



Facultad de Ingeniería
Universidad de Concepción

Edad de jubilación en Chile: Regresión lineal vs Regresión Simbólica

Por

Christian Andrés Riquelme Garrido

Memoria de Título presentada a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de
Concepción para optar al título de Ingeniero Civil Industrial

Profesores Guía:

Marcela Parada Contzen

Carlos Contreras Bolton

© 2025 Christian Andrés Riquelme Garrido

Se autoriza la reproducción total o parcial, para fines académicos, incluyendo la cita bibliográfica del documento.

Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría agradecer a mi familia por el apoyo brindado en mi etapa por la Universidad, ya que sin su apoyo no podría haber completado mis estudios universitarios. En particular a mis padres y abuelos que me permitieron tener una experiencia universitaria sin preocupaciones mayores a los estudios propios asociados.

En segundo lugar, quiero agradecer a mi profesora guía Marcela Parada que me aceptó como uno de sus alumnos memoristas, además de brindar apoyo en esta última etapa universitaria, lo que me ha permitido organizarme de manera correcta y desarrollar un mejor trabajo de memoria de título.

En tercer y último lugar quiero agradecer a quienes se convirtieron en un pilar fundamental en mi etapa universitaria, a mi grupo de amigos generados en estos años, con quienes pase momentos gratos y nos apoyamos en los momentos más difíciles asociados a la universidad.

Resumen

Esta memoria de título analiza los factores que inciden en la edad de jubilación en Chile mediante dos enfoques metodológicos: regresión lineal múltiple y regresión simbólica. El estudio se enmarca en el contexto del envejecimiento poblacional, la baja tasa de reemplazo del sistema previsional chileno y la ausencia de cambios en la edad legal de jubilación desde 1982, todo lo cual plantea desafíos significativos para la sostenibilidad del sistema de pensiones.

Utilizando datos de la Encuesta de Protección Social (EPS) entre 2002 y 2024, se construye una base de datos con más de 6.000 observaciones de personas jubiladas. Se incluyen variables sociodemográficas, laborales, de salud y financieras. El modelo lineal identifica que factores como tener deudas, enfermedades mentales, número de hijos o ser mujer tienden a anticipar la jubilación, mientras que estar casado, tener educación universitaria o trabajar jornada completa la postergan.

La regresión simbólica, por su parte, permite descubrir estructuras funcionales más complejas al no imponer una forma funcional previa. A través de operadores como suma, multiplicación y valor absoluto, se identifican expresiones no lineales que revelan interacciones entre variables. Por ejemplo, se observa que la combinación de trabajo formal, convivencia y buena salud mental se asocia a una mayor edad de jubilación. Además, se detectan patrones en los cuales la salud mental deteriorada y la falta de patrimonio inmobiliario tienden a reducir la edad de retiro, incluso cuando la persona está casada y vive en su propia vivienda.

Si bien el poder explicativo de los modelos es moderado ($R^2 \approx 0.105$), la regresión simbólica aporta valor al revelar relaciones latentes y efectos condicionales entre variables, lo cual es relevante en fenómenos sociales complejos como la decisión de jubilación. Los resultados refuerzan hallazgos previos de la literatura internacional y nacional, y ofrecen evidencia útil para el diseño de políticas diferenciadas según salud, género y trayectoria laboral.

Abstract

This thesis analyzes the factors that influence retirement age in Chile using two methodological approaches: multiple linear regression and symbolic regression. The study is framed within the context of population aging, the low replacement rates of the Chilean pension system, and the lack of changes in the legal retirement age since 1982, all of which pose significant challenges for the system's long-term sustainability.

Using data from the Chilean Social Protection Survey (EPS) between 2002 and 2024, a database of over 6,000 observations of retired individuals was built, incorporating sociodemographic, labor, health, and financial variables. The linear regression model shows that factors such as having debts, mental health disorders, number of children, or being female tend to anticipate retirement, while being married, having a university degree, or working full-time tend to delay it.

Symbolic regression, in contrast, does not impose a predefined mathematical form, allowing for the discovery of more complex functional structures. Through the use of operators such as addition, multiplication, and absolute value, non-linear expressions were identified that reveal interactions between variables. For instance, the combination of formal employment, cohabitation, and good mental health is associated with a later retirement age, while mental health deterioration and lack of real estate assets tend to lower retirement age, even among married homeowners.

Although the explanatory power of the models is moderate ($R^2 \approx 0.105$), symbolic regression adds value by uncovering latent relationships and conditional effects between variables, which is especially relevant in complex social decisions like retirement. The findings reinforce existing evidence from both international and national literature and offer useful insights for the design of differentiated public policies based on health, gender, and work history.

Tabla de contenido

1.	Introducción.....	1
1.1	Objetivos de la memoria.....	4
1.1.1	Objetivo General.....	4
1.1.2	Objetivos Específicos.....	4
1.2	Alcances y limitaciones.....	4
1.3	Organización del documento.....	5
2.	Revisión de literatura.....	6
3.	Metodología.....	17
3.2	Metodología Regresión Simbólica.....	18
3.3	Métodos de Regresión Simbólica.....	20
3.3.1	Programación Genética.....	20
3.3.2	Métodos en Redes Neuronales.....	20
4.	Datos.....	21
4.1	Fuente de datos.....	21
4.3	Descripción de la muestra de estimación.....	22
4.4	Estadísticas descriptivas.....	25
5.	Resultados y discusión.....	27
5.1	Regresión Lineal.....	28
5.2	Regresión simbólica.....	29
5.3	Factores que afectan la edad de jubilación.....	35
5.4	Discusión comparativa.....	38
6.	Conclusiones.....	40
7.	Referencias.....	43

Índice de tablas.

Tabla 1: Resumen de revisión de literatura.	14
Tabla 2: Construcción de muestra de estimación.	22
Tabla 3: Definición de variables.....	23
Tabla 4: Descripción de variables.	27
Tabla 5: Resultados para edad de jubilación.	28
Tabla 6: Descripción de instancias de prueba.	29
Tabla 7: Instancia de prueba A.	30
Tabla 8: Instancia de prueba B.	31
Tabla 9: Instancia de prueba C.	32
Tabla 10: Descripción de resultados.....	33

Índice de figuras.

Figura 1: Edad de jubilación de los individuos mayores de 60 años	24
Figura 2: Edad de jubilación para hombres.....	24
Figura 3: Edad de jubilación para mujeres.....	24

1. Introducción.

El envejecimiento de la población producto de la mayor esperanza de vida, ha presionado a los sistemas de pensiones por financiar más años de jubilación (Hurwitz & Mitchell, 2022; von Nordheim & Kvist, 2022). Lo anteriormente mencionado se vuelve de criticidad grave al tener en cuenta que la edad de jubilación del sistema chileno no ha sido propensa a cambios (Lara Cortés & Silva Flores, 2014). Es por esto que, estudios que aborden factores que inciden en la edad de jubilación se vuelven cada vez más relevantes para conocer el comportamiento poblacional en estos escenarios, permitiendo así la implementación de políticas públicas relacionadas a la jubilación (Axelrad & Luski, 2022; Chybalski, 2022; Coppola & Wilke, 2014; Vermeer et al., 2019).

Desde la década de los 90, los sistemas de pensiones en el mundo ha sido uno de los temas centrales para las políticas públicas, los cuales a través de reformas buscan responder a cambios demográficos, económicos y laborales, como el envejecimiento de la población, informalidad laboral y la baja natalidad (Barr & Diamond, 2008; Drahokoupil & Domonkos, 2012). Estos cambios han obligado a realizar cambios en los sistemas de pensiones, basados principalmente en sistemas de reparto que aseguraban beneficios financiados por las contribuciones de los trabajadores activos (Lara Cortés & Silva Flores, 2014). Principalmente los cambios han sido dirigidos hacia sistemas de capitalización individual con contribuciones definidas, lo que promueve una mayor participación del sector privado y la “marketización” de los fondos de pensiones (Barr & Diamond, 2008; Drahokoupil & Domonkos, 2012).

Actualmente el modelo previsional chileno es de carácter multi-pilar que se basa en la capitalización individual, un pilar solidario que entrega pensiones asistenciales y un pilar voluntario (Parada Contzen, 2023). Desde la implementación inicial de este sistema en el año 1982, no ha sufrido cambio en las edades mínimas de jubilación establecidas en 65 años para hombres y 60 años para mujeres (Madero-Cabib & Biehl, 2021).

A modo de antecedentes, en Chile, el porcentaje de personas de 60 años y más, respecto a la población total en el país, ha ido aumentando progresivamente en las últimas décadas.

En 1992, este grupo etario correspondía al 9,5% del total de la población, número que en 2022 aumentó al 18,1% y que en 2050 alcanzaría el 32,1% de habitantes (Godoy, 2022). La esperanza de vida en Chile a los 60 años ha aumentado de 9 años en promedio para 1980 a casi 20 años promedio en la actualidad. De hecho, las mujeres en 1980 tenían una esperanza de vida al nacer de 71,91 años cifra que hoy alcanza los 82,1 años, mientras que los hombres han aumentado su esperanza de vida al nacer desde los 65,89 a los 77,3 años para el mismo periodo (Banco Mundial, 2023; Datosmacro, 2023; INE, 2023). A pesar de lo anterior, la edad mínima de jubilación no ha cambiado desde que se instauró la reforma al sistema de pensiones en 1982.

Este modelo de pensiones en Chile ha sido el centro de discusión política durante los últimos años, debido principalmente a las limitaciones del modelo en términos de las tasas de reemplazo bajas y los desafíos demográficos que enfrenta (Lara Cortés & Silva Flores, 2014; OECD, 2021). El sistema de contribución definida, implementado en la década de 1980, fue principalmente elogiado por el fomento al ahorro privado y por su incentivo al desarrollo de mercados financieros locales. Sin embargo, al pasar los años, estas fortalezas iniciales se han visto afectadas por problemáticas estructurales, como la baja densidad de cotización, informalidad laboral y aumento en la esperanza de vida, lo que ha significado una reducción de la tasa de reemplazo esperada para las generaciones más jóvenes (Evans y Pienknagura, 2024). Lo anterior se complementa en el estudio de Larrañaga (2024) donde se especifica que un gran porcentaje de trabajadores experimenta lagunas previsionales, debido a la informalidad del empleo o a la precariedad de estos mismos, lo que reduce significativamente los montos que reciben los trabajadores el momento de jubilar.

Para poder analizar los factores que inciden en la edad de jubilación de las personas, es importante utilizar herramientas de análisis de datos. Comúnmente se han utilizado modelos de regresión lineal, los cuales buscan encontrar una relación entre variables como los años de cotización, nivel de ingresos y nivel educativo. Sin embargo, estos modelos presentan una limitante, ya que se asume una relación predefinida entre las variables, lo que puede reducir su capacidad predictiva y capacidad de explicar relaciones complejas (Udrescu & Tegmark, 2020).

La regresión simbólica asoma como una alternativa para la modelación de datos en situaciones complejas como lo es la edad de jubilación. La regresión simbólica a diferencia de la regresión lineal no impone una estructura matemática previa, sino que descubre la expresión matemática que mejor describa los datos mediante algoritmos de búsqueda (Udrescu & Tegmark, 2020). Este enfoque puede permitir descubrir relaciones no lineales entre los factores que afectan la edad de jubilación, permitiendo encontrar relaciones matemáticas novedosas que puedan mejorar la creación o modificación de políticas públicas. A partir de lo anterior, esta memoria de título analiza el fenómeno de la edad de jubilación en Chile, mediante la aplicación de dos enfoques metodológicos distintos: la regresión lineal tradicional y la regresión simbólica.

Esta memoria de título busca contribuir a la literatura sobre el sistema de pensiones en Chile desde una perspectiva metodológica al evaluar el potencial de herramientas de análisis no tradicionales, como la regresión simbólica, para descubrir relaciones complejas entre variables socioeconómicas y la edad de jubilación. Asimismo, se espera que los resultados sirvan como insumo para el diseño y evaluación de políticas públicas que busquen mejorar la equidad y eficiencia del modelo previsional chileno.

Para el análisis es utilizada la base de datos de la Encuesta de Protección Social (EPS), la cual proporciona información detallada sobre las trayectorias laborales, cotizaciones previsionales y características sociodemográficas de la población chilena. A partir de esta base, se construye un conjunto de variables relevantes como los años de cotización, ingresos, nivel educativo, género y tipo de ocupación, entre otras. Se aplica un enfoque comparativo entre dos métodos de modelamiento: regresión lineal y regresión simbólica. Mientras la regresión lineal permite establecer relaciones predefinidas entre variables, la regresión simbólica utilizará algoritmos de búsqueda evolutiva para descubrir expresiones matemáticas que modelen de forma flexible y no lineal los factores que influyen en la edad de jubilación (Udrescu & Tegmark, 2020).

1.1 Objetivos de la memoria

1.1.1 Objetivo General

Determinar factores que impactan en la edad de jubilación de las personas en Chile bajo métodos de regresión lineal y regresión simbólica.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Construir una base de datos a partir de la Encuesta de Protección Social (EPS) y revisar la literatura que analiza la decisión de las personas de jubilar.
- Especificar y estimar un modelo de regresión lineal y regresión simbólica para determinar los factores que afectan a la edad de jubilación de los chilenos.
- Determinar qué modelo es más adecuado de usar, comentar e interpretar los resultados.

1.2 Alcances y limitaciones

Esta investigación utiliza siete rondas de la Encuesta de Protección Social (EPS), donde se contemplan los años 2004, 2006, 2009, 2015 y 2020. La muestra se basa en individuos que se encuentran jubilados y que se cuente con la información en todas las variables explicativas consideradas para el estudio. Esto se debe a que para la implementación empírica se debe tener conocimiento de las características individuales de las personas jubiladas.

La ronda de la EPS del año 2019-2020 presenta una menor cantidad de número de encuestados de manera presencial menor en comparación del resto de encuestas, debido a la pandemia por Covid-19. Tampoco se consideran observaciones de la ronda del año 2012 debido a problemas estadísticos.

La ronda de la Encuesta de Protección Social (EPS) del año 2024 no contiene los datos suficientes para calcular la edad de jubilación de los entrevistados, lo que hace que no se pueda considerar el resto de las variables explicativas observadas en la encuesta, por lo tanto, no se considera en el presente estudio.

1.3 Organización del documento

Las próximas secciones son estructuradas de la siguiente manera: el capítulo 2 presenta los antecedentes del tema mediante una revisión de literatura. El capítulo 3 se detalla el modelo empírico utilizado y cuáles serán los métodos de estimación a utilizar y comparar. El capítulo 4 realiza una descripción de los datos utilizados en esta investigación. El capítulo 5 muestra los resultados obtenidos de los métodos de estimación y en el capítulo 6 se presenta las conclusiones generadas a partir del estudio.

2. Revisión de literatura

El modelo de pensiones chileno ha sido pionero en la transición hacia un modelo de capitalización individual en 1982. Este cambio fue realizado como una alternativa viable frente a la crisis del modelo de reparto, aunque los efectos de este han sido objeto de debate académico persistente (McKiernan, 2021). Una de las principales críticas al sistema de AFP es la limitación que presenta al momento de garantizar pensiones adecuadas, especialmente para trabajadores que tienen trayectorias laborales inestables o informales (Parada-Contzen et al., 2025). La informalidad laboral, que afecta al 27% de la fuerza laboral en Chile (CPC, 2024), reduce las cotizaciones, lo que tiene por consecuencia las pensiones futuras. Además, los retiros anticipados y baja densidad de cotizaciones agravan la situación (Parada-Contzen et al, 2025).

Estudios indican que la edad de jubilación de los chilenos puede verse afectada por diversos factores. Según el estudio de Parada-Contzen (2023), existen brechas que son notables en cuanto a la edad de jubilación y en los montos de pensión recibidos entre los hombres y mujeres. Uno de los principales factores que explican la diferencia es la menor densidad en las cotizaciones que enfrentan las mujeres a lo largo de su trayectoria laboral. Esta es debido principalmente a interrupciones relacionadas a obligaciones familiares o inactividad laboral. Por otro lado, el análisis empírico revela que el estado de salud también es un factor determinante en la decisión de retiro, siendo problemas crónicos y discapacidades factores que adelantan la jubilación. El estudio utiliza un enfoque cuantitativo que se basa en modelos de regresión logística multinivel, lo que permite identificar interacciones significativas entre género, salud y edad de jubilación, destacando así lo complejo que es abordar la inequidad en los sistemas de pensión cuando múltiples variables demográficas están involucradas.

Por otro lado, el estudio también manifiesta que el estado civil y el entorno familiar son factores relevantes al momento de decidir el retiro. Los resultados dan indicios de que personas casadas o que viven con su pareja tienen mayor tendencia a postergar su jubilación, especialmente cuando su conyugue continúa trabajando, lo cual se respalda fuertemente con lo expuesto en Vermeer et al (2019). Ellos declaran que las preferencias

respecto a la edad de jubilación no se determinan únicamente por factores económicos individuales, sino que están fuertemente influenciadas por la edad de retiro de personas cercanas, como el cónyuge, familiares y colegas, siendo el cónyuge el actor más influyente en la planificación de la jubilación. Una temática similar a la anterior es estudiada por Gustafson (2017) que estudió entre otras cosas como la diferencia de edad entre cónyuges y como impacta en la edad de jubilación. Se plantea que el patrón predominante de hombres mayores que mujeres en las parejas genera asimetrías de género en el retiro, afectando las trayectorias laborales y pensiones. Principalmente, se concluye que la sincronización de la jubilación es menos común de lo esperado en Suecia, posiblemente debido a normas sociales más individualistas y políticas de igualdad de género. Además, se concluye que las mujeres se ven más afectadas negativamente por sincronizar, ya que tienden a jubilarse más temprano y con menores pensiones. Adicionalmente, se concluye que la sincronización puede reforzar desigualdades económicas de género en la vejez. Por otro lado, los adultos mayores que viven solos presentan un mayor riesgo de jubilación anticipada, principalmente impulsados por problemas de salud o necesidad de cuidados permanentes. Para términos de política pública, Parada-Contzen (2023) sugiere que los enfoques que incentivan permanencia en el mercado laboral deberían considerar estrategias diferenciadas por situación familiar y género. Además, se hace énfasis en reforzar los apoyos en la salud ocupacional para reducir el impacto de enfermedades crónicas en la sostenibilidad laboral.

El estudio realizado por Crettez & Le Maitre (2002) analiza el impacto que tiene el crecimiento de la población en la edad óptima de jubilación, proponiendo un modelo que considera el intercambio intergeneracional de recursos y la elección endógena de la edad de retiro. Los autores determinan que la edad de jubilación óptima aumenta junto a la tasa de crecimiento en la población cuando la elasticidad de sustitución del trabajo de los mayores por el de los jóvenes es menor a uno. Este resultado destaca la importancia de considerar la elasticidad de sustitución laboral al momento de diseñar políticas de pensiones, ya que el envejecimiento de la mano de obra puede afectar de manera compleja la sostenibilidad de sistemas previsionales.

Tiempo más tarde, Casamatta & de Paoli (2012) estudiaron la elección de la edad de jubilación legal en un sistema de reparto en presencia de desempleo. Lograron demostrar que la edad de jubilación óptima aumenta en conjunto con el aumento de la esperanza de vida de la población, por lo tanto, es óptimo posponer la edad de retiro. Es importante destacar que la investigación asumió únicamente diferencias en cuanto a la edad de las personas y no se incorporan otras características.

La literatura sobre edad de jubilación en Chile y en el mundo han explorado muchos factores que afectan en las decisiones individuales respecto al retiro laboral. Un enfoque comúnmente utilizado en investigación ha sido el uso de métodos econométricos, como el modelo de mínimos cuadrados agrupados para poder estimar que factores inciden en la edad de jubilación, teniendo en cuenta variables sociodemográficas y económicas (Pérez Castro, 2023). Por otro lado, estudios recientes indican que existe una necesidad de que la edad de jubilación sea extendida, ampliando así la vida laboral activa, debido al envejecimiento de la población y a las crecientes presiones fiscales sobre el sistema de pensiones (Madero-Cabib, 2018). Además, investigaciones han abordado el impacto de los factores sociodemográficos en el ahorro de largo plazo, encontrando que la preocupación sobre la estabilidad del modelo público de pensiones y el tipo de empleo influyen significativamente en la disposición de ahorrar para la futura jubilación (Kristjanpoller, 2015).

El trabajo de Madero-Cabib et al. (2019) ofrece una perspectiva multidimensional de la postergación de la edad de jubilación en Chile, considerando factores laborales, institucionales, culturales y de salud. Mediante una revisión exhaustiva de evidencia nacional e internacional, el análisis revela que, si bien el aumento de la esperanza de vida impulsa políticas que busquen extender la edad de jubilación, existen desafíos estructurales que deben ser considerados. Por ejemplo, como se detalla en Oelckers (2015), en Chile muchas personas mayores deben continuar trabajando por una necesidad económica, especialmente debido a pensiones bajas y trayectorias laborales marcadas por empleos precarios y mal remunerados. Esta situación, sumada a la discriminación por edad y a la escasa oferta de programas de capacitación laboral adaptados a este grupo

etario, obliga a muchos adultos mayores a desempeñarse en condiciones de informalidad y vulnerabilidad económica, incluso después de la jubilación.

Farnham & Sevak (2016) estudiaron como afecta la riqueza inmobiliaria en la edad de jubilación mediante un modelo con variables de rezago, basándose en hombres que se encontraban trabajando en el periodo anterior. Para este caso, la variable explicativa clave fue el cambio que se experimentaba en la riqueza inmobiliaria, que se compone de factores como el valor real de la vivienda, el cambio en los precios que experimentan las viviendas, entre otros. A esta variable se le agregaron, además, los años de educación, ingresos, estado civil y salud. Finalmente, se determinó que un aumento del 10% en la riqueza inmobiliaria puede aumentar desde un 0,7% a un 6,5% la probabilidad de jubilar, mientras que los hombres casados tienen menor probabilidad de jubilación y aquellos con mala salud tienden a jubilar antes. Por otro lado, también se evaluó el cambio en la edad de jubilación frente a un cambio en la riqueza inmobiliaria, determinando así que un aumento de esta disminuye desde 3,5 a 5 meses la edad de jubilación.

La edad de jubilación está profundamente relacionada y condicionada por la salud individual y su interacción con el tipo de ocupación y los esquemas de protección social. Por ejemplo, Blau & Gilleskie (2008) analizaron por medio de un modelo dinámico estructural, la influencia que tiene el estado de salud en las decisiones de retiro, logrando encontrar que la presencia de seguros médicos tiene una baja incidencia en la decisión de jubilación, mas no así el estado de salud, donde el efecto mayor se observa en hombres con mala salud. Esta relevancia de la salud es reafirmada por Vandenberghe (2021) quien estudia la edad óptima para jubilar teniendo en cuenta la salud heterogénea de los diferentes individuos en Europa. Se encontró que la salud en poblaciones europeas con edad avanzada varía notablemente alrededor de las edades típicas de jubilación, pero además también en grupos sociodemográficos en países donde las personas de edad avanzada menos educadas son sistemáticamente menos saludables que las personas que tienen niveles de educación más avanzada. Además, se encuentra evidencia de que el envejecimiento deteriora la salud indicando que adelantar o retrasar la edad de jubilación es una manera de igualar la salud en el momento de jubilación. Por último, se señala que, para igualar las condiciones de salud esperada entre distintos grupos sociodemográficos,

en la mayoría de los países sería necesario establecer una diferencia de hasta 10 años en la edad de jubilación entre las personas con peor salud y aquellas con una salud más favorable. Bajo esa misma línea, Deeg et al. (2021) encuentran que la diferencia en la salud dada por las diferentes ocupaciones podría ser utilizadas para adaptar la edad de jubilación, teniendo en consideración que trabajos derivados de una formación académica presenta una esperanza de vida mayor en 3,5 años que ocupaciones no calificadas. Esta idea es apoyada por Chybalski (2022) que confirma que la composición ocupacional en una economía es relevante para poder explicar la existencia de una edad de jubilación efectiva diferenciada.

Las decisiones de jubilación no se explican únicamente por incentivos financieros individuales, sino que también están profundamente influenciadas por el contexto social en el que se insertan los trabajadores. En esa línea, Vermeer et al. (2019) aportan evidencia empírica que profundiza en el rol de las interacciones sociales y del anclaje psicológico en edades institucionalizadas, como los 65 años, en la configuración de las preferencias de retiro. A partir de una encuesta experimental aplicada a una muestra representativa de Países Bajos, los autores observan que las personas tienden a ajustar su edad deseada de jubilación en función de las decisiones de retiro de sus parejas, familiares, amigos y compañeros de trabajo. Este hallazgo se articula con la noción de “embeddedness social” (Van Solinge & Henkens, 2007), según la cual las decisiones individuales están interrelacionadas con normas sociales compartidas y expectativas mutuas. Complementariamente, Axelrad y Luski (2022) destacan que, además de los factores sociales, también inciden variables estructurales y sociodemográficas: un mayor PIB per cápita, un mayor gasto público en pensiones, ser hombre o trabajador independiente, se asocian a una edad de jubilación más elevada. Mientras que condiciones como ser mujer, desempeñarse como funcionario público, tener un nivel educativo medio o presentar un estado de salud deficiente, se relacionan con una jubilación anticipada. En conjunto, estos estudios evidencian la complejidad multifactorial de las decisiones de retiro, donde se entrecruzan elementos económicos, sociales, institucionales y personales.

La discrepancia entre la edad legal de jubilación y la edad efectiva de retiro ha sido objeto de atención creciente en la literatura reciente, dado que plantea desafíos tanto para la sostenibilidad de los sistemas de pensiones como para la equidad intergeneracional. En este contexto, Jedyak (2019) desarrolla un análisis comparativo entre 34 países de la OCDE para identificar los factores que determinan la edad efectiva de jubilación a nivel agregado. A través de un modelo de regresión multivariada por pasos, el estudio encuentra que los principales determinantes son la tasa de empleo en edades entre 60 y 64 años, la esperanza de vida, el estado de salud percibido y el nivel de pobreza relativa entre las personas mayores. Estos resultados complementan investigaciones previas que destacan la importancia de variables no exclusivamente financieras, como las actitudes, la salud o las normas sociales (van Erp et al., 2014; Fisher et al., 2016). La edad efectiva de jubilación está condicionada por una variedad de factores estructurales, institucionales e individuales. Dentro de estos últimos, la cualificación profesional ha recibido atención creciente como posible determinante del retiro tardío. El estudio de Himmelreicher et al. (2009) ofrecen evidencia empírica detallada para Alemania, revelando que los individuos altamente cualificados tienden, en promedio, a jubilarse más tarde que los menos cualificados. Sin embargo, esta diferencia es generalmente pequeña (menos de un año en los estados occidentales y hasta 1,5 años en los orientales) lo que sugiere que la educación, por sí sola, no es una palanca suficiente para extender significativamente la vida laboral. Más bien, parece que la cualificación otorga mayor autonomía para decidir cuándo retirarse, lo que se traduce en una mayor dispersión en las edades de jubilación entre los más educados. En línea con otros estudios europeos (Radl, 2008; Deeg et al., 2021), este trabajo confirma que la decisión de jubilación está atravesada por dimensiones sociales complejas: aunque la cualificación parece ampliar las oportunidades de retiro flexible, también reproduce desigualdades en el acceso a pensiones dignas. Así, mientras que algunos trabajadores menos cualificados deben retirarse anticipadamente debido a problemas de salud o precariedad, los más cualificados pueden hacerlo por elección, incluso anticipadamente, gracias a mejores ingresos acumulados. Este hallazgo desafía la idea simplista de que promover más educación garantizará por sí sola una vida laboral más extensa.

Solem et al. (2016) estudian la intención de jubilar de personas que están en una edad cercana a la jubilación y de personas que se encuentran en edad de jubilar en Noruega considerando niveles distintos de firmeza respecto a esa decisión (consideraciones, preferencias y decisiones). Se determinó que la correlación entre intenciones y comportamiento de los individuos varían principalmente por salud, educación y tipo de trabajo. Los trabajadores que presentan mala salud, trabajadores con poca educación y trabajadores no profesionales se jubilan antes de lo que ellos preferirían. Las intenciones de jubilación fueron estudiadas también por Böckerman & Ilmakunnas (2020), pero principalmente relacionadas con la satisfacción laboral, encontrando que frente a condiciones laborales adversas la satisfacción laboral tiende a disminuir, lo que a su vez implica un aumento en la intención de jubilar.

En el estudio de Caro & Parada-Contzen (2022) es evaluado el impacto que genera un programa de seguridad social en la planificación de jubilación, específicamente el Nuevo Régimen de Pensiones Rurales (NRPS) en China. Para el estudio se considera la relación que tiene la salud mental, salud física y esperanza de vida en la planificación de la jubilación. Los resultados indican que, en trabajadores jóvenes, el NRPS no incentiva a planificar la jubilación debido a un componente contributivo, una disminución de los ingresos disponibles y debido principalmente a que son menos propensos a planificar. Por otro lado, el NRPS incentiva a trabajadores mayores a jubilarse debido a los beneficios adicionales de dinero. Además, entre los trabajadores mayores los que presentan una peor salud tienden a planificar un poco más su retiro, excepto si su esperanza de vida se encuentra limitada, mientras que para trabajadores jóvenes la salud mental es importante.

La consideración de estos factores es importante al momento de realizar cambios o políticas que busquen ayudar a mejorar el esquema actual de pensiones chileno, ya que el no considerar puede traer consecuencias negativas para ciertos grupos de trabajadores. En el reciente estudio de Parada-Contzen (2025) sobre el impacto de una cotización adicional del empleador en el sistema previsional chileno se destaca el valor de modelos econométricos robustos. A través de estimaciones de elasticidad de demanda laboral, se

muestra como una carga previsional mayor puede afectar negativamente el empleo, especialmente para trabajadores poco calificados.

Desde la perspectiva metodológica, los estudios empíricos realizados han utilizado modelos de regresión que permiten analizar factores que inciden en el comportamiento previsional. Ayuso y Chuliá (2018) desarrollaron un modelo logit que permite evaluar la propensión del ahorro a largo plazo. Encontrando que factores como la edad, nivel educativo, ingresos y preocupación por el futuro del sistema previsional influyen en la decisión de ahorrar.

Los modelos de regresión lineal han sido utilizados ampliamente, sin embargo, presenta algunas limitaciones cuando se enfrentan a relaciones no lineales o interacciones complejas entre las variables. En este sentido, la regresión simbólica ofrece una alternativa potente, que, a diferencia de técnicas tradicionales, esta técnica busca descubrir la forma funcional que mejor representa los datos sin imponer una estructura previa (Udrescu & Tegmark, 2020).

Como ha sido documentado en estudios sobre jubilación, factores como la salud y el nivel de ingresos tienen un impacto importante sobre la edad de retiro. No obstante, cabe considerar que estos efectos podrían no ser constantes a lo largo del ciclo vital ni homogéneos entre distintos segmentos socioeconómicos, lo cual sugiere limitaciones en enfoques exclusivamente basados en regresión lineal. En este sentido, métodos más flexibles como la regresión simbólica representan una alternativa metodológica prometedora. A diferencia de la regresión lineal, la regresión simbólica no impone una forma funcional predefinida, sino que explora automáticamente el espacio de expresiones matemáticas posibles para encontrar aquellas que mejor modelan los datos observados (Schmidt & Lipson, 2009; Makke & Chawla, 2024).

Tabla 1: Resumen de revisión de literatura. (continua en la siguiente página)

Autores (año)	Metodología	Variable explicada	Variables explicativas	Alcance geográfico	Hallazgos
Crettez & Maitre (2002)	Función de utilidad del ciclo de vida y función de producción Cobb-Douglas	Edad de jubilación	Crecimiento poblacional, utilidades generacionales ponderadas y factor social de descuento	Mundial	La edad óptima de jubilación es una función creciente de la tasa de crecimiento poblacional si la elasticidad de sustitución de agentes laborales mayores por agentes laborales jóvenes es menor que uno. Si es mayor que uno, sin importar el tamaño de la población, el óptimo es una función decreciente de la tasa.
Himmelreicher et al. (2009)	Análisis de datos administrativos (Scientific Use File de la Rentenversicherung 2007); tablas multidimensionales controlando variables sociodemográficas clave.	Edad de acceso a la jubilación	Nivel educativo (escolar y profesional), género, región (Alemania oriental/occidental), duración de carrera laboral, puntos de pensión promedio por año, montos promedio de pensión	Alemania (viejos y nuevos estados federados)	Los trabajadores altamente cualificados se jubilan más tarde que los poco cualificados, aunque la diferencia es menor a un año en promedio en Alemania occidental y alrededor de 1,5 años en Alemania oriental.
Solem et al., (2016)	Regresión Logística	Intención de jubilación	Variables sociodemográficas (Salud, tipo de trabajo, ingresos)	Noruega	Personas mayores que tienen mala salud y una baja educación tienden a jubilarse antes de lo que prefieren.
Farnham & Sevak (2016)	Mínimos cuadrados ordinarios.	Edad de jubilación	Riqueza inmobiliaria	Estados Unidos	La edad esperada para jubilar disminuye de 3,5 a 5 meses ante un aumento de 10% de la riqueza inmobiliaria.
Gustafson (2017)	Análisis cuantitativo con datos administrativos de registros suecos (2002-2010); regresiones logísticas	Sincronización del retiro (si los cónyuges se retiran en el mismo año o +/- 1 año)	Diferencia de edad entre cónyuges, género, nivel educativo, ingresos, activos, beneficios por enfermedad o desempleo, país de nacimiento, sector de empleo, edad del cónyuge.	Suecia	La sincronización del retiro es baja (10% mismo año, 25% mismo o siguiente año); es más común en parejas de misma edad o mujer mayor. Los hombres tienden a retrasar su retiro para sincronizarse.

(Continuación) Tabla 1: Resumen de revisión de literatura

Jedynak (2019)	Análisis de regresión multivariada con selección hacia adelante (stepwise forward selection) aplicada a 34 países OCDE; análisis transversal basado en bases de datos OECD	Edad efectiva de jubilación	Estado de salud percibido, esperanza de vida, tasa de empleo 60-64 años, razón de dependencia de mayores, tasa de reemplazo de pensiones, pobreza relativa de los mayores, riqueza previsional, ser o no país europeo	34 países miembros de la OCDE	La edad efectiva de jubilación se relaciona positivamente con la salud percibida, la esperanza de vida, el empleo de 60-64 años y la pobreza relativa de los mayores; ser un país europeo reduce la edad de jubilación.
Vermeer, N et al. (2019)	Encuesta experimental (stated preferences) aplicada a miembros del panel CentERpanel de Países Bajos; análisis de regresión de datos de encuestas y experimentos de viñetas sobre edad de jubilación preferida	Edad de jubilación preferida	Consejos y decisiones de jubilación de cónyuge, hijos, amigos, familiares y compañeros de trabajo; efectos de 'anclaje' en la edad de jubilación legal (65 años)	Países Bajos	La edad de jubilación preferida se ve influenciada significativamente por el comportamiento de jubilación de la red social cercana; un aumento de un año en la edad de jubilación de la red social incrementa en promedio tres meses la edad de jubilación preferida.
Böckerman & Ilmakunnas (2020)	Modelo probit ordenado trivariante	Intenciones de jubilación	Características sociodemográficas y satisfacción laboral.	Finlandia	Las intenciones de jubilarse pueden aumentar frente a insatisfacción laboral por condiciones de trabajo adversas.

(Continuación) **Tabla 1:** Resumen de revisión de literatura

Chybalski (2022)	Series de tiempo, regresión lineal múltiple.	Promedio de edad de jubilación	Ocupación, tasa de reemplazo, salud, educación, emple/desempleo, PIB, salarios promedio.	Europa	La composición ocupacional tiene un impacto relevante en la edad promedio de jubilación. En el caso de los hombres, la salud, el empleo y desempleo, la tasa de interés, el salario y riqueza son relevantes. En el caso de las mujeres las variables significativas son la salud, tasa de dependencia, la tasa de interés, el PIB y el salario y riqueza.
Axelrad & Luski (2022)	Mínimos cuadrados ordinarios, regresión lineal múltiple.	Edad de jubilación	Indicadores del país (PIB, gastos en pensiones, tasa de desempleo), género, estado civil, educación, salud.	Europa	Una mayor edad real de jubilación está asociada con un mayor PIB, un mayor gasto en pensiones y una mayor jubilación oficial en el país. Ser hombre y trabajar de forma independiente se asocian con una mayor edad de retiro, mientras que ser mujer, funcionario público, tener una salud regular o mala y educación secundaria, está asociado a una edad de jubilación más baja.
Caro & Parada-Contzen (2022)	Datos de panel, efectos fijos, modelo logit.	Planificación de jubilación	Nuevo Plan de Pensiones Rurales (NRPS)	China	En trabajadores jóvenes el NRPS no los incentiva a planificar, pero induce a los mayores a jubilarse. Aquellos con mala salud planean más su retiro limitado a la esperanza de vida. En los jóvenes una mala salud mental aumenta las probabilidades de planificar
Parada-Contzen (2023)	Análisis cuantitativo	Desigualdades en la edad de jubilación	Género, estado familiar, características de salud.	Chile	Las mujeres y personas con problemas de salud tienden a jubilarse anticipadamente. Los trabajadores casados o en pareja postergan más la edad de retiro.
Parada-Contzen et al. (2025)	Modelos Econométricos	Impacto de la cotización adicional del empleador.	Carga laboral, elasticidades de demanda laboral, cualificación de los trabajadores	Chile	Un aumento del 1% en costos laborales incrementa el desempleo en 0,20 y 0,71 puntos porcentuales. El impacto es mayor en sectores de trabajo no calificado.

Fuente: Elaboración propia.

3. Metodología

Para la estimación de los factores que inciden en la edad de jubilación se utilizan métodos que describan la relación de variables independientes con la edad de jubilación. Así, se analiza la relación existente entre la edad de jubilación con diversas características sociales, laborales, sociodemográficas o de salud. Este informe presenta dos métodos distintos para la estimación de factores que inciden en la edad de jubilación. El primero corresponde al método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), basado en la propuesta desarrollada por Montgomery (2004). Posteriormente, se aplica la metodología de regresión simbólica para la identificación de una expresión funcional interpretable que relacione la edad de jubilación con las variables explicativas, sin asumir una forma estructural previa y explorando combinaciones de operadores matemáticas mediante programación genética (Wang et al., 2022).

3.1 Mínimos Cuadrados Ordinarios

La regresión lineal o modelo de MCO permite determinar de forma estadística la relación de variables. Los componentes para considerar son: una variable dependiente Y , variables independientes x , coeficientes de la regresión β_i y la constante de error aleatorio ε . Siendo β_i el valor que cambia Y , por un cambio en una unidad de x_i , manteniendo a todas las variables constantes (Montgomery, 2004). La ecuación (1) muestra la forma general de la regresión lineal.

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^N \beta_i x_i + \varepsilon \quad , N \in \mathbb{N} \text{ con } N \geq 1 \quad (1)$$

Considerando que $i = \{1, \dots, N\}$ representa el índice de las variables explicativas. Si $N = 1$, el modelo corresponde a una regresión lineal simple, ya que estaría incluyendo una sola variable independiente. Por otro lado, si $N > 1$, se trata de una regresión lineal múltiple, debido a que se incorporan múltiples variables independientes en el modelo. Para determinar el valor de los coeficientes de la regresión, se utiliza el método de los MCO, cuyo objetivo es minimizar la suma de los cuadrados de los errores. Una de las consideraciones para utilizar este método es tener t observaciones, y k coeficientes de la regresión, siendo $t > k$.

Las variables dependientes, toman la siguiente notación: x_i^t , donde $i = \{1, \dots, N\}$ representa cada variable en $t = \{1, \dots, T\}$ observaciones. De esta forma la ecuación (1) se desglosa para cada observación, como se muestra en la ecuación (2).

$$Y_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^N \beta_i x_i^t + \varepsilon_t \quad t = \{1, \dots, T\} \quad (2)$$

Para luego realizar la minimización de los errores al cuadrado, es decir, se realizan la función de MCO, que se muestra en la ecuación (3). A su vez, es equivalente a la ecuación (4).

$$\min \sum_{t=1}^T \varepsilon_t^2 \quad (3)$$

$$\min \sum_{t=1}^T (y_t - \beta_0 + \sum_{i=1}^N \beta_i x_i^t)^2 \quad (4)$$

Esta memoria de título se utiliza este método para obtener la edad de jubilación, variable dependiente, considerando el objetivo de esta investigación y las variables independientes que se encuentran en los datos de la Encuesta de Protección Social (EPS) para el periodo 2002-2024.

Para este estudio se utiliza el software estadístico “Stata” para la determinación de resultados asociados a la regresión lineal, lo que permite presentar los coeficientes y error estándar asociado a cada variable, lo cual es expuesto en la tabla 5. En base a los resultados obtenidos, se plantearon los análisis expuestos en la sección de resultados.

3.2 Metodología Regresión Simbólica

El objetivo de la metodología de regresión simbólica es lograr identificar expresiones matemáticas que puedan modelar de una forma precisa e interpretable la relación funcional entre variables independientes con la variable dependiente a partir de datos observados. A diferencia de la regresión lineal clásica, la regresión simbólica no asume una forma predeterminada, lo que busca es estructurar y ajustar la forma desde expresiones ya establecidas (Makke & Chawla, 2024).

Se inicia de un conjunto de datos $D = x_i, y_{i=1}^n$, donde $x_i \in \mathbb{R}^d$ y $y_i \in \mathbb{R}^d$. El objetivo es encontrar una función simbólica $f \in F$ que minimice el error cuadrático medio, como se muestra en la ecuación (5).

$$f = \min \sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i))^2 \quad (5)$$

Las expresiones candidatas son construidas en base a la combinación de elementos de una biblioteca de operadores establecidos, los cuales pueden incluir operaciones aritméticas simples como la suma, resta, división y multiplicación, también son consideradas las funciones logarítmicas, exponenciales, seno, coseno y además pueden ser incluidas constantes. Al incorporar

funciones específicas se responde a la necesidad de restringir el espacio de búsqueda, lo cual favorece la interpretabilidad.

Para la implementación de la regresión simbólica, se utiliza la biblioteca *PySRRegressor*, la cual permite explorar expresiones matemáticas candidatas mediante algoritmos evolutivos. El diseño metodológico consideró la definición de tres instancias de prueba (A, B y C) con parámetros diferenciados en cuanto a número de iteraciones, tamaño de la población y complejidad máxima permitida. La razón de plantear múltiples instancias fue evaluar la sensibilidad del algoritmo a distintos niveles de exploración del espacio de soluciones, equilibrando el ajuste estadístico (R^2) y la simplicidad de las expresiones obtenidas. En particular, la instancia A priorizó mayor diversidad poblacional, la instancia B buscó parsimonia mediante menor complejidad, y la instancia C aumentó el límite de complejidad para capturar interacciones más ricas entre variables.

La selección de los parámetros se realizó en base a pruebas exploratorias iniciales, tomando en cuenta los recursos computacionales disponibles y la naturaleza binaria de las variables explicativas. Por ejemplo, el número de iteraciones se fijó en 100 o 200 dependiendo del caso, con el fin de garantizar suficiente convergencia en la búsqueda, mientras que los tamaños de población (30 y 40 individuos) se eligieron para mantener un balance entre diversidad genética y eficiencia computacional. La complejidad máxima se limitó a valores entre 30 y 50 nodos, con el objetivo de evitar sobreajuste y mantener la interpretabilidad de las expresiones.

Debido a que las variables explicativas utilizadas en este estudio son de carácter binario, se descarta utilizar operadores como seno, coseno, tangente y raíz cuadrada con el fin de evitar expresiones demasiado complejas de interpretar y sin un aporte real en cuanto a la interpretación de cómo se comportan estas variables. Por tanto, en este estudio se realizaron las pruebas de expresiones encontradas mediante regresión simbólica contemplando parámetros de suma, resta, multiplicación y valor absoluto. Considerando lo mencionado anteriormente, el análisis o interpretación de resultados se enfoca en la presencia o ausencia de una característica, no en magnitudes continuas.

Las instancias de prueba utilizadas en el presente estudio se basan en la ejecución manual del algoritmo implementado, utilizando los parámetros descritos en la Tabla 6. Posteriormente a la correcta ejecución del algoritmo se capturan los resultados obtenidos, tanto la expresión generada y las métricas asociadas a esta.

3.3 Métodos de Regresión Simbólica

3.3.1 Programación Genética

La programación genética se basa en un enfoque evolutivo (Makke & Chawla, 2024). Se inicializa una población de árboles aleatorios (expresiones matemáticas) y se iteran generaciones aplicando operadores de cruce, mutación y selección según una función de aptitud, que en este caso es el R^2 entre las predicciones del modelo y los valores observados (Makke & Chawla, 2024). Se evalúa a cada individuo en base a una función de aptitud basada en error cuadrático medio y son seleccionados los mejores individuos para reproducirse en generaciones futuras.

3.3.2 Métodos en Redes Neuronales

Enfoques basados en redes neuronales simbólicas como el modelo Equation Learner, sustituyen funciones de activación clásicas por funciones matemáticas de la biblioteca en su arquitectura, lo que favorece a la interpretabilidad (Makke & Chawla, 2024).

Para estos casos, se entrena un modelo que genera de manera automática la expresión matemática como secuencia de tokens, lo cual permite que se integre tanto la estructura y los parámetros del modelo de aprendizaje end-to-end.

4. Datos

Este capítulo se enfoca en la caracterización de los datos utilizados para analizar los factores que inciden en la edad de jubilación en Chile. Se describe en detalle la fuente principal de información, destacando su relevancia como fuente de información principal. A partir de esta encuesta, se construye una muestra compuesta por más de 6.000 personas jubiladas, sobre las cuales se identifican variables clave de tipo sociodemográfico, financiero, laboral y de salud. Este capítulo expone tanto los criterios de selección de la muestra como las definiciones operativas de cada variable incluida en el análisis, complementando con estadísticas descriptivas y visualizaciones que permiten observar los patrones generales de edad de retiro en la población. Así, se establecen las bases empíricas que permiten posteriormente aplicar y comparar los modelos desarrollados en los capítulos siguientes.

4.1 Fuente de datos

Este estudio utiliza información extradida de siete rondas de la Encuesta de Protección Social (EPS), que corresponden a los años 2004, 2006, 2009, 2015, 2020 y 2020. No se considera la ronda de 2012 por motivos de calidad estadística. La EPS es dirigida por la Subsecretaría de Previsión Social de Chile, que pertenece al Ministerio de Trabajo y Previsión Social. Los resultados observados en estas encuestas se utilizan tanto para ámbitos académicos, de investigación y para la creación de políticas públicas mediante el análisis de estas.

La EPS fue creada en el año 2002, gracias a un diseño conjunto entre la Universidad de Chile y Universidad de Michigan y se convirtió en la encuesta tipo panel más importante del país con un promedio de 16.000 encuestados. En esta se abarcan características de afiliación, educación, historia laboral, salud, familia e ingresos de diversidad de personas a lo largo de las regiones de Chile. Tiene ciertas similitudes con bases de datos como The Health and Retirement Study en Estados Unidos y ha servido como inspiración para crear otras encuestas de tipo panel en países de Latinoamérica (Pérez Castro, 2023).

4.2 Muestra de estimación

La muestra utilizada para este estudio consiste en personas jubiladas para las cuales se tienen datos de la edad en la que jubilaron, considerando individuos que se encuentra dentro de la edad legal de jubilación. Se restringe la muestra a los individuos de los cuales se tiene información en todas

las variables explicativas que son consideradas en este estudio. Además, se generan subgrupos que diferencian a los individuos por su género, lo que permite un análisis más específico del comportamiento hacia la jubilación. La construcción está detallada en la Tabla 2.

Tabla 2: Construcción de muestra de estimación.

Muestra	Nº de observaciones
Observaciones totales de edad de jubilación	38.941
Con observaciones de estado de salud	24.234
Con observaciones de estado de salud y reportes de enfermedades crónicas, no crónicas y mentales.	19.608
Con observaciones de estado de salud, reportes de enfermedades y deudas.	15.913
Con observaciones de estado de salud, reportes de enfermedades, deuda y ahorro.	15.850
Con observaciones en todas las variables explicativas para hombres mayores de 64 y mujeres mayores de 59	6.144
Muestra final correspondiente a mujeres	3.305
Muestra final correspondiente a hombres	2.839

Fuente: Elaboración propia

4.3 Descripción de la muestra de estimación.

Para esta investigación, la variable dependiente es la edad de jubilación, que es obtenida mediante la diferencia del año en que se jubila el usuario y su año de nacimiento, donde el año de nacimiento es obtenido mediante la resta de la edad del entrevistado al año correspondiente a la realización de la encuesta. Entre las variables independientes claves se encuentra el estado de salud del entrevistado, la presencia de enfermedades, deudas y ahorro previsional. Además, se agregan otro tipo de variable sociodemográficas como el nivel educacional y tipo de ocupación. Las variables están resumidas en la Tabla 3.

Tabla 3: Definición de variables.

Variable	Definición
<i>Variable dependiente</i>	
Edad de jubilación	Edad en la que el entrevistado se jubiló. Se obtiene de la diferencia entre el año de jubilación y su fecha de nacimiento.
<i>VARIABLES INDEPENDIENTES</i>	
Deudas	1 si posee deudas; 0 en otro caso.
Deuda Tarjetas	1 si posee deuda en tarjetas bancarias; 0 en otro caso.
Deudas Retail	1 si posee deudas en retail; 0 en otro caso.
Deudas Consumo	1 si posee deudas por crédito de consumo; 0 en otro caso.
Deuda Estudiantil	1 si posee deudas por créditos de estudios; 0 en otro caso.
Deuda Hipotecaria	1 si posee deuda por crédito hipotecario; 0 en otro caso.
Deuda Otra Propiedades	1 si posee deuda asociada a crédito hipotecario por otra propiedad; 0 en otro caso.
Mal estado de Salud	1 si posee un mal estado de salud; 0 en otro caso.
Enfermedad crónica	1 si posee alguna enfermedad crónica; 0 en otro caso.
Enfermedad no crónica	1 si posee alguna enfermedad no crónica; 0 en otro caso.
Enfermedad mental	1 si posee alguna enfermedad mental; 0 en otro caso.
Trabajo full – time	1 si el entrevistado se encuentra trabajando full – time; 0 en otro caso.
Trabajando part- time	1 si el entrevistado se encuentra trabajando part – time; 0 en otro caso.
No trabajando	1 si el individuo no se encuentra trabajando; 0 en otro caso.
Casa propia	1 si el entrevistado posee una vivienda propia; 0 en otro caso.
Otra vivienda	1 si el individuo posee otra vivienda propia; 0 en otro caso.
Casado	1 si el estado civil del entrevistado es casado; 0 en otro caso.
Conviviente	1 si el entrevistado se encuentra conviviendo; 0 en otro caso.
Universidad	1 si el individuo posee estudios universitarios; 0 en otro caso.
Técnico	1 si el individuo posee estudios técnicos; 0 en otro caso.
Ahorro voluntario	1 si el individuo ahorra de manera voluntaria; 0 en otro caso.
Cotizando	1 si el individuo se encuentra cotizando en el sistema de pensiones; 0 en otro caso.
Región Metropolitana	1 si el individuo vive en la Región Metropolitana; 0 en otro caso.
Hijos	1 si el individuo tiene hijos; 0 en otro caso.

Fuente: Elaboración propia

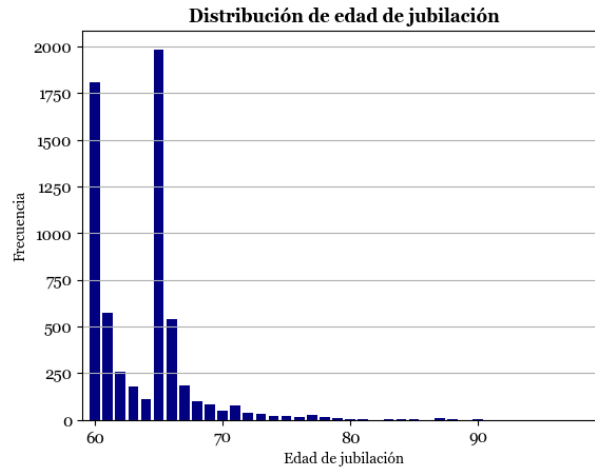


Figura 1: Edad de jubilación de los individuos mayores de 60 años

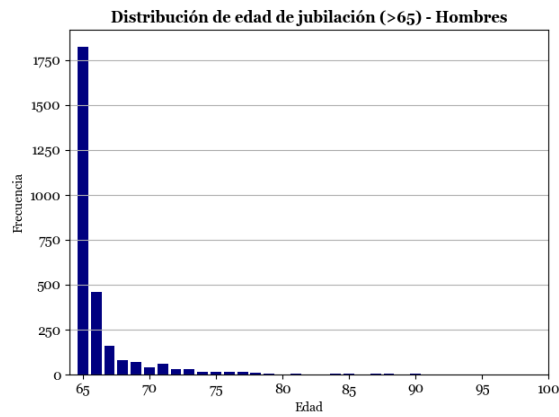


Figura 2: Edad de jubilación para hombres

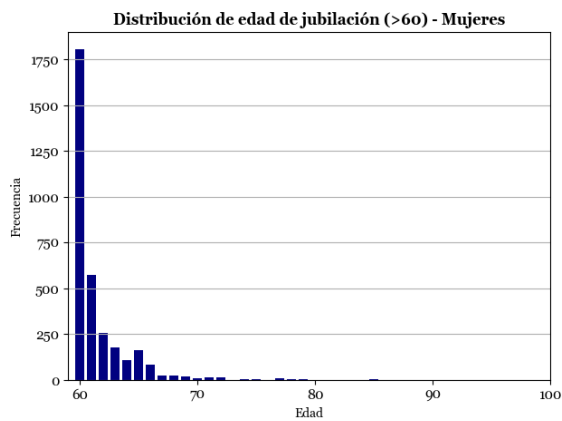


Figura 3: Edad de jubilación para mujeres

Las figuras 1, 2 y 3 ayudan a entender el comportamiento de la edad de jubilación de los entrevistados. Como se puede observar en las Figuras 2 y 3, se diferencia la edad de jubilación entre hombres y mujeres (ambos con sus edades de jubilación mínima correspondiente), lo que permite identificar que mayor cantidad de entrevistados se jubila al cumplir con la edad mínima legal de jubilación. En la figura 1 corroborar lo planteado anteriormente, ya que se aprecia que la edad de jubilación alcanza sus puntos más altos al alcanzar el mínimo legal (60 y 65 años). Se puede apreciar que un gran porcentaje de los individuos hombres jubilan al momento de cumplir los 65 o al año posterior, a partir de los años siguientes el porcentaje de hombres jubilados reduce drásticamente. Sin embargo, al observar el comportamiento de las mujeres vemos que al igual que los hombres un gran porcentaje se concentra en el año mínimo legal. En contraste, los años posteriores no se observa una caída tan drástica en este porcentaje para los años posteriores a la edad mínima de jubilación y se mantiene relativamente constante hasta los 65 – 66 años. Lo anteriormente mencionado, nos podría indicar que las mujeres en general necesitan tomar un mayor número de decisiones que los hombres al momento de jubilar.

4.4 Estadísticas descriptivas

La Tabla 4 presenta un resumen estadístico descriptivo de todas las variables consideradas en el análisis empírico de esta investigación. Se incluyen medidas de tendencia central y dispersión (media, desviación estándar, mínimo, máximo y número de observaciones), lo que permite una primera aproximación a la caracterización sociodemográfica, laboral, financiera y de salud de la muestra de 6.144 personas jubiladas en Chile.

En primer lugar, se observa que la edad promedio de jubilación en la muestra es de 63,69 años, con una desviación estándar de 3,7 años. Este valor está cerca del promedio entre las edades legales mínimas de jubilación para hombres (65) y mujeres (60), lo que sugiere que muchas personas tienden a retirarse en torno a dichos umbrales, fenómeno que también fue visualmente confirmado en las figuras 1, 2 y 3.

En cuanto al estado de salud, un 8,3% reporta estar en mala condición general, lo cual puede ser un factor que influye directamente en la decisión de retiro. El 38,1% de la muestra presenta enfermedades crónicas, mientras que un 10,7% y un 10,3% reportan enfermedades no crónicas y problemas de salud mental, respectivamente.

Dentro del bloque de participación laboral, se identifica que la gran mayoría de los encuestados trabajaba a jornada completa (79,4%) antes de jubilar, mientras que solo un 6,2% lo hacía part-time y un 14,3% declaró no estar trabajando justo antes del retiro. Estas cifras sugieren que el retiro desde el empleo formal de jornada completa sigue siendo la norma predominante.

En relación con los activos inmobiliarios, un 11,4% de los individuos posee vivienda propia y apenas un 2,4% cuenta con otra propiedad adicional. Estos datos son coherentes con estudios previos que evidencian una acumulación patrimonial limitada en adultos mayores chilenos. El ahorro voluntario, presente en el 21,2% de la muestra, también indica una baja penetración de mecanismos previsionales complementarios al sistema obligatorio.

Respecto a la situación familiar y sociodemográfica, un 57,6% de los encuestados está casado, y un 7,9% convive con su pareja, lo cual permite considerar la relevancia del entorno conyugal en las decisiones de retiro. En términos de educación, un 11,6% posee estudios universitarios y un 1,6% estudios técnicos, lo que evidencia una baja proporción de capital humano formal elevado entre los jubilados, aspecto relevante al analizar diferencias en trayectorias laborales y decisiones previsionales. A su vez, cerca de la mitad de la muestra (49,9%) declara haber estado cotizando activamente antes de jubilar, lo que concuerda con los diagnósticos sobre lagunas previsionales y baja densidad de cotizaciones en el sistema chileno.

Finalmente, un 38,4% de los encuestados reside en la Región Metropolitana, lo que permite una representación geográfica relevante del país, aunque también invita a considerar que los patrones de jubilación pueden variar territorialmente en función del acceso a servicios, oportunidades laborales y redes de apoyo.

Tabla 4: Descripción de variables.

Variable	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	N°
Edad de jubilación	63,688	3,700	60	95	6.144
<i>Presencia de deudas</i>					
Deudas	0,566	0,495	0	1	6.144
Deuda tarjetas	0,120	0,325	0	1	6.144
Deuda retail	0,438	0,496	0	1	6.144
Deuda consumo	0,142	0,349	0	1	6.144
Deuda estudios	0,014	0,200	0	1	6.144
Deuda crédito hipotecario	0,114	0,319	0	1	6.144
Deuda otras propiedades	0,024	0,152	0	1	6.144
Mala salud	0,083	0,277	0	1	6.144
<i>Presencia de enfermedades</i>					
Enfermedad crónica	0,381	0,485	0	1	6.144
Enfermedad no crónica	0,107	0,309	0	1	6.144
Enfermedad mental	0,103	0,304	0	1	6.144
Trabajador full-time	0,794	0,404	0	1	6.144
Trabajador part-time	0,062	0,241	0	1	6.144
No trabajador	0,143	0,351	0	1	6.144
<i>Riqueza inmobiliaria</i>					
Casa Propia	0,114	0,318	0	1	6.144
Otra propiedad	0,024	0,152	0	1	6.144
Casado	0,576	0,494	0	1	6.144
Conviviendo	0,079	0,269	0	1	6.144
Hijos	0,219	0,413	0	1	6.144
<i>Nivel de educación</i>					
Universidad	0,116	0,321	0	1	6.144
Técnico	0,016	0,126	0	1	6.144
Cotizando	0,499	0,500	0	1	6.144
Ahorro voluntario	0,212	0,409	0	1	6.144
Región Metropolitana	0,384	0,486	0	1	6.144

Fuente: Elaboración propia.

5. Resultados y discusión

En este capítulo se presentan los principales resultados empíricos obtenidos a partir de la estimación de modelos de regresión lineal múltiple y regresión simbólica, aplicados a la base construida desde la EPS. Se analizan en detalle los efectos de diversas variables sociodemográficas, laborales, de salud y financieras sobre la edad de jubilación en Chile, identificando patrones consistentes y diferencias relevantes según el método utilizado. A través del modelo lineal se cuantifican los impactos promedio de cada factor, mientras que la regresión simbólica permite descubrir relaciones no lineales e interacciones complejas entre variables.

5.1 Regresión Lineal

La Tabla 5 describe los resultados obtenidos mediante regresión lineal, se presentan los coeficientes y error estándar asociado a cada variable, para lo cual, se utiliza el software estadístico “Stata”. En base a estos resultados se plantearon lo análisis realizados posteriormente en la sección de “Factores que afectan la edad de jubilación”.

Tabla 5: Resultados para edad de jubilación.

Edad de jubilación	Coefficiente estimado	Error estándar
<i>Deudas y activos</i>		
Deudas	-0,536 ***	0,173
Deuda tarjetas	0,384**	0,155
Deuda retail	-0,505***	0,151
Deuda consumo	0,234	0,141
Deuda estudios	-0,796***	0,230
Deuda crédito hipotecario	-0,477***	0,158
Deuda otras propiedades	-0,449	0,326
Vivienda propia	0,185	0,118
Otra propiedad	0,443***	0,153
Ahorro voluntario	-0,069	0,113
<i>Características de salud</i>		
Mal estado de salud	-0,123	0,171
Enfermedad crónica	-0,130	0,096
Enfermedad no crónica	0,490***	0,150
Enfermedad mental	-1,24***	0,153
<i>Participación mercado laboral</i>		
Trabajador full-time	0,952***	0,194
Trabajador part-time	0,00	0,00
No trabajador	0,215	0,216
Cotizando	-0,309***	0,101
<i>Características sociodemográficas</i>		
Casado	1,651***	0,099
Conviviendo	0,761***	0,177
Hijos	-0,826***	0,110
Universidad	0,400***	0,154
Técnico	-0,446	0,356
Región Metropolitana	-0,087	0,093
Constante	62,7	0,224
<i>Métricas de ajuste global</i>		
Individuos (N)	6.144	
F (23, 6120)	31,38	
R²	0,1055	

En la tabla 5 se presenta los resultados obtenidos mediante la estimación del modelo de regresión lineal, aplicado a 6.144 observaciones. El modelo incorpora 23 variables explicativas que abarcan características económicas, de salud, sociodemográficas y laborales de los individuos entrevistados.

El estadístico F (23, 6120) presenta un valor de 31,38 indicando significancia global del modelo, por otro lado, el coeficiente R^2 presenta un valor de 0,1055, lo que significa que aproximadamente un 10,5% de la varianza en la edad de retiro es explicada por el conjunto de variables. Si bien, esta cifra es baja en comparación con otros análisis, es consistente con la literatura que señala la complejidad de describir fenómenos como la edad de jubilación, ya que influyen elementos idiosincráticos y contextuales difíciles de capturar. Lo mencionado anteriormente, implica que, aunque el modelo no captura la totalidad de los determinantes de la edad de jubilación, sí logra identificar relaciones relevantes que no ocurren por azar.

Se observan variables que resultan estadísticamente significativas, reflejando así la existencia de determinantes relevantes de la edad de jubilación. Específicamente, se observa un total de 13 variables que resultan ser estadísticamente significativas.

5.2 Regresión simbólica

En la tabla 6, se describen los parámetros utilizados en cada instancia de prueba.

Tabla 6: Descripción de instancias de prueba.

Instancia	Iteraciones	Población	Complejidad máxima permitida
A	200	30	40
B	200	40	30
C	100	30	50

Las expresiones generadas en cada instancia de prueba son rankeadas automáticamente por el algoritmo de acuerdo con dos criterios principales, el ajuste estadístico (R^2) y la complejidad estructural de la fórmula. Esto significa que no existe una única ecuación encontrada, sino un conjunto de alternativas que reflejan un compromiso entre capacidad predictiva y simplicidad. De esta forma, expresiones con un R^2 levemente inferior pueden ser preferibles si presentan menor complejidad, ya que resultan más fáciles de interpretar y comunican de manera más clara los mecanismos subyacentes al fenómeno estudiado.

A continuación, se presentan las expresiones encontradas para cada una de las instancias generadas, donde en cada instancia se presentan cinco expresiones, donde se ejecuta el algoritmo para conseguir cada expresión mostrada, lo que permite observar patrones consistentes en las variables clave. Lo mencionado anteriormente se realiza con el fin de poder analizar la calidad de las expresiones generadas en cada instancia, logrando entender cómo afectan los parámetros establecidos anteriormente.

Tabla 7: Instancia de prueba A.

ID	Edad de jubilación	Expresión simbólica encontrada
1A	Y	$-Deuda\ Estudios + Casado - Enfermedad\ Mental - (Hijos - 1 * 1.1652051) + Deudas\ otras\ propiedades - Deuda\ credito\ hipotecario + Deuda\ retail - 1.7077518 + Enfermedad\ no\ cronica + Universidad - 1 * 0.31992763 + Conviviendo + Trabajador\ de\ tiempo\ completo + Casado - Enfermedad\ mental - 1 * 0.31992763 + 59.559433$
2A	Y	$ -Deudas + Trabajador\ de\ tiempo\ completo * (Conviviendo + 0.45412797 * Casado + 0.3328) - Hijos + Casado * (Casado - Enfermedad\ Mental) - Enfermedad\ Mental + (Deuda\ tarjetas + Deuda\ consumo + Casado + Enfermedad\ no\ cronica + Otra\ propiedad - Deuda\ estudios * 0.47273585 + 63.058746$
3A	Y	$(Deuda\ crédito\ hipotecario - Deuda\ retail - Deuda\ Estudios - Enfermedad\ mental + Otra\ propiedad * (Deuda\ crédito\ hipotecario + Vivienda\ propia * Casado) + (Conviviendo + Casado) * (Conviviendo * Ahorro\ voluntario + Trabajador\ de\ tiempo\ completo + Casado) - (Hijos + Casado * Enfermedad\ Mental + 69.531624) * 0.9128516$
4A	Y	$-Deuda\ crédito\ hipotecario - Deuda\ retail - Deuda\ estudios + Trabajador\ de\ tiempo\ completo * (Conviviendo + Casado) - Hijos + Casado - Enfermedad\ mental + Enfermedad\ no\ crónica * No\ trabajador + Universidad * (-Enfermedad\ mental + Cotizando - Deuda\ crédito\ hipotecario - 2 * Trabajador\ de\ tiempo\ completo + Married) + 63.44609$
5A	Y	$Conviviendo * (Deuda\ consumo + Deuda\ estudios) * (Enfermedad\ no\ crónica + 1.0231202) * Enfermedad\ no\ crónica + 1.5756882 + Casado + Deuda\ estudios + Deudas + Hijos + Mental - (Trabajador\ de\ tiempo\ completo - 0.081067234) * (Conviviendo + Deuda\ tarjetas + Casado) - 63.390625 $

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: Instancia de prueba B.

ID	Edad de jubilación	Expresión simbólica encontrada
1B	Y	Deuda estudios + Deuda – 0.9285747 * Trabajador de tiempo completo * (Conviviendo – Cotizando * Universidad + Deuda tarjetas + Casado) + Hijos – Casado + Enfermedad mental – Universidad – 63.41919
2B	Y	Deuda crédito hipotecario + Deuda retail + Deuda estudios + Hijos – Casado + Enfermedad mental – Universidad – (Conviviendo + Casado) * (Trabajador de tiempo completo) * (Deuda tarjetas + 0.89308566) – Universidad – 63.44159
3B	Y	–Deuda estudios + Trabajador de tiempo completo * (Conviviendo + Otra propiedad * (Deuda tarjetas + Deuda crédito hipotecarios)) – Hijos + Casado * (Trabajador de tiempo completo – 1 * (–0.94550127)) – Enfermedad mental – (Deuda crédito hipotecario + Deuda retail) + 63.41905
4B	Y	Trabajador de tiempo completo * (Conviviendo + Casado) + Deuda retail – Deuda crédito hipotecario + Deuda estudios + Hijos – Casado – 1.6540792 + Vivienda propia * Casado * Otra vivienda – Enfermedad mental + 61.73635
5B	Y	–Deuda crédito hipotecario – Deuda estudios + Universidad * (Deuda retail – (Cotizando + Enfermedad mental)) + Universidad – (Deuda retail + Hijos) + (Trabajador de tiempo completo + Casado) * (Conviviendo + Casado – Enfermedad mental) + 63.435184

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9: Instancia de prueba C.

ID	Edad de jubilación	Expresión simbólica encontrada
1C	Y	$\text{Conviviendo} * 1.2177849 * (\text{Deuda tarjetas} + \text{Hijos}) * \text{Trabajador de tiempo completo} - \text{Deuda estudios} + \text{Deuda retail} - \text{Casado} + \text{Enfermedad mental} - (\text{Trabajador de tiempo completo} + \text{Vivienda propia} * \text{Otra propiedad} * (\text{Deuda tarjetas} + \text{Región metropolitana})) * (\text{Conviviendo} * \text{Deuda consumo} + 0.39107344 * \text{Trabajador tiempo completo}) + \text{Casado}) + \text{Deuda crédito hipotecario} + \text{Hijos} - 63.4112204 $
2C	Y	$\text{Trabajador de tiempo completo} * (\text{Conviviendo} + \text{Casado}) - \text{Enfermedad mental} - (\text{Deuda} + 8.268969) - \text{Deuda estudios} + (\text{Cotizando} - \text{Universidad}) * (\text{Deuda consumo} + \text{Enfermedad no crónica} * (-\text{Mala salud} + 3 * \text{Conviviendo} + \text{Universidad} + 0.45154536) + 1.311341) - 0.83962095 - 1 * 0.45154536 + 13.989982 + 57.387257$
3C	Y	$-(-0.37986547) * \text{Otra propiedad} + 0.7576271 * \text{Conviviendo} - 0.7576271 * \text{Deuda crédito hipotecario} - 0.7576271 * \text{Deuda retail} - 0.7576271 * \text{Deuda estudio} + 0.7576271 * \text{Trabajador de tiempo completo} - 0.7576271 * \text{Hijos} + 1.71917529193096 * \text{Casado} - 1.5152542 * \text{Enfermedad mental} + 0.7576271 * (\text{Enfermedad no crónica} + 1.7391182) * (-\text{Cotizando} + \text{Universidad} + 0.5689915) + 61.9489213779193 + 0.05840643$
4C	Y	$\text{Universidad} + (-\text{Cotizando} * \text{Universidad} - \text{Deuda retail} - \text{Hijos} + \text{Casado} + \text{Enfermedad mental} * (-(\text{Casado} + \text{Universidad}) - 0.9428747) + (\text{Conviviendo} + \text{Casado}) * (\text{Trabajador de tiempo completo} + \text{Enfermedad no crónica} + \text{Otra propiedad} * (\text{Deuda crédito hipotecario} + \text{Región metropolitana})) - \text{Deuda crédito hipotecario} - \text{Deuda otras propiedades} + 75.499565) * 0.8402969 - 1 * 0.0471008073$
5C	Y	$ \text{Conviviendo} * (-\text{Mala salud} + \text{Deuda consumo} + \text{Deuda estudios} + \text{Trabajador de tiempo completo}) - \text{Deuda de estudios} - \text{Deuda} - \text{Vivienda propia} * \text{Casado} * (\text{Enfermedad mental} - \text{Otra propiedad}) - \text{Hijos} + \text{Casado} - \text{Enfermedad mental} + \text{Universidad} + \text{Casado} * (\text{Trabajador de tiempo completo} - \text{Universidad}) + 63.44392294 $

Fuente: Elaboración propia

En base a las ecuaciones observadas en la tabla 7, 8 y 9, se crea la Tabla 10 donde se detallan las principales metricas para cada instancia de prueba.

Tabla 10: Descripción de resultados

Instancia	Nº de ecuaciones observadas	ID	R – cuadrado	Complejidad
A		1A	0.1025	39
		2A	0.1009	40
		3A	0.1026	37
		4A	0.1050	38
		5A	0.1017	40
Promedio	5		0,1025	38,8
B		1B	0.1007	28
		2B	0.0994	29
		3B	0.0981	30
		4B	0.1015	30
		5B	0.1014	29
Promedio	5		0,1002	29,2
C		1C	0.1030	49
		2C	0.1049	49
		3C	0.1034	43
		4C	0.1055	45
		5C	0.1050	46
Promedio	5		0,1044	46,4

Fuente: Elaboración propia

Para la totalidad de expresiones encontradas mediante regresión simbólica se deja ver una estructura de variables que se repiten de manera sistemática, lo que sugiere que estas variables tienen un papel fundamental para la explicación del fenómeno estudiado. Concretamente, variables como ser trabajador de tiempo completo y estar casado están presente en la totalidad de las expresiones y en todas se presentan con un signo positivo, lo que indica que estas variables elevan de manera consistente la variable dependiente. En términos de relevancia, las variables enfermedades mentales y deudas asociadas a estudios destacan por su alta frecuencia de aparición en las expresiones obtenidas, con 15 y 14 menciones respectivamente. Ambas se presentan de manera consistente con un signo negativo robusto, lo que respalda la hipótesis de que tanto la presencia de problemas de salud mental como la existencia de deuda por estudios ejercen un efecto reductor sobre la variable de interés en este estudio. Esta particularidad es relevante debido a que se produce tanto en regresión simbólica y en regresión lineal, lo que brinda un doble respaldo

empírico sobre la relevancia de estas variables. Para el caso de variables como tener hijos y convivir que, si bien se encuentran en la totalidad de las expresiones, pero se muestran con signos ambivalentes podría sugerir que la presencia de hijos o la convivencia con otras personas tiene una relevancia que no radica tanto en la dirección del efecto, sino en la capacidad de interactuar con otras variables y generar puntos de quiebre.

En general, se puede apreciar en las expresiones encontradas, múltiples interacciones que pueden explicar el comportamiento entre variables, por ejemplo, en una de las ecuaciones de la Tabla 9 se puede observar una interacción modelada de la siguiente manera: $(\text{Conviviendo} + \text{Casado}) * (\text{Trabajador de tiempo completo} + \text{Enfermedad no crónica} + \text{Otra propiedad} * (\text{Deuda crédito hipotecario} + \text{Región metropolitana}))$. Esta indica que el efecto de estar casado o convivir se puede amplificar o reducir dependiendo del perfil laboral, de salud y de vivienda. Otro caso interesante de estudio son expresiones como: $-\text{Vivienda propia} * \text{Casado} * (\text{Enfermedad mental} - \text{Otra vivienda})$, donde podemos observar que para personas que tengan casa propia y su estado civil es casado, la edad de jubilación puede aumentar o disminuir según otro tipo de variables. Mientras, en los casos de personas con un estado más vulnerable (con problemas de salud mental y sin propiedades adicionales) experimentarían una edad de jubilación menor, ya que la expresión $(\text{Enfermedad mental} - \text{Otra propiedad}) > 0$ por lo tanto la expresión general se vuelve negativa. Para casos donde las personas con casa propia y casadas no experimentan problemas de salud mental y tienen una riqueza inmobiliaria mayor (tienen más de una propiedad) la expresión $(\text{Enfermedad mental} - \text{Otra propiedad}) < 0$. Por lo tanto, la expresión general se vuelve positiva lo que significa que la edad de jubilación sería mayor para un caso como el mencionado.

Adicionalmente se encuentran expresiones simples dentro de las ecuaciones, pero poderosas en su significado, porque encapsula una interacción clave entre inserción laboral formal y situación conyugal/familiar. Por ejemplo, la expresión $\text{Trabajador de tiempo completo} \cdot (\text{Conviviendo} + \text{Casado})$ representa una interacción entre el trabajo formal y la vida en pareja. Su valor es mayor cuando la persona trabaja a jornada completa y además mantiene una relación conyugal estable, ya sea por convivencia o matrimonio. Esta estructura sugiere que las personas con empleo formal y pareja podrían tener una mayor tendencia a postergar la edad de jubilación, debido a condiciones laborales más estables, planificación conjunta del retiro o mayores responsabilidades familiares.

En cuanto al diseño metodológico, al aumentar la complejidad permitida en las expresiones permitió capturar estructuras más robustas sin sacrificar el ajuste. Sin embargo, la ganancia en cuanto al R^2 fue marginal y no logró superar la modelo lineal. En cuanto a la ventaja encontrada, esta radica principalmente en la capacidad mostrada para modelar interacciones no lineales y revelar mecanismos latentes, lo cual es relevante para fenómenos complejos como el estudiado. Si bien el poder predictivo sigue siendo limitado, la regresión simbólica logra encontrar combinaciones de factores como por ejemplo la conjunción entre educación, salud y estado civil, lo que permite modelar la edad de jubilación de manera más compleja que lo capturado por modelos lineales aditivos.

5.3 Factores que afectan la edad de jubilación

Los resultados obtenidos mediante el modelo de regresión lineal y regresión simbólica permiten verificar que varios y diversos factores inciden sobre la edad de jubilación en Chile. Desde una perspectiva tanto económica, sociodemográfica y de salud se concluye que las decisiones de retiro se ven influenciadas por condiciones que pueden ser tanto individuales como estructurales, lo cual sigue la misma línea de la literatura donde se destaca la complejidad multidimensional del retiro (Pérez Castro, 2023; Vandenberghe, 2021; Axelrad & Luski, 2022).

Se observa que los individuos con mayor carga de deuda total se jubilan, en promedio, 0,54 años antes según resultados de la regresión lineal. Efecto también reflejado en los resultados de la regresión simbólica, donde la variable asociada a deudas aparece de manera recurrente con signo negativo, reforzando la conclusión de que las obligaciones financieras tienden a adelantar la edad de retiro. El Informe de Endeudamiento (2024) muestra que la mediana de deuda es \$1,9 millones y que el 16,5 % de los hogares presenta sobreendeudamiento, lo que restringe la capacidad de ahorro de largo plazo (Comisión para el Mercado Financiero, 2025). A su vez la evidencia internacional muestra que la carga financiera puede inducir a retiros anticipados o incluso forzados (Lusardi et al. 2021). Sin embargo, la deuda de tarjeta bancaria incrementa la edad de jubilación en 0,38 años para esta muestra, lo que se explica por la necesidad de mantener flujos constantes de ingreso para afrontar pagos mensuales. Este es un fenómeno consistente con lo reportado por Mann (2011) y por la propia evidencia chilena recogida en Pérez Castro (2023). En cambio, la deuda de retail y la deuda por estudios adelantan el retiro, ambos productos concentran morosidad en quintiles medios-bajos y registran alzas en tasa de impago, intensificando la presión de liquidez

(Comisión para el Mercado Financiero, 2025). Por otro lado, las hipotecas reducen la edad de jubilación en 0,48 años, la Comisión para el Mercado Financiero (CMF) calcula que las cuotas representan 26,8% del ingreso disponible de los deudores y advierte mayor vulnerabilidad patrimonial entre mayores de 55 años (Comisión para el Mercado Financiero, 2024). Por otro lado, la deuda hipotecaria reduce la edad de jubilación, en contraste con hallazgos internacionales como los de Begley & Chan (2018) que declaran que los hombres con hipoteca tienen hasta un 14% menos probabilidad de jubilarse o Leinonen et al. (2020), en cambio, ser propietaria de una segunda vivienda retrasa la jubilación en 0,44 años, lo que puede afirmar que el patrimonio inmobiliario puede actuar como “colchón” financiero (Farnham & Sevak, 2016).

Al momento de observar el comportamiento de las variables asociadas a salud observamos que la presencia de problemas mentales y mala salud pueden adelantar de manera significativa la jubilación, reduciendo la edad de jubilación en 1,24 y 0,12 años respectivamente según resultados de la regresión lineal, lo cual sigue la línea de estudios previos (Lepièce et al., 2017; Vo et al., 2015). En línea con esto, la regresión simbólica incorpora de manera recurrente la variable asociada a problemas de salud mental con signo negativo en todas las expresiones mejor rankeadas, lo que refuerza su rol como uno de los principales determinantes de un retiro anticipado. De manera contraria, se observa que enfermedades crónicas no tienen impacto significativo en la edad de retiro, lo que podría sugerir que las personas tienden a llegar a una adaptación laboral o médica, lo cual sigue la misma línea de lo observado en contextos similares (Blau & Gilleskie, 2008; Solem et al., 2016).

Se observa que tener un empleo full-time retrasa la jubilación de manera significativa en 0,95 años según resultados de la regresión lineal, llegando a retrasar casi un año la edad de jubilación. Este resultado de réplica en la regresión simbólica, donde la variable de trabajador de tiempo completo aparece con signo positivo sistemáticamente en las expresiones mejor rankeadas, reforzando su efecto como determinante robusto del retraso en la edad de retiro. Además, la regresión simbólica sugiere efectos condicionales, ya que, el impacto de ser trabajador de tiempo completo se potencia cuando la persona está casada o convive y/o posee patrimonio inmobiliario (casa propia u otra propiedad), mientras que se atenúa (incluso puede neutralizarse) en presencia de problemas de salud mental y ausencia de patrimonio. Lo anterior es coherente con la interpretación económica de que empleos estables y contextos familiares o patrimoniales favorables facilitan postergar el retiro, un patrón relacionado con la dinámica de “Job Lock” descrita por Blau & Gilleskie (2001).

Al continuar analizando las variables asociadas a la vida laboral de las personas, vemos que estar cotizando adelanta la edad de jubilación en 0,31 años. Lo que podría reflejar que las personas que cotizan de manera constante tienden a sentirse seguros al momento de llegar a la edad mínima legal de jubilación, por lo que acceden de manera inmediata a la pensión por vejez.

Al analizar las variables asociadas a condiciones familiares vemos que tanto el estado civil (estar casado) y convivir retrasan la jubilación en 1,65 y 0,76 años respectivamente según los resultados obtenidos mediante regresión lineal. En la regresión simbólica, la variable asociada a ser casado se incluye en la totalidad de expresiones con signo positivo, confirmando su efecto robusto, sin embargo, la variable asociada a la convivencia presenta signos ambivalentes, lo que indica que su impacto puede variar según otras condiciones como salud o patrimonio. Esto podría deberse a distintas opciones, primeramente, en materia de datos se puede observar un resultado como este, ya que, se analiza a hombre y mujeres en conjunto. En la literatura, se observa en Hank & Korbmacher (2011) y Canales et al. (2021) que las mujeres casadas tienden a tener mayor probabilidad de jubilar a menor edad que la contraparte de mujeres solteras. Sin embargo, en literatura poco reciente, se menciona que los hombres tienden a retrasar la jubilación cuando tienen a familiares dependientes (Henretta et al., 1993). Por otro lado, estudios como Farnham & Sevak (2016) analizan el impacto de un aumento del 10% en la riqueza inmobiliaria sobre la decisión de jubilarse, encontrando que, bajo esta condición, las personas casadas presentan una menor probabilidad de retirarse. Estudios como Pérez Castro (2023) realizan un análisis diferenciado por sexo del impacto de estar casado, se obtiene como resultado que las mujeres casadas tienden a jubilar antes y hombres casados tienden a postergar la jubilación, aunque el efecto sea de mayor impacto en el caso de las mujeres. Los estudios mencionados anteriormente nos indican que el estar casado puede afectar de una u otra manera según un conjunto de variables.

En cuanto al nivel educacional, se observa un aumento de la edad de jubilación de 0,40 años relacionado a poseer estudios universitarios, lo que podría indicar que los individuos podrían extender su etapa laboral debido a mejores condiciones laborales como un mayor nivel salarial y un menor desgaste físico por las tareas desempeñadas, lo que le podría permitir extender su etapa en el mundo laboral. Este resultado también se replica en la regresión simbólica, donde la variable asociada a estudios universitarios aparece en múltiples expresiones como factor positivo, aunque su efecto se matiza al combinarse con otras condiciones laborales o familiares.

Finalmente, residir en la Región Metropolitana no se asocia significativamente con la edad de retiro, lo que sugiere que las diferencias territoriales podrían estar explicadas por otras variables estructurales no incluidas directamente en el modelo o que como tal la ubicación geográfica o lugar de residencia de las personas no tiene impacto directo en la decisión de jubilar.

5.4 Discusión comparativa

La regresión lineal múltiple impone desde el inicio una estructura funcional aditiva, asumiendo que el efecto de cada variable independiente sobre la edad de jubilación es constante y separable del resto. Esto facilita la estimación, interpretación y comparación directa de los coeficientes, pero restringe la capacidad del modelo para capturar interacciones complejas o no lineales

Por su parte, la regresión simbólica (implementada mediante la biblioteca PySRRegressor) no fija una forma funcional previa. A través de programación genética y operadores matemáticos básicos (suma, resta, multiplicación y valor absoluto, excluyendo funciones trigonométricas o raíces por tratarse de variables binarias), el modelo explora combinaciones posibles para encontrar expresiones que maximicen el ajuste (R^2), preservando interpretabilidad. Esto le otorga una mayor flexibilidad para modelar efectos condicionales, umbrales y relaciones no lineales.

Dentro de los principales puntos relevantes es que ambos enfoques identifican un núcleo de variables con efectos consistentes en signo y magnitud relativa. Por ejemplo, la variable de ser Trabajador de tiempo completo se asocia a un retraso promedio de 0,95 años en el modelo lineal y se encuentra presente con signo positivo en el 100% de las expresiones simbólicas (Tabla 7, 8 y 9). Por otro lado, la variable asociada a problemas de salud mental se asocia con una reducción de 1,24 años en el modelo lineal y signo negativo robusto en la totalidad de expresiones simbólicas. La coincidencia entre métodos en estas variables centrales otorga un doble respaldo empírico a su relevancia, incrementando la confianza en la validez de estos determinantes.

En cuanto a la capacidad explicativa y modelamiento el modelo lineal obtenido presenta un R^2 de 0,1055, lo que, aunque moderado, se alinea con la literatura sobre predicción de decisiones de retiro, dada la fuerte heterogeneidad individual y el peso de factores no observados. Su fortaleza principal radica en la claridad interpretativa: cada coeficiente expresa un cambio promedio en años de jubilación ante un cambio unitario (de 0 a 1 en variables binarias), manteniendo el resto constante. Sin embargo, su naturaleza aditiva limita la detección de interacciones significativas.

Por ejemplo, no capta que el efecto positivo de estar casado pueda anularse o invertirse en presencia de enfermedad mental o ausencia de patrimonio, algo que sí emerge en la regresión simbólica.

En cuanto a las capacidades explicativas y modelamiento del modelo simbólico, Las instancias de prueba (Tablas 7, 8 y 9) entregaron R^2 promedios de 0,1025 (A), 0,1002 (B) y 0,1044 (C). Aunque ninguna superó sustancialmente el ajuste del modelo lineal, la instancia C (complejidad máxima 50) logró igualar el R^2 máximo del modelo lineal (0,1055) y a la vez, representar relaciones más ricas en cuanto a interpretación.

La regresión simbólica permitió evidenciar que algunas variables con signo inestable (convivir, hijos, nocronica) no son irrelevantes, sino que su impacto depende del contexto. Por ejemplo, convivir puede retrasar la jubilación cuando se combina con buena salud y empleo formal, pero adelantarla en presencia de vulnerabilidades financieras. Estos matices desaparecen en la estimación lineal, donde el signo y magnitud se mantienen fijos.

Si bien la regresión simbólica no supera claramente el ajuste del modelo lineal, sí aporta valor cualitativo al descubrir relaciones latentes. No obstante, su implementación es más costosa en términos computacionales y requiere decisiones cuidadosas sobre los parámetros de búsqueda para evitar sobreajuste o tiempos de ejecución excesivos. En contraste, la regresión lineal es más sencilla de implementar y comunicar, pero su rigidez estructural puede omitir interacciones significativas. Por ello, en contextos como el presente estudio, la complementariedad de ambos métodos parece la estrategia más robusta, es decir usar la regresión lineal para estimar efectos promedio claros y la regresión simbólica para explorar interacciones complejas y segmentar hipótesis para análisis posteriores.

6. Conclusiones

El presente estudio tuvo por objetivo identificar y analizar los factores que influyen en la edad de jubilación en Chile, contrastando dos metodologías distintas de modelamiento: regresión lineal múltiple y regresión simbólica. A partir de una muestra representativa de la EPS, compuesta por más de 6.000 individuos jubilados entre los años 2002 y 2024, se estimaron modelos capaces de capturar la relación entre variables sociodemográficas, de salud, laborales y financieras con la edad efectiva de retiro.

Uno de los principales hallazgos del estudio es que la edad de jubilación en Chile está fuertemente condicionada por factores individuales, estructurales y familiares, los cuales interactúan entre sí de manera compleja. En particular, el análisis por regresión lineal permitió identificar que la presencia de enfermedades mentales y el endeudamiento (especialmente el relacionado con estudios y retail) tienden a anticipar la jubilación, mientras que factores como estar casado, tener educación universitaria y mantener un empleo a jornada completa se asocian consistentemente con una postergación del retiro. El modelo lineal estimado explica aproximadamente un 10,5% de la varianza observada en la edad de jubilación ($R^2 = 0.1055$), lo que, si bien es moderado concuerda con la literatura previa sobre la dificultad de predecir decisiones de retiro debido a su carácter multifactorial y heterogéneo.

Desde una perspectiva metodológica, la aplicación de regresión simbólica permitió ir más allá del enfoque lineal tradicional, descubriendo expresiones matemáticas no predefinidas que describen de forma más flexible las interacciones entre variables. Aunque los modelos generados por regresión simbólica no superaron en capacidad predictiva al modelo lineal (el mejor R^2 obtenido también fue 0.1055), sí ofrecieron una capacidad superior para modelar relaciones no lineales, umbrales y efectos combinados. Por ejemplo, se detectaron expresiones en las que el efecto de tener casa propia y estar casado depende de la presencia o ausencia de enfermedades mentales y de si la persona posee propiedades adicionales. Esta forma de modelamiento permitió captar situaciones en las que el mismo factor (como el matrimonio o el empleo formal) puede tener efectos opuestos dependiendo del contexto personal, de salud o patrimonial del individuo.

Asimismo, se evidenció que variables como la convivencia, la presencia de hijos y la condición de cotizante presentan efectos ambiguos o condicionales, lo que refuerza la idea de que su impacto sobre la decisión de jubilación depende de otras características de la persona. La regresión

simbólica mostró que estas variables no son necesariamente irrelevantes, sino que interactúan con otras en estructuras complejas, lo que sugiere que modelos aditivos como el lineal podrían estar subestimando su influencia.

En términos prácticos, los resultados entregan evidencia relevante para el diseño de políticas públicas diferenciadas. En primer lugar, se constata que el sistema previsional chileno sigue generando desigualdades en la edad de retiro: las personas con mejor salud mental, mayor estabilidad laboral y patrimonio inmobiliario tienden a postergar su retiro, mientras que quienes enfrentan problemas de salud o carga financiera anticipan su jubilación, muchas veces de forma no deseada. Esto refuerza la necesidad de implementar políticas que consideren el contexto personal y familiar del trabajador, en lugar de aplicar incentivos homogéneos. Además, se valida la importancia de abordar los determinantes sociales de la salud y del endeudamiento en la vejez, ya que estos influyen directamente en las trayectorias laborales y decisiones previsionales.

En segundo lugar, se destaca que la edad de jubilación efectiva es el resultado de un equilibrio entre voluntad y posibilidad, donde las personas ajustan sus decisiones en función no solo de criterios financieros, sino también de expectativas familiares, condiciones de salud, experiencias laborales pasadas y redes de apoyo. Esto concuerda con literatura reciente que promueve enfoques de política basados en el concepto de “vida laboral sostenible” y no únicamente en la extensión forzosa de la edad legal de retiro.

Para fortalecer y ampliar los resultados obtenidos, futuros trabajos deberían considerar, en primer lugar, una ampliación sustantiva del conjunto de variables explicativas, incorporando información macroeconómica (PIB per cápita, tasa de desempleo, inflación) y variables del mercado laboral a nivel regional, así como datos patrimoniales y financieros de carácter longitudinal. Esto permitiría modelar no solo la fotografía del momento del retiro, sino las trayectorias completas de empleo, cotización y acumulación de activos, capturando eventos críticos como periodos prolongados de desempleo, cambios abruptos en la salud o crisis financieras personales. Este enfoque temporal abriría la posibilidad de estimar modelos que diferencien entre jubilación voluntaria y forzada, fenómeno que el presente estudio no aborda explícitamente.

Otro eje de mejora, radica en la optimización de la propia regresión simbólica. El ajuste sistemático de parámetros clave como el número de iteraciones, el tamaño de la población y la complejidad máxima de las expresiones podría ayudar a equilibrar el ajuste estadístico (R^2) y la

simplicidad de las fórmulas, evitando sobreajuste y mejorando la generalización del modelo. También sería recomendable evaluar la inclusión gradual de operadores adicionales (por ejemplo, logaritmos o funciones exponenciales) que, aplicados de forma controlada, puedan capturar transiciones suaves o relaciones de elasticidad sin comprometer la interpretabilidad de los resultados.

Por último, un paso fundamental para validar la robustez de los hallazgos consiste en replicar el estudio en otros países con sistemas previsionales y edades legales de jubilación diferentes, lo que permitiría identificar si las relaciones detectadas responden a patrones universales o si están fuertemente condicionadas por el contexto institucional y socioeconómico chileno. Este análisis comparativo no solo reforzaría la solidez empírica de las conclusiones, sino que además podría aportar insumos para el diseño de políticas públicas más adaptativas, capaces de incorporar la heterogeneidad de condiciones laborales, culturales y demográficas observada a nivel internacional.

Finalmente, desde una perspectiva técnica, esta memoria demuestra que la regresión simbólica es una herramienta valiosa para estudiar fenómenos complejos y no lineales, como lo es la decisión de jubilación. Aunque aún requiere validación en contextos más amplios y mayor familiaridad entre investigadores, su capacidad de descubrir relaciones funcionales no triviales la posiciona como una alternativa metodológica prometedora para futuras investigaciones sociales y económicas en Chile.

7. Referencias

- Ayuso, M., & Chuliá, E. (2018). Factores sociodemográficos asociados al ahorro a largo plazo: Análisis mediante regresión logística. *Instituto BBVA de Pensiones*, Documento de trabajo N° 24/2018.
- Axelrad, H., & Luski, I. (2022). Actual retirement age: A European cross-country analysis. *Ageing International*, 47(3), 534–558. <https://doi.org/10.1007/s12126-021-09435-9>
- Blau, D. M., & Gilleskie, D. B. (2001). Retiree health insurance and the labor force behavior of older men in the 1990s. *Review of Economics and Statistics*, 83(1), 64–80. <https://doi.org/10.1162/003465301750160045>
- Blau, D. M., & Gilleskie, D. B. (2008). The role of retiree health insurance in the employment behavior of older men. *International Economic Review*, 49(2), 475–514. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2354.2008.00487.x>
- Barr, N., & Diamond, P. (2008). *Reforming pensions: Principles and policy choices*. Oxford University Press. <https://ideas.repec.org/a/prf/journal/v4y2010i1p47-58.html>
- Begley, J., & Chan, S. (2018). The effect of housing wealth shocks on work and retirement decisions. *Regional Science and Urban Economics*, 73, 180–195. <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2018.10.001>
- Böckerman, P., & Ilmakunnas, P. (2020). Do good working conditions make you work longer? Analyzing retirement decisions using linked survey and register data. *Journal of the Economics of Ageing*, 17. <https://doi.org/10.1016/j.jeoa.2019.02.001>
- Banco Mundial. (2023). Esperanza de vida al nacer en Chile. Banco Mundial.
- Crettez, B., & Le Maitre, P. (2002). Optimal age of retirement and population growth. *Journal of Population Economics*, 15(4), 737–756. <https://doi.org/10.1007/s001480100086>
- Casamatta, G., & De Paoli, C. (2012). Choosing the legal retirement age in presence of unemployment. *Recherches économiques de Louvain*, 78(1), 5–25. <https://doi.org/10.3917/rel.781.0005>
- Coppola, M., & Wilke, C. B. (2014). At what age do you expect to retire? Retirement expectations and increases in the statutory retirement age. *Fiscal Studies*, 35(2), 165–188. <https://doi.org/10.1111/j.1475-5890.2014.12027.x>
- Canales, A., Salinas, V., & Biehl, A. (2021). Gender differences in retirement behavior: How family, work, and pension regime explain retirement in Chile. *Work, Aging and Retirement*, 7(2), 107–128. <https://doi.org/10.1093/workar/waaa024>
- Caro, J. C., & Parada-Contzen, M. (2022). Pension incentives and retirement planning in rural China: Evidence for the new rural pension scheme. *Developing Economies*, 60(1). <https://doi.org/10.1111/deve.12297>

- Chybalski, F. (2022). Occupational composition of an economy and effective retirement age across European countries: An econometric analysis. *Operations Research and Decisions*, 32(3). <https://doi.org/10.37190/ord220305>
- CPC. (2024). *Informalidad laboral: Propuestas para un futuro mejor*. Confederación de la Producción y del Comercio.
- Comisión para el Mercado Financiero. (2025). *Informe de endeudamiento 2024*. CMF Chile.
- Drahokoupil, J., & Domonkos, S. (2012). Averting the funding-gap crisis: East European pension reforms since 2008. *Global Social Policy*, 12(3), 283–299. <https://doi.org/10.1177/1468018112455653>
- Deeg, D. J. H., de Tavernier, W., & de Breij, S. (2021). Occupation-based life expectancy: Actuarial fairness in determining statutory retirement age. *Frontiers in Sociology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fsoc.2021.675618>
- Datosmacro. (2023). Chile – Esperanza de vida al nacer.
- Evans, D., & Pienknagura, S. (2024). Assessing Chile's pension system: Challenges and reform options. *Economía*, 24(1), 45–68.
- Farnham, M., & Sevak, P. (2016). Housing wealth and retirement timing. *CESifo Economic Studies*, 62(1). <https://doi.org/10.1093/cesifo/ifv015>
- Fisher, G. G., Chaffee, D. S., & Sonnega, A. (2016). Retirement timing: A review and recommendations for future research. *Work, Aging and Retirement*, 2(2), 230–261. <https://doi.org/10.1093/workar/waw001>
- Gustafson, P. (2017). Spousal age differences and synchronised retirement. *Ageing & Society*, 37(8), 1635–1658. <https://doi.org/10.1017/S0144686X16000424>
- Godoy, G. (2022). *Cerca de un tercio de la población de Chile en 2050 estaría compuesta por personas mayores*. INE
- Henretta, J. C., O'Rand, A. M., & Chan, C. G. (1993). Gender differences in employment after spouse's retirement. *Research on Aging*, 15(2), 148–169. <https://doi.org/10.1177/0164027593152002>
- Himmelreicher, R. K., Hagen, C., & Clemens, W. (2009). Bildung als Faktor der Erwerbsbeteiligung älterer Arbeitnehmer: Neue empirische Befunde für Ost- und Westdeutschland. *Zeitschrift für Sozialreform*, 55(1), 3–26. <https://doi.org/10.1515/zsr-2009-0101>
- Hank, K., & Korbmacher, J. M. (2011). Reproductive history and retirement: Gender differences and variations across welfare states. En *The individual and the welfare state: Life histories in Europe* (pp. 161–167). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-17472-8_14
- Hurwitz, A., & Mitchell, O. S. (2022). Financial regret at older ages and longevity awareness. *Journal of Risk and Insurance*. <https://doi.org/10.1111/jori.70008>
- INE. (2023). Esperanza de vida. Instituto Nacional de Estadísticas.

- Jedynak, T. (2019). The determinants of effective retirement age – a cross-country analysis. *Proceedings of the 11th Economics & Finance Conference, Rome, 89*, 11262. <https://doi.org/10.20472/EFC.2019.011.007>
- Kristjanpoller, W. D., & Olson, J. E. (2015). The effect of financial knowledge and demographic variables on passive and active investment in Chile's pension plan. *Journal of Pension Economics and Finance, 14*(3), 293–314. <https://doi.org/10.1017/S1474747214000213>
- Lara Cortés, C., & Silva Flores, C. (2014). El sistema de pensiones de Chile en la encrucijada: Reformando la gran reforma de 2008. *Textos & Contextos (Porto Alegre), 13*(1), 113–127. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321531779010>
- Lepièce, B., Reynaert, C., Jacques, D., & Zdanowicz, N. (2017). Returning to work after a common mental health disorder: A new preoccupation for mental health professionals? *Psychiatria Danubina, 29*(suppl. 3), 262–266.
- Leinonen, T., Chandola, T., Laaksonen, M., & Martikainen, P. (2020). Socio-economic differences in retirement timing and participation in post-retirement employment in a context of a flexible pension age. *Ageing & Society, 40*(2), 348–368. <https://doi.org/10.1017/S0144686X18000958>
- Lusardi, A., Mitchell, O. S., & Oggero, N. (2021). Understanding debt in the older population. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3753146>
- Larrañaga, O. (2024). Avances y obstáculos en el sistema de pensiones en Chile (1980–2023). *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)*.
- Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (2004). *Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería* (2.a ed.). Editorial Limusa.
- Mann, A. (2011). The effect of late-life debt use on retirement decisions. *Social Science Research, 40*(6), 1501–1516. <https://doi.org/10.1016/j.ssresearch.2011.05.004>
- Madero-Cabib, I., Palomo Vélez, R., & Jofré Bustos, M. S. (2019). Increasing the full pension age and extending working life: Inputs for the discussion on employment among older people in Chile. *Revista Latinoamericana de Derecho Social, (29)*, 145–175. <https://doi.org/10.22201/ijj.24487899e.2019.29.13903>
- McKiernan, K. (2021). Social security reform in the presence of informality. *Review of Economic Dynamics, 40*, 228–251. <https://doi.org/10.1016/j.red.2020.10.001>
- Ministerio del Trabajo y Previsión Social. (2024). *Encuesta de Protección Social (2024)*.
- Makke, N., & Chawla, S. (2024). Interpretable scientific discovery with symbolic regression: A review. *Artificial Intelligence Review, 57*(2). <https://doi.org/10.1007/s10462-023-10622-0>
- Oelckers, F. (2015). Emprendimiento en la tercera edad: Una revisión de la situación actual. *Journal of Technology Management & Innovation, 10*(3), 142–153. <https://doi.org/10.4067/S0718-27242015000300014>
- OECD. (2021). *Pensions at a glance 2021*. OECD.

- Parada-Contzen, M. (2023). Gender, family status and health characteristics: Understanding retirement inequalities in the Chilean pension model. *International Labour Review*, 162(2), 271–303. <https://doi.org/10.1111/ilr.12365>
- Pérez Castro, N. J. P. (2023). *Determinación de edad óptima mínima de jubilación en mujeres considerando características de salud, ahorro y endeudamiento: Evidencia de Chile*.
- Parada-Contzen, M., Provoste, L., Sanhueza, C., Traina, J., & Tran, U. (2025). Impacts of an employer's contributory pillar: Evidence from Chile. *Journal of Pension Economics and Finance*. <https://doi.org/10.1017/S1474747224000131>
- Radl, J. (2008). *Die Sozialstruktur des Renteneintritts: Eine empirische Analyse des Übergangs in den Ruhestand zwischen Frühverrentung und Regelaltersrente*. VDM Publishing.
- Schmidt, M., & Lipson, H. (2009). Symbolic regression of implicit equations. En *Genetic programming theory and practice VII* (pp. 73–85). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1626-6_5
- Solem, P. E., Syse, A., Furunes, T., Mykletun, R. J., de Lange, A., Schaufeli, W., & Ilmarinen, J. (2016). To leave or not to leave: Retirement intentions and retirement behaviour. *Ageing and Society*, 36(2), 259–281. <https://doi.org/10.1017/S0144686X14001135>
- Udrescu, S. M., & Tegmark, M. (2020). AI Feynman: A physics-inspired method for symbolic regression. *Science Advances*, 6(16), eaay2631. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aay2631>
- van Solinge, H., & Henkens, K. (2007). Involuntary retirement: The role of restrictive circumstances, timing, and social embeddedness. *The Journals of Gerontology: Series B*, 62(5), S295–S303. <https://doi.org/10.1093/geronb/62.5.S295>
- van Erp, F., Vermeer, N., & van Vuuren, D. (2014). Non-financial determinants of retirement: A literature review. *De Economist*, 162(2), 167–191. <https://doi.org/10.1007/s10645-014-9229-5>
- Vo, K., Forder, P. M., Tavener, M., Rodgers, B., Banks, E., Bauman, A., & Byles, J. E. (2015). Retirement, age, gender and mental health: Findings from the 45 and up study. *Aging & Mental Health*, 19(7), 647–657. <https://doi.org/10.1080/13607863.2014.962002>
- Vermeer, N., van Rooij, M., & van Vuuren, D. (2019). Retirement age preferences: The role of social interactions and anchoring at the statutory retirement age. *De Economist*, 167(4), 307–345. <https://doi.org/10.1007/s10645-019-09350-0>
- Vandenbergh, V. (2021). Differentiating retirement age to compensate for health differences. *IZA Journal of Labor Policy*, 11(1). <https://doi.org/10.2478/izajolp-2021-0002>
- Von Nordheim, F., & Kvist, J. (2023). Regulating the retirement age—Lessons from Nordic pension policy approaches. *Regulation & Governance*, 17(3), 644–657. <https://doi.org/10.1111/regg.12475>

Wang, C., Zhang, Y., Wen, C., Yang, M., Lookman, T., Su, Y., & Zhang, T.-Y. (2022). Symbolic regression in materials science via dimension-synchronous-computation. *Journal of Materials Science & Technology*, 122, 77–83. <https://doi.org/10.1016/j.jmst.2021.12.052>