitro* Allende y Connolly en sus primeros años como investigadores en Chile.

En 1965, se incorporó Julio Celis a su laboratorio, siendo el primer estudiante de la carrera de bioquímica (JA; ver anexo 2). Lo interesante de este hecho es que en la carrera de bioquímica ya empezaba a surgir el interés hacía otras áreas de investigación en los estudiantes de Bioquímica. Con la llegada de otros profesionales y estudiantes, empieza a crecer su laboratorio en el Instituto de Química Fisiológica.

En 1967 Allende asistió como estudiante a los cursos de cultivo celular, impartidos por Gordon Sato en Cold Spring Harbor en EE. UU. Uno de los experimentos impartidos en el curso fue la microinyección de ácidos nucleicos en ovocitos de *Xenopus laevis*, una especie de rana africana. Este hecho lo acercó al trabajo experimental *in vivo* y también lo llevaría a pensar en su siguiente línea de investigación en Chile (JA).

En el intertanto, entre 1966 y 1973, investigó elementos del tRNA y de expresión genética en germen de trigo. En particular se abocó a comprender la interacción de factores de elongación con los tRNA y su unión a ribosomas (Basilio, C., Allende, J. et al. 1966). Estas investigaciones se realizaron de manera intercalada en diferentes laboratorios de EE. UU – como los laboratorios del *National Institute of Health* (NIH, en adelante) y del *Rockefeller Institute* – y de Chile en la Facultad de Medicina de la UCh.

Luego del golpe de estado, Allende abre la línea de investigación de estudio de ovocitos de *Xenopus laevis*. El equipamiento para este nuevo tipo de trabajo experimental fue instalado principalmente por Catherine Connelly (Ce.3). Su investigación en esta área empezó en 1974, en el laboratorio del Dr. Gordon Sato en la Universidad de California, con experimentos de microinyección de RNA. Se buscaba determinar la vida media de esta macromolécula posterior a la inyección (Allende-Connelly, C., Allende, J. et al. 1974). Entre 1975 y 1980, tanto sus publicaciones como tesis dirigidas se enfocaron en diferentes factores moleculares relacionados al proceso de la traducción de proteínas en este modelo *in vivo*. En este aspecto, el equipo de Allende aportó desde el entendimiento de características bioquímica del tRNA en un sistema vivo y el proceso de síntesis de proteínas dentro de la maquinaria ribosomal.

#### 5.4.2. Roles e hitos públicos de Allende entre 1957 y 1980

El matrimonio Allende – Connelly se instaló en la Facultad de Medicina de la UCh en 1962, siendo más jóvenes que Niemeyer y Cori. A partir de este año, el Dr. Eduardo Cruz – Coke le pidió dictar las primeras clases de biología molecular en la cátedra de bioquímica general en la Facultad de Medicina, dada su experiencia en EE. UU (JA). Esto, en paralelo a la investigación que desarrolló junto a Catherine, marcó la instalación de la biología molecular en Chile como una nueva escuela de formación científica.

En 1967, Allende se encontraba en Cold Spring Harbor, en Nueva York, para estudiar en un curso internacional en técnicas de biología molecular con el Dr. Gordon Sato. En esta instancia se dio cuenta que en Chile y Latinoamérica en general, no existían instancias de especialización (Allende, J. 2010). Lo que gatilló la generación de este curso fue el contacto telefónico que tuvo con el académico Henrique Toro de la Universidad del Valle en Colombia, invitándolo a ser parte de cursos de técnicas en biología molecular en la ciudad de Cali. Allende aprovechó de decir que el organizaría un curso en Santiago, en el instituto de Química Fisiológica. El Dr. Toro le facilitó los contactos para el financiamiento internacional, con el fin de que los cursos fueran realizados en Chile (Allende, M. 2020; JA). Este financiamiento, el cual finalmente se hizo efectivo en 1968, provino de la *International Cell Research Organization* (ICRO, en adelante) y la UNESCO. Ambas instituciones se vincularon fuertemente con la bioquímica y la ciencia chilena mediante los cursos que organizó Allende a partir de ese año. En estos cursos internacionales, se invitaron a



diferentes profesores como Thomas Conway, James Ofengand y John Gurdon y se enseñarían técnicas de biología molecular, purificación de proteínas y como objetivo transversal se promovería el contacto internacional (*Allende, J. 2010; Ci.3*).

Posterior a la organización del primer curso internacional, Allende empezó a pasar menos tiempo en el laboratorio, dejando que Catherine Connelly tomará un rol protagónico en la administración y ejecución de experimentos para sus publicaciones (*Ce.3; Ci.3; I.3*). Allende se empezó a convertir en el “científico del mundo” el cual seguiría promoviendo las vinculaciones internacionales con miras a fortalecer la ciencia nacional (*I.3*).

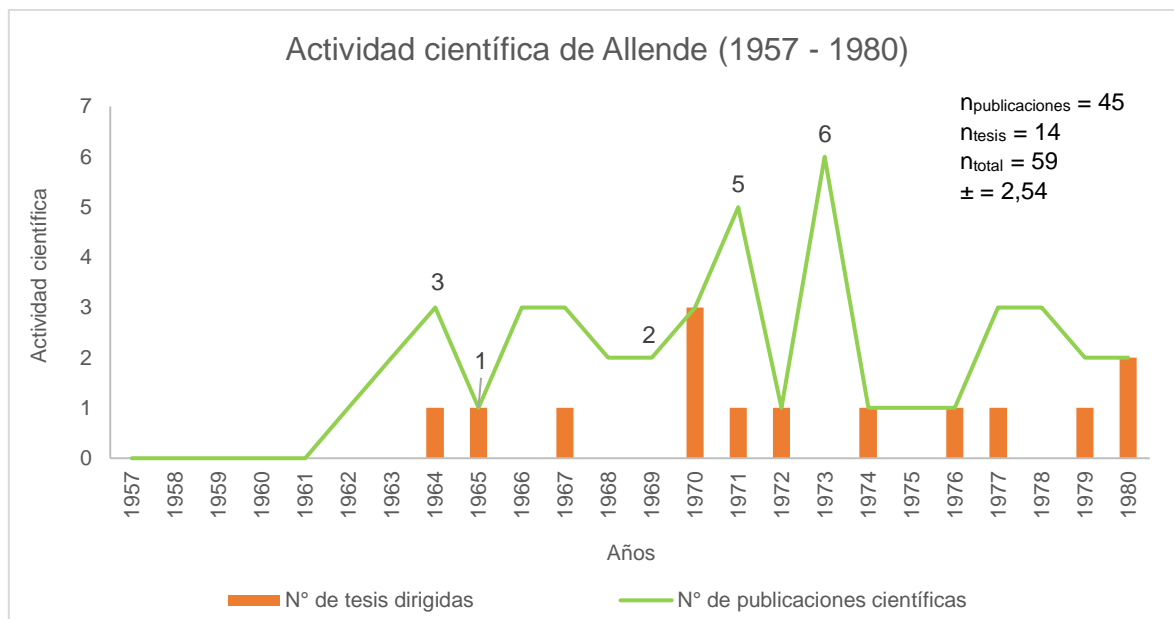
En el periodo entre 1970 y 1973, Allende coordinaría 2 cursos internacionales con los mismos patrocinios que el primer curso en la Facultad de Medicina (*Allende, J. 2010*). En 1971, Allende fue parte del primer comité del programa de Bioquímica del Doctorado en Ciencias, levantado por Hermann Niemyer (*Ureta, T. 2012*). Este último, según el entrevistado cercano: “*lo recuerdan siempre como algo muy importante, era lo que faltaba en Chile para ponernos al nivel de los demás países de la región que ya los tenían, como Argentina y Brasil, y de poder tener formación local de las personas*” (*Ce.3*). En paralelo, Niemyer levantó la SBBM, en la cual le pidió a Allende ser su primer presidente mientras el mismo Niemyer sería director del área de bioquímica (*Ureta, T. 2012; SBBM, 2020*).

En 1974, al estar en EE. UU, Allende se reúne con varios chilenos que por varios motivos, se encontraban en el extranjero. Dado el contexto de dictadura, varios de estos investigadores no querían volver, hecho que inspiró a Allende a levantar a la comunidad científica desde dentro (*Allende, J. 2010; JA*). En paralelo a la apertura de línea de investigación con ovocitos de *Xenopus laevis*, Allende y Niemyer fundaron el CEACB para fortalecer los vínculos de estudios en ciencias biológicas de estudiantes de postgrados de esta área, buscando cursos de perfeccionamiento, pasantías en laboratorios de investigación y becas (*Allende, J. 2010; JA2; Ureta, T. 2012*). Esta institución, liderada por estos dos investigadores, convocó a un número importante de científicos chilenos, de entre ellos Osvaldo Cori, para vincular a estudiantes y finalmente, formar capital humano científico. Por parte de Allende, esta le fue una instancia para conseguir financiamiento de la UNESCO y desarrollar aún más los simposios internacionales, mejorando los vínculos de científicos y estudiantes de postgrado en Latinoamérica. Esto lo llevo a fundar y dirigir a partir de 1975 el Proyecto Regional de Entrenamiento de Postgrados en Ciencias

Biológicas, financiado por la PNUD y la UNESCO. El objetivo de esta institución era similar al CEACB, pero a nivel continental (Allende, J. 2010; 1.3).

#### 5.4.3. Análisis conjunto de roles científicos y públicos de Allende entre 1957 y 1980

En la **figura 15** se observa que Jorge Allende comenzó su actividad científica en 1962 y, al igual que Niemeyer y Cori, tuvo periodos altos y bajos de actividad, presentando sus mejor periodo entre 1970 y 1973. Sus periodos más bajos fueron en 1965 y 1975. Allende tuvo principalmente publicaciones científicas, llegando a un total de 45, y sólo dirigió 14 tesis en este periodo (9 de pregrado y 5 de postgrado). Su promedio de actividad científica – del total entre dirección de tesis y publicaciones - por año fue de 2,54. Allende no tuvo ningún periodo en que su actividad científica llegase a cero.



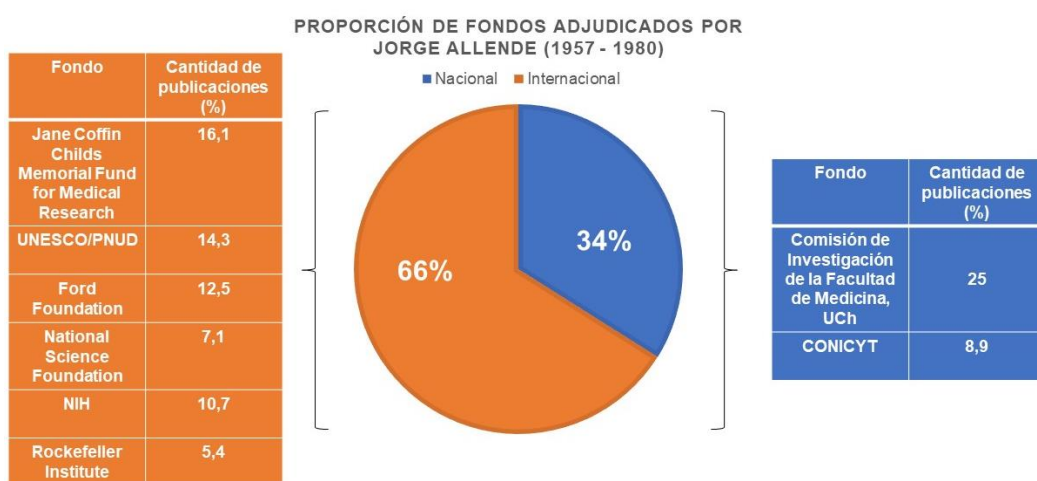
**Figura 15| Actividad científica de Jorge Allende (1957 – 1980).** Realizó 45 publicaciones y dirigió 14 tesis, teniendo un promedio de actividad científica total de 2,54. Cabe destacar que nunca llegó a cero dentro de su actividad científica. (ver anexos 1 y 2).

Entre 1962 y 1967, Allende y Connelly se dedicaron principalmente a publicar y a enseñar las clases de biología molecular. A partir de 1968, los roles públicos de Allende empezaron a potenciar su actividad científica, hecho que se manifiesta de forma más marcada entre 1970 y 1973, años en los que se abrieron varios espacios de formación, como los cursos y simposios internacionales, el programa de Bioquímica en el Doctorado en Ciencias y la SBBM.

En 1974, sumado al difícil periodo que se vivía en Chile, Allende había cambiado de línea de investigación hacia los modelos *in vivo* de ovocitos de rana (*Xenopus laevis*) y sumado a la dirigencia del CEACB y del Proyecto Regional de Estudio de Postgrado. En 1977 se ve otro *peak* de publicaciones, para luego volver a mantenerse constante en 2 a 4 puntos de actividad científica.

#### 5.4.4. Fondos adjudicados en las investigaciones de Jorge Allende entre 1957 y 1980

Allende pudo llevar adelante su trabajo gracias al aporte que recibió de dos fondos nacionales y seis fondos internacionales (*ver anexo 15*). La institución nacional que más le aportó fue la Comisión de ayuda a la investigación de la Facultad de Medicina de la UCh, con la que publicó 14 *papers*. La institución internacional con la que más colaboró fue la *Jane Coffin Foundation*, la que financió su investigación y con la que publicó 9 *papers*. La **figura 16** indica la proporción de fondos adjudicados que financiaron sus investigaciones, según si fueron con recursos nacionales o internacionales. El mayor financiamiento provino de entidades internacionales con un 66% de *papers* publicados con esos fondos, y un 34% con *papers* publicados con fondos nacionales.



**Figura 16| Proporción de fondos adjudicados a Jorge Allende (1957 – 1980) (total = 8).** Los fondos más relevantes para sus publicaciones fueron el de la Comisión de Ayuda a la Investigación de la Facultad de Medicina de la UCh (n=14) a nivel nacional, y de la *Jane Coffin Foundation* a nivel internacional (n = 9) (*ver anexo 15*).

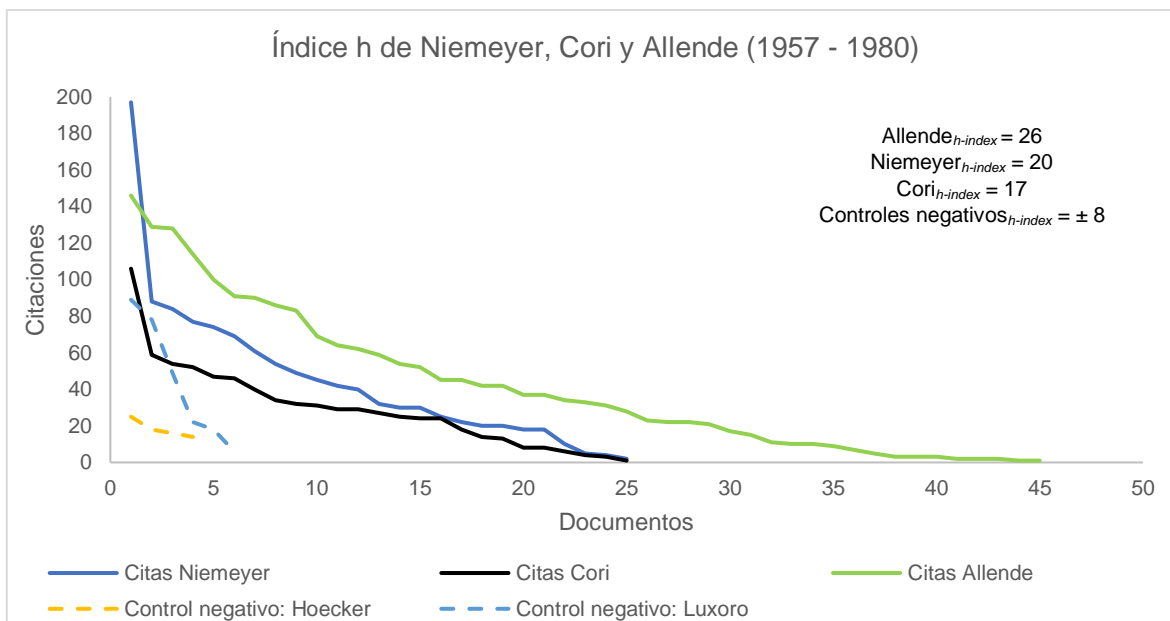
## 5.5. Relación entre los roles científicos y públicos de Niemeyer, Cori y Allende entre 1957 y 1980

Para conocer la relación entre los aportes científicos de tres sujetos de estudio en conjunto y la configuración de la institucionalidad científica chilena se comparará su índice h para indagar en el reconocimiento de investigaciones chilenas representativas en la comunidad bioquímica. A continuación y para los mismos fines, se compararon las sumas de sus actividades científicas (número de publicaciones y tesis dirigidas) con la suma de sus aportes públicos con el fin de analizar si existió una asociación entre esos factores.

### 5.5.1. Impacto de las investigaciones científicas de Niemeyer, Cori y Allende entre 1957 y 1980

En la **figura 17**, se comparan los índices-h de Niemeyer, Cori y Allende (*ver anexo 16*). El índice más alto fue de Allende con  $h=26$ , luego Niemeyer con  $h=20$  y finalmente, Cori con un índice  $h=17$ . Para descartar que el impacto de sus investigaciones fuese algo común de otros bioquímicos con importantes trayectorias públicas, se escogieron a dos importantes científicos del campo de las ciencias biológicas, Mario Luxoro y Gustavo Hoecker. Luxoro (1926 – 2016) fue decano de la FACIN, investigador principal y profesor de biofísica en la UCh y Hoecker (1915 – 2008), primer presidente de la Academia de Ciencias y profesor de Inmunología en la UCh. El índice h de ambos dio un resultado alrededor de 8 (*ver anexo 16*). Con esto se puede estimar que, bajo condiciones de trayectoria pública similares, los índices de impacto fuesen similares. Sin embargo, este resultado permite descartar que el hacer investigaciones de alto impacto en términos cuantitativos fuese algo tendencial de estos científicos.

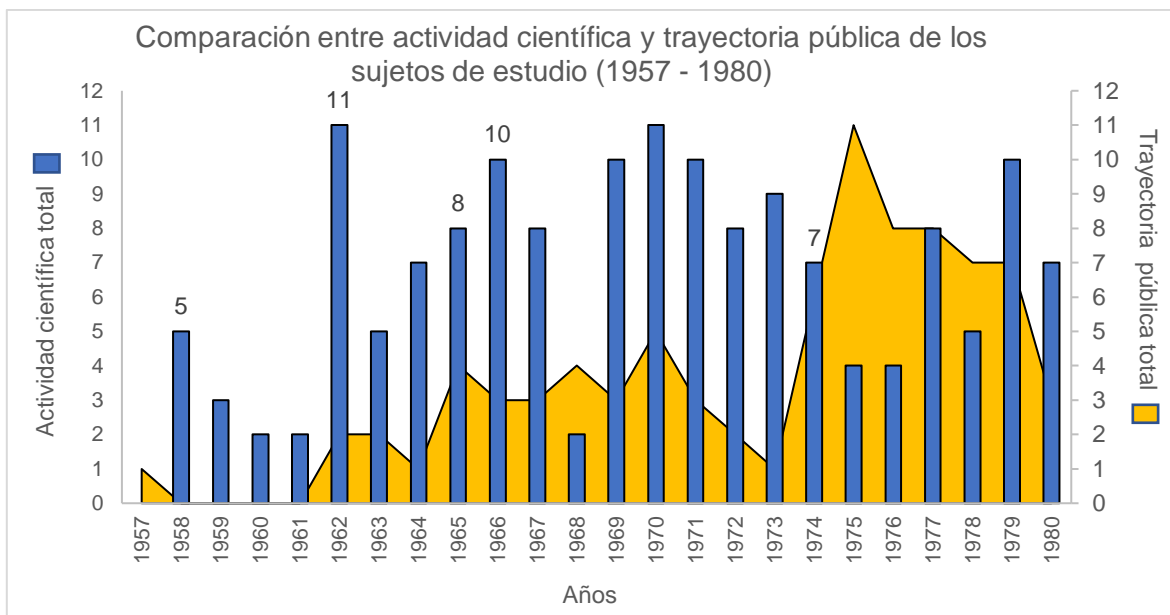
Estos resultados sugieren que los tres sujetos, junto a los equipos de investigación que los acompañaron, marcaron un impacto importante dentro del campo de la bioquímica profesional e hicieron a las ciencias biológicas chilenas conocidas en el mundo.



**Figura 17] Índice h de las publicaciones científicas de Niemeyer, Cori y Allende (1957 – 1980).** Las citas fueron recolectadas de las fuentes GS y Sp. De entre los tres, Allende fue el científico que mayor índice h presentó, siendo este de 26, luego le sigue Niemeyer con 20 y finalmente, Cori con 17. Se seleccionaron a los científicos Gustavo Hoecker y a Mario Luxoro como controles negativos, cuyos índices h dieron entre ambos alrededor de 8.

### 5.5.2. Comparación entre la compatibilidad de las actividades científicas y trayectorias públicas de Niemeyer, Cori y Allende entre 1957 y 1980

En la **figura 18** se presenta la comparación entre la suma de las actividades científicas (número de publicaciones y número de tesis dirigidas) de los sujetos de estudio, a partir de los datos mostrados en las **figuras 7, 11 y 15**, y la suma de sus trayectorias públicas mostradas en las **figuras 5, 9 y 13**, ambos entre 1957 y 1980. Esto permitió analizar la compatibilidad entre ambos aspectos del trabajo científico. Se observa una clara diferencia entre el quehacer investigativo y el público. A modo de ejemplo en el año 1962, en el que la actividad científica sumó un total de 11 productos y el público de 2. En cambio en 1975, se observa lo contrario, pues existe un predominio de ejercicio público, con un total de 11 y una suma de actividad científica de 4. Existieron otros momentos en el que los tres científicos tuvieron periodos altos de publicación y de ejercer público, como se ve en los años 1965 y 1970. A su vez, en 1968 los tres tuvieron un periodo de baja actividad científica y finalmente, posterior a 1975, la proporción de publicaciones de los tres disminuye en general, hecho que coincide con el aumento de sus roles públicos.



**Figura 18| Comparación entre la suma actividad científica de los sujetos de estudio y la suma de la trayectoria pública de estos científicos entre 1957 y 1980.** Este resultado sugiere en varios puntos una baja compatibilidad entre actividad científica y ejercer público.

#### 5.6. Correlación entre la actividad científica de Niemeyer, Cori, Allende y la actividad científica nacional entre los años 1957 y 1980.

Con el objetivo de determinar si el aporte científico de Niemeyer, Cori y Allende tuvo una influencia sobre el crecimiento de la institucionalidad científica chilena entre 1957 y 1980, se llevó a cabo una correlación estadística entre la actividad científica de los tres sujetos de estudio y la actividad científica nacional. La suma de estos parámetros dio una **actividad científica total de 156 ( $n_{a.c.t.} = 156$ )**. A su vez, se hizo una recolección de las publicaciones nacionales en las líneas de investigación mencionadas (*ver anexo 17*). La suma de estas variables, junto a la de los tres sujetos, dio una **actividad científica nacional de 328 ( $n_{a.c.n.} = 328$ )**. Estas variables se ingresaron al programa SPSS para su análisis estadístico. Los datos entregados permitieron reconocer que estos poseían una distribución normal, lo que permitió utilizar la prueba estadística de Pearson con el nivel de significancia ( $\alpha$ ) del 1%. El programa entregó un valor de **P igual a 7E-6, es decir 0,000007** lo cual estadísticamente se aproxima a un 0%. Este valor implica que el existe una correlación significativa. Dado que el valor de P se encuentra entre 0 y 1, se rechaza la  $H_0$  y se acepta la  $H_1$ . En base a este análisis se concluye que si existe una correlación directa entre la actividad científica de Niemeyer, Cori y Allende y la actividad científica nacional entre 1957 y 1980, de manera estadísticamente significativa. En la **tabla 3** se observan los datos

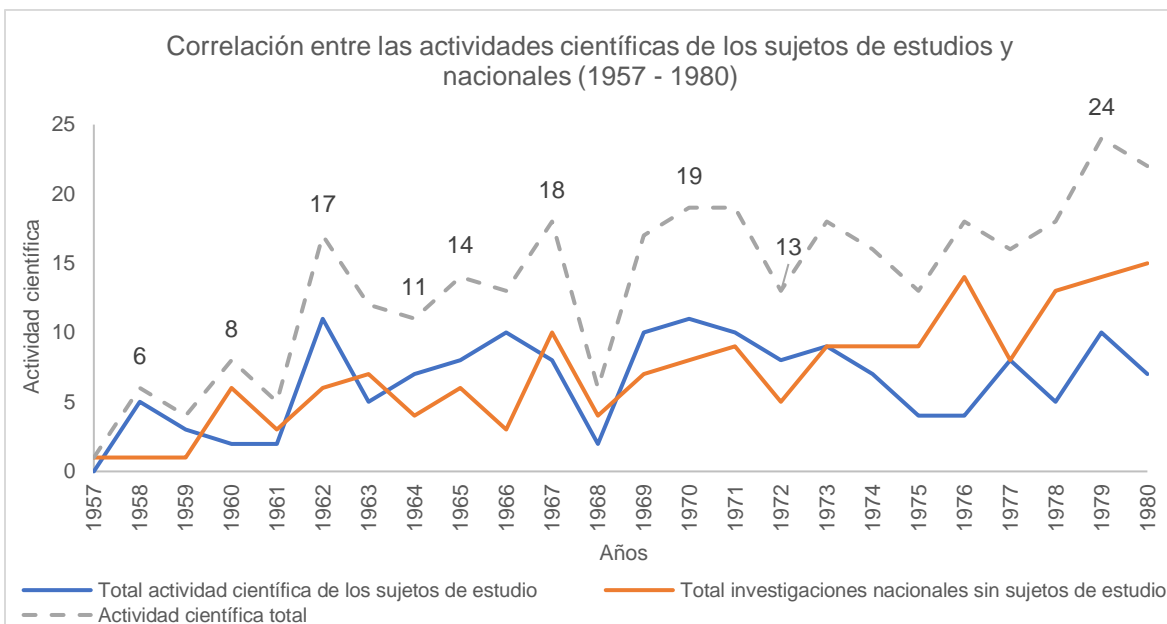
estadísticos relevantes para la correlación de actividades científicas. El procedimiento estadístico se describe en detalle en *el anexo 18*.

$\alpha$	Distribución de los datos	Prueba estadística	Valor de P	n <sub>a.c.t.</sub>	n <sub>a.c.n.</sub>
1%	Normal	Correlación de Pearson	7E-6 = 0,000007	156	328

**Tabla 3| Medidas estadísticas de correlación entre la actividad científica de los sujetos de estudio (n<sub>a.c.t.</sub>) y la actividad científica nacional (n<sub>a.c.n.</sub>).** El valor de P puede aproximarse al 0%, lo que comprueba una relación positiva entre el aporte de los sujetos de estudio y la actividad científica nacional. La información estadística completa se encuentra en el anexo 18.

Otro elemento interesante es observar la correlación gráfica de la actividad científica de los tres sujetos y de la actividad científica nacional (**figura 19**). Se destaca de este gráfico es la tendencia de las actividades científicas de seguir un parámetro según los años correspondientes. Por ejemplo, en 1968, ambas actividades disminuyen a un mínimo de 6 y desde 1976, ambas actividades aumentan constantemente hacia un máximo de 24 en 1979, aunque este aumento no es constante.

En el presente gráfico (**figura 19**), junto a los resultados de correlación de Pearson, nos indican de forma estadística que los aportes de los tres sujetos de estudios fueron importantes para el crecimiento de las investigaciones en catálisis enzimática, biomoléculas, metabolismo de carbohidratos y biología molecular entre los años 1957 y 1980.



**Figura 19| Correlación por años entre la actividad científica de Niemeyer, Cori y Allende y la actividad científica nacional (1957 – 1980).** Esta correlación nos muestra una tendencia entre ambas actividades, mostrando que si existe una relación entre la actividad de los sujetos de estudio y la actividad nacional.

En la presente sección de resultados, las trayectorias científicas, académicas y públicas de Niemeyer, Cori y Allende fueron observadas, en términos de actividad científica, participación institucional, financiamiento e impactos. La comparación de los índices, así como sus hitos públicos demuestran la relevancia intelectual e institucional de estos tres investigadores de la bioquímica en el periodo estudiado. Ya sea como líder, gestor o articulador internacional, esto justifica la figura que han construido como pioneros de la bioquímica profesional chilena. Aun así, en la próxima sección se abordarán algunas discusiones que permiten reflexionar y matizar estas historias de vida científica.



## **6. Discusiones**

### **6.1. Bioquímica profesional y la configuración de la institucionalidad científica chilena**

Previo a la creación de la carrera de Bioquímica, ya existía una larga historia de desarrollo científico en Chile (*Molina, J. 1810; Sapag – Hagar, M. 2007*), lo que finalmente se manifiesta como el ejercer de una profesión. Ahora bien, el desarrollo de las investigaciones en ciencias biológicas dentro de las universidades abrió otro tipo de frontera, ya que de esta proviene una dedicación exclusiva a hacer investigación científica de parte de profesionales cuya formación no estaba formalmente construida para hacer eso (*Torrealba, C. 2013*). De ese contexto, emerge la bioquímica como profesión a mediados del siglo XX, y los procesos que vinieron con ello fueron importantes para el crecimiento de la comunidad científica e investigativa del país.

Por el lado institucional, la bioquímica profesional surge en un contexto bastante precario dado que, una de las pocas entidades a que administraba la ciencia e investigación a nivel nacional en ese momento era la Comisión Nacional de Investigación. En paralelo, cada universidad administraba y financiaba a sus investigadores dependiendo de sus cargos e influencias con autoridades de estas (*I.2; Ci.2*). A nivel local, el levantamiento de un lugar para trabajar en ciencias fue en primeras instancias, una planificación individual, por un reducido grupo de investigadores y no algo institucional. Como mencionó la entrevistada científica de Cori, “... *había que conseguir un lugar físico, un laboratorio y (...) algunos equipos, porque de todas maneras el doctor Cori en sus viajes afuera consiguió fondos para comprar equipos, lo sé porque todos los equipos estaban marcados, eran de una parte de California, (...). Él tuvo mucha ayuda de los decanos siempre, (y de fondos como) la National Science Foundation*” (*Ci. 2*). Por lo mismo, la creación y desarrollo de la profesión Bioquímica configuró de manera importante a la historia institucional científica en la segunda mitad del siglo XX. Esto se evidencia en los siguientes hechos:

- i. Las investigaciones de los bioquímicos más influyentes son de alto impacto (**figura 17**), hecho que sugiere como institucionalmente se les exige ser a los científicos profesionales actualmente.
- ii. Los fondos concursables, ya sean nacionales o internacionales, eran fundamentales para el desarrollo de la investigación científica, lo que se evidencia en los capítulos de financiamiento de los investigadores estudiados.

Esta cultura de obtención de dinero para trabajar fue algo que se mantuvo en FONDECYT (CONICYT, 2000).

- iii. La generación y fortalecimiento de instituciones y sociedades que representan a la comunidad científica.
- iv. La generación de redes científicas internacionales para fortalecer la formación profesional de científicos.
- v. Un aumento de la investigación científica, hecho que se comprobó con los resultados estadísticos del valor de P (**tabla 3**).

Estos cinco puntos están íntimamente relacionados con los contextos de producción científica y públicos de los tres bioquímicos que conforman el foco de este estudio. Estos hechos indican que los aportes hechos por Niemeyer, Cori y Allende fueron causales para el desarrollo de las ciencias biológicas y también sugieren que fueron importantes para el desarrollo de la ciencia nacional.

Analizando los aportes individuales de los tres sujetos de estudio para entender como fueron parte de esta configuración institucional:

- i. Niemeyer aportó a las investigaciones en metabolismo de carbohidratos con el descubrimiento del funcionamiento de la glucoquinasa y de la dependencia de su expresión con la dieta y otros factores biológicos. Este hito científico lo llevó a tener un impacto muy alto en la comunidad que seguía la línea de estudio de metabolismo y de la bioquímica. Desde sus roles públicos a nivel académico, ejerció un liderazgo importante en la UCh y configuró diferentes espacios de formación profesional como el Programa de Bioquímica en el Doctorado en Ciencias. A su vez, y junto a Allende crearon diferentes programas de pasantías, becas y redes que fortalecieron a la comunidad científica.
- ii. Cori tuvo una preferencia por investigaciones con un análisis enfocado en química orgánica y el mecanismo de reacciones. Esta orientación lo alejó de investigaciones científicas más ligadas al ámbito biológico. Así, aportó con estudios de catálisis enzimática de la apirasa de papa, investigación que desarrolló en mayor medida Aida Traverso, y en el análisis de las vías de biosíntesis de moléculas de terpenos. A su vez, fue el único de los tres que se

enfocó más en la dirección de tesis, que no incide en su índice h, por lo que su índice de impacto resulta menor. Desde el aspecto público, logró generar una gestión científica a nivel institucional, tanto a nivel universitario como nacional. Esto lo llevó a ser un gestor de políticas públicas que siempre tuvo a la investigación científica como eje central de dicha gestión.

- iii. Allende se encontraba investigando en un área que estaba en un importante auge en la segunda mitad del siglo XX. El hecho de haber abierto una nueva escuela de investigación junto a Connelly, lo llevó a tener un fuerte impacto en su investigación en el campo de la biología molecular y en la biosíntesis de proteínas. Su trayectoria pública se enfocaría más en fortalecer la profesión de estudiantes científicos y de enriquecer la ciencia latinoamericana con conexiones internacionales mediante el establecimiento de redes de colaboración. Esto significó la coordinación de cursos en los cuales, nuevas metodologías y técnicas de trabajo científico fueron desarrollados en Chile.

Se deduce que las diferentes trayectorias determinaron el avance de las ciencias bioquímicas en Chile. Bien las investigaciones de estos científicos fueron fundamentales para el avance de este campo del conocimiento, sus roles públicos abrieron muchas más puertas para sus investigaciones y el campo de esta ciencia. Para ello, su actividad científica presentó una tendencia a disminuir cuando aumentaba la participación pública (**figura 18**). Esto nos indica que, a pesar de que ambos sean muy importantes para el avance científico, no es compatible hacer ambos de forma dedicada en el mismo periodo, aspecto que se discutirá más adelante.

La suma de lo anterior le otorgó a la institucionalidad científica chilena, representada por las Universidades y organismos del Estado, una importante base para establecer la política de las ciencias e investigación o política científica, manifestada en las facultades científicas, comunidades y sociedades científicas, la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID, en adelante) y FONDECYT. Esta política científica propicia la generación y producción de ciencia de alto impacto, becas para postgrado e incentivos para pasantías en laboratorios de alto nivel. Esto se encuentra actualmente dentro de una cultura basada en el mantenimiento de la investigación y grupos de profesionales científicos mediante la adjudicación de fondos concursables en el tiempo que este dure (ANID, 2020). Estos

elementos que poseen fortalezas y debilidades son parte esencial de nuestra política científica y varios de estos se vieron muy relacionados con las trayectorias biográficas de Niemeyer, Cori y Allende.

En definitiva, se puede sostener que los aportes científicos y públicos de Niemeyer, Cori y Allende configuraron los procesos de profesionalización e institucionalización científica y las ciencias biológicas y bioquímicas entre 1957 y 1980.

## 6.2. Influencia del contexto internacional en la configuración de la profesionalización e institucionalización científica

La conexión de Chile con EE. UU tuvo importantes efectos en cómo se desarrolló la ciencia chilena y así, la bioquímica. Uno de ellos fue que la formación de los tres científicos estudiados coincide en que trabajaron en el laboratorio de Fritz Lipmann en el país norteamericano. Como se mencionó en la introducción de este trabajo, el rol de este científico fue importante para el avance de conocimiento bioquímico mundial por lo que la formación de los tres bioquímicos dentro de su espacio de trabajo fue muy importante. Esta oportunidad, y otras instancias de conexión con EE. UU en la segunda mitad del siglo XX como cursos, pasantías, fondos y colaboraciones hicieron que Chile, siendo un país con muy escasos recursos, pueda haber llevado a cabo varias de sus investigaciones. Aun así, no existe evidencia que muestre que el rol público se encuentre ligado o haya sido directamente influenciado por su formación internacional. La entrevistada cercana a Niemeyer asegura que la formación de Lipmann no aportó en la visión de aporte público que tuvieron, por lo menos, Niemeyer y Allende, dado que él era una persona muy centrada en lo experimental. Aquello pudo haber sido más un impulso local, dado las condiciones de precariedad que existían en Chile para hacer investigación científica, los llevó a aportar en aspectos públicos (Ce. 1). Esto sugiere que la configuración de la institucionalidad científica, por lo menos desde las ciencias biológicas, posee elementos mixtos, con una importante influencia extranjera en el ámbito científico experimental y la forma de producción científica, y una inspiración local, dadas las condiciones que se vivían en el contexto nacional, para llevar a cabo los diferentes cargos públicos a los que se dedicaron.

### 6.3. La baja compatibilidad del ejercicio público con el trabajo investigativo y las implicancias en el fortalecimiento de la profesionalización e institucionalización científica

El rol científico y el rol público los tres bioquímicos entre 1957 y 1980 tuvieron una relación inversa de ejercicio en cuanto al trabajo y dedicación que necesitaron para ser realizados.

En la **figura 18** se observan periodos importantes de baja compatibilidad en el ejercicio de roles públicos que impactan en la profesionalización e institucionalización de las ciencias, y la actividad científica como tal en momentos específicos de la trayectoria de estos sujetos. Bien hay claras incompatibilidades como en 1962 y 1975, también hubo un año relativamente equilibrado que fue en 1970, en el cual la gran mayoría de las investigaciones de estos científicos se financió por fondos de CONICYT (*ver anexos 1 y 15*), lo que sugiere que los científicos en ciencias biológicas poseían competencias considerables para recibir fondos de estas institución. Cabe considerar que Cori estuvo en la mesa directiva entre 1967 y 1970, hecho que igual pudo haber colocado a la bioquímica como eje importante de financiamiento.

Los gráficos de actividades científicas de los tres bioquímicos muestran que sus publicaciones presentaron variaciones en cuanto a su frecuencia. Esto significa que realizar ambas tareas de forma simultánea, afecto de manera importante la realización de una o la otra. Lo anterior puede deberse a que Niemeyer, Cori y Allende tuvieron que escoger y especializarse en lo que estuviesen ejerciendo en ese momento y delegar su trabajo de investigación a sus equipos de laboratorio, para así poder experimentar y publicar. A largo plazo, los roles públicos también promovieron la actividad científica nacional, como se analizó en la **figura 19**, dado los efectos de especialización académica y de conexiones nacionales e internacionales.

En definitiva, los resultados de comparación entre actividad científica y roles públicos sugieren que una especialización dentro de la profesión científica – manifestada hoy en lo investigativo, docente, administración y gestión pública - podrían mejorar el rendimiento de estas y fortalecer aún más al rubro. Investigaciones que abarquen este tópico aportan al campo del establecimiento de bases laborales más concretas a los investigadores e investigadoras profesionales del país.

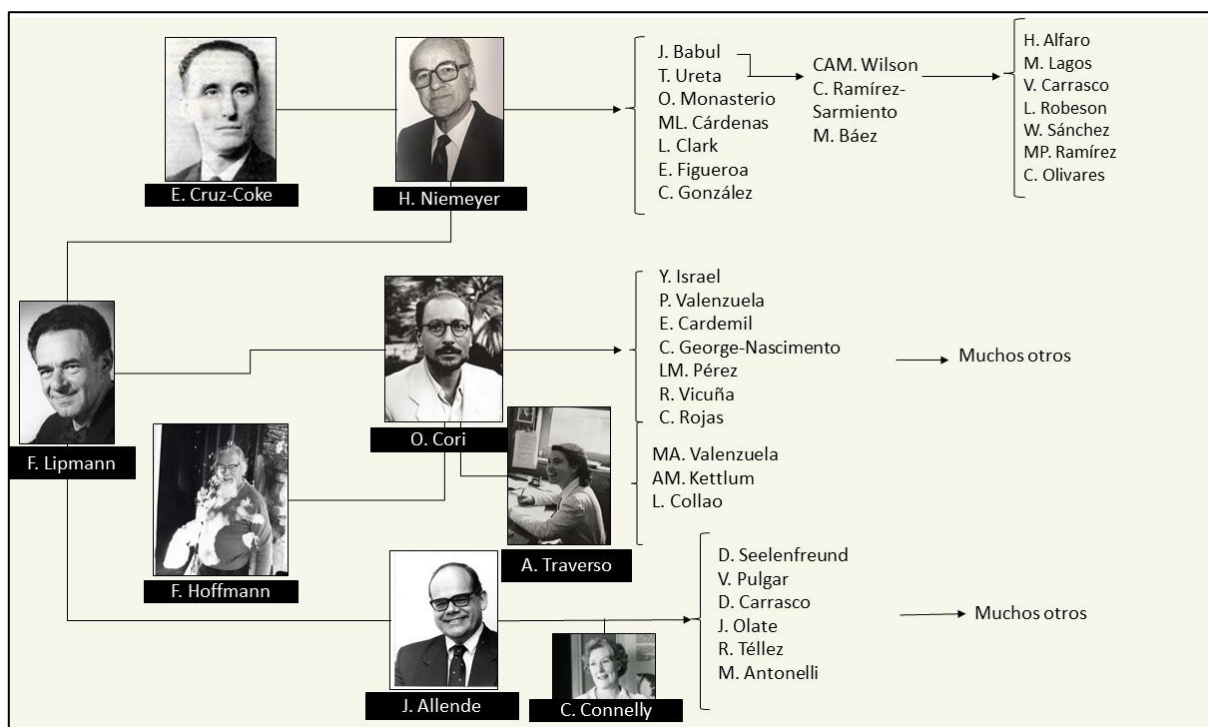
#### 6.4. Equipos de Investigación, formación de futuros profesionales y el caso de investigadoras en la bioquímica chilena

Finalmente, todos los entrevistados y entrevistadas consideran que Niemeyer, Cori y Allende fueron figuras fundamentales para la configuración de la ciencia profesional en Chile y, a palabras de varios, los pioneros de la bioquímica profesional chilena (*ver anexos 5 al 14*). Aun así, el esfuerzo de sus actividades científicas y cómo compatibilizaron estas con sus actividades públicas, son un esfuerzo de todo un equipo de investigadoras e investigadores que mantenían el trabajo de calidad desarrollado en el laboratorio. Los experimentos se dirigían y se hacían por todo el equipo de laboratorio, que corresponden a coautores, colaboradores externos e incluso, personas que aparecen en los agradecimientos de las publicaciones.

Dentro de este equipo se generó una descendencia académica que adquirió el conocimiento de los científicos que componen el lugar de trabajo. La genealogía académica de Niemeyer, Cori y Allende (**figura 20**) construyó una importante escuela de científicos y científicas que pudieron aprender tanto del rol como investigador que tiene un científico, como el rol público, lo que definitivamente configuró la bioquímica y parte de las ciencias en Chile. Es por ello que no es trivial que las principales autoridades políticas del Ministerio de Ciencias del actual y anterior gobierno provengan de las ciencias biológicas (*Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, 2022*). Esto sugiere que ellos establecieron la figura del científico en Chile como un investigador de las ciencias naturales, y con su liderazgo, modelaron una imagen local de quienes pueden ejercer roles públicos en la comunidad científica. Esto también se condice con el hecho que Hermann Niemeyer (1983) y Jorge Allende (1992) recibieron el Premio Nacional de Ciencias. Dado el fallecimiento de Cori en 1987, él no fue reconocido por su trabajo, pero su influencia se puede también encontrar en sus pupilos como Pablo Valenzuela (2002), también reconocido con este premio.

Otro hecho relevante es que en el caso de estos tres actores, la gran mayoría de sus colaboradores fueron mujeres (*Ci.3*). La base de datos Sp revela que tres de cada cuatro coautores de estos tres investigadores fueron mujeres (*Elsevier, 2022*), hecho también se puede corroborar observando a los coautores dentro del anexo 1. De entre ellas estaban Aida Traverso y Catherine Connelly, las que en el caso de Cori y Allende

respectivamente, pudieron mantener varios elementos del laboratorio y familiares mientras ellos podían llevar a cabo sus roles públicos y llegaron a ser muy reconocidos como importantes figuras históricas masculinas. Como ejemplo de la influencia de estas figuras, el entrevistado cercano a Cori relata que: “No fue sino hasta mucho tiempo después en que Aida Traverso empezó a destacarse en sus trabajos con la apirasa y cuando Cori había muerto, ella se empezó a convertir en una autoridad en bioquímica vegetal y ya la invitaban a ella de otras partes (...) Probablemente sola con su propio grupo, hubiese sido mucho más notoria” (Ce.2). A su vez, todos los entrevistados relacionados a Allende mencionaron lo esencial que fue para el laboratorio el trabajo de Connelly que dirigía ella junto a Allende (Ce.3; Ci.3; I.3). Evidencias como esa son usuales para esos tiempos y tampoco pasa desapercibido en esta investigación, y es la fuerte presencia masculina en la historia de las ciencias. Los casos anteriores inspiran a que más investigaciones referentes a mujeres en ciencias en Chile puedan desarrollarse, ya que aún hay mucho por conocer, reconocer y comprender sobre la relevancia de sus contribuciones, que han sido invisibilizadas de nuestras narrativas de las ciencias



**Figura 20| Genealogía académica de Hermann Niemeyer, Osvaldo Cori y Jorge Allende durante su carrera como investigadores y formadores (Torrealba, C. 2013; Orellana, O. 2001; Vicuña, R. 2004; Nobel Foundation, 1964; SBBM, 2017)**

#### 6.5. Dificultades de la investigación histórica en ciencias: utilización de datos para resultados cualitativos y cuantitativos

La actual investigación presenta resultados bastante relevantes para el esclarecimiento de la historia de la bioquímica y de las ciencias en nuestra Universidad y país. Para ello, se recurrió a elementos de investigación histórica como interpretación de diferentes fuentes bibliográficas y uso de la historia oral; elementos estadísticos de la bibliometría como el análisis de correlación utilizando una prueba estadística de Pearson y elementos de la bioquímica como el entendimiento de las investigaciones científicas sobre glucoquinasa, apirasa, biosíntesis de terpenos y del tRNA y biosíntesis de proteínas.

Sin duda que la existencia un medidor o índice que pudiese comparar directamente los datos de actividad científica con el impacto de las actividades públicas hubiese dado un resultado más preciso de como el trabajo científico de investigación puede verse dificultado por el ejercicio público. Esto demuestra la complejidad de entender las labores que los investigadores, realizan en su producción de saberes públicos y privados. El desarrollo de esta investigación permite proyectar ideas como este medidor para así, aportar en futuras investigaciones científicas con elementos cualitativos y cuantitativos.

A su vez, se podrían utilizar otras herramientas como *Machine Learning* para comparar diferentes parámetros y correlacionarlos para así, optimizar el uso de ellos para la interpretación de diferentes resultados (*Grimson, E. et al. 2016*). Los datos obtenidos en esta investigación podían compararse bajo esta metodología, transformando los datos de actividad científica y relativizando en una matriz matemática las diversas contribuciones docentes, sociales, institucionales, académicas, públicas e intelectuales para observar cómo se relacionaron los aportes científicos de los sujetos de estudio y quienes contribuyeron en mayor medida.

#### 6.6. Entendiendo la política científica contemporánea a partir de la historia de las ciencias

Publicar investigaciones de alto impacto, participar de varias sociedades y de roles públicos y sostenerse de fondos adjudicados fue parte de la idiosincrasia que el rubro científico heredó, en parte, de los científicos más destacados de mediados del siglo XX. Esto es lo que conforma actualmente la columna vertebral de la política científica a través de sus instrumentos e incentivos, y determinó gran parte de cómo se trabaja en investigación hoy en día.



La discusión sobre los aspectos positivos y negativos que tiene aquello para esta comunidad puede ser algo bastante extenso, en especial si analizamos cómo estas actividades se pueden hacer de manera simultánea. En términos laborales, puede ser algo poco alentador para los que recién ingresan a ser profesionales científicos o investigadores profesionales, ya que la expectativa generada para mantenerse de manera estable en el rubro es bastante alta, y la especialización para llegar a aquello puede tomar décadas. Las actuales herramientas seleccionan primordialmente productos cuantificables de productividad, y no considera a aquellos que, por ejemplo, sólo quieran hacer docencia superior de excelencia o contribuir a la gestión y liderazgo de instituciones académicas o sociales con las más altas credenciales académicas. A su vez restringe a quienes sólo quieran hacer investigación a dispersar su atención en tareas que no les parecen relevantes, pero que son necesarias para la mantención de sus financiamientos y producción. Esto nos indica que la actual política científica y tecnológica no entrega los insumos necesarios ni asegura de manera estratégica un desarrollo pleno de las ciencias que se pueda ejercer desde el sector público, ni que el sector privado pueda inspirarse o imitar.

Lo que sin duda ha sido bastante bueno es el aporte de alto nivel entregado por la comunidad de científica e investigativa profesional al país y al mundo. Según el Nature index del año 2021 de la revista de gran impacto *Nature*, Chile se encuentra entre los 30 países que más aportan a su medio y se posicionó como el segundo en Latinoamérica (*Nature, 2021*). A su vez, en el 2012 Chile fue el cuarto país de Latinoamérica con mayor producción de publicaciones científicas y el número 21 en índice h del mundo (*Programa de información científica CONICYT, 2012*). El siguiente informe se publicará el año 2024, por lo que aún no existen datos actualizados. Así, a nivel nacional se han creado grupos de investigación muy importantes como el Centro Avanzado para Enfermedades Crónicas (ACCDiS), el Instituto de Ciencias Biomédica (ICBM), cuyo aporte científico ha sido destacado y además, se han levantado por aportes del Estado (*CONICYT, 2012*).

Tras estas positivas menciones ¿por qué en los últimos 15 años nos mantenemos estancados en un bajo aporte del gasto del PIB? ¿por qué existen precarias condiciones para hacer investigación, en especial para jóvenes, doctores y postdoctores? ¿por qué existe una baja percepción de aporte de la ciencia al país (*CONICYT, 2019*), cuando cada año más investigadores e investigadores chilenos se doctoran con trabajos de relevancia

mundial? ¿Por qué seguimos midiéndonos desde la productividad y no desde la complejidad del quehacer científico?

Entre éxitos y falencias, hay nudos que la historia nos demuestra que jamás pudimos desatar. De los éxitos, heredamos un importante esfuerzo y dedicación para levantar la ciencia nacional, hecho que sin duda configuró a una comunidad fortalecida. De las falencias, mantuvimos una cultura de esfuerzo excesivo, de ciencia de alto impacto, realizados en contextos precarios o semiprecarios y que se han mantenido así o han avanzado de manera muy lenta o relativamente constante, como la inversión del PIB. La creación del Ministerio de Ciencia en el año 2018 levantó aún más expectativas, pero la generación de una estrategia que nos lleve a una ciencia e investigación más fortalecida en todas sus aristas aún está pendiente.

El objetivo transversal de este proyecto no es sólo cerrar preguntas, sino que abrir otras nuevas, y dado lo poco común que son este tipo de investigaciones para conectar las ciencias biológicas con otras disciplinas como la historia y la política pública, son varias las interrogantes y técnicas a desarrollar que quedan por delante.

## **7. Conclusiones**

1. Fueron científicos quienes principalmente configuraron parte de la política científica en Chile. Esta configuración se distribuye en la forma en que desempeñaban sus trayectorias científicas y públicas, las que se resumen en el mantenimiento del trabajo científico a través de fondos concursables, el levantamiento de becas, las redes internacionales y la representación a través de diferentes instituciones y sociedades científicas.
2. Efectivamente existió una relación entre la actividad científica, los roles públicos y la institucionalidad científica chilena entre 1957 y 1980. Esta relación fue la que llevó a configurar la actual forma en la que se hace investigación en Chile y se relaciona con las principales actividades que ejercían estos investigadores.
3. La dedicación a actividades públicas disminuyen la cantidad de actividad científica que se puede realizar. Esto se debe a que no existía una especialización en un área específica y parte del progreso en la bioquímica y la ciencia nacional dependía del ejercer en ambas actividades.
4. La política científica chilena de la segunda mitad del siglo XX se construyó de forma poco estratégica y respondió a necesidades de los investigadores en momentos específicos. Esto se evidencia en cuanto el levantamiento profesional de las bioquímica empezó a presentar diferentes requerimientos puntuales, se empezaron a armar las soluciones a estas para fortalecer la investigación científica.
5. El uso de metodologías cualitativas y cuantitativas permiten estudiar y comprender procesos históricos de las ciencias en profundidad. El uso de herramientas de estudio históricas, junto al entendimiento de la bioquímica y de las ciencias biológicas, permite reconstruir y reinterpretar la historia de esta área con mayor detenimiento y con una perspectiva analítica en cuanto a que significaron esos procesos históricos para la actual forma en que se trabaja en ciencia e investigación en Chile.

## **8. Bibliografía**

Academia de Ciencias (2014). Academia de Ciencias de Chile: 50 años promoviendo el desarrollo científico nacional. Disponible en: <https://www.academiadeciencias.cl/about-us/>

Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (2021). Bases para fondos concursables FONDECYT Regular 2022. Disponible en: <https://s3.amazonaws.com/documentos.anid.cl/fondecyt/2022/regular/59-21REXBases.pdf>

Alianza para el Progreso (1963). Alianza para el Progreso: documentos básicos. Revisado el 25 de marzo, 2021. Extraído de: <http://www.memoriachilena.gob.cl/602/w3-article-8789.html>

Allende, C. C., & Allende, J. E. (1964). Purification and substrate specificity of arginyl-ribonucleic acid synthetase from rat liver. *Journal of Biological Chemistry*, 239(4), 1102-1106.

Allende, J. E., Allende, C. C., Gatica, M., & Matamala, M. (1964). Isolation of threonyl adenylate-enzyme complex. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 16(4), 342-346.

Allende, C. C., Allende, J. E., & Firtel, R. A. (1974). The degradation of ribonucleic acids injected into *Xenopus laevis* oocytes. *Cell*, 2(3), 189-196.

Allende, J. (2006). Curriculum Vitae de Jorge Allende. Disponible en: [http://www.uchile.cl/documentos/curriculum-vitae-jorge-allende\\_40203\\_2\\_1822.pdf](http://www.uchile.cl/documentos/curriculum-vitae-jorge-allende_40203_2_1822.pdf)

Allende, J. (2010). Algo que ver con la vida. Editorial Universitaria de Chile.

Allende, M. (2020). Six decades of scientific pan-Americanism- an interview with Jorge E. Allende. *The International Journal of Developmental Biology*. 93-101.

Astudillo, P. (2016). Manifiesto por la ciencia: Un nuevo relato para la ciencia en Chile. Editorial Catalonia. Primera edición.

Basilio, C., Bravo, M., & Allende, J. E. (1966). Ribonucleic acid code words in wheat germ. *Journal of Biological Chemistry*, 241(8), 1917-1919.

Cárdenas, M. L., Rabajille, E., & Niemeyer, H. (1979). Kinetic cooperativity of glucokinase with glucose. *Archivos de Biología y Medicina Experimentales*, 12(5), 571-580.

Cárdenas, M. L. (2012). Hermann Niemeyer Fernández: A Pioneer of Chilean Science (October 26, 1918, Ovalle, Chile to June 7, 1991, Santiago, Chile). *IUBMB Life*, 64: 551-555. <https://doi.org/10.1002/iub.1013>

Clark-Turri, L., Peñaranda, J., Rabajille, E., & Niemeyer, H. (1974). Immunochemical titration of liver glucokinase from normal, fasted, and diabetic rats. *FEBS letters*, 41(2), 342-344.

CORE Team (2017). The economy. Glosario. Disponible en: <https://www.core-econ.org/the-economy/book/es/text/50-02-glossary.html>

Cori, O., Traverso-Cori, A., Lagarrigue, M., & Marcus, F. (1958). Enzymic phosphorylation of creatine by 1: 3-diphosphoglyceric acid. *Biochemical Journal*, 70(4), 633.

Cori, O., Traverso-Cori, A., Marcus, F., TETASM, M., Muñoz, M., & Lagarrigue, M. (1960). The role of DPN in the enzymic phosphorylation of creatine. *Biochimica et biophysica acta*, 42, 560-561.

Cori, O.; Vicuña, R. (1981). *Biochemistry in Chile*. Elsevier, North-Holland Biomedical Press. Septiembre.

Cori, O. (1985). Curriculum de Osvaldo Cori Mouilly. Presentación de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile para su postulación al premio nacional de ciencias.

Correa, S.; Figueroa, C.; Jocelyn-Holt, A.; Roche, C.; Vicuña, M. (2001). Historia de siglo XX chileno: balance paradójico. Disponible en <http://bibliografias.uchile.cl/215>

Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (1967). Sobre CONICYT: Historia. Extraído de: <https://www.conicyt.cl/sobre-conicyt/historia/> Revisado el 25 de Marzo de 2021.

Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (1972). Informe sobre el congreso nacional de científicos. Departamento de planificación y departamento de estudios de CONICYT.

Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (2000). 20 Años del Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología: Impacto y desarrollo (1981 – 2000). Ministerio de Educación. Gobierno de Chile.

Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (2012). Centros de Investigación CONICYT.

Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (2019). Encuesta nacional de percepción social de la ciencia y la tecnología en Chile.

Consejo de Rectores de las Universidades Chilenas (1954). Acta de sesión N°1, 28 de Diciembre de 1954. Disponible en: <https://www.consejoderectores.cl/historia>

Coronado, A., Mardones, E., & Allende, J. E. (1963). Isolation of hydroxylysyl-sRNA and hydroxyprolyl-sRNA in a chick embryo system. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 13(1), 75-81.

Fruton, J. (1999). *Proteins, enzymes and genes: The interplay of chemistry and biology*. The Yale University Press.

Helvort, T.V; Hessenbrunch, A. (2000). Reader's guide to the history of science. Fritzroy Dearborn Publishers. 81 – 83.

International Business Machines Corporation (IBM) (2013). Statistical Package for the Social Sciences (SPSS).

Gonzalez, C., Ureta, T., Sánchez, R., & Niemeyer, H. (1964). Multiple molecular forms of ATP: hexose 6-phosphotransferase from rat liver. *Biochemical and biophysical research communications*, 16(4), 347-352.

Google (2021). Buscador Google Scholar. Disponible en: <https://scholar.google.com/>. Revisado entre Octubre de 2021 y Enero de 2022.

Grimson, E., Gutttag, J., Bell, A. (2016). Introduction to Computational Thinking and Data Science. Massachusetts Institute of Technology: MIT OpenCourseWare, <https://ocw.mit.edu>. License: Creative Commons BY-NC-SA.

Hirsch, J. E. (2005). An index to quantify an individual's scientific research output. *Proceedings of the National academy of Sciences*, 102(46), 16569-16572.

Hoecker, G. (1967). Inauguración del Ciclotrón. *Vida Universitaria. Anales de la Universidad de Chile*, Enero - Diciembre de 1967.

Instituto de Física y Astronomía, Universidad de Valparaíso (2020). Juan Mouat, creador del Primer Observatorio Astronómico de Chile y Latinoamérica. Disponible en: <https://ifa.uv.cl/juan-mouat-creador-del-primer-observatorio-astronomico-de-chile-y-latinoamerica/>. Fecha de consulta: 6 de Enero, 2022

Iturmendi, D. M. (2008). La historia oral como método de investigación histórica. *Gerónimo de Uztariz*, (23), 227-233.

Kohler, R. (1975). The History of Biochemistry: A Survey. *Journal of the History of Biology*, Autumn, 1975, Vol. 8, No. 2 (Autumn, 1975), pp. 275-318

Krebs, H. A., & Johnson, W. A. (1937). Metabolism of ketonic acids in animal tissues. *Biochemical Journal*, 31(4), p. 645.

Lemarchand, G. (2015). National Science, Technology and Innovation. Systems in Latin America and the Caribbean. UNESCO. Disponible en: [https://en.unesco.org/sites/default/files/usr15\\_latin\\_america\\_es.pdf](https://en.unesco.org/sites/default/files/usr15_latin_america_es.pdf)

Lipmann, Fritz (1953). "On chemistry and function of coenzyme A." *Bacteriological Reviews*.

Lipmann, F. (1971). *Wanderings of a Biochemist*. Editorial Wiley-Interscience.

Mellafe, R., Rebolledo, A. y Cárdenas, M. (1992). *Historia de la Universidad de Chile*. Disponible en <https://doi.org/10.34720/nnft-hx60>

Michaelis, L., & Menten, M. L. (2013). The kinetics of invertin action. *FEBS letters*.

Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. Autoridades. Revisado el 31 de Enero de 2022. Disponible en: <https://www.minciencia.gob.cl/el-ministerio/autoridades/>

Molina, J (1810). Ensayo sobre la historia natural de Chile: Bolonia 1810. Ediciones Maule, 1987.

Nakamoto, T., Conway, T. W., Allende, J. E., Spyrides, G. J., & Lipmann, F. (1963). Formation of Peptide Bonds—I Peptide Formation from Aminoacyl-S-RNA. In Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology (Vol. 28, pp. 227-231). Cold Spring Harbor Laboratory Press.

Niemeyer, H., Gonzalez, C., Figueroa, E., & Coghlan, H. C. (1958). Influence of glycogen content on the effect of 2, 4-dinitrophenol on the synthesis of p-aminohippurate by rat liver slices.

Niemeyer, H., de la Luz Cárdenas, M., Rabajille, E., Ureta, T., Clark-Turri, L., & Peñaranda, J. (1975). Sigmoidal kinetics of glucokinase. *Enzyme*, 20, 321-333.

Olivares, C. (2021). *Transcripción Entrevista Cercano 1 (Ce.1)*.

Olivares, C. (2021). *Transcripción Entrevista Cercano 2 (Ce.2)*.

Olivares, C. (2021). *Transcripción Entrevista Cercano 3 (Ce.3)*.

Olivares, C. (2021). *Transcripción Entrevista Científico 1 (Ci.1)*.

Olivares, C. (2020). *Transcripción Entrevista Científico 2 (Ci.2)*.

Olivares, C (2020). *Transcripción Entrevista Científico 3 (Ci. 3)*.

Olivares, C (2021). *Transcripción Entrevista Institucional 1 (I.1)*.

Olivares, C (2021). *Transcripción Entrevista Institucional 2 (I.2)*.

Olivares, C (2021). *Transcripción Entrevista Institucional 3 (I.3)*.

Olivares, C (2021). *Transcripción Entrevista Jorge Allende (JA)*

Packer, M. J. (2017). *The science of qualitative research*. Cambridge University Press.

Pearson, K. (1900). X. On the criterion that a given system of deviations from the probable in the case of a correlated system of variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from random sampling. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 50(302), 157-175.

Programa de Información Científica de CONICYT (2012). Principales indicadores cuantitativos de la actividad científica chilena 2012. Informe 2014: una mirada a 10 años.

Riobó, E. (1988). Juan Gómez Millas (1900 – 1987): El Legado de un Humanista. Santiago, Corporación de Promoción Universitaria.

Rheinberger, H.J (1997). *Towards a history of epistemic things*. Stanford University Press.

Sapag-Hagar, M.; Cotoras, D.; Israel, Y.; Pizarro, J.; Puente, J.; Rojas, C.; Romero, C.; Roseblatt, M.; Wilson, CAM. (2007). El cincuentenario de la carrera de Bioquímica de la Universidad de Chile: Antecedentes y reflexiones sobre antes y el después. Publicación de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la Universidad de Chile.

Salinas, A. (2012). La ciencia bajo fuego: investigación científica, universidad y poder político en Chile, 1967-1973. Editorial Universidad Católica de Chile.

Scopus (2021). Extraído de: <https://www.scopus.com/home.uri>. Revisado el mes de Noviembre de 2021.

Silva, B. (2019). Transnational Astronomy: Science, Technology and Local Agenda in Cold War in Chile. History of Technology, Special Issue: History of Technology in Latin America. Vol. 34, 2019.

Solovey, M. (2001). Science and the State during the Cold War: Blurred Boundaries and a Contested Legacy. Social Studies of Science, Vol. 2, No.1, pp. 165 - 170.

Torrealba, C. (2013). Pioneros: “el origen de la biología experimental en Chile”. Editorial Fundación Ciencia&Vida.

Universidad de Chile (2021). Biblioteca digital de la Universidad de Chile. Disponible en: <https://bibliotecadigital.uchile.cl/>. Revisado en el mes de Diciembre de 2021.

Ureta, T., Radojković, J., & Niemeyer, H. (1970). Inhibition by catecholamines of the induction of rat liver glucokinase. Journal of Biological Chemistry, 245(18), 4819-4824.

Ureta, T., González, C., Lillo, S., & Niemeyer, H. (1971). Comparative studies on glucose phosphorylating isoenzymes of vertebrates—I. The influence of fasting and the nature of the diet on liver glucokinase and hexokinases of rodents. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry, 40(1), 71-80.

Ureta, T., González, C., & Niemeyer, H. (1971). Comparative studies on glucose phosphorylating isoenzymes of vertebrates—II. Chromatographic patterns of glucokinase and hexokinases in the liver of rodents. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry, 40(1), 81-91.

Ureta T. et al. (1988). En honor a Osvaldo Cori. Archivos de Biología y Medicina experimental. Sociedad de Biología de Chile.

Ureta T.; Babul J.; Guixé V.; Lagos R.; Monasterio O.; Preller A. (2012). Hermann Niemeyer Fernández (1918 - 1991): Su influencia en el Desarrollo de la Ciencia en Chile. Universidad de Chile - Sociedad de Biología de Chile - Sociedad de Bioquímica y Biología Molecular de Chile - Academia de Ciencias, Instituto de Chile. Vol. 25 - 1992.

Valenzuela, P., Beytía, E., Cori, O., & Yudelevich, A. (1966). Phosphorylated intermediates of terpene biosynthesis in *Pinus radiata*. Archives of Biochemistry and Biophysics, 113(3), 536-539.



## **9. Anexos**

Anexo 1: Publicaciones científicas de los sujetos de estudio

Anexo 2: Tesis dirigidas de los sujetos de estudio – Catálogo Bello

Anexo 3: Preguntas base para las entrevistas semiestructuradas

Anexo 4: Consentimiento informado para los y las entrevistadas

Anexo 5: Transcripción Entrevista Cercano 1 (Ce.1).

Anexo 6: Transcripción Entrevista Cercano 2 (Ce.2).

Anexo 7: Transcripción Entrevista Cercano 3 (Ce.3).

Anexo 8: Transcripción Entrevista Científico 1 (Ci.1).

Anexo 9: Transcripción Entrevista Científico 2 (Ci.2).

Anexo 10: Transcripción Entrevista Científico 3 (Ci. 3).

Anexo 11: Transcripción Entrevista Institucional 1 (I.1).

Anexo 12: Transcripción Entrevista Institucional 2 (I.2).

Anexo 13: Transcripción Entrevista Institucional 3 (I.3).

Anexo 14: Transcripción Entrevista Jorge Allende (JA)

Anexo 15: Financiamiento a las investigaciones de los sujetos de estudio

Anexo 16: *h – index* de los sujetos de estudio

Anexo 17: Actividad científica nacional

Anexo 18: Correlación como prueba de hipótesis en Programa SPSS