



FACULTAD
DE CIENCIAS
ECONÓMICAS



Universidad
Nacional
de Córdoba

REPOSITORIO DIGITAL UNIVERSITARIO (RDU-UNC)

Un modelo de simulación actuarial

Olga Graciela Andonian, Evelín Mariel Rabbia

Capítulo del Libro 39º Jornadas Nacionales de Profesores Universitarios de Matemática
Financiera: Libro de Extensos, 1º ed. publicado en 2018 - ISBN 978-987-733-140-0



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución – No Comercial – Sin Obra
Derivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

UN MODELO DE SIMULACIÓN ACTUARIAL

Olga Graciela ANDONIAN
Evelín Mariel RABBIA

Universidad Nacional de Córdoba - Facultad de Ciencias Económicas - Instituto de Estadística y Demografía - Departamento de Estadística y Matemática

olga.andonian@gmail.com
everabbia@yahoo.com

Resumen

El presente trabajo tiene como propósito presentar un modelo de simulación aplicado a la evaluación Actuarial prospectiva de una Caja Complementaria de Jubilaciones y Pensiones de un sector de la economía, teniendo en cuenta que existen cajas previsionales que complementan el ingreso que reciben los pasivos del sistema general previsional.

El empleo de esta herramienta pretende proporcionar información cuantitativa que permita tomar decisiones eficientes y eficaces, posibilitando la realización de los ajustes necesarios para el correcto funcionamiento del sistema.

Argentina se encuentra en una etapa avanzada de la transición demográfica, caracterizada por bajos o moderados niveles de fecundidad y de mortalidad. El envejecimiento poblacional impacta en los sistemas previsionales, requiriendo especial atención a este fenómeno.

Los beneficios previsionales complementarios están relacionados con los que otorga la caja principal de jubilación, y las variables que se pueden mencionar y que permiten acceder a diferentes tipos de complemento son: años de servicios y edad del trabajador, incapacidad laboral, y muerte del activo o jubilado que origina el derecho a pensión al cónyuge superstite o conviviente e hijos menores o discapacitados.

Realizada una simulación prospectiva de una Caja Complementaria de Jubilaciones y Pensiones, se advierte una tendencia decreciente en la relación activo/pasivo hacia 2025, que impacta en el beneficio a percibir por los pasivos o en el balance de la Caja.

Palabras clave: simulación – evaluación actuarial – relación activo/pasivo

El presente trabajo tiene como propósito presentar un modelo de simulación aplicado a la evaluación actuarial prospectiva de una Caja Complementaria de Jubilaciones y Pensiones de un sector de la economía, teniendo en cuenta que existen cajas previsionales que complementan el ingreso que reciben los pasivos del sistema general previsional.

El empleo de esta herramienta pretende proporcionar información cuantitativa a partir de la proyección demográfica de la Población Activa y Pasiva objeto de análisis, que permita tomar decisiones eficientes y eficaces, posibilitando la realización de los ajustes necesarios para el correcto funcionamiento del sistema.

El envejecimiento poblacional (medido como el porcentaje de la población que posee 65 años o más respecto del total) es un fenómeno que está presente en varios países de América Latina, siendo Argentina uno de los países que junto a Cuba, Uruguay y Chile se encuentra en una etapa avanzada de la transición demográfica, que se caracteriza por bajos o moderados niveles de fecundidad y de mortalidad. En el caso de Argentina (si bien ya se evidenció en la década de 1970) dicho porcentaje ha continuado creciendo. De acuerdo al censo de 1991, el porcentaje de población con 65 años o más fue de 8,87%, en 2001 fue de 9,89% y en 2010 llegó a 10,23%. Sin embargo, se espera que esta tendencia se agudice en los próximos años: según la Organización de las Naciones Unidas, se proyecta que el porcentaje de la población con 65 años y más se triplicará para mediados de este siglo, alcanzando el 18,5% en 2050.

Este escenario surgió a partir del incremento en la esperanza de vida, el cual es resultado de diversos factores, tales como la disminución de la mortalidad infantil y de la mortalidad en edades avanzadas, merced a progresos en la medicina, mayor educación de la mujer, mayores niveles de desarrollo económico social, acceso a servicios públicos, etc.

En consecuencia, en lo que a políticas públicas se refiere, el envejecimiento poblacional presenta desafíos a tener en cuenta, siendo quizás el de mayor importancia el vinculado a diseñar un conjunto de herramientas, para que dicho grupo etario reciba atenciones relacionadas al ámbito económico, de salud, de contención social, entre otros.

El complemento del beneficio de jubilaciones o pensiones que otorga una Caja Complementaria de Jubilaciones y Pensiones de un determinado sector de la economía a su población pasiva, está sujeto a eventos contingentes que podrían preverse con cierto nivel de confiabilidad, mediante la aplicación de métodos científicos, sobre la base de datos históricos referidos a variables sociodemográficas.

Los beneficios previsionales complementarios están relacionados con los que otorga la caja principal de jubilación, y las variables que se pueden mencionar y que permiten acceder a diferentes tipos de complemento son: años de servicios y edad del trabajador, incapacidad laboral, y muerte del activo o jubilado que origina el derecho a pensión al cónyuge supérstite o conviviente e hijos menores o discapacitados.

Se presenta un Modelo de Simulación Demográfico-Actuarial, aplicado al caso de una caja previsional complementaria, para proyectar la población activa y pasiva, calcular la relación activo/pasivo y su tendencia en el tiempo, dada su importancia para prever los medios necesarios para hacer frente al compromiso de pago.

El proceso de desarrollo del modelo de simulación permite estimar medidas de comportamiento, emulando la realidad, llevando a cabo experimentos sobre el modelo propuesto. En consecuencia, los resultados de este estudio indican probables tendencias de las distintas políticas que pueden ensayarse.

DESARROLLO

Población activa y pasiva

La aplicación del modelo actuarial propuesto para realizar la Evaluación Actuarial prospectiva de la Caja Complementaria, implicó realizar la proyección demográfica de la Población Activa y Pasiva objeto de estudio, construir las tablas de vida, que se adecuen al comportamiento

demográfico de la población en estudio, simular el proceso Demográfico-Actuarial, planteando escenarios alternativos, referidos a distintos aspectos, tales como: tasas de crecimiento de la población activa, crecimiento del número de pensionados, modificaciones a la normativa vigente, etc. y obtener y comparar los resultados actuariales de las distintas situaciones y políticas decisionales.

Para el logro de los objetivos precedentemente citados resultó indispensable considerar las normativas que regulan el funcionamiento de la caja compensadora o sea el marco normativo legal.

- **Análisis descriptivo de la población activa al 30 de junio del año base**

Para este análisis se obtuvieron los datos referidos a la Población Activa por categorías a una fecha determinada, considerando diferentes campos, entre los que se pueden mencionar: Identificación de Registro, Identificación de Persona, Sexo, Antigüedad en años, Edad, Fecha de nacimiento, Tipo de función, Salario básico (bruto sujeto a aportes). Se depuró y procesó la base de datos dada.

Se clasificó la población activa quinquenalmente por edad y sexo a una fecha determinada obteniendo información en valores absolutos y porcentuales de la población activa en condiciones de jubilarse, es decir, que cumple con el requisito etario para jubilarse. Se debe recordar que es necesario también cumplir con la condición de la antigüedad. En consecuencia, del mismo modo, se consideró el comportamiento de la población activa, desagregada por categorías, dado que la normativa relativa a la edad jubilatoria es diferente para cada una de ellas.

Con la información así obtenida, se estimó el porcentaje de personas que están en condiciones de acceder al beneficio jubilatorio conjugando estos resultados con la antigüedad del personal activo, y de este modo se calculó el total de activos en condiciones de acceder al beneficio.

Es decir, el porcentaje que representa el total de activos en condiciones de jubilarse resulta ser:

$\% \text{ Total de Activos en condiciones de jubilarse} = \% \text{ Activos que cumplen la condición de antigüedad dentro del rango etario} * \% \text{ Activos que cumplen la condición etaria}$

- **Análisis descriptivo de la población pasiva al 30 de junio del año base**

Los datos de la población pasiva de la entidad, se procesaron, diferenciando por categorías de funciones, y en jubilados y pensionados. Este agrupamiento tiene la ventaja de permitir obtener frecuencias de edades para cada una de dichas categorías, importante a la hora de simular nuevos jubilados y nuevos pensionados.

Los datos más relevantes considerados en el análisis de la población objeto de estudio, fueron, entre otros: beneficio, legajo, apellido y nombre, sexo, tipo de documento, número de documento, fecha de nacimiento, fecha de alta, estado civil, cargo, categoría, etc.

Se clasificó la población pasiva en jubilados y pensionados, lo que permitió determinar en valores absolutos y porcentuales la composición de cada categoría en el total de la población pasiva, y además, advertir la relación entre jubilados y pensionados y la de activos y pasivos. Se determinó la composición de la población pasiva clasificada por categoría y por sexo, teniendo en cuenta que la esperanza de vida como indicador demográfico es diferente, aspecto relevante a los fines del cálculo actuarial.

Se clasificó la población jubilada y pensionada por edad y sexo quinquenalmente, a la fecha de valuación, a los fines de determinar para los intervalos más relevantes (entre los 65 y 84 años) el porcentaje de jubilados de sexo femenino y masculino. En el caso de los pensionados se comprobó que la mayor cantidad de pensionados son de sexo femenino, lo cual tiene como

variables explicativas relevantes la mayor mortalidad del sexo masculino y el estado civil de las personas.

Modelo y Método de simulación

Para el caso objeto de análisis, los ingresos dependen principalmente de la cantidad de personal activo, de su nivel de salarios y del porcentaje de aportes. Los egresos resultan básicamente del número de beneficiarios de complementos de jubilaciones y pensiones, y del monto de los mismos, el cual está relacionado a los salarios de los activos.

Para realizar una proyección actuarial es necesario tener presente variables exógenas al sistema; por ello, se deben plantear supuestos respecto al comportamiento de la población activa y pasiva, y de las variables.

A los fines de la proyección de la población activa, se deben considerar: bajas por muerte, invalidez, jubilación, renuncia, e incremento de la planta. Las incorporaciones de nuevo personal se producen para cubrir las bajas y los nuevos puestos generados.

En cuanto a la población pasiva, tratándose de complementos de jubilación, las altas se producen al acreditar los requisitos de la ley para el acceso a la jubilación, o por invalidez. Las bajas suceden por fallecimiento del beneficiario, o bien por suspensión del beneficio por reincorporación del beneficiario al servicio activo. Tratándose de complementos de pensión, las altas se generan por fallecimiento de jubilados (pensión derivada) o de empleados en actividad (pensión directa). Las bajas acaecen por el fallecimiento de los pensionados o alcance de la mayoría de edad, en caso de que los beneficiarios sean hijos menores.

En la elaboración del modelo de simulación se consideraron los datos relevantes de la población activa y pasiva objeto de estudio. No se han considerado en el modelo las personas que se invalidan o que reingresan a la actividad. A continuación se presenta el procedimiento utilizado.

- Población Activa

El estudio se realizó año a año, considerando la población activa inicial de partida al 30 de junio del año base, simulando el ingreso de nuevos activos (altas), nuevos jubilados y fallecimientos (bajas). A los fines del análisis de fallecimientos, se utilizaron las tablas de mortalidad, proyectadas para el período en estudio, para la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), dadas las características demográficas de la población analizada.

Se simuló para el caso en estudio en cada año, para la población de activos inicial, la ocurrencia de defunciones (con la probabilidad de que generen pensiones), y la permanencia en actividad, en caso de estar en condiciones de optar por el beneficio de la jubilación.

En cuanto a los nuevos activos, para determinar el crecimiento de dicha población, se consideraron datos estadísticos de la población a los fines de determinar la tasa de crecimiento de la misma.

Los nuevos ingresantes a la planta de activos del personal del caso en estudio, cubren los cargos de jubilados, fallecidos, y los nuevos puestos de trabajo generados. Se supuso que dichos ingresos ocurren al 30/06 de cada año, considerado como fecha de corte, por la información proporcionada. Se construyeron las frecuencias por sexo y edad de ingreso, a partir de los activos de hasta tres (3) años de antigüedad, para simular sexo y edad de los ingresantes.

A los fines de efectuar el proceso de simulación en los años posteriores, y teniendo en cuenta que las personas tienen asignado un número de identificación con una determinada edad, la misma se va incrementando en un año en los sucesivos años, considerando la fecha de nacimiento. Con respecto a la antigüedad se procedió de igual manera.

Para la elaboración del modelo de simulación se estimó: el movimiento de la población inicial, el personal fallecido, el personal jubilado y el personal ingresante.

1) Estimación del movimiento de la población inicial:

La variación producida en el universo de la población activa, en un período n cualquiera, se puede determinar como la suma de: cantidad de personas activas al principio del período n e ingresantes, número de renunciaciones, muertes y jubilaciones producidas en el período bajo estudio.

Análiticamente se puede expresar como:

$$A_{t+n} = A_t + {}_nI_t - {}_nR_t - {}_nM_t - {}_nJ_t$$

Siendo:

A_{t+n} = Cantidad de personas activas al momento $t + n$.

A_t = Cantidad de personas activas al momento t .

${}_nI_t$ = Cantidad de ingresantes como personal activo en el período $(t, t+n)$

${}_nR_t$ = Cantidad de personas que renuncian a la actividad en el período $(t, t+n)$.

${}_nM_t$ = Cantidad de personas fallecidas en el período $(t, t+n)$, que conformaban la planta de activos.

${}_nJ_t$ = Cantidad de personas que acceden al beneficio jubilatorio en el período $(t, t+n)$.

Se supuso que cada persona que renuncia es reemplazada por otra persona de igual sexo y edad:

$${}_nR_t = 0$$

La expresión (1) permite determinar la cantidad de personas activas al momento $t+n$.

Por otra parte se puede calcular la variación neta experimentada por la población activa (${}_nA_t$) como la diferencia entre la población al final del período considerado y la población al inicio del mismo.

$${}_nA_t = A_{t+n} - A_t$$

La cantidad de ingresantes (${}_nI_t$), en el período $(t, t+n)$ dependerá de la variación neta experimentada por la población activa, de las defunciones y número de personas que accedieron al beneficio jubilatorio, durante el período bajo análisis:

$${}_nI_t = {}_nA_t + {}_nM_t + {}_nJ_t$$

2) Estimación del personal fallecido:

Es conveniente considerar las características del grupo objeto de estudio, ya que la mortalidad tiene rasgos diferentes según el universo de que se trate, por razones culturales, políticas, laborales, sociales, etc. Asimismo, influye la composición del grupo por sexo y edad, dado que las esperanzas de vida difieren según sean éstos.

Las tablas de mortalidad (o tablas de vida) representan una metodología muy útil para realizar el análisis de la mortalidad de una población. Ortega expresa que "la tabla de mortalidad, también llamada tabla de vida, es un instrumento o esquema teórico que permite medir las probabilidades de vida y de muerte de una población, en función de la edad. Dicho esquema provee la más completa descripción estadística de la mortalidad, constituye la base del modelo de población estacionaria y su técnica es muy usada por los demógrafos, actuarios y otros investigadores en una gran variedad de problemas". (Ortega, 1987, p. 1)³⁹

³⁹ "Tablas de mortalidad", Antonio Ortega, Centro Latinoamericano de Demografía, 1987, San José, Costa Rica.

Esta herramienta se utiliza en análisis demográficos propiamente dichos, pero también en diferentes ámbitos de las políticas públicas con la idea de contar con información útil para la toma de decisiones. Así, es frecuente que se construyan en el ámbito de la Salud pública, en el análisis de demanda educativa, laboral o –como en este caso- en la órbita del estudio de los sistemas previsionales.

Mediante estas tablas, es posible obtener el comportamiento de la mortalidad según las edades, lo cual es crucial debido a que ésta es muy diferente según sea la edad de las personas. Esto último, en el contexto del trabajo bajo análisis, es de gran importancia porque permite tener información referida a la probabilidad de vida de las personas y –con ello- de los pagos que deberá incurrir la Caja a sus afiliados.

La construcción de las tablas de mortalidad se basa en el principio de la teoría de las probabilidades y se parte de la probabilidad de muerte o de vida de la población (individuos), a partir de los datos reales de defunciones, nacimientos y la población distribuida por territorio, sexo y edades.

Ante la falta de datos respecto a defunciones de la población en estudio, fue necesario utilizar otra población lo más similar posible a la analizada, por lo cual se optó por emplear las defunciones y la población de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), que es la región geográfica con mayor esperanza de vida del país. La población bajo análisis, en su mayoría vive en territorio urbano, tienen similar posibilidad de acceso a la salud, puede suponerse que los patrones de fecundidad son equiparables y el desarrollo de la vida personal es semejante a la de CABA. La esperanza de vida al nacimiento en la Provincia de Córdoba correspondiente al año 2015 es de 73,59 años para los varones y 81,16 años para las mujeres, de acuerdo a datos proporcionados por el INDEC. Por su parte, en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires dicho indicador es de: 74,16 años los varones y 81,66 las mujeres. Esta última es la localidad con mayor esperanza de vida al nacimiento de todo el país, mientras que la provincia con menor esperanza de vida es Chaco con 70,37 (varones) y 77,08 (mujeres).

Se utilizaron las tablas de vida de varones y mujeres por separado y se consideró únicamente la función q_x , que se utilizó en el modelo de simulación. Las tablas de mortalidad se proyectaron para todos los años del período considerado en el análisis.

A continuación se realiza una breve descripción de cada una de las funciones contenidas en la tabla de vida. Así, en cada una de ellas se consigna:

1- Función l_x : indica la cantidad de personas vivas de edad exacta “x”, sobrevivientes de un grupo inicial arbitrario de edad α , según una tabla de mortalidad.

2- Función d_x : representa la cantidad de personas fallecidas entre las edades “x” y “x+1”.

En el caso del trabajo expuesto, esta función se calculó para edades simples:

$$d_x = l_x - l_{x+1}$$

3- Función L_x : es la cantidad de personas de edad “x”, en un momento dado, es decir los que habiendo cumplido “x” años aún no han cumplido “x+1”

Para edades mayores o iguales a 5 años, se supone una distribución uniforme de los fallecimientos, por lo cual dicha función es igual a:

$$L_x = l_x - \frac{1}{2} d_x$$

O:

$$L_x = l_{x+1} + \frac{1}{2} d_x$$

L_x también se puede definir como la cantidad de años vividos por la población inicial entre las edades “x” y “x+1”.

4- Función T_x : representa la cantidad de años vividos por la población inicial, desde la edad exacta “x”, hasta que se extinga el último sobreviviente de la cohorte.

$$T_x = \sum_{t=0}^{\infty} L_{x+t}$$

5- Función e_x^0 (Esperanza de vida): es la cantidad de años en promedio que se espera viva una persona de edad exacta “x”.

$$e_x^0 = \frac{T_x}{l_x}$$

6- Función q_x (Probabilidad de muerte): Representa la probabilidad que tiene una persona de edad exacta x , de fallecer dentro del año que sigue al momento en que alcanza dicha edad.

$$q_x = \frac{l_x - l_{x+1}}{l_x} = \frac{d_x}{l_x}$$

7- Función p_x (Probabilidad de vida): Representa la probabilidad que tiene una persona de edad exacta x , de sobrevivir un año, es decir, de llegar con vida a la edad exacta $x + 1$. En símbolos es:

$$p_x = \frac{l_{x+1}}{l_x}$$

Dado que cada componente del grupo l_x o sobrevive a la edad $x+1$ o muere antes de alcanzar esa edad, deberá verificarse necesariamente que

$$p_x + q_x = 1$$

8- Función m_x (Tasa central de mortalidad): es la tasa de mortalidad de una población dinámica

$$m_x = \frac{d_x}{L_x}$$

La proyección de las tablas de vida se realizó para cada año del período de análisis (2014 a 2025), permitiendo someter a cada persona a la probabilidad de defunción específica a su edad y sexo a lo largo del mismo. Esto último es importante porque a medida que avanza la edad cronológica de una persona, se va exponiendo a diferentes eventos que podría hacer que –al llegar a una edad determinada- creciera de manera abrupta la probabilidad de fallecer, aunque luego de transcurrida esa edad es posible que la probabilidad de crecimiento sea menor. De todas maneras, e independientemente del comportamiento de la sobrevivencia, como es lógico, la probabilidad de fallecimiento crecerá a medida que avanza la edad de una persona.

Los insumos utilizados para esta proyección fueron datos surgidos del Censo Nacional de Población de Argentina realizado el 27 de octubre de 2010, las esperanzas de vida proyectadas por INDEC y también –finalmente- los datos provistos por el CELADE (Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía).

Se considera conveniente, recopilar información estadística del grupo en estudio a los efectos de calcular una tasa de mortalidad ad-hoc, para lograr estimaciones más precisas.

3) Estimación del personal jubilado:

El acceso a la jubilación puede darse al cumplirse los requisitos etarios y de antigüedad previstos en la ley, o bien por invalidez. Este último caso, no ha sido considerado.

El análisis se efectuó relacionando la población activa en condiciones de jubilarse con las personas jubiladas:

Probabilidad que una persona de edad x permanezca en actividad el próximo año	$= \frac{\text{Personas activas de edad } x}{\text{Personas activas de edad } x + \text{Personas jubiladas de edad } x}$
---------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Por lo tanto, la probabilidad que una persona de edad x se jubile en el próximo año será:

Probabilidad que una persona de edad x se jubile el próximo año	$= 1 - \left(\frac{\text{Probabilidad que una persona de edad } x \text{ permanezca en actividad el próximo año}}{\text{Probabilidad que una persona de edad } x \text{ permanezca en actividad el próximo año}} \right)$
-------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

A los efectos del cálculo de dichas probabilidades, se consideró el stock poblacional de activos y jubilados a la fecha de valuación (30/6 del año base).

4) *Estimación del Personal Ingresante:*

Para simular los ingresos producidos por sexo y por edad, teniendo en cuenta la categoría del personal, se construyeron frecuencias de dichas variables, a partir de quienes cuentan con una antigüedad de hasta tres (3) años entre la población activa.

Los nuevos ingresantes cubren los puestos de jubilados, fallecidos, y los nuevos puestos de trabajo generados. Se supuso que dichos ingresos ocurren a la fecha de valuación del estudio.

- **Población Pasiva**

A los fines del análisis, se tomó como base el número de pasivos al 30/06 del año base, simulando el ingreso de nuevos pasivos, los cuales surgen por jubilación o fallecimiento de un jubilado o activo que da derecho a pensión.

En el caso de la **población jubilada**, se partió del stock al 30/06 del año base, fecha de valuación y se simularon año a año los fallecimientos, utilizando las tablas de mortalidad proyectadas para CABA; se aplicaron las probabilidades de muerte, obteniéndose la cantidad de sobrevivientes, adicionando los nuevos jubilados, provenientes de la población activa.

Para la determinación de la **población pensionada**, se consideró el stock al 30/06 del año base y se simularon año a año los fallecimientos, aplicando a los mismos las probabilidades de muerte; así se obtuvo la cantidad de pensionados sobrevivientes, a los cuales se adicionan los nuevos pensionados provenientes tanto de la población activa como pasiva.

Del mismo modo que la población activa, a los fines de efectuar el proceso de simulación en los años posteriores, y teniendo en cuenta que las personas tienen asignado un número de identificación con una determinada edad, la misma se va incrementando en un año en los sucesivos años, considerando la fecha de nacimiento.

Ajuste del total del Personal Pasivo:

En el caso analizado, la normativa vigente establecía que en caso de fallecimiento del afiliado, los derechohabientes percibirán un porcentaje del complemento que le correspondería al titular (75%).

El total del personal pasivo (PP_t) está conformado por los jubilados (J_t) y los pensionados (P_t). A los fines de obtener una unidad de medida en común, se ajustan los pasivos a partir de la siguiente fórmula:

$$PP_t = J_t + 0,75 \cdot P_t$$

A partir de conocer el total de la población de activos y pasivos ajustado, se puede determinar la relación Activo/Pasivo ajustada. Esta relación permite conocer el esfuerzo que debe efectuar la población activa para sostener al régimen de la Caja Complementaria, en particular, y al sistema jubilatorio en general.

RESULTADOS, SUPUESTOS Y RESTRICCIONES

Simulaciones de la Población Activa y Pasiva período 2014-2025

El proceso de desarrollo del Modelo de simulación permite estimar medidas de comportamiento llevando a cabo experimentos sobre el modelo propuesto. El proceso de modelado asociado a la simulación propiamente dicha implica recopilar datos para describir factores de entrada y operativos, y además para definir las interrelaciones existentes entre las

variables, las entradas y otros componentes del problema a resolver. Las salidas de un modelo de simulación son descripciones del comportamiento del sistema que se está considerando.

El proceso de simulación requiere de un número adecuado de repeticiones si se realizan inferencias respecto del funcionamiento del problema en el mundo real, y además, del análisis de diferentes condiciones y parámetros del modelo.

Se ha utilizado el Método de Monte Carlo, que implica la generación de muestras artificiales de variables, cuyos valores surgen de comparar probabilidades con números random, de naturaleza volátil. Para asegurarnos que los resultados reflejen que se ha alcanzado el estado estacionario, se debe tener un tamaño de muestra adecuado y repetir la simulación, es decir, las corridas han de realizarse una cantidad suficiente de veces para lograr convergencia estadística. Lo relevante en este estudio, es que se ha trabajado con la población y se han realizado las corridas suficientes para lograr resultados adecuados, demandando una importante cantidad de horas de trabajo computacional y la necesidad de herramientas operativas de velocidad para el procesamiento de los datos y la repetición de las simulaciones en distintas situaciones.

En el proceso de simulación se trabajó con la población activa y pasiva aplicando las expresiones matemáticas del modelo precedentemente presentado.

Si bien el período total de análisis comprende los años 2014-2025, las simulaciones se realizaron en sub-períodos anuales, o sea año a año, tomando como base los activos y pasivos al 30/06/2014 y simulando el ingreso de nuevos activos, nuevos jubilados, fallecimientos y nuevos pensionados anualmente. Las bases de datos de la población activa y pasiva utilizadas en la simulación corresponden a junio de 2014 y fueron obtenidas de las entidades involucradas.

Para determinar la cantidad de población activa de cada año, se requiere disponer de la tasa de crecimiento de la población activa, para lo cual se plantearon diversos escenarios, frente a la carencia de datos primarios. Además, se utilizaron las probabilidades de vida y de muerte de las tablas de mortalidad proyectadas para los 10 años de análisis de una población con características y comportamiento semejante (CABA).

Dentro de la población activa, se contemplaron en la simulación las siguientes situaciones: la persona continúa activa, la persona sobrevive y, en caso de cumplir los requisitos legales, opta o debe jubilarse, o fallece, con la consiguiente posibilidad de generar un pensionado. En el desarrollo de la simulación, los valores se obtienen utilizándose probabilidades de muerte y probabilidades de jubilarse por sexo y edad.

En el caso de la población pasiva, se consideró la posibilidad de supervivencia y, de corresponder, en caso de fallecimiento, la generación de pensionado.

Estimación del máximo beneficio a pagar a la población pasiva

En virtud de la normativa aplicable a la Caja Complementaria estudiada, la relación Activo/Pasivo ajustada permite estimar el beneficio promedio máximo a pagar a la población pasiva considerada, el cual depende de esta relación y del porcentaje del sueldo promedio del aporte de los Activos.

Escenarios

Se plantearon distintos escenarios en los cuales se proyectaron la población activa y pasiva, y se calculó la relación activo/pasivo ajustada, a los fines de determinar el beneficio máximo a pagar a la población pasiva por la Caja Complementaria. En algunos de los escenarios se modificaron los supuestos poblacionales, mientras que en otros se contempló el análisis de sensibilidad, variando algunos parámetros económicos y normativos.

En el escenario base, del cual se presentan en este trabajo los resultados de la Relación Activo/ Pasivo para el período de análisis 2014/2025, se supuso:

- El crecimiento de la población activa conforme a tasas determinadas para cada categoría, a partir del análisis de datos estadísticos históricos de la población activa. Ello permitió proyectar el número de personas activas para cada categoría.
- Considerando tablas de frecuencias elaboradas ad hoc, se simuló la continuidad en actividad a los 60 y 65 años, si es personal activo de sexo femenino, y a los 65 años si es activo de sexo masculino, y cuentan con la antigüedad necesaria para jubilarse.
- Dada la particularidad de la normativa para una de las categorías analizadas, en la cual es optativa la jubilación en el tramo etario 65-70 años, si se cumplen los requisitos legales para acceder al beneficio, se supuso la distribución uniforme de la probabilidad de jubilarse en este tramo, y jubilación obligatoria para quienes alcancen los 71 años de edad.
- El crecimiento de los números de pensionados conforme a la tasa de crecimiento histórica de pensionados de la Caja Complementaria en estudio, tomando para su obtención los datos de los 10 años anteriores al año base (2014).
- Probabilidades de vida y de muerte proyectadas en las tablas de mortalidad para los 10 años de análisis, confeccionadas sobre la base de las tablas de mortalidad para CABA conforme al Censo 2010, INDEC.
- Edad de ingresantes correspondientes a frecuencias elaboradas a partir de activos de hasta 3 años de antigüedad.
- Edad de nuevos pensionados considerando la estructura etaria y distribución por sexo actual de los pensionados de la Caja Complementaria.

Se obtuvieron las proyecciones simuladas de las poblaciones Activas y Pasivas de la población, año a año, para el período de análisis 2014-2025 bajo este escenario por categorías.

Relación Activo/Pasivo (A/P)

La relación Activo/Pasivo indica la cantidad de activos por cada pasivo del sistema. En el año 2014, inicio de la simulación, la relación A/P resulta ser de 2,88 o sea aproximadamente 3 activos por cada jubilado y/o pensionado, conforme se observa en la Tabla 1.

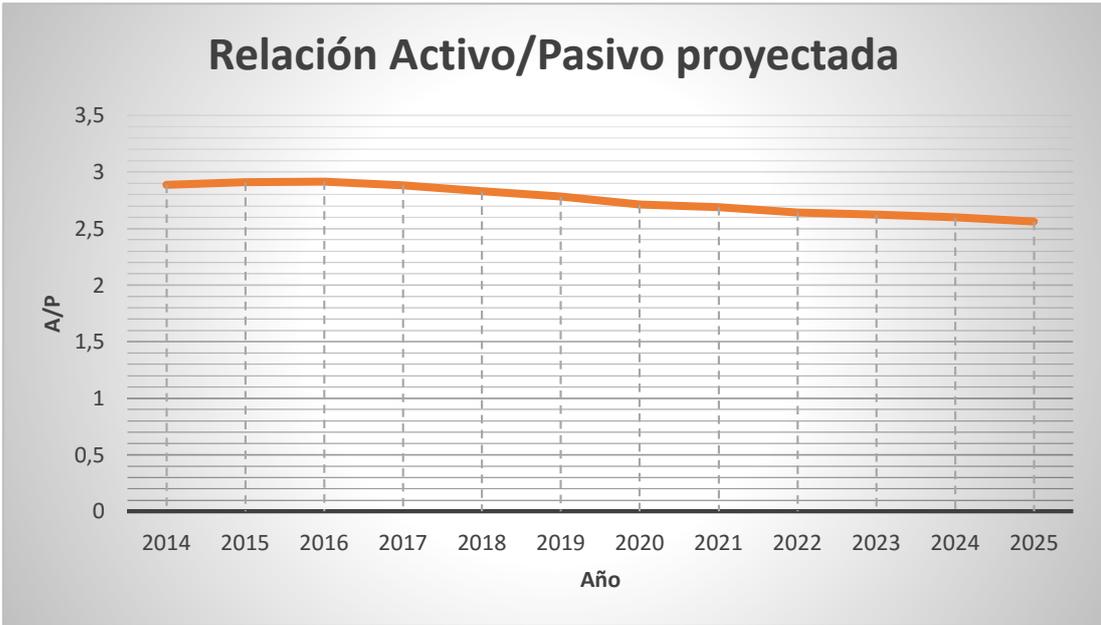
Tabla 1. Proyección de la relación Activo/Pasivo, período 2014-2025. Conforme a los supuestos del Escenario base

Año	A/P
2014	2,8869
2015	2,9088
2016	2,9156
2017	2,8841
2018	2,8301
2019	2,7824
2020	2,7107
2021	2,6913
2022	2,6430
2023	2,6227
2024	2,5975
2025	2,5616

Fuente: elaboración propia

Los valores de la tabla anterior indican que la relación A/P para el período considerado, sigue una tendencia decreciente en el tiempo, conforme se observa en el siguiente gráfico:

Relación activo/pasivo proyectada, período 2014-2025. Conforme a los supuestos del Escenario base.



Fuente: elaboración propia.

En todos los escenarios que se plantearon se observó la misma tendencia hacia 2025, que es la que resulta relevante en este trabajo actuarial.

Posteriormente se determinaron los pasivos ajustados según la expresión (4), obteniendo la relación activo/pasivo ajustada, que permite estimar el importe máximo a pagar a los pasivos en concepto de beneficio (en el caso de la Caja Complementaria estudiada), o prever los recursos que serán necesarios para afrontar los compromisos de pago, en caso de complementos fijados porcentualmente respecto a los empleados en actividad.

Proyección de la relación Activo/Pasivo ajustada, período 2014-2025. Conforme a los supuestos del Escenario base.

Año	A/P Ajustado
2014	3,1003
2015	3,0646
2016	3,0300
2017	2,9954
2018	2,9610
2019	2,9277

2020	2,8945
2021	2,8620
2022	2,8299
2023	2,7986
2024	2,7676
2025	2,7364

Fuente: elaboración propia.

Si se cumplen los supuestos de este escenario, el comportamiento decreciente de la relación A/P, es un llamado de atención respecto de la población pasiva, ya que se espera una mayor permanencia en el sistema de personas de edad avanzada, dada la tendencia decreciente de la tasa de mortalidad del grupo en estudio, resultado de un aumento de la esperanza de vida.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo se presentó un modelo de simulación actuarial, que se aplicó a una Caja Complementaria. Se describió el proceso de simulación, los supuestos y resultados de un escenario analizado en esa experiencia. No obstante, se destacó que los distintos escenarios previstos en el informe actuarial descripto indican siempre una tendencia decreciente del beneficio máximo que podrían obtener los beneficiarios, dada la relación activo/pasivo proyectada decreciente en el período de análisis y que la Caja analizada tiene la característica de ser de reparto, de manera que lo que se abona en concepto de complemento se corresponde con lo que se recauda de los aportes del personal en actividad. Es de destacar que el caso de la Caja Previsional Complementaria considerada no constituye una excepción a la situación que experimentan los sistemas previsionales en general, teniendo en cuenta la longevidad que va alcanzando la población, tendencia mundial. En consecuencia, el período de pasividad de los beneficiarios se extiende en el tiempo.

Los resultados obtenidos del trabajo realizado serán válidos en cuanto se cumplan los supuestos que se tuvieron en cuenta en cada uno de los escenarios previstos. Dicha circunstancia no depende del sujeto decisor, sino del entorno incierto o contexto. Esta metodología sirve de guía para la toma de decisiones, y es esencialmente dinámica, siendo necesaria una continua retroalimentación del sistema.

La utilización de supuestos es propia de cualquier modelo científico, en los cuales se hace una simplificación de la realidad. Los datos utilizados provienen de fuentes primarias y secundarias, las cuales han sido analizadas con criterio, previo a su aplicación y depuración de la base de datos con las cuales se ha trabajado.

BIBLIOGRAFÍA

- Andonian, Olga G. (2018) *Matemática Actuarial. Capítulos 1 y 2*. Córdoba. Asociación Cooperadora de la Facultad de Ciencias Económicas, UNC.
- Anderson David, Sweeney, Williams y otros (2011). *Métodos cuantitativos para los negocios*. México -11va. Edición. Editorial Cenage Learning.
- Eppen Gary, Gould Frederick y otros (2000). *Investigación de operaciones en la ciencia administrativa*. México- 5ta. Edición- Editorial Prentice-Hall.
- Ortega, Antonio (1987). *Tablas de mortalidad*. San José, Costa Rica. Centro Latinoamericano de Demografía.
- Pardo, Leandro; Valdéz, Teófilo. (1987). *Simulación: aplicaciones prácticas en la empresa*. Madrid. España Ediciones Díaz Santos S.A.



FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS, JURÍDICAS Y SOCIALES
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN LUIS

CAMPUS UNIVERSITARIO:
RUTA PROVINCIAL N° 55 EXTREMO NORTE

EDIFICIO DECANATO:
AVENIDA 25 DE MAYO N° 384

VILLA MERCEDES SAN LUIS

www.fcejs.unsl.edu.ar/jnpumf/



Facultad de
Ciencias Económicas,
Jurídicas y Sociales



Universidad
Nacional de
San Luis