

Universidad de Chile
Facultad de Medicina
Escuela de Salud Pública
Magíster en Salud Pública

Tesis para optar al grado de Magíster en Salud Pública:
“Proyección de población adulta mayor con diabetes tipo 2 en Chile al año
2030”

Tesista: Tania Alfaro Morgado
Profesor Guía: Rony Lenz Alcayaga
Fecha: 6 de Mayo 2015

Tesis para optar al grado de Magíster en Salud Pública:
“Proyección de población adulta mayor con diabetes tipo 2 en Chile al año
2030”

Los resultados y discusión de esta tesis se presentan en formato de artículo de investigación, en el manuscrito incluido en el capítulo IX.

Agradecimientos

A mi profesor guía, que me esperó pacientemente en todos aquellos momentos que no pude avanzar por diversos motivos.

A mis amigas y amigos que me apoyaron para terminar este arduo trabajo, Carla B, Carmen, y en forma muy especial a Carla C. y a Nicolás, sin quienes nunca hubiese terminado.

A mi familia: a Gonzalo -que me ha apoyado y estimulado incondicionalmente para seguir en el incomprendido mundo de la Salud Pública- y a mis hijos, que iluminan mi vida día a día. A mis padres que me entregaron todas las herramientas para estar donde estoy, y que me enseñaron el valor del compromiso y de la responsabilidad.

Esta tesis está dedicada a mi mamá, quien ha luchado años para el mejor vivir de las personas con diabetes.

Índice de contenidos

I.	Capítulo I: Introducción	6
II.	Capítulo II: Marco teórico:	9
1.	Contexto general	9
a.	Transición demográfica y epidemiológica	9
b.	Situación epidemiológica internacional de las enfermedades no transmisibles.....	11
c.	Situación epidemiológica nacional de las enfermedades no transmisibles	14
2.	Situación epidemiológica de la diabetes	17
a.	Situación internacional.....	17
b.	Situación epidemiológica nacional.....	21
3.	Gasto en salud por diabetes	23
4.	Justificación del estudio	25
III.	Capítulo III: Hipótesis	32
IV.	Capítulo IV: Objetivos	32
1.	Objetivo General	32
2.	Objetivos específicos:.....	32
V.	Capítulo V: Metodología	33
1.	Modelos de Markov.....	33
2.	Métodos	34
VI.	Capítulo VI: Aspectos éticos	49
VII.	Capítulo VII: Bibliografía del proyecto de tesis	50
VIII.	Capítulo VIII: Anexos.....	58
IX.	Capítulo IX: Resultados y discusión	60
1.	Manuscrito: Proyección de población adulta mayor con diabetes tipo 2 en Chile al año 2030	60
	Resumen:	60
	Introducción	61
	Material y métodos	62

Resultados:.....	67
Discusión.....	70
Referencias.....	75
Apéndice 1: Fórmulas desarrolladas en el modelo	80
Apéndice 2: Metodología empleada por Honneycutt en sus proyecciones de prevalencia de diabetes al año 2050 (26).....	82
Apéndice 3: Riesgos relativos, prevalencia e incidencia utilizadas en el modelo	83

Resumen

El cambio en el perfil demográfico y epidemiológico a nivel mundial ha llevado a un aumento en la prevalencia de enfermedades no transmisibles y sus factores de riesgo, realidad de la cual Chile no ha estado exenta. En nuestro país, la última Encuesta Nacional de Salud 2009-2010 mostró una alta prevalencia de este tipo de enfermedades, destacando la diabetes tipo 2, cuya prevalencia de 9,4% en mayores de 15 años aumenta hasta 25,8% en el grupo de 65 años y más. Sumado a ello, los factores de riesgo facilitadores de esta patología también son altos, destacando una prevalencia de exceso de peso de 64,5% y de sedentarismo de 88,6% en nuestra población adulta. Estos antecedentes, sumados al envejecimiento de la población y al cambio en la estructura del gasto en salud secundario a los cambios demográficos, permiten prever que la diabetes tipo 2 seguirá siendo un problema relevante en Chile, en especial en el grupo de adultos mayores. Cuantificar el cambio en esta población es de suma relevancia para contribuir a la preparación de políticas públicas que permitan enfrentar un escenario potencialmente adverso en términos de la carga para nuestro sistema de salud. En este contexto, la presente tesis tuvo como objetivo estimar el número de adultos mayores con diabetes tipo 2 en Chile al año 2030, a través de un modelo epidemiológico. Aplicando como metodología un modelo de Markov que consideró la distribución de la población, prevalencia de diabetes, incidencia y mortalidad, según edad y sexo, en base a información de fuentes secundarias, esta investigación logró proyectar un aumento en el número de adultos mayores de 65 a 79 años de edad con diabetes tipo 2, desde 314.627 en 2010 a 745.310 en 2030, lo que representa un incremento de 136,9%, esto en un escenario conservador. Asimismo, la investigación logró evidenciar las brechas de información referente a diabetes en Chile, necesaria para mejorar la precisión de las estimaciones.

I. Capítulo I: Introducción

La disminución de la mortalidad y el aumento de la longevidad han llevado a que la población mundial esté envejeciendo progresivamente, lo que se ha traducido en un cambio en el perfil epidemiológico que ha transitado hacia un predominio de enfermedades no transmisibles (ENT) (1). Se estima que la población mundial de 60 y más años de edad aumentará desde un 11,7% en 2013 a un 21,1% al año 2050 (2) y que ya al año 2020 las defunciones por ENT habrán aumentado en un 15% desde el año 2010 (3). Chile no está exento de esta realidad, estimándose un aumento de la población mayor de 60 años desde 14,5% el año 2014 a 17,3% el año 2020 (4), y encontrándose en una etapa avanzada de la transición epidemiológica (5,6), con un claro predominio de ENT que representan el 84% de la carga de enfermedad del país (7) y con una alta prevalencia de factores de riesgo como el tabaquismo, el sobrepeso, la obesidad y el sedentarismo, que predisponen a su vez a otras enfermedades prevalentes y de alta mortalidad en nuestro país como son la diabetes tipo 2 y las enfermedades cardiovasculares(8,9). Este perfil demográfico y epidemiológico se enfrenta en un escenario de recursos limitados y de inequidades en salud en nuestra población(10). En consecuencia, el aumento de la demanda por servicios sanitarios, relacionado con el aumento de los discapacitados, las mayores expectativas de atención de la población en salud, el tratamiento de las enfermedades crónicas y el aumento de la población mayor de 60 años, generará un inminente incremento en los gastos en salud del adulto mayor que plantea

desafíos acerca de cómo generar la viabilidad financiera de los sistemas de pensiones y cómo garantizar la atención de salud de esta población.

En este contexto, países como Chile que han alcanzado altos niveles de ingreso, pero con importantes desigualdades en el acceso a salud, han generado herramientas como el Sistema de Garantías Explícitas en Salud (GES) que incluye problemas de salud prioritarios de los cuales debe garantizarse el “acceso, calidad, protección financiera y oportunidad” (11) en su diagnóstico y tratamiento a toda la población. Dentro de ellos, la diabetes tipo 2, que actualmente afecta al 9,4% de la población adulta chilena (8), fue incorporada en el primer Régimen General de Garantías en Salud, desde el año 2005 (12,13), considerando los criterios de priorización establecidos, que dicen relación con la mortalidad, carga de enfermedad y tratamiento efectivo de la patología (14). Así, de acuerdo al último informe del Estudio de Verificación del Costo Esperado de patologías GES 2013, la diabetes tipo 2 ocupa el tercer lugar en los costos del sistema de GES(15).

Ante el envejecimiento de la población y la alta prevalencia de factores de riesgo como el exceso de peso y el sedentarismo, todos factores predisponentes para el desarrollo de diabetes tipo 2, esta enfermedad se vislumbra como uno de los grandes problemas de salud pública de nuestro país. En este contexto, conocer el número de diabéticos adultos mayores en los próximos años puede contribuir a estimar el gasto en salud generado por estos pacientes; sin embargo, dada la historia natural de la diabetes, probablemente no baste con suponer que la

prevalencia de la enfermedad será la misma que hoy, pues las diferencias en incidencia, mortalidad y prevalencia por edad y sexo influenciarán el número de personas con diabetes más allá del solo envejecimiento de la población. Por ello, en la presente tesis se propone desarrollar un modelo epidemiológico que permita predecir con un rango menor de incertidumbre el número de adultos mayores con diabetes al año 2030, al incluir estas variables, de modo de generar insumos para la planificación de políticas públicas y para la priorización de intervenciones tendientes a reducir la prevalencia de la diabetes en nuestro país.

II. Capítulo II: Marco teórico:

1. Contexto general

a. Transición demográfica y epidemiológica

El modelo de la “transición demográfica”, formulado por Warren Thompson en 1929, clasificaba las poblaciones de acuerdo a sus niveles de fecundidad y mortalidad (1), aspectos demográficos que generan consecuencias en la constitución de las poblaciones, concibiendo tres etapas: una de rejuvenecimiento de la población por disminución de la mortalidad infantil; la segunda, de disminución de la proporción de población infantil por disminución de la fecundidad, con un aumento entonces en la proporción de adultos en edad productiva; y una tercera, en que la disminución de la fecundidad y de la mortalidad llevan a que sólo aumente la población de mayor edad(2). La mayoría de los países en vías en desarrollo están en la segunda etapa, estimándose que para el 2050 el 79% de la población mayor de 60 años vivirá en esos países; sin embargo, en países de Latinoamérica como Chile, el envejecimiento de la población se producirá más rápidamente debido a la disminución acelerada de sus tasas de fecundidad (2).

Se estima que la población mundial de 60 y más años de edad ha aumentado desde un 9,2% en 1990 a un 11,7% en 2013 (841 millones de personas aproximadamente), proyectándose un porcentaje de 21,1% al año 2050, lo que

significará más de 2 billones de personas en este grupo etario, de las cuales 8 de cada 10 vivirán en los países menos desarrollados (2). América Latina y El Caribe tienen en la actualidad un 10,4% de población mayor de 60 años (2), la que se proyecta será cercana al 25% en el 2050 (16). En Chile, la población mayor de 60 años representaba el 13% de la población total el año 2010, porcentaje que aumenta a 14,5% para el año 2014 y que se espera sea de 17,3% el año 2020, de acuerdo a los datos de la actualización de población del Instituto Nacional de Estadísticas de Chile (INE) (4).

Paralelamente a la transición demográfica, el perfil de salud de la población va cambiando: las enfermedades infecciosas van disminuyendo, para dar mayor importancia a las enfermedades crónicas no transmisibles. Este fenómeno, conocido como “transición epidemiológica” y descrito en 1971 (5,17), clasifica a Chile en una etapa de transición epidemiológica avanzada, caracterizada por una predominancia de enfermedades degenerativas debido a la edad y de aquellas producidas por el hombre, perfil que se mantiene en la actualidad (5,6) y que ha sido consecuencia de la disminución de la mortalidad con el aumento en la esperanza de vida asociado, generando un mayor tiempo de exposición a factores de riesgo asociados a las ENT y un incremento en su prevalencia. A ello se suman las consecuencias sociales y económicas que tiene el aumento de la población de mayor edad, lo que puede explicar una parte importante de los aumentos en el gasto en salud (2).

b. Situación epidemiológica internacional de las enfermedades no transmisibles

El aumento en la expectativa de vida, con el consecuente envejecimiento de la población, ha traído consigo un aumento en la prevalencia de ENT y un incremento en el período de exposición a factores de riesgo que facilitan su aparición, por lo que su número seguirá aumentando en los próximos años de no mediar intervenciones efectivas para contrarrestar esos factores de riesgo. Se estima que de los 56 millones de muertes en el mundo el año 2012, el 68% correspondió a ENT, mientras que el 23% fue debido a enfermedades transmisibles, maternas, perinatales y relacionadas con la nutrición, y el 9% a traumatismos. De las muertes por ENT, el 75% ocurrió en países de ingresos bajos y medios. Al mismo tiempo, las enfermedades infecciosas constituyen la primera causa de muerte en muchos de estos países (18), definiendo un doble desafío en un contexto de limitados recursos. Adicionalmente a esta carga, en estos países el 29% de las muertes por ENT ocurren en personas menores de 60 años (y el 48% en menores de 70 años), mientras que en países de ingresos altos esto corresponde a un 13% de los casos (y a un 26% de los menores de 70 años)(3), lo que además genera una presión importante sobre la fuerza de trabajo, con las consecuencias económicas que ello, además de las ENT per se, implican.

Al año 2012, las defunciones por ENT a nivel mundial estaban principalmente representadas por las enfermedades cardiovasculares, el cáncer, la diabetes y las enfermedades respiratorias crónicas (18), que constituyen el 80% de las muertes

por ENT y que tienen 4 factores de riesgo en común: consumo de tabaco, inactividad física, uso nocivo del alcohol y dieta no saludable (19). Se estima que el 9% de las muertes a nivel global son atribuibles al tabaco, el 6% a sedentarismo, el 6% a glicemia elevada y el 5% a sobrepeso y obesidad (3), estas dos últimas relacionadas especialmente con la inactividad física y la dieta no saludable.

El número de defunciones por ENT ha ido en aumento: las muertes por cáncer pulmonar, de tráquea y bronquios se incrementaron en 0,9% entre los años 2000 y 2012, mientras que las defunciones por diabetes lo hicieron en 0,8%, causando actualmente 1,6 y 1,5 millones de defunciones, respectivamente (18). Se proyecta que las defunciones por ENT habrán aumentado en un 15% entre los años 2010 y 2020 (3).

En términos de morbilidad la influencia de las ENT también es preocupante. Se estima que al año 2008 los casos nuevos de cáncer a nivel mundial eran 12,7 millones y que aumentarán a 21,4 millones en 2030 (3). Por otra parte, el aumento del porcentaje estimado en la incidencia de cáncer hacia 2030, comparado con 2008, será mayor en los países de ingresos bajos (82%) y medios bajos (70%), en comparación a los países de ingresos medios altos (58%) y altos (40%) (3).

En cuanto a factores de riesgo, el panorama sigue siendo desalentador. Estimaciones del año 2008 revelan que la prevalencia de fumadores diarios de tabaco fluctúa entre 8% en la Región de África y 29% en las Región Europea,

mientras que la prevalencia de actividad física insuficiente en mayores de 15 años alcanza 31% a nivel mundial, destacando la peor prevalencia en la Región de las Américas, que supera el 50% en mujeres y el 40% en hombres. En relación a dieta, el bajo consumo de frutas y verduras significa la pérdida de 16 millones de años de vida perdidos ajustados por discapacidad (AVISA) a nivel mundial (1%), mientras que el sobrepeso y la obesidad contribuyen con 35,8 millones de ellos (2,3%), alcanzando prevalencias globales en mayores de 20 años de 34% en hombres y 35% en mujeres para sobrepeso, y de 10 y 14%, respectivamente, para obesidad, la que se ha duplicado desde 1980 (5% en hombres y 8% en mujeres)(3). Por otro lado, factores de riesgo como la presión arterial elevada alcanzan prevalencias globales de hasta 40% en mayores de 25 años de edad (3). El aumento en las ENT tiene fuertes implicancias para el gasto sanitario y para el crecimiento económico de un país: se estima que cada aumento del 10% en las ENT implica una disminución en el crecimiento económico anual de 0,5%, lo que podría traducirse en que al año 2030, para América Latina, un aumento de 50% en las ENT representaría una pérdida de 2,5% en sus tasas de crecimiento económico (3). Datos reportados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) estiman que al año 2005 las pérdidas en el ingreso nacional por enfermedades cardiovasculares y diabetes en países como China, Rusia, India y Brasil, fueron de 18, 11, 9 y 3 billones de dólares, respectivamente (47). Los costos también son relevantes para los hogares en términos de su ingreso, producto del ausentismo laboral generado por las ENT y de los gastos de bolsillo asociados, por ejemplo, a la medicación. Es así como en India el costo del tratamiento de la diabetes puede significar un tercio del ingreso de un hogar de bajos ingresos (3).

La importancia de las ENT en términos de la salud de la población y de su impacto social y económico motivó a la OMS y a sus Estados Miembros a desarrollar el Plan de Acción 2008-2013 de la Estrategia Mundial para la Prevención y Control de las Enfermedades No Transmisibles, el que ha sido actualizado para el período 2013-2020. Este plan de acción se centra en las enfermedades cardiovasculares, el cáncer, las enfermedades respiratorias crónicas y la diabetes, y en cuatro factores de riesgo compartidos: dieta no saludable, sedentarismo, uso nocivo del alcohol y tabaco. Dentro de sus metas se contempla la reducción relativa de 25% en el riesgo de mortalidad prematura de estas enfermedades y la detención en el aumento de la diabetes y la obesidad (20).

c. Situación epidemiológica nacional de las enfermedades no transmisibles

De acuerdo a datos 2014 de la OMS, el 84% de las muertes en Chile se deben a ENT, existiendo una probabilidad de 12% de fallecer entre los 30 y 70 años de edad por alguna de las 4 principales (enfermedades cardiovasculares, cáncer, diabetes y enfermedades respiratorias crónicas) (21). Al año 2011, según datos del Departamento de Estadísticas e Información de Salud del Ministerio de Salud (DEIS) las primeras causas de muerte en nuestro país fueron las enfermedades cardiovasculares, con una tasa observada de 149,25 por 100.000 habitantes, seguidas de los tumores, con una tasa de 142,52 por 100.000, y de las enfermedades del sistema respiratorio, con una tasa de 52,78 por 100.000 (22).

En base al estudio de Carga de Enfermedad 2008 (datos del año 2004), la carga de enfermedad de Chile era de 3.741.247 AVISA, de los cuales el 83,9% estaba determinado por el Grupo II de ENT. Al analizar por subgrupos de causas, los tres principales subgrupos de AVISA -condiciones neuropsiquiátricas, enfermedades digestivas y enfermedades cardiovasculares- representaban el 51,2% del total de AVISA de la población chilena (1.915.076 años). Por causas específicas, la primera causa de AVISA en nuestro país corresponde a la enfermedad hipertensiva (hipertensión arterial y enfermedad cardíaca hipertensiva), seguida de los trastornos depresivos unipolares, los trastornos de las vías biliares y vesícula, la dependencia al alcohol y la cirrosis hepática; mientras que en el grupo de adultos mayores de 60 a 74 años -estrato que representa el 16,3% del total de AVISA de la población-, predominan las cataratas, la enfermedad isquémica del corazón, el Alzheimer y otras demencias y, en cuarto lugar, la diabetes tipo 2. En el grupo de 75 y más años las tres principales causas específicas de AVISA son las enfermedades cerebrovasculares, la enfermedad isquémica del corazón y el Alzheimer y otras demencias, ocupando el 5º lugar la diabetes tipo 2 (7).

En Chile, las principales causas de egresos hospitalarios en el 2011, excluyendo aquellas relacionadas con el embarazo, fueron lesiones de causa externa, enfermedades del sistema respiratorios y enfermedades del sistema digestivo, mientras que para el grupo de mayores de 65 años el primer lugar lo ocuparon las enfermedades del sistema circulatorio, y luego las de los sistemas respiratorio y digestivo (23).

Respecto a factores de riesgo, la Encuesta Nacional de Salud 2009-2010 mostró una alta prevalencia de ellos: 26,9% (IC 95% 24,9-29,1%) de la población tiene presión arterial elevada, 64,5% (IC 95%: 62 - 66,8) tiene exceso de peso, 9,4% (IC95% 8,1-10,9%) tiene diabetes, 40,6% (IC95% 38,2-42,9%) es fumador actual y 88,6% (IC 95%: 86,9 - 90,1) es sedentario (8). Mientras la OMS recomienda una ingesta diaria máxima de 5 gramos de sal, medida que tendría gran impacto en reducir la prevalencia de presión arterial elevada y las enfermedades cardiovasculares (3), en Chile la media de consumo es de 9,8 gramos al día (8). Asimismo, la OMS estimó que un “trago” estándar tenía 10 gramos de alcohol puro, pero la estimación promedio de alcohol puro en el “trago estándar chileno” fue de 15,52 gramos (8).

Dentro de las ENT cobra especial importancia la diabetes tipo 2, sobretodo en países como el nuestro que cuentan con una situación demográfica y epidemiológica favorable a su aumento: la mayor edad de la población, el exceso de peso, el sedentarismo y el mayor nivel de ingresos de un país favorecen el desarrollo de la enfermedad. El riesgo de tener diabetes tipo 2 se incrementa con el aumento en el peso, siendo exponencial respecto al aumento en el índice de masa corporal (IMC): al aumentar de valores normales (menor a 25) a más de 35, el riesgo de diabetes aumenta en 100 veces (24). La prevalencia de índice de IMC elevado aumenta con el ingreso de los países (3), aun cuando existen diferencias según el nivel socioeconómico de las poblaciones dentro de cada país. Nuestro país ha aumentado progresivamente su ingreso per cápita, siendo calificado como país de ingresos altos el año 2013 por el Banco Mundial (25); en tanto, la media

de IMC al año 2010 para Chile fue de 27,2 kg/m², es decir, el promedio nacional está en el rango de sobrepeso (8).

2. Situación epidemiológica de la diabetes

a. Situación internacional

De acuerdo a la OMS, el año 2012 las principales causas de muerte en el mundo fueron ENT, ocupando el primer lugar la enfermedad isquémica del corazón y el segundo lugar el accidente vascular encefálico. Aunque la mortalidad por diabetes suele ser subestimada en las estadísticas sanitarias rutinarias al omitirse la diabetes como parte de los certificados de defunción (26–28), en este ranking de la OMS la diabetes igualmente destaca dentro de los primeros 10 lugares, ocupando el 8º lugar y aportando con 1,5 millones de muertes a nivel mundial, con una tasa de 20 por 100.000 habitantes en los países de ingresos altos como Chile(29). A nivel global, entre los 20 y 79 años de edad se estima que las muertes por diabetes representan el 8,4% de las muertes en ese grupo etario el año 2013, siendo el 48% de ellas en menores de 60 años (26).

El riesgo de fallecer por diabetes estaría disminuyendo en consecuencia a una mejoría en el diagnóstico, tratamiento y en base a la disminución de enfermedades cardiovasculares y el manejo de factores de riesgo (30). La mortalidad por diabetes tipo 2 se redujo en aproximadamente 24% en Finlandia entre los años 1994 y 2002 (24). Aun así, países como Australia han presentado incrementos

anuales en la tasa de mortalidad estandarizada (cuando se considera como causa básica de muerte) de 0,7% en hombres, y descensos de 0,5% en mujeres, entre los años 1980 y 2005 (31). En Estados Unidos, después de ajustar por edad, la tasa de mortalidad por todas las causas en mayores de 18 años fue 1,5 veces mayor en adultos con diabetes que en adultos sin ella (32).

Según la Federación Internacional de Diabetes (FID), 382 millones de adultos, lo que corresponde a un 8,3% de la población mundial, tienen diabetes actualmente, de los cuales un 46% no ha sido diagnosticada (26). Más aún, esta misma institución afirma que los casos de diabetes podrían aumentar en al menos 592 millones de aquí al año 2035 –lo que representa una prevalencia de 10,1%, previéndose en especial un aumento en la diabetes tipo 2, que podría llegar a duplicarse (26). La diabetes tipo 2 representa el 85-95% de la diabetes en países de ingresos altos (26). Información aportada por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), país al que Chile pertenece desde el año 2010, revela que el año 2011 sus países miembros contaban con 85 millones de personas con diabetes (6,9% de la población de entre 20 y 79 años de edad) -estimándose que además habría 31 millones de personas con diabetes sin diagnosticar-, y que este número podría aumentar a 108 millones el año 2030 (33). Entre los países miembros las prevalencias en población de 20 a 79 años de edad varían entre 15,9% en México y 3,3% en Islandia (33).

La prevalencia de diabetes ha aumentado considerablemente y en diferentes proporciones en los países en las últimas décadas (34–36). Tokelau, el país con

mayor prevalencia de diabetes en el mundo, el año 2013 alcanzó una prevalencia de diabetes de 37,5% de las personas entre 20 y 79 años de edad, y que se estima para el año 2035 aumentará a 37,9%, convirtiéndose en el país con mayor prevalencia de diabetes a nivel mundial en ese grupo etario (26). Estudios en Inglaterra han mostrado aumentos en la prevalencia de diabetes de 54% en 10 años, desde 2,8% en 1996 a 4,3% en 2005, con incrementos diferentes según sexo y edad: mientras que en el grupo de 10 a 19 años la prevalencia es de 0,4%, en los adultos de 70 a 79 años es de 17%. La prevalencia de diabetes tipo 2 ha aumentado 58% en el mismo período, desde de 2,47 en 1996 a 3,9% en 2005 (36). En Finlandia, el número de personas con diabetes se incrementó en 65% entre los años 1997 y 2007; la diabetes tipo 2 corresponde al 85% de los casos de diabetes en ese país (37). Un estudio conducido entre tres áreas de Finlandia estimó una prevalencia de diabetes tipo 2 de 10% en hombres y de 7% en mujeres para el grupo de entre 45 y 64 años de edad (24). En Estados Unidos se reportó un incremento de 81% en el número de personas con diabetes entre los años 1980 y 1998, lo que significó un aumento de la prevalencia de 2,5 a 3,9% en ese período (27). Al año 2014, la prevalencia de diabetes en mayores de 20 años en Estados Unidos – casos que corresponderían entre un 90 y 95% a diabetes tipo 2- es de 12,3%, con rangos entre 4,1% en el grupo de 20 a 44 años de edad, y 25,9% en adultos de 65 y más, siendo de 8,5% en hispanos de América Central y Sudamérica (32). La prevalencia estimada al 2013 de diabetes en adultos de 20 a 79 años en América Central y del Sur es de 8,2%, y se prevé que la población con diabetes aumentará en 59,8% al año 2035, llegando a una prevalencia de 9,8%(26).

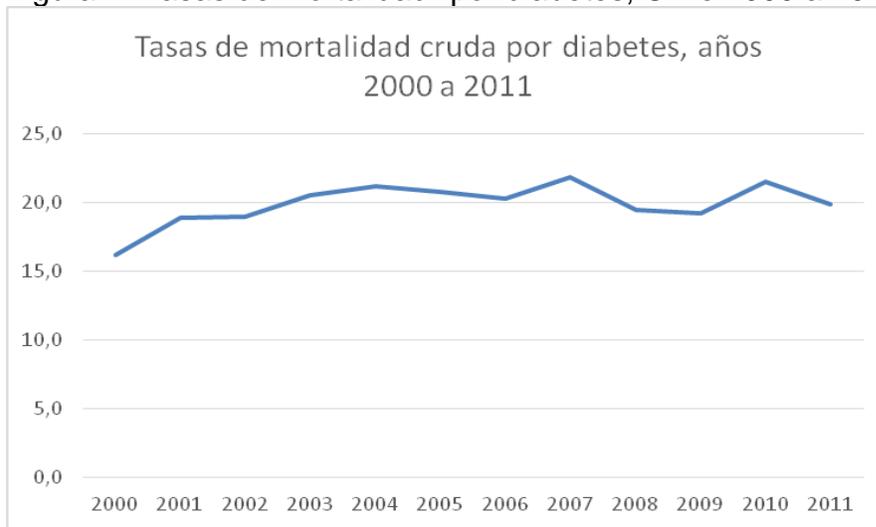
El aumento en la prevalencia de diabetes tipo 2 ha sido principalmente atribuido al exceso de peso y al envejecimiento de la población (37): en el grupo de adultos mayores de entre 60 y 79 años de edad, la diabetes alcanza una prevalencia de 18,6% a nivel global, correspondiente a 136 millones de personas que aumentarán a 252,8 millones en 2035 (26).

Respecto a incidencia, son menos los estudios existentes, en especial respecto a diabetes tipo 2 (32). La incidencia de diabetes en personas mayores de 20 años en Estados Unidos en 2012 fue de 7,8 por 1000, siendo de 3,5 en adultos de 20 a 44 años y de 11,5 en adultos de 65 y más años de edad (32). Una cohorte en este mismo país, en una muestra de individuos de entre 40 y 55 años de edad al año base, mostró un aumento en la incidencia de diabetes tipo 2 de 2% en 1970 a 3,7% en 1990, en mujeres, y de 2,7 a 5,8% en hombres (38). En Inglaterra la incidencia de diabetes tipo 2 se incrementó en un 66% entre los años 1996 y 2005, desde 2,6 a 4,31 por 1000 persona-años, respectivamente (36). En Finlandia, el aumento en el diagnóstico anual de casos nuevos de diabetes fue de 83% entre los años 1997 y 2007 (37). La cohorte española de Pizarra que incluyó 1051 individuos de entre 18 y 65 años encontró un aumento en la prevalencia de diabetes tipo 2 de 13,4 a 20,4% en seis años de seguimiento, con una incidencia de 19,1 por mil persona-años (39).

b. Situación epidemiológica nacional

En Chile, la mortalidad por diabetes (códigos E10-E14 de la Clasificación Internacional de Enfermedades, versión 10) alcanzó una tasa de 19,86 por 100.000 habitantes el año 2011 (22), la que había sido de 16,2 el año 2000(9), mostrando una leve tendencia al aumento (figura 1).

Figura 1: Tasas de mortalidad* por diabetes, Chile 2000 a 2011



*Tasas crudas por 100.000 habitantes, códigos CIE-10 E10 a E14

Fuente: elaboración propia en base a datos Departamento de Estadística e Información de Salud, Ministerio de Salud (9)

El estudio de Carga de Enfermedad 2008, al analizar por magnitud de causa específica, mostró que la diabetes ocupaba el décimo lugar en importancia de AVISA (años de vida ajustados por discapacidad) en la población chilena, con 72.230 AVISA, subiendo al cuarto lugar en los grupos de adultos de 45 a 59 años y de 60 a 74 años con 30.655 y 24.042 AVISA, respectivamente. Respecto al

grupo de ENT, la diabetes tipo 2 representa el 2,5% del total de AVISA de ese grupo (78.174) (7).

Según datos del DEIS 2011, la diabetes representó el 1,2% de los egresos hospitalarios de ese año, de los cuales el 43,1% se presentó en adultos mayores de 65 años y el 86,4% correspondió a pacientes FONASA. El promedio de días de estada de hospitalización por diabetes mellitus es de 10,4, ocupando el vigésimo lugar en días de estada entre más de 80 causas de egresos hospitalarios (23).

En términos de prevalencia, de acuerdo a la Encuesta Nacional de Salud (ENS) 2003 la prevalencia en Chile de diabetes era de 6,3% (IC 95%: 5,4-7,4%) al año 2003 (40), en población de 17 y más años de edad. Según la ENS 2009-2010 la prevalencia de diabetes en Chile en adultos de 15 y más años de edad es de 9,4% (IC 95%: 8,1-10,9) ¹, prevalencia que aumenta a 25.8% (IC 95%: 20.6-31.9) en el grupo de 65 y más años de edad (8). Según la FID, el año 2013 la prevalencia de diabetes en Chile alcanza un 10,4% en el grupo de 20 a 79 años de edad (26); aun cuando no son datos directamente comparables, la prevalencia de diabetes estimada por dicha Federación el año 2000 era de 1,4% (41). Al año 2011, Chile ocupaba el quinto lugar dentro de los países de la OCDE en prevalencia de diabetes en personas de 20 a 79 años de edad (33).

¹ Datos no directamente comparables, pues la ENS 2003 se realizó en población de 17 y más años de edad, mientras que la 2009-2010 fue en población de 15 y más años de edad, además de existir algunos cambios en el análisis de laboratorio.

De acuerdo al DEIS, el año 2013 en Chile ingresaron al Programa de Salud Cardiovascular 279.078 personas, de las cuales 82.139 eran diabéticas (42). A diciembre del año 2013 permanecían bajo control en ese programa 2.008.741 personas, 680.400 con diabetes (43). De ellas, sólo el 42.9% (292.035 personas) se encontraban compensadas bajo la meta de hemoglobina glicosilada menor a 7% (“HbA1C<7%”) (44). Así, la diabetes fue incorporada en la Estrategia Nacional de Salud de la década 2011-2020, donde se propuso como meta *“incrementar la proporción de personas con diabetes controlada”*, considerando, entre otros, la baja cobertura efectiva de la diabetes estimada el año 2010 (45).

3. Gasto en salud por diabetes

Según la FID, el 80% de los casos de diabetes a nivel mundial se concentra en países de ingresos medianos y bajos, pero sólo el 20% del gasto en salud por diabetes se encuentra en esos países. La diabetes representaba el 10,8% del gasto total en salud en adultos a nivel mundial, estimándose un gasto de 548.000 millones de dólares al año 2013, de los cuales el 75% se produciría entre los 50 y 79 años de edad. Se prevé que el gasto en diabetes aumentará a 627.000 millones de dólares al año 2035. Por otra parte, existen grandes diferencias en el gasto en salud asociado a diabetes en los países de ingresos altos y bajos: la mitad del gasto en salud en diabetes el año 2013 se concentró en sólo tres países (Estados Unidos, Alemania y Japón); Noruega gastó 10.368 dólares por persona, mientras que República del Congo, por ejemplo, sólo gastó 30 dólares por

persona. La región de América Central y del Sur gastó menos del 5% del gasto sanitario total mundial en diabetes, lo que corresponde al 13% del gasto sanitario de la región. En Chile el gasto medio por persona relacionado con diabetes sería de 1320 dólares (26). Estimaciones de los costos directos e indirectos de la diabetes para América Latina y el Caribe al año 2000 mostraron que los costos de la diabetes alcanzarían 65.216 millones de dólares anuales (10.721 millones de dólares de costos directos); para Chile esta cifra sería de 2.418 millones de dólares, siendo los costos directos 294 millones de dólares, es decir, 594 dólares per cápita (46).

La diabetes se asocia a complicaciones micro y macrovasculares tales como retinopatía, nefropatía, neuropatía, enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares (37), por lo que sus costos no sólo dependen de la enfermedad misma, sino también de su duración y de sus niveles de compensación que influyen en el desarrollo de estas complicaciones y, en consecuencia, en el manejo ambulatorio u hospitalario. En Estados Unidos, los gastos médicos promedio de las personas con diabetes fueron 2,3 veces más altos que los de personas sin diabetes (32). En Finlandia, en 1997 estimaciones mostraron que los costos de atención de pacientes con diabetes tipo 2 eran el doble de los de aquellos sin diabetes, y que los costos adicionales al existir complicaciones de la diabetes eran entre 10 y 20 veces mayores que de no haberlas. Además, las personas con diabetes representaban el 14% de los pacientes hospitalizados y el 9% de los pacientes ambulatorios (24). En ese mismo país los costos de tratamiento y asociados a diabetes aumentaron en 83% entre los años 1998 y

2007 (año en que la mayor parte de los costos asociados a diabetes se debió al tratamiento médico especializado de pacientes hospitalizados y a los medicamentos -50% de los costos totales-), lo que se explicaría por el aumento en el número de personas con diabetes (66% en el período) (47). En Australia, los costos anuales de la diabetes se han estimado en U\$4.025, los que aumentan a U\$9.645 en personas con complicaciones micro y macrovasculares (31).

De acuerdo al último informe del Estudio de Verificación del Costo Esperado de patologías GES, el costo esperado por beneficiario para el año 2013 de la diabetes tipo 2 es de \$6.163 (\$5.768 para beneficiarios Fonasa y \$7.883 para beneficiarios Isapre), ocupando el tercer lugar en los costos después de la insuficiencia renal crónica terminal -patología que además es complicación prevalente de la diabetes tipo 2- y de la hipertensión arterial esencial (15). El costo de la diabetes tipo 2 al año 2013 es de 101.787 millones de pesos, representando el 7,3% del total de los costos GES (15).

4. Justificación del estudio

La diabetes en Chile se ha consolidado como un problema de salud pública reconocido desde hace ya varios años, siendo incorporada en los Objetivos Sanitarios para la década 2000-2010 (54), en el Régimen General de Garantías en Salud (55) y en la Estrategia Nacional de Salud 2010-2020 (45). Pese a ello, no se ha podido avanzar efectivamente en su control. Es así como en el marco de la Reforma de Salud, para cumplir el objetivo sanitario “Enfrentar los desafíos

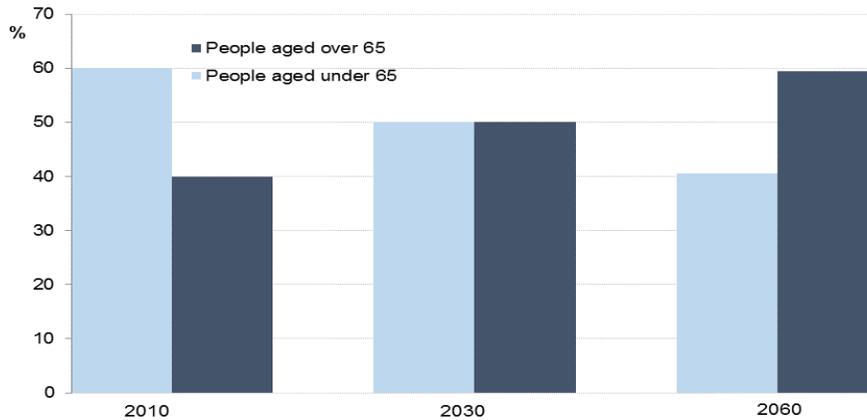
derivados del envejecimiento de la población y de los cambios de la sociedad”(54), una de las metas establecidas fue “frenar el aumento de la mortalidad por diabetes”; sin embargo, en la evaluación de mitad de período, no sólo no se logró frenar este aumento, sino que la mortalidad ajustada por diabetes al año 2007 (19,1 por cien mil habitantes) había aumentado en un 17% desde el año 1999 (16,8 por cien mil habitantes) (56). Asimismo, las prevalencias estimadas en las Encuestas Nacionales de Salud no han mostrado reducciones en los períodos evaluados, mostrando además altas prevalencias en los factores de riesgo conducentes al desarrollo de diabetes tipo 2, como son la obesidad y el sedentarismo, que también se han mantenido en el tiempo. Por otro lado, esta enfermedad se ha convertido en el tercer problema de salud más costoso dentro de las patologías GES, eso sin considerar además una serie de otros problemas de salud también GES relacionados con sus complicaciones como son el infarto agudo al miocardio y la insuficiencia renal crónica terminal. Todo ello, sumado al envejecimiento que también es un factor que influye en el aumento de la prevalencia de la diabetes tipo 2, sin duda condicionará la demanda de atención de salud y los gastos asociados a ella en los próximos años, como ya se ha visto en otros países.

Varios estudios realizados especialmente en países desarrollados, han demostrado que los gastos en salud per cápita son más altos en los adultos mayores que en el resto de la población. Datos de la OCDE señalan que el gasto per cápita en salud es alto durante los primeros años de vida, para luego disminuir y volver a incrementarse con el envejecimiento, llegando a ser a los 90 años de

vida seis veces superior al de los jóvenes (57). Un estudio con datos españoles estimó que las personas de 76 y más años de edad cuadruplican los gastos en salud de los de entre 26 y 44 años y que la media de días de estadía hospitalaria se quintuplican en los mayores de 64 años respecto a los de menos de 34 años de edad (58). Otro estudio realizado el año 2000 en siete países de la OCDE², indicó que el gasto per cápita en menores de 65 años se elevaba desde 2,7 a 4,8 veces en los mayores de 65 años (59). Cuando el envejecer es saludable, este gasto, más allá del incremento por el sólo hecho de la edad, tendría relación con la mayor mortalidad de las edades mayores, pues antes de acercarse a la muerte los años ganados en longevidad pasarían a ser años de vida saludable ganados. De hecho, proyecciones de la OCDE estiman que el componente demográfico sólo explicaría un incremento de 0,7% al año 2060 en el Producto Interno Bruto de los países OCDE y de 1% en los países no OCDE, sugiriendo que existen varios otros componentes del gasto posiblemente más relevantes, como el incremento en el crecimiento, los cambios en los precios, el desarrollo tecnológico y las características de los sistemas de salud. La OCDE sugiere que más allá de un aumento en el gasto, el envejecimiento podría producir un cambio en la estructura de éste, proyectando que el 60% del gasto en salud al año 2060 se producirá a costa de los mayores de 65 años, mientras que en 2010 este porcentaje era atribuible a los menores de 65 años (57) (figura 2).

² Australia, Canadá, Francia, Japón, Nueva Zelanda, Reino Unido y Estados Unidos.

Figura 2: Proporción del gasto en salud respecto del gasto total, según edad, OCDE



Fuente: Public spending on health and long-term care: a new set of projections - © OECD 2013 (57)

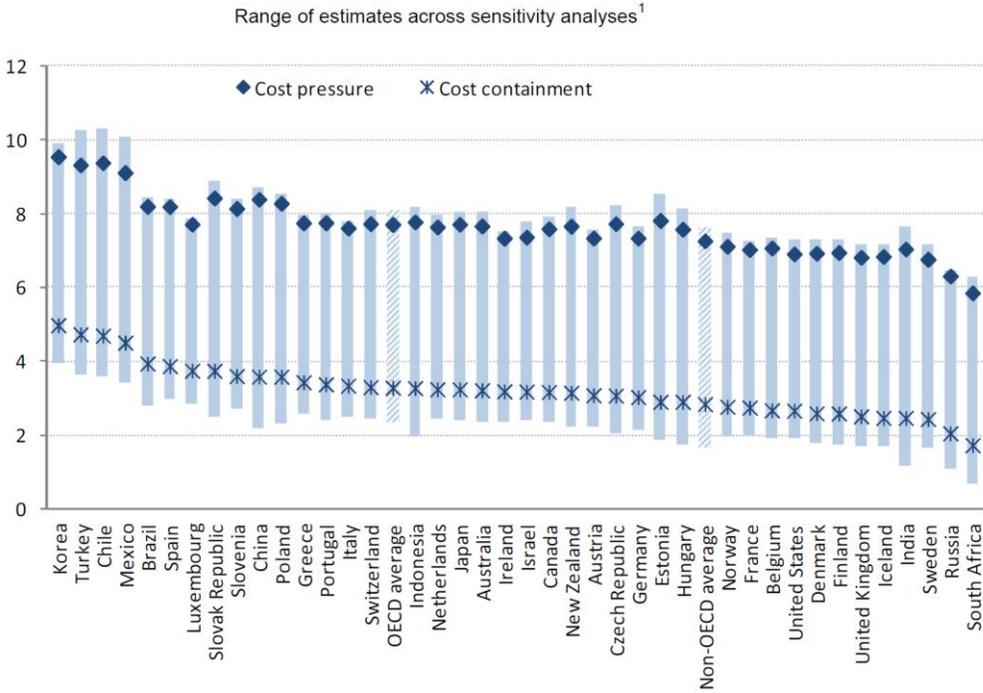
Estudios en Sri Lanka y Hong Kong mostraron que las proyecciones en el gasto en salud varían ampliamente de acuerdo a los escenarios proyectados cuando más allá del envejecimiento, se consideran variables como el rol del Gobierno en el sector salud. Así, en Sri Lanka, en un escenario en que aumenta la participación del Gobierno a través de mayor productividad del sector público, traslado de pacientes del sector privado al público y control de precios en el sector privado, el gasto podría aumentar de 4,2% del PIB en 2005 a 6,7% en 2101, mientras que considerando el peor escenario en términos de costos (mayor participación del sector privado bajo el supuesto de que el Gobierno no interviene en el control de precios en este sector, ni en mejorar la productividad del sector público), el gasto podría aumentar a 26,4% en 2101. En Hong Kong, cuando no se consideraron innovaciones tecnológicas para las patologías crónicas de los adultos mayores, el incremento en el gasto en salud aumentó de 5,5% en 2001-2002 a 10% del PIB en

2033 (60). Ambos son estudios actuariales, que no toman en cuenta los cambios en el escenario epidemiológico, pero que son más factibles de realizar por la disponibilidad de información necesaria para realizar las proyecciones.

Por otro lado, un estudio australiano que sí consideró parámetros epidemiológicos (incidencia, prevalencia, remisión, duración y exceso de mortalidad), estimó que el gasto total en salud se expandirá en un 127% desde el 2002-2003 al 2032-2033, esto es, un aumento desde A\$72 billones a A\$162 billones. El mayor incremento proyectado en los costos es para la diabetes, que se estima en 401%, en consecuencia al aumento en la prevalencia de obesidad (60).

En el caso de Chile, de acuerdo a proyecciones de la OCDE su gasto en salud en relación al PIB podría aumentar entre 5 y 9 puntos porcentuales, según el escenario proyectado (57), siendo uno de los que más podría aumentar su gasto dentro de los países de la OCDE (figura 3).

Figura 3: Puntos porcentuales de aumento en el gasto público en salud y de cuidados de largo plazo en relación al PIB, 2010-2060, OCDE



Fuente: Public spending on health and long-term care: a new set of projections - © OCDE 2013 (57)

Chile es un país que se encuentra en una situación preocupante respecto a los posibles gastos en salud a futuro, teniendo pendiente además resolver su problemática de inequidades en salud, en un escenario de envejecimiento, alta prevalencia de ENT, recursos limitados e información en salud aún insuficiente respecto a los otros países de la OCDE. Existiendo todos los elementos facilitadores para generar un aumento en la población con diabetes tipo 2, en especial adulta mayor, proyectar la población que tendrá esta enfermedad al año 2030 en ese grupo etario, teniendo en consideración los posibles cambios demográficos y epidemiológicos que afectarán a nuestra población –propósito de

esta tesis-, se convierte en un insumo útil para la toma de decisiones en salud, justificando su desarrollo toda vez que la información generada puede aportar como insumo para prepararse frente a un potencial aumento en la carga asistencial y del gasto en salud a futuro por diabetes, pero también motivar la necesidad de priorizar problemas de salud relevantes o políticas de salud destinadas a prevenirlos.

III. Capítulo III: Hipótesis

El número de adultos mayores con diabetes tipo 2 y su prevalencia aumentarán al año 2030 en consecuencia al cambio en el perfil demográfico y epidemiológico de la población.

IV. Capítulo IV: Objetivos

1. Objetivo General

Estimar el número de adultos mayores con diabetes tipo 2 en Chile al año 2030, proyectando los cambios demográficos y epidemiológicos de la población a través de la aplicación de un modelo markoviano.

2. Objetivos específicos:

- a. Representar la transición entre los distintos estados asociados a la diabetes tipo 2 mediante un modelo de Markov
- b. Definir un escenario demográfico y epidemiológico como información de base para poblar el modelo, en base a la información disponible en Chile o internacionalmente.
- c. Proyectar la prevalencia de adultos mayores con diabetes tipo 2 en Chile al año 2030, por sexo.
- d. Generar información relevante para el desarrollo de políticas públicas tendientes a enfrentar la diabetes tipo 2 en el futuro.

V. Capítulo V: Metodología

Previo a la descripción de la metodología empleada en esta tesis (sección “2. Métodos”), a continuación se describen brevemente los Modelos de Markov.

1. Modelos de Markov

Los modelos de análisis de decisiones se utilizan en evaluaciones económicas para contribuir a la decisión de dónde asignar recursos en salud, cuando se está frente a diferentes alternativas que tienen costos y resultados distintos. Los modelos de decisión en economía de la salud permiten, entre otros, extrapolar datos observados, generalizar resultados a otros escenarios de pacientes, y relacionar outcomes intermedios y finales (48). Entre estos modelos, los más utilizados son los árboles de decisiones, los cuales se representan por una estructura con distintas ramas, siendo cada una de ellas un posible evento a ocurrir en el futuro según la decisión que se tome (48), lo que permite, por ejemplo, modelar el pronóstico de un paciente cuando se decide un tratamiento determinado (49). Si bien estos modelos son útiles en evaluaciones económicas, no lo son tanto para el modelamiento de enfermedades crónicas, pues tienen la desventaja de que, eventos que recurren en el tiempo (por ejemplo, un cuadro de cetoacidosis diabética) son difíciles de representar pues se debe aumentar el número de ramas y extender excesivamente el horizonte de tiempo a evaluar, confiriendo una complejidad inmanejable el árbol de decisiones (48).

En este contexto, el uso de modelos de Markov en evaluaciones económicas ha ido en aumento, siendo el modelo recomendado cuando se requiere modelar resultados de largo plazo, enfermedades crónicas o situaciones en que los eventos pueden ser recurrentes en el tiempo o no se sabe cuándo pueden ocurrir(48–50).

Los modelos de Markov suponen que un individuo, para un número finito de estados de salud, sólo puede permanecer en uno de esos estados, entre los cuales se puede progresar con una probabilidad X (llamada “probabilidad de transición”, que puede ser variable –dando origen a procesos de Markov- o constante –generando cadenas de Markov) en el tiempo Y (27,48–51).

Ellos se han utilizado en otros países para proyectar la carga de enfermedad por diabetes en el futuro (27,52,53). En Chile, hasta donde alcanza nuestro conocimiento, no se han publicado artículos utilizando esta metodología para proyectar la carga de diabetes en el tiempo.

2. Métodos

Se estimó el número de personas adultas mayores con diabetes tipo 2 al año 2030, utilizando un modelo de Markov que consideró la distribución de la población, la prevalencia de diabetes al año base (2010), estimaciones de incidencia de la enfermedad y las tasas de mortalidad asociadas a los estados diabético y no diabético, según edad y sexo.

El modelo consideró ciclos de un año de duración, en que los estados posibles fueron los tres definidos a continuación:

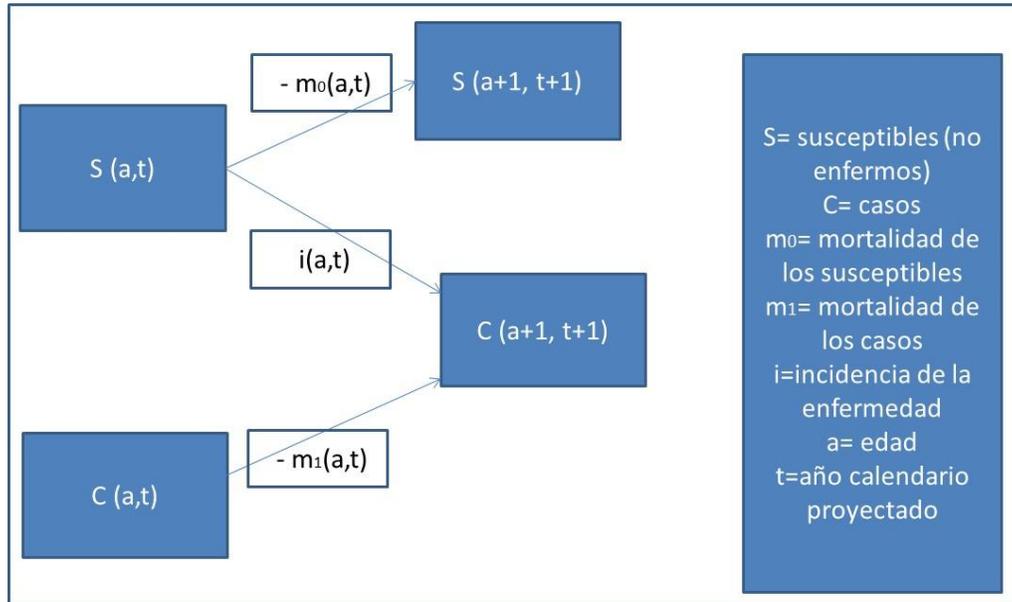
S= susceptible (personas sin diabetes tipo 2)

C= caso (personas con diabetes tipo 2)

M= muerto (personas fallecidas)

La figura 4 resume los estados de transición que podían ocurrir en el modelo.

Figura 4: Modelo ilustrativo para diabetes tipo 2 y sus estados de transición, para un ciclo de un año de duración



Fuente: elaboración propia para el modelo diseñado, en base a (51,53)

De acuerdo a este modelo, los estados podían ser: permanecer como susceptibles, transitar de susceptible a caso, de susceptible a muerte o de caso a muerte, es decir, un sujeto sano podía mantenerse en el estado sano, desarrollar la enfermedad o morir por otras causas diferentes a la diabetes. Dado que la diabetes es una enfermedad de carácter crónico, una persona enferma sólo podía permanecer enferma o morir, pero no regresar al estado sano.

El modelo tuvo como año base el 2010, pues se contaba con datos chilenos de prevalencia de diabetes tipo 2, estimados a partir de la Encuesta Nacional de Salud 2009-2010³, para ese año en población adulta, que son de representatividad nacional (8,61). Si bien la cohorte se inició a los 0 años de edad para proyectar las poblaciones entrantes al modelo en los años siguientes, la población que finalmente se incluye en los resultados de adultos mayores fue la de 45 años y

³ “Esta investigación utilizó información de la Encuesta Nacional de Salud 2009-2010. El autor agradece al Ministerio de Salud, propietario intelectual de la Encuesta, haberle permitido disponer de la base de datos. Todos los resultados del estudio son de responsabilidad del autor y en nada comprometen a dicho Ministerio”.

más, pues son los adultos quienes concentran la diabetes tipo 2 por sobre los jóvenes (8,27,53), logrando que al partir con este grupo etario se logre proyectar en el período de estudio la población objetivo del modelo que era la mayor de 65 años.

Para construir el año base y conformar la cohorte en el tiempo, la población utilizada fue la población por quinquenios proyectada al año 2050 por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) (62), asumiendo los supuestos ahí configurados respecto a fecundidad, migración, mortalidad y esperanza de vida. Dado que el INE sólo realiza proyecciones de población hasta el grupo de 80 años y más, y que, para dichas proyecciones asume que la probabilidad de mortalidad a los 80 años y más es igual a 1 (es decir, después de los 80 años de edad, todos fallecen)(62), el modelo consideró la población hasta los 79 años de edad por edad simple y luego el grupo de 80 años y más. Las proyecciones de población para los años 2020-2050 sólo están disponibles por quinquenios, por lo que se interpolaron linealmente los datos entre cada quinquenio para obtener el dato de población por año calendario, utilizando la fórmula:

$$\alpha = \frac{P_{ob_{t_5}}}{P_{ob_{t_0}}}^{(1/5)}$$

$$P_{ob_{t_x}} = P_{ob_{t_x-1}} * \alpha$$

Donde:

α =constante y $P_{ob_{t_x}}$ = población en el año de interés

Dado que tampoco se contaba con las proyecciones de población al año 2030 por edad simple, éstas se estimaron utilizando la tasa de crecimiento resultante de la intrapolación lineal de cada quinquenio, bajo el supuesto de que la estructura de la población no cambia en los diez años proyectados. Las tasas de crecimiento obtenidas se muestran en la tabla siguiente (tabla 1).

Tabla 1: Tasa de crecimiento quinquenal intrapolada

Quinquenio de edad	Hombres		Mujeres	
	Quinquenio 2021-2025	Quinquenio 2026-2030	Quinquenio 2021-2025	Quinquenio 2026-2030
0- 4	-0,002613	-0,0059215	-0,002641	-0,0059419
5-9	-0,0023036	-0,002595	-0,0023635	-0,0026231
10-14	0,00165716	-0,0022915	0,00155187	-0,0023515
15-19	0,00154584	0,00168725	0,00140991	0,00156573
20-24	-0,0141933	0,00160823	-0,0144473	0,00142814
25-29	-0,022505	-0,0141162	-0,022843	-0,0144275
30-34	0,0033522	-0,0224265	0,00282312	-0,0228213
35-39	0,02025151	0,00343314	0,01963498	0,00284933
40-44	0,02464272	0,02033809	0,02318009	0,01967829
45-49	-0,0110941	0,02475057	-0,0123837	0,02324797
50-54	-2,296E-05	-0,0109388	-0,0008001	-0,0122723
55-59	-0,0041324	0,00021647	-0,0047291	-0,0006155
60-64	0,02841732	-0,0037727	0,02797698	-0,0044315
65-69	0,04754072	0,02898626	0,04614265	0,0284713
70-74	0,03899523	0,04840562	0,03628114	0,04694361
75-79	0,03592972	0,04024463	0,03221996	0,03753158
80+	0,04477205	0,04147758	0,03990232	0,03780162

Fuente: elaboración propia

Para proyectar la población por edad simple de los años 2021 a 2025 y 2026 a 2030 se utilizó la tasa de crecimiento del quinquenio correspondiente, usando la misma tasa para cada edad simple del grupo quinquenal correspondiente, con la fórmula:

$$Pob_{t1}=(TC_{quinq} *Pob_{t0})+Pob_{t0}$$

Donde:

Pob_t = población en el tiempo x

TC_{quinq} = tasa de crecimiento en el quinquenio correspondiente

Las probabilidades de transición requeridas en el modelo, que fue construido en el programa Microsoft Office Excel 2007, son las que representan la prevalencia,

incidencia y mortalidad de la población susceptible y de la población caso (población con diabetes).

El modelo incluyó las siguientes fórmulas para llegar a estimar el número de personas con diabetes tipo 2 y sus prevalencias en cada año calendario y por cada edad simple hasta el grupo de 80 y más años de edad, entre los años 2010 y 2030:

$$(1) \text{PoD}_{it1} = (\text{PoD}_{it0} - \text{MD}_{it0}) + [(\text{PoS}_{it0} - \text{MND}_{it0}) * I_{it0}]$$

Donde:

PoD_{it1} = Población con diabetes tipo 2 en el tiempo 1 en el grupo de edad i

PoD_{it0} = Población con diabetes tipo 2 en el tiempo 0 en el grupo de edad i

MD_{it0} = Muertes de personas con diabetes tipo 2 en el tiempo 0 en el grupo de edad i

PoS_{it0} = Población susceptible en el tiempo 0 en el grupo de edad i

MND_{it0} = Muertes por otras causas (en personas sin diabetes tipo 2) en el tiempo 0 en el grupo de edad i

I_{it0} = Incidencia de diabetes tipo 2 en el tiempo 0 en el grupo de edad i

Para el año base la población se distribuyó de acuerdo a la prevalencia de diabetes tipo 2 del año base, es decir:

$$(2) \text{Po}_{it0} = (\text{Po}_{it0} * \text{PD}_{it0}) + (1 - \text{PD}_{it0}) * \text{Po}_{it0}$$

$$\text{PoD}_{it0} = (\text{Po}_{it0} * \text{PD}_{it0})$$

$$\text{PoS}_{it0} = (1 - \text{PD}_{it0}) * \text{Po}_{it0}$$

Donde:

Po_{it0} = población total en el tiempo 0 en el grupo de edad i

PD_{it0} = prevalencia de diabetes en el tiempo 0 en el grupo de edad i

$$(3) \text{PoS}_{it1} = (\text{PoS}_{it0} - \text{MND}_{it0}) - [(\text{PoS}_{it0} - \text{MND}_{it0}) * I_{it0}]$$

Donde:

PoS_{it1} = Población susceptible en el tiempo 1 en el grupo de edad i

$$(4) \text{MD}_{it1} = \text{PMD}_{i-1t0} * \text{PoD}_{it0}$$

Donde:

MD_{it1} = Muertes en personas con diabetes tipo 2 en el tiempo 1 en el grupo de edad i

PMD_{i-1t0} = probabilidad de morir de las personas con diabetes en el grupo de edad i-1 en el tiempo 0

$$(5) \text{MND}_{it1} = \text{PMND}_{i-1t0} * \text{PoS}_{it0}$$

Donde:

MND_{it1} = Muertes por otras causas (muertes en personas sin diabetes tipo 2) en el tiempo 1 en el grupo de edad i

PMND_{i-1t0} = probabilidad de morir por otras causas (no teniendo diabetes tipo 2) en el grupo de edad i-1 en el tiempo 0

Las prevalencias de diabetes tipo 2 utilizadas para el año base fueron las reportadas en la Encuesta Nacional de Salud 2009-2010, construidas a partir de una muestra representativa nacional de adultos de 15 y más años de edad, a través de una encuesta en hogares y mediciones de laboratorio, definiendo diabetes como “glicemia mayor o igual a 126 mg/dl o autoreporte de diagnóstico médico”, incluyendo sólo a aquellos participantes con muestra de sangre y ayuno de al menos 8 horas y excluyendo el autoreporte de diabetes gestacional(8,61,63). Para obtener las probabilidades de transición al estado muerto, se construyeron las tablas de vida (o tablas de mortalidad) de la población al año 2010, utilizando el módulo de demografía del software EpiDat versión 4.0 (64), software de

carácter gratuito distribuido a través de la página Web de la Dirección Xeral de Innovación e Xestión da Saúde Pública, Xunta de Galicia (<http://dxsp.sergas.es>)(65). Estas tablas entregan las probabilidades de muerte para la población general en edad simple o quinquenal (64), a partir del ingreso de los datos de población país estimados por el INE (62) y de la base de defunciones 2010 del Departamento de Estadísticas e Información de Salud del Ministerio de Salud (9).

Considerando que en Chile no existen proyecciones de mortalidad anuales por edad y sexo, las proyecciones requeridas para los años siguientes fueron construidas basándose en las estimaciones del INE (4). Para ello, a partir de la tabla de vida construida con las defunciones y población del año 2010, se interpolaron linealmente los datos con las tablas límites (al año 2048) publicadas por el INE, al igual que lo señalado en la metodología de su documento de proyecciones de población (62). Asimismo, dado que las tablas límite fueron construidas por grupos quinquenales de edad, los datos fueron interpolados para obtener la probabilidad de muerte de cada año de edad simple⁴.

Las bases de defunciones en Chile se construyen en base a la causa básica de muerte registrada en el certificado de defunción, por lo podría ocurrir que el diagnóstico de diabetes no estuviera señalado en dicho certificado como diagnóstico asociado ni como causa básica de muerte (por ejemplo, el caso de una personas que, teniendo diabetes, falleció de un infarto), lo que supondría una subestimación de la mortalidad en personas diabéticas. Estudios internacionales han reportado cifras de entre 40 y 70% de registro efectivo de la diabetes en los certificados de defunción de pacientes con diabetes conocida (66); un estudio norteamericano mostró una sensibilidad y especificidad de 6,2 y 99,8%, respectivamente, de registrar diabetes como causa básica de muerte en el

⁴ Para obtener las probabilidades de muerte por edad simple, se dividió cada quinquenio en cinco partes iguales (exceptuando el primer quinquenio en que se mantuvieron las proyecciones ya calculadas del grupo de edad 0 y en que se dividió el primer tramo de edad -1 a 4 años- en 4), dado que la variación al aplicar la función estimada fue mínima (Ver anexo 1).

certificado de defunción (67). Conocidas estas limitaciones y considerando que el modelo requería información de mortalidad tanto para las personas que tienen diabetes como para las que no la tienen, para estimar dichas mortalidades al año 2010 y sus proyecciones no se usó la mortalidad por diabetes reportada en las bases de defunciones del DEIS, sino la mortalidad general proyectada y los riesgos relativos de muerte reportados en la literatura, de acuerdo a la metodología empleada por Honneycutt en sus proyecciones de prevalencia de diabetes al año 2050 (27). En dicho artículo los autores descompusieron la mortalidad general en mortalidad para personas con diabetes y para personas sin diabetes, según las siguientes fórmulas:

$$M_{it} = \theta_{it} * M_{it}^D + (1 - \theta_{it}) * M_{it}^N$$

Donde:

M_{it} = mortalidad general para el subgrupo de edad i en el tiempo t

M_{it}^D = tasa de mortalidad de personas con diabetes tipo 2 para el subgrupo de edad i en el tiempo t

M_{it}^N = tasa de mortalidad de personas sin diabetes tipo 2 para el subgrupo de edad i en el tiempo t

θ_{it} = Prevalencia de diabetes proyectada para el subgrupo de edad i en el tiempo t

Asumiendo que la mortalidad de las personas con diabetes tipo 2 es igual al riesgo relativo de morir por diabetes multiplicado por la mortalidad de personas sin diabetes tipo 2:

$$M_{it}^D = r_i * M_{it}^N$$

Donde:

r_i = riesgo relativo de morir de las personas con diabetes a la edad i

Se puede estimar la mortalidad para las personas sin diabetes tipo 2 mediante la fórmula:

$$M_{it}^N = \frac{M_{it}}{\theta_{it} * r_i - \theta_{it} + 1}$$

Para encontrar información referente a riesgos relativos de mortalidad en personas diabéticas respecto a no diabéticas se realizó una búsqueda bibliográfica en Pubmed con los términos Mesh “mortality”, “risk”, “diabetes mellitus” y Chile (término no Mesh) y en Scielo con los términos diabetes, riesgo relativo y Chile y diabetes risk y Chile. Dado que no se encontró información de riesgos relativos chilenos de mortalidad en personas con diabetes tipo 2, se decidió utilizar datos reportados en la literatura internacional, ampliando la búsqueda en Pubmed sin incluir el término Chile y usando también la técnica de bola de nieve para encontrar nuevos artículos de interés. Para seleccionar los artículos se priorizaron aquellos que reportaran riesgos relativos de población con diabetes respecto a población general, para diferentes grupos etarios y en países de la OCDE. Si bien los ensayos clínicos y los metaanálisis aportan la mayor evidencia en términos de causalidad, este tipo de estudios en general no reportó datos de riesgos relativos en población general sino frente a intervenciones específicas, o para un grupo etario específico, por lo que no pudieron utilizarse, aún cuando un metaanálisis identificado (68) se utilizó para localizar referencias que no hubiesen sido incluidas en la búsqueda en las bases consultadas.

La situación de Chile en términos de prevalencia de exceso de peso y de diabetes es particular, pues sus frecuencias son mucho más altas que la mayoría de los otros países de la OCDE, ocupando el sexto lugar en obesidad y el quinto lugar en diabetes (33), por lo que existe un número limitado de estudios como los buscados en países de similares características al nuestro. Se encontraron estudios que reportaron riesgos relativos de mortalidad por diabetes respecto a población general en Estados Unidos, Canadá y países de Europa. De los artículos seleccionados, se optó por el estudio norteamericano de Gu (69), que fue

realizado en una muestra de pacientes participantes en la First National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES), -encuesta realizada en una muestra nacional de Estados Unidos-, y en que se analizaron los certificados de defunción de aproximadamente 4.500 participantes de entre 25 y 74 años de edad, tras un seguimiento de 22 años (entre 1971 y 1993). En términos de mortalidad por diabetes, Estados Unidos tenía tasas similares a las actuales en Chile en el período de seguimiento. Este estudio, si bien reporta diabetes en general (no tipo 2), lo hace en mayores de 25 años, grupo de edad a partir del cual la diabetes tipo 2 correspondería a entre el 90 y 95% de todos los casos de diabetes (32) (igualmente, al excluir los casos que posiblemente correspondían a diabetes tipo 1, los riesgos estimados no variaron en el estudio de Gu). Además, reporta resultados para diversos grupos etarios (desde 35 años de edad), por sexo, consistentes con otros datos reportados en la literatura, y cuyos resultados permitieron estimar consistentemente la incidencia con el software “DisMod II”, en términos de prevalencia, incidencia y duración de la enfermedad. Dada la variedad en los períodos de estudio, edades y riesgos reportados, y aún cuando la situación epidemiológica de diabetes en Escocia dista bastante de la magnitud chilena (70), se propuso un escenario alternativo con el estudio escocés de Barnett (71), realizado recientemente (2010). En él se hizo seguimiento por 12 años a una población con diabetes tipo 2 de 10.532 habitantes, mediante el uso de diferentes registros electrónicos. Sus resultados fueron reportados como hazard ratio (estimados para el número de casos acumulados, por lo que son asimilables a riesgos relativos), para población con diabetes tipo 2 (y no diabetes en general como otros estudios) de diversos grupos etarios (desde 35 años de edad) y por sexo, y también fueron consistentes con otros datos reportados en la literatura y al realizar las estimaciones de incidencia con el software “DisMod II”. Los riesgos relativos utilizados se reportan en la tabla siguiente (tabla 2).

Tabla 2: Riesgos relativos de mortalidad en población con diabetes tipo 2 respecto a población general

Estudio	Grupo de edad (años)	Hombres		Mujeres	
		HR	95% CI	HR	95% CI
Gu (69)	25-44	4,9	no reportado	3,2	No reportado
	45-64	2	no reportado	2,7	no reportado
	65-74	1,4	no reportado	1,6	no reportado
Barnett (71)	35-44	4,59	(1.59-13.28)	4.38	(1.36-14.08)
	45-54	2.19	(1.53-3.13)	3.2	(1.9-5.36)
	55-64	1.52	(1.27-1.83)	1.69	(1.32-2.14)
	65-74	1.33	(1.17-1.52)	1.32	(1.13-1.54)
	≥75	1.11	(0.97-1.26)	1.29	(1.15-1.45)

Fuente: (69,71)

La búsqueda bibliográfica de tasas de incidencia para Chile se realizó con los términos “diabetes mellitus” (Mesh), “incidence” y “Chile” y “diabetes mellitus” (Mesh), “epidemiology” y “Chile” en Pubmed, y con los términos “diabetes” y “Chile” en Scielo. No se encontraron resultados para diabetes tipo 2 ni para diabetes en general. Por ello, y dado que la incidencia de diabetes tipo 2 depende de factores de riesgo como edad y sedentarismo y obesidad –de prevalencias mucho mayores en Chile que en otros países de la OECD-, no se utilizaron datos reportados internacionalmente, sino que las tasas de incidencia, por edad simple, se estimaron utilizando el software “DisMod II”. Éste es un software de uso gratuito que fue desarrollado por Jan Barendregt del Departamento de Salud Pública de Erasmus University, Holanda (72) por encargo de la Organización Mundial de la Salud (73) y que fue usado en el estudio mundial de carga de enfermedad del año 2000 y en el estudio de carga de enfermedad chileno del año 2008, cuando no fue posible contar con información de incidencia (7,74). Este software, utilizando ecuaciones diferenciales, permite estimar datos epidemiológicos que no están disponibles o mejorar la consistencia entre los datos

existentes (74), a partir del ingreso de la tasa de mortalidad general, de la población en estudio y al menos 3 variables de entrada, entre las cuales se consideran incidencia, prevalencia, remisión, duración, mortalidad, letalidad y riesgo relativo de mortalidad (estas dos últimas se consideran como la misma variable de ingreso) (73). Para estimar la incidencia en este estudio se utilizó la prevalencia de la Encuesta Nacional de Salud 2009-2010, los mismos riesgos relativos seleccionados en el modelo para la estimación de mortalidad y se asumió una remisión igual a cero, considerando que la diabetes es una enfermedad crónica, no recuperable. Se asumió el supuesto de que el riesgo del grupo de menor edad era igual al de menor edad reportado, es decir, que el riesgo del grupo de 35 a 44 años era igual al del grupo de 25 a 34 años, en el caso del estudio de Barnett, y que la magnitud del riesgo se mantenía para el quinquenio de edad siguiente en el estudio de Gu, en que el reporte de riesgos sólo era hasta los 74 años de edad.

Las prevalencias de diabetes para poblar el año base del modelo se estimaron para cada grupo de edad utilizando la base de datos de la Encuesta Nacional de Salud 2009-2010, disponible en el sitio web del Departamento de Epidemiología del Ministerio de Salud (75). Si bien el informe de validación de la Encuesta publicado en el mismo sitio señala que las estimaciones corresponden a diabetes tipo 2 (61), esto no está especificado así en el informe de resultados (8); sin embargo, dado que la diabetes tipo 1 es una enfermedad que en general de diagnostica en niños y adultos jóvenes y que requiere tratamiento con insulina desde el momento de su diagnóstico (26), y que en la base de datos de la ENS 2009-2010 (75) ninguno de los casos con sospecha de diabetes usuarios de insulina reportó que inició este tipo de tratamiento antes de los 50 años, se asumió que los datos efectivamente corresponden a prevalencia de diabetes tipo 2. Las prevalencias estimadas por grupo quinquenal de edad se presentan en la tabla 3.

Tabla 3: Prevalencia de diabetes tipo 2 por grupos quinquenales de edad, en base a Encuesta Nacional de Salud 2009-2010

Grupo de edad	Hombres			Mujeres		
	Prevalencia (%)	ICS	ICI	Prevalencia (%)	ICS	ICI
15 a 19	0,00	0,00	0,00	0,57	2,98	0,11
20 a 24	0,40	1,85	0,09	0,59	4,11	0,08
25 a 29	0,10	0,73	0,01	0,17	0,69	0,04
30 a 34	4,90	10,66	2,17	3,35	8,63	1,26
35 a 39	1,94	6,21	0,58	0,85	2,77	0,26
40 a 44	7,41	18,61	2,72	9,29	17,98	4,57
45 a 49	9,31	17,51	4,73	9,45	16,86	5,10
50 a 54	6,80	15,40	2,90	18,20	26,70	12,00
55 a 59	22,60	34,10	14,10	15,70	25,50	9,20
60 a 64	23,00	36,60	13,50	30,60	42,50	20,80
65 a 69	45,40	65,60	26,60	24,80	35,30	16,60
70 a 74	30,90	50,40	16,50	24,50	38,30	14,40
75 a 79	19,90	38,70	8,90	17,70	30,20	9,60
80 y más	3,47	9,08	1,28	21,83	34,42	12,94

Fuente: estimaciones en base a Encuesta Nacional de Salud 2009-2010 (75).

*ICS: intervalo de confianza superior. ICI: intervalo de confianza inferior

Considerando que los intervalos de confianza para edades simples y grupos de edad quinquenal eran muy amplios, para poblar el año base del modelo y para estimar la incidencia en el software DisMod se decidió utilizar los mismos grupos de edad reportados en la encuesta (tabla 4). Utilizar intervalos menores como edad simple o quinquenal se traducían en una subestimación de la prevalencia de diabetes al año base.

Tabla 4: Prevalencia de diabetes tipo 2 por grupos de edad reportados en la Encuesta Nacional de Salud 2009-2010

	Hombres			Mujeres		
	Prevalencia (%)	ICI	ICS	Prevalencia (%)	ICI	ICS
15-24	0,2	0,0	0,8	0,6	0,2	2,1
25-44	2,9	1,4	5,7	4,4	2,5	7,7
45-64	14,3	10,6	19,0	17,3	13,6	21,6
65 y más	29,4	19,9	41,1	22,8	17,8	28,6
Total	8,4	6,6	10,6	10,4	8,7	12,5

Fuente: Estimaciones en base a Encuesta Nacional de Salud 2009-2010 (75)

Las prevalencias para los años siguientes se estimaron dividiendo el número de personas con diabetes estimado por el modelo, por la población estimada al mismo año, por 100. En el caso de la prevalencia total el denominador fue la población total, por lo que las prevalencias al año base no son directamente comparables con las de la Encuesta Nacional de Salud (cuyo denominador es población mayor de 15 años de edad), aunque al utilizar el mismo denominador las prevalencias base son consistentes entre el modelo y las reportadas por la encuesta.

Las incidencias estimadas utilizando el software DisMod II con los datos de prevalencia y riesgos relativos antes mencionados se presentan en la sección de resultados. En relación a las tasas de incidencia, si bien éstas no son probabilidades, cuando los períodos de tiempo definidos en los ciclos son los mismos que los períodos en que se estimaron las tasas (un año, por ejemplo), éstas se utilizan indistintamente (51), tal como lo han utilizado algunos autores para estimar la prevalencia de diabetes en el futuro (27,53). Aún así, existen fórmulas para convertir las tasas de incidencia en probabilidades en un período de tiempo, asumiendo que las tasas se mantienen constantes durante dicho período(51,76):

$$P=1-\exp[-rt]$$

Donde:

P=probabilidad

r= tasa de incidencia

t=período de interés

Al aplicar la fórmula descrita en el modelo las incidencias variaron mínimamente⁵ - pues ya están estimadas en un año calendario mediante el software DisMod, aproximándose a incidencias acumuladas-, por lo que no se corrigió por la fórmula.

En el modelo, la prevalencia se modifica de acuerdo a la incidencia y mortalidad introducidas en el mismo. Se asumió que la incidencia y los riesgos relativos se mantuvieron estables en el período de estudio, mientras que la mortalidad varió de acuerdo a las probabilidades de muerte proyectadas. Para objetivar la variación entre el año base y el año de término, las prevalencias obtenidas para el grupo de adultos mayores se estandarizaron directamente, por edad, utilizando como referencia la población del censo 2002 actualizada (8).

⁵ Al aproximar los valores a tres decimales luego de aplicar la fórmula, los datos se mantienen

VI. Capítulo VI: Aspectos éticos

La presente investigación se basa en el uso de información secundaria que no involucra directamente aplicación de instrumentos en seres humanos. La información y bases de datos nacionales (base de datos de la Encuesta Nacional de Salud 2009-2010) utilizadas se encuentran a libre disposición en los sitios web de las instituciones a cargo o son descargadas directamente de dichos sitios tras ser solicitadas mediante formulario electrónico. Son bases innominadas y no contienen datos sensibles que permitan la identificación de los sujetos de investigación que han aportado la información recolectada. Los resultados son contruidos en base a datos agregados de poblaciones.

Los resultados de esta investigación pueden aportar información útil para el desarrollo de políticas públicas; sin embargo, reportar las limitaciones del mismo es también un aspecto ético a considerar, teniendo en cuenta que en el desarrollo del modelo se asumieron una serie de supuestos dada la falta de información necesaria para poblarlo. En ese sentido, los datos utilizados son aquellos que permiten lograr el escenario más conservador, de modo de no sobreestimar los resultados. Asimismo, destacar las brechas de información es también un deber ético, toda vez que contar con información confiable y válida permite mejorar estimaciones que pueden influir en las decisiones relativas a políticas de salud que impactan directamente a las personas.

VII. Capítulo VII: Bibliografía del proyecto de tesis

1. Naciones Unidas. Informe de la Segunda Asamblea Mundial sobre el Envejecimiento. Nueva York: Publicación de las Naciones Unidas; 2002.
2. United Nations. Department of Economic and Social Affairs Population Division. World Population Ageing 2013. New York: United Nations publication; 2013. p. 114.
3. World Health Organization. Global status report on noncommunicable diseases 2010. Geneva; 2011 p. 164.
4. Instituto Nacional de Estadísticas. Demograficas y Vitales | Instituto Nacional de Estadísticas| INE 2014 [Internet]. Actualización de población 2000-2012 y proyecciones 2013-2020. 2014 [cited 2014 Nov 20]. Available from: http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/familias/demograficas_vitales.php
5. Omran AR. The epidemiologic transition: a theory of the epidemiology of population change. 1971. Milbank Q [Internet]. 2005 Jan;83(4):731–57. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=2690264&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
6. Szot J. The Demographic-Epidemiological Transition in Chile , 1960-2001. Rev Esp Salud Pública. 2003;(77):605–13.
7. Ministerio de Salud de Chile. Informe final estudio de carga de enfermedad y carga atribuible [Internet]. 2008 p. 101. Available from: http://epi.minsal.cl/epi/html/invest/cargaenf2008/Informe_final_carga_Enf_2007.pdf
8. Ministerio de Salud. División de Planificación Sanitaria. Departamento de Epidemiología. Encuesta Nacional de Salud ENS Chile 2009-2010. Capítulo V. Resultados [Internet]. Ministerio de Salud; 2011. p. 802. Available from: http://epi.minsal.cl/wp-content/uploads/2012/07/Informe-ENS-2009-2010.-CAP-5_FINALv1juliocepi.pdf
9. Ministerio de Salud. Defunciones y Mortalidad por causas - DEIS [Internet]. Mortalidad por algunas causas según regiones 2000 a 2011. Mortalidad por causas según sexo, Chile 2000-2011. [cited 2014 Aug 12]. Available from: <http://www.deis.cl/?p=2541>

10. Matute I. Diagnósticos Regionales con Enfoque DSS. Informe Nacional. [Internet]. Santiago; 2012 p. 32. Available from: <http://epi.minsal.cl/estudios-y-encuestas-poblacionales/diagnosticos-regionales/>
11. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Ley 19966 Establece un Régimen de Garantías en Salud. Chile; 2004.
12. Ministerio de Salud. Garantías Explícitas en Salud del Régimen General de Garantías en Salud. Decreto N°170. 2004 p. 1–53.
13. Ministerio de Salud. Normativas del AUGE | Ministerio de Salud. Gobierno de Chile [Internet]. [cited 2014 Dec 9]. Available from: http://web.minsal.cl/AUGE_NORMATIVA
14. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Ley 19966 Establece un Régimen de Garantías en Salud. Chile; 2004.
15. Ministerio de Salud de Chile. Estudio Verificación del Costo Esperado Individual Promedio por Beneficiario del Conjunto Priorizado de Problemas de Salud con Garantías Explícitas 2012. 2013 p. 61.
16. Comisión Económica para América Latina y El Caribe. El envejecimiento y las personas de edad. Indicadores para América Latina y el Caribe. 2008. p. 4.
17. Bolaños MG. La teoría de la transición epidemiológica. Doc Investig Col Mexiquense. 1999;(7):1–11.
18. Organización Mundial de la Salud. Las 10 causas principales de defunción en el mundo [Internet]. World Health Organization; 2014 [cited 2014 Nov 5]. Available from: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs310/es/index2.html>
19. Organización Mundial de la Salud. Enfermedades no transmisibles [Internet]. Nota descriptiva. World Health Organization; 2013 [cited 2014 Nov 5]. Available from: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs355/es/>
20. World Health Organization. Global Action Plan for the Prevention and Control of Noncommunicable Diseases 2013-2020. Geneva; 2013. p. 55.
21. World Health Organization. Noncommunicable Diseases Country Profiles 2014. Geneva; 2014 p. 210.
22. Departamento de Estadísticas e Información de Salud. Indicadores Básicos de Salud Chile 2013 [Internet]. Ministerio de Salud, Departamento de

- Estadísticas e Información de Salud. 2013 [cited 2014 Apr 7]. Available from: <http://www.deis.cl/wp-content/uploads/2013/12/IBS-2013.pdf>
23. Departamento de Estadística e Información de Salud. Ministerio de Salud. Egresos Hospitalarios - DEIS [Internet]. [cited 2014 Dec 9]. Available from: <http://www.deis.cl/?p=47>
 24. Winell K, Reunanen A. Diabetes Barometer 2005. Tampere, Finland: Finnish Diabetes Association; 2006.
 25. Grupo del Banco Mundial. Chile [Internet]. El país en datos. 2014 [cited 2014 Dec 10]. Available from: <http://www.bancomundial.org/es/country/chile>
 26. International Diabetes Federation. Atlas de la Diabetes de la FID [Internet]. 6^a ed. Brussels, Belgium: International Diabetes Federation; 2013. Available from: <http://www.idf.org/diabetesatlas>
 27. Honeycutt AA, Boyle JP, Broglio KR, Thompson TJ, Hoerger TJ, Geiss LS, et al. A Dynamic Markov Model for Forecasting Diabetes Prevalence in the United States through 2050. *Health Care Manag Sci.* 2003;6(3):155–64.
 28. Barcelo A, Aedo C, Rajpathak S, Robles S. The cost of diabetes in Latin America and the Caribbean. *Bull World Health Organ.* 2003;81(01):19–28.
 29. World Health Organization. WHO | The top 10 causes of death [Internet]. Fact sheet N°310. World Health Organization; 2014 [cited 2014 Aug 2]. Available from: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs310/en/>
 30. Taylor KS, Heneghan CJ, Farmer AJ, Fuller AM, Adler AI, Aronson JK, et al. All-cause and cardiovascular mortality in middle-aged people with type 2 diabetes compared with people without diabetes in a large U.K. primary care database. *Diabetes Care* [Internet]. 2013 Aug [cited 2014 Nov 17];36(8):2366–71. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3714501&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
 31. Baker IDI Heart and Diabetes Institute. Diabetes : the silent pandemic and its impact on Australia. 2012. p. 27.
 32. Centers for Disease Control and Prevention. National Diabetes Statistics Report , 2014. Estimates of Diabetes and Its Burden in the United States. 2014 p. 2009–12.
 33. OECD. Health at a Glance 2013: OECD Indicators. [Internet]. OECD Publishing; 2013. Available from: http://dx.doi.org/10.1787/health_glance-2013-en

34. Lipscombe LL, Hux JE. Trends in diabetes prevalence, incidence, and mortality in Ontario, Canada 1995-2005: a population-based study. *Lancet* [Internet]. 2007 Mar 3;369(9563):750–6. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17336651>
35. Carstensen B, Kristensen JK, Ottosen P, Borch-Johnsen K. The Danish National Diabetes Register: trends in incidence, prevalence and mortality. *Diabetologia* [Internet]. 2008 Dec [cited 2014 Nov 5];51(12):2187–96. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18815769>
36. González ELM, Johansson S, Wallander M, Rodríguez L a G. Trends in the prevalence and incidence of diabetes in the UK: 1996-2005. *J Epidemiol Community Health* [Internet]. 2009 Apr [cited 2014 Nov 5];63(4):332–6. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19240084>
37. Sund R, Koski S. FinDM II. On the register-based measurement of the prevalence and incidence of diabetes and its long-term complications. A technical report. Tampere, Finland; 2009 p. 24.
38. Fox CS, Pencina MJ, Meigs JB, Vasan RS, Yamini S, Agostino RBD. Trends in the Incidence of Type 2 Diabetes Mellitus From the 1970s to the 1990s. *Circulation* [Internet]. 2006;2914–8. Available from: <http://circ.ahajournals.org/content/113/25/2914>
39. Soriguer F, Rojo-Martínez G, Almaraz MC, Esteva I, Ruiz de Adana MS, Morcillo S, et al. Incidence of type 2 diabetes in southern Spain (Pizarra Study). *Eur J Clin Invest*. 2008;38(2):126–33.
40. Departamento de Epidemiología Ministerio de Salud. Fe de erratas ENS 2003 [Internet]. Fe de erratas. [cited 2014 Nov 30]. Available from: http://epi.minsal.cl/wp-content/uploads/2012/07/Fe_de_erratas1.pdf
41. International Diabetes Federation. *Diabetes Atlas 2000*. Brussels, Belgium; 2000. p. 306.
42. Departamento de Estadísticas e Información de Salud. Ministerio de Salud. *Ingresos al PSCV, SNSS 2013*. 2013.
43. Departamento de Estadísticas e Información de Salud. Ministerio de Salud. *Población en control PSCV, SNSS, 2013*. 2013.
44. Departamento de Estadísticas e Información de Salud. Ministerio de Salud. *Población en control PCV, según metas de compensación, SNSS 2013*. 2013.

45. Gobierno de Chile. Estrategia Nacional de Salud para el cumplimiento de los Objetivos Sanitarios de la Década 2011-2020. [Internet]. Available from: <http://web.minsal.cl/portal/url/item/c4034eddbc96ca6de0400101640159b8.pdf>
46. Barcelo A, Aedo C, Rajpathak S, Robles S. The cost of diabetes in Latin America and the Caribbean. *Bull World Health Organ*. 2003;81(01):19–28.
47. Finnish Diabetes Association. The national diabetes programme Dehko. Prevalence, incidence and costs of diabetes in Finland 1998-2007. 2009 p. 2.
48. Gray A, Clarke P, Wolstenholme J, Wordsworth S. Applied methods of cost-effectiveness analysis in health care. 1st ed. Gray A, Briggs A, editors. Oxford: Oxford University Press; 2011.
49. Sonnenberg F a., Beck JR. Markov Models in Medical Decision Making: A Practical Guide. *Med Decis Mak* [Internet]. 1993 Dec 1 [cited 2014 Jul 13];13(4):322–38. Available from: <http://mdm.sagepub.com/cgi/doi/10.1177/0272989X9301300409>
50. Rodríguez Barrios JM. Papel de los modelos en las evaluaciones económicas en el campo sanitario. *Farm Hosp*. 2004;28(4):231–42.
51. Briggs A, Claxton K, Sculpher M. Decision modelling for health economic evaluation. 1st ed. Oxford: Oxford University Press; 2006.
52. Imperatore G, Boyle JP, Thompson TJ, Case D, Dabelea D, Hamman RF, et al. Projections of type 1 and type 2 diabetes burden in the U.S. population aged <20 years through 2050: dynamic modeling of incidence, mortality, and population growth. *Diabetes Care* [Internet]. 2012 Dec [cited 2014 Jul 29];35(12):2515–20. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3507562&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
53. Brinks R, Tamayo T, Kowall B, Rathmann W. Prevalence of type 2 diabetes in Germany in 2040: estimates from an epidemiological model. *Eur J Epidemiol* [Internet]. 2012 Oct [cited 2014 Mar 27];27(10):791–7. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22878939>
54. Ministerio de Salud. Los Objetivos Sanitarios para la Década 2000-2010. [Internet]. Santiago; 2002 p. 272. Available from: http://epi.minsal.cl/epi/html/sdesalud/OS/OS2000_2010.htm
55. Ministerio de Salud. Garantías Explícitas en Salud del Régimen General de Garantías en Salud. Decreto N°170. 2004 p. 1–53.

56. Ministerio de Salud. Evaluación de los Objetivos Sanitarios de la Década 2000-2010. Evaluación de final del período. Grado de cumplimiento de los objetivos de Impacto. [Internet]. 1ª ed. Santiago: Ministerio de Salud Chile; 2010 [cited 2014 May 20]. Available from: <http://epi.minsal.cl/epi/html/sdesalud/OS/EvaluacionObjetivosSanitarios2000-2010.pdf>
57. De la Maisonneuve C, Oliveira M J. Public spending on health and long-term care: a new set of projections. OECD Econ Policy Pap. 2013;(06).
58. Ahn N, Meseguer JA, Herce San Miguel J. Gasto sanitario y envejecimiento de la población en España. Documentos de Trabajo. Fundación BBVA; 2003.
59. Mahal A, Berman P, NandaKumar AK. Health Expenditures and the Elderly : A Survey of Issues in Forecasting , Methods Used , and Relevance for Developing Countries. 2002 p. 41.
60. United Nations. Department of Economic and Social Affairs. World economic and social survey, 2007: development in an ageing world [Internet]. United Nat. Choice Reviews Online. New York; 2007. Available from: <http://www.cro3.org/cgi/doi/10.5860/CHOICE.45-2157>
61. Departamento de Epidemiología Ministerio de Salud. Criterios usados para la validación de base de datos Encuesta Nacional de Salud 2009-2010. 2012. p. 1–15.
62. Instituto Nacional de Estadísticas, Comisión Económica para América Latina y El Caribe. Chile: Proyecciones y Estimaciones de Población. Total País 1950-2050 [Internet]. Cepal. Santiago de Chile: CEPAL; p. 103. Available from: http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/demografia_y_vitales/proyecciones/Informes/Microsoft Word - InforP_T.pdf
63. Ministerio de Salud. División de Planificación Sanitaria. Departamento de Epidemiología. Encuesta Nacional de Salud Chile 2009-2010. Capítulo III. Metodología [Internet]. Ministerio de Salud; 2011. p. 143. Available from: epi.minsal.cl
64. Servizo de Epidemioloxía de la Dirección Xeral de Innovación e Xestión da Saúde Pública de la Consellería de Sanidade (Xunta de Galicia)., (OPS-OMS). OP de la S. Epidat 4: Ayuda de demografía. 2012. p. 155.
65. Servizo Galego de Saúde. Innovación y Gestión de la Salud Pública [Internet]. [cited 2014 Nov 27]. Available from:

http://www.sergas.es/MostrarContidos_Portais.aspx?IdPaxina=50100&Idioma=es

66. Thomason MJ, Biddulph JP, Cull C a, Holman RR. Reporting of diabetes on death certificates using data from the UK Prospective Diabetes Study. *Diabet Med* [Internet]. 2005 Aug [cited 2014 Nov 24];22(8):1031–6. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16026369>
67. Cheng WS, Wingard DL, Kritz-silverstein D, Barrett-connor E. Sensitivity and Specificity of Death Certificates for Diabetes: As Good as it Gets? *Diabetes Care*. 2008;31(2):279–84.
68. Nwaneri C, Cooper H, Bowen-Jones D. Mortality in type 2 diabetes mellitus. *Br J Diabetes Vasc Dis*. 2013;13(4):192–207.
69. Gu K, Cowie C, Harris M. Mortality in adults with and without diabetes in a national cohort of the U.S. population, 1971-1993. *Diabetes Care*. 1998;21(7):1138–45.
70. The global diabetes community. *Diabetes.co.uk* [Internet]. Diabetes prevalence. 2015 [cited 2015 Jan 18]. Available from: <http://www.diabetes.co.uk/diabetes-prevalence.html>
71. Barnett KN, Ogston S a, McMurdo MET, Morris a D, Evans JMM. A 12-year follow-up study of all-cause and cardiovascular mortality among 10,532 people newly diagnosed with Type 2 diabetes in Tayside, Scotland. *Diabet Med* [Internet]. 2010 Oct [cited 2014 Nov 24];27(10):1124–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20854379>
72. World Health Organization. WHO | Software tools [Internet]. World Health Organization; 2014 [cited 2014 Nov 24]. Available from: http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/tools_software/en/
73. Mathers C, Vos T, López A, Salomon J, Ezzati M, editors. *National Burden of Disease Studies: A Practical Guide*. Edition 2.0. Global Program on Evidence for Health Policy. Geneva: World Health Organization; 2001.
74. Barendregt JJ, Oortmarssen GJ Van, Vos T, Murray CJL. A generic model for the assessment of disease epidemiology: the computational basis of DisMod II. *Popul Health Metr*. 2003;8:1–8.
75. Ministerio de Salud. División de Planificación Sanitaria. Departamento de Epidemiología. Encuesta Nacional de Salud 2009-2010 - EPI [Internet]. Encuesta Nacional de Salud. 2012 [cited 2014 Nov 27]. Available from: <http://epi.minsal.cl/estudios-y-encuestas-poblacionales/encuestas-poblacionales/descarga-ens/>

76. Miller DK, Homan SM. Determining Transition Probabilities: Confusion and Suggestions. *Med Decis Mak* [Internet]. 1994 Feb 1 [cited 2015 Jan 5];14(1):52–8. Available from: <http://mdm.sagepub.com/cgi/doi/10.1177/0272989X9401400107>

VIII. Capítulo VIII: Anexos

Las proyecciones de mortalidad anuales por edad y sexo al año 2030 se estimaron a través de interpolaciones lineales considerando como puntos de inicio las probabilidades de muerte obtenidas de la tabla de vida 2010 -calculada con el software EpiDat versión 4.0- y de la tabla límite al año 2048 reportada por el INE(4), para las cuales se contaban con datos por edad quinquenal y sexo. Para obtener las probabilidades de muerte por edad simple, se utilizó la fórmula:

$$\text{Muertes en el grupo quinquenal} = q_x N_0 * \{(1-q_x) + (1-q_x)^2 + (1-q_x)^3 + (1-q_x)^4 + (1-q_x)^5\}$$

Derivada a partir de las estimaciones de las poblaciones para cada quinquenio al año 2030, a partir del año base 2010, como sigue:

Las muertes en el año base están dadas por la fórmula: $q_x * N_0$,

donde q_x es la probabilidad de morir por la población inicial N_0

Luego,

$$q_x N_1 = q_x * N_0 (1 - q_x)$$

y, por lo tanto,

$$N_1 = N_0 (1 - q_x) = N_0 - N_0 q_x$$

$$N_2 = N_1 - q_x N_1$$

$$N_2 = N_1 (1 - q_x)$$

Reemplazando en la fórmula N_1 :

$$N_2 = N_0 (1 - q_x) * (1 - q_x)$$

$$N_2=N_0(1-q_x)^2$$

$$N_3=N_2-q_xN_2$$

$$N_3=N_2(1-q_x)$$

$$N_3=N_0(1-q_x)^2 * (1-q_x)$$

$$N_3=N_0 (1-q_x)^3$$

$$N_4=N_0(1-q_x)^4$$

$$N_5=N_0(1-q_x)^5$$

Donde:

N_0 =población inicial al año 2010

q_x = probabilidad de morir al año base

N_1 =población al quinquenio

N_5 = población final

Por lo tanto,

$$\text{Muertes en el grupo quinquenal} = q_xN_0 + q_xN_0 * (1-q_x)^2 + q_xN_0 * (1-q_x)^3 + q_xN_0 * (1-q_x)^4 + q_xN_0 * (1-q_x)^5$$

$$\text{Muertes en el grupo quinquenal} = q_xN_0 * \{(1-q_x) + (1-q_x)^2 + (1-q_x)^3 + (1-q_x)^4 + (1-q_x)^5\}$$

Y la probabilidad de morir es:

$$\underline{\text{Muertes en el grupo quinquenal}} = q_x * \{(1-q_x) + (1-q_x)^2 + (1-q_x)^3 + (1-q_x)^4 + (1-q_x)^5\}$$
$$N_0$$

Dado que la variación en la constante al aplicar la función estimada fue mínima, finalmente se dividió cada quinquenio en cinco partes iguales (exceptuando el primer quinquenio en que se mantuvieron las proyecciones ya calculadas del grupo de edad 0 y en que se dividió el primer tramo de edad -1 a 4 años- en 4).

IX. Capítulo IX: Resultados y discusión

Los resultados y discusión de la presente tesis se presentan en el manuscrito a continuación.

1. Manuscrito: Proyección de población adulta mayor con diabetes tipo 2 en Chile al año 2030

Tania Alfaro Morgado⁽¹⁾, Rony Lenz Alcayaga⁽²⁾

(1) Tesista Escuela de Salud Pública Universidad de Chile

(2) Escuela de Salud Pública Universidad de Chile

Resumen:

Introducción y objetivo: La diabetes tipo 2 es un problema relevante en Chile, país cuya situación demográfica, epidemiológica y económica es propicia para un aumento inminente en su prevalencia, en especial en el grupo de adultos mayores. El objetivo del estudio es estimar el número de adultos mayores con diabetes tipo 2 en Chile al año 2030, a través de un modelo de Markov. **Métodos:** Se estimó el número de adultos mayores de 65 a 79 años con diabetes tipo 2 al año 2030, usando un modelo de Markov que consideró distribución de la población, prevalencia de diabetes, incidencia y mortalidad, según edad y sexo, utilizando información de bases secundarias. **Resultados:** Se proyectó un aumento en el número de adultos mayores de 65 a 79 años de edad con diabetes tipo 2, desde 314.627 en 2010 a 745.310 en 2030, lo que representa un incremento de 136,9%. La prevalencia aumentó desde 25,7% a 28,3% en el mismo período. **Conclusiones:** El modelo permite proyectar el número de adultos mayores con diabetes tipo 2 -el que irá en aumento aún cuando la incidencia se mantenga estable-, así como relevar la necesidad de información referente a diabetes en Chile.

Palabras clave: diabetes tipo 2, adulto mayor, prevalencia

Introducción

De acuerdo a datos 2014 de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el 84% de las muertes en Chile se debe a enfermedades no transmisibles (ENT), existiendo una probabilidad de 12% de fallecer entre los 30 y 70 años de edad por alguna de las 4 principales: enfermedades cardiovasculares, cáncer, diabetes y enfermedades respiratorias crónicas (1). En Chile, la tasa de mortalidad por diabetes observada 2011 fue de 19,86 por 100.000 habitantes (2), mientras que la prevalencia de esta enfermedad en mayores de 15 años alcanzó un 9,4% en 2010, la que aumenta a 25.8% en el grupo de 65 y más años de edad (3). La diabetes ocupa el cuarto lugar en importancia de años de vida ajustados por discapacidad (AVISA) en los grupos de adultos de 45 a 59 años y de 60 a 74 años(4).

Según la Federación Internacional de Diabetes, el 8,3% de la población mundial tiene diabetes actualmente, la que aumentaría a 10,1% al año 2035, previéndose que dentro de ella la diabetes tipo 2 (DT2) podría llegar a duplicarse (5), esto último atribuible al envejecimiento de la población, al exceso de peso y al mayor nivel de ingresos de los países (6,7). La situación demográfica, epidemiológica y económica de nuestro país permiten prever que el aumento de prevalencia de DT2 es inminente: la población mayor de 60 años aumentará de 14,5% en 2014 a 17,3% en 2020 (8); el 64,5% de nuestra población tiene exceso de peso y el 88,6% es sedentario (3); nuestro ingreso per cápita nos cataloga como país de altos ingresos (9), ocupando Chile el quinto lugar dentro de los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) en prevalencia de diabetes en personas de 20 a 79 años de edad a 2011 (10). Por otro lado, la DT2 se ha convertido en el tercer problema de salud más costoso dentro de las Garantías Explícitas en Salud (GES) (11), eso sin considerar complicaciones como infarto agudo al miocardio e insuficiencia renal crónica terminal, también GES.

La OCDE sugiere que el envejecimiento podría producir un cambio en la estructura del gasto en salud, proyectando que el 60% de éste a 2060 se producirá a costa de los mayores de 65 años (12), mientras que un estudio australiano estimó que el mayor incremento proyectado en los costos en salud en el período 2002-2003 al 2032-2033 era para diabetes (401%) (13). Es evidente que la DT2 será predominante en los gastos en salud a futuro y asociados al adulto mayor. En este contexto, la diabetes en Chile se ha consolidado como un problema de salud pública reconocido desde hace ya varios años, siendo incorporada en los Objetivos Sanitarios para la década 2000-2010 (14), en el Régimen General GES (15) y en la Estrategia Nacional de Salud 2010-2020 (16), políticas de salud que requieren de vasta información para su planificación en términos de carga de enfermedad y costos, como para su evaluación. Así, la presente investigación tiene por objetivo estimar el número de adultos mayores con DT2 al año 2030, aplicando un modelo de Markov que tenga en consideración los cambios demográficos y epidemiológicos que afectan a nuestra población.

Material y métodos

Se estimó el número de personas adultas mayores con DT2 al año 2030, utilizando un modelo de Markov que consideró la distribución de la población, la prevalencia de diabetes al año base, estimaciones de incidencia de la enfermedad y tasas de mortalidad asociadas a los estados diabético y no diabético, según edad y sexo.

El modelo consideró ciclos de un año de duración, en que los estados posibles fueron:

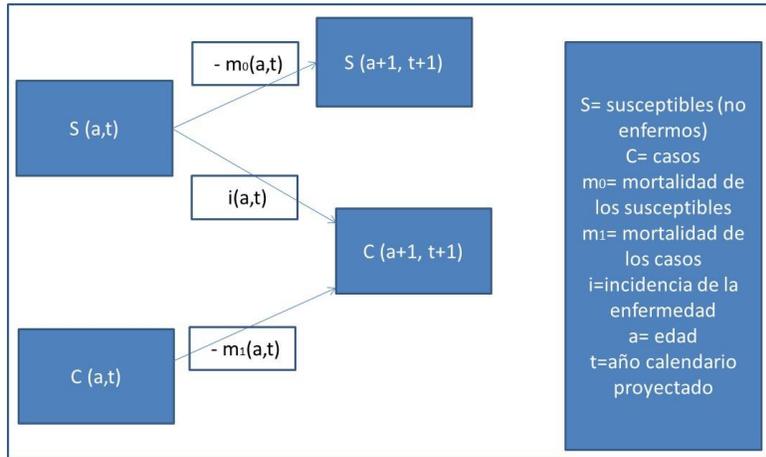
S= susceptible (personas sin DT2)

C= caso (personas con DT2)

M= muerto (personas fallecidas)

La figura 1 resume los estados de transición que podían ocurrir en el modelo.

Figura 1: Modelo ilustrativo para DT2 y sus estados de transición, para un ciclo de un año de duración



Fuente: elaboración propia para el modelo diseñado, en base a (17,18)

De acuerdo a este modelo, los estados podían ser: permanecer como susceptible, transitar de susceptible a caso, de susceptible a muerte o de caso a muerte, es decir, un sujeto sano podía mantenerse en el estado sano, desarrollar la enfermedad o morir por otras causas diferentes a la diabetes. Dado que la diabetes es una enfermedad de carácter crónico, una persona enferma sólo podía permanecer enferma o morir, pero no regresar al estado sano.

El modelo tuvo como año base el 2010, pues se contaba con datos chilenos de prevalencia de DT2, estimados a partir de la Encuesta Nacional de Salud 2009-2010⁶ (ENS).

Para construir el año base y conformar la cohorte en el tiempo, la población utilizada fue la proyectada por quinquenios al año 2050 por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) (20). Dado que el INE sólo realiza proyecciones de población hasta el grupo de 80 años y más, para las cuales asume que la probabilidad de

⁶ “Esta investigación utilizó información de la Encuesta Nacional de Salud 2009-2010. El autor agradece al Ministerio de Salud, propietario intelectual de la Encuesta, haberle permitido disponer de la base de datos. Todos los resultados del estudio son de responsabilidad del autor y en nada comprometen a dicho Ministerio”.

mortalidad a los 80 años y más es igual a 1 (es decir, después de los 80 años de edad, todos fallecen) (20), el modelo consideró la población hasta los 79 años por edad simple y luego el grupo de 80 años y más. Las proyecciones de población para los años 2020-2050 sólo están disponibles por quinquenios, por lo que se interpolaron linealmente los datos entre cada quinquenio para obtener el dato por año calendario. Dado que tampoco se contaba con las proyecciones de población al año 2030 por edad simple, éstas se estimaron utilizando la tasa de crecimiento resultante de la intrapolación lineal de cada quinquenio, bajo el supuesto de que la estructura de la población no cambia entre los años 2020 y 2030.

Las probabilidades de transición requeridas en el modelo, que fue construido en el programa Microsoft office Excel 2007, son las que representan la prevalencia, incidencia y mortalidad de la población susceptible y de la población caso (población diabética).

La proyección de personas diabéticas con el modelo se realizó a partir de la fórmula:

$$(1) PoD_{it1} = (PoD_{it0} - MD_{it0}) + [(PoS_{it0} - MND_{it0}) * I_{it0}]$$

Donde:

PoD_{it1} = Población con DT2 en el tiempo 1 en grupo de edad i

PoD_{it0} = Población con DT2 en el tiempo 0 en grupo de edad i

MD_{it0} = Muertes de personas con DT2 en el tiempo 0 en grupo de edad i

PoS_{it0} = Población susceptible en el tiempo 0 en grupo de edad i

MND_{it0} = Muertes por otras causas (en personas sin DT2) en el tiempo 0 en grupo de edad i

I_{it0} = Incidencia de DT2 en el tiempo 0 en grupo de edad i

Las fórmulas para construir la recién mencionada se encuentran en el apéndice 1. Para el año base la población se distribuyó de acuerdo a las prevalencias de DT2 2010 por edad y sexo, obtenidas desde la ENS 2009-2010, las que fueron

construidas a partir de una muestra representativa nacional de adultos de 15 y más años de edad, a través de una encuesta en hogares y mediciones de laboratorio, definiendo diabetes como “glicemia mayor o igual a 126 mg/dl o autoreporte de diagnóstico médico”, incluyendo sólo a aquellos participantes con muestra de sangre y ayuno de al menos 8 horas y excluyendo el autoreporte de diabetes gestacional (3,19,21).

Para obtener las probabilidades de transición al estado muerto, se construyeron las tablas de vida de la población al año 2010, utilizando el módulo de demografía del software EpiDat versión 4.0 (22), a partir del ingreso de los datos de población país estimados por el INE (20) y de la base de defunciones 2010 del Departamento de Estadísticas e Información de Salud (DEIS) del Ministerio de Salud (23).

Considerando que en Chile no existen proyecciones de mortalidad anuales por edad y sexo, las proyecciones requeridas para los años siguientes fueron construidas basándose en las estimaciones del INE (8). Para ello, a partir de la tabla de vida construida con las defunciones y población del año 2010, se interpolaron linealmente los datos con las tablas límites (al año 2048) publicadas por el INE, al igual que lo señalado en la metodología de su documento de proyecciones de población (20). Dado que las tablas límite fueron construidas por grupos quinquenales de edad, los datos fueron interpolados para obtener la probabilidad de muerte de cada año de edad simple.

En Chile, las bases de defunciones se construyen en base a la causa básica de muerte registrada en el certificado de defunción, lo que podría constituir una subestimación de la mortalidad en personas diabéticas (24,25). Por ello, para estimar las probabilidades de muerte por diabetes al año 2010 y sus proyecciones se usó la mortalidad general proyectada y los riesgos relativos (RR) de muerte reportados en la literatura, de acuerdo a la metodología empleada por Honneycutt en sus proyecciones de prevalencia de diabetes al año 2050 (26) (apéndice 2).

Los RR utilizados para proyectar la mortalidad se obtuvieron del estudio de Gu(27), que fue realizado en una muestra de pacientes participantes en la First National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES), -encuesta realizada en una muestra nacional de Estados Unidos-, y en que se analizaron los certificados de defunción de aproximadamente 4.500 participantes de entre 25 y 74 años de edad, tras un seguimiento de 22 años (1971 a 1993). Se planteó un escenario alternativo utilizando los datos del estudio escocés de Barnett (28), realizado recientemente (2010), en que se hizo seguimiento por 12 años a una población diabética tipo 2 de 10.532 habitantes, mediante uso de diferentes registros electrónicos.

Dado que Chile no cuenta con datos de incidencia para DT2, éstas se estimaron por edad simple utilizando el software “DisMod II”, desarrollado por Jan Barendregt del Departamento de Salud Pública de Erasmus University, Holanda (29) para la OMS (30) y que fue usado en los estudios de carga de enfermedad mundial del año 2000 y en el chileno 2008, cuando no fue posible contar con información de incidencia (4,31). Para estimar la incidencia en cada escenario del estudio se utilizó la prevalencia de la ENS 2009-2010, los RR de cada uno de los dos artículos seleccionados (Gu (27) y Barnett (28)), y se asumió una remisión igual a cero, considerando que la diabetes es una enfermedad crónica, no recuperable.

Las prevalencias de diabetes para cada grupo de edad se estimaron utilizando la base de datos de la ENS 2009-2010, disponible en el sitio web del Departamento de Epidemiología del Ministerio de Salud (32). Las prevalencias no se introdujeron en el software DisMod por edad simple, pues los intervalos de confianza para dichas estimaciones eran demasiado amplios.

Las prevalencias para los años siguientes se estimaron dividiendo el número de personas con diabetes estimado por el modelo, por la población correspondiente estimada al mismo año, por 100. En el caso de la prevalencia total el denominador fue la población total.

Los RR, prevalencias e incidencias utilizadas se presentan en el apéndice 3.

En el modelo, la prevalencia se modifica de acuerdo a la incidencia y mortalidad del año previo introducidas en el mismo. Se asumió que la incidencia y los RR se mantuvieron estables en el período de estudio, mientras que la mortalidad varió de acuerdo las probabilidades de muerte proyectadas. Para objetivar la variación entre el año base y el año de término, las prevalencias obtenidas para el grupo de adultos mayores se estandarizaron directamente, por edad, utilizando como referencia la población del censo 2002 actualizada (8).

La presente investigación se basa en el uso de información secundaria que no contiene datos sensibles que permitan la identificación de los sujetos de investigación que han aportado dicha información. Las bases de datos utilizadas se encuentran a libre disposición en los sitios web de las instituciones a cargo o son descargadas directamente de dichos sitios tras ser solicitadas mediante formulario electrónico.

Resultados:

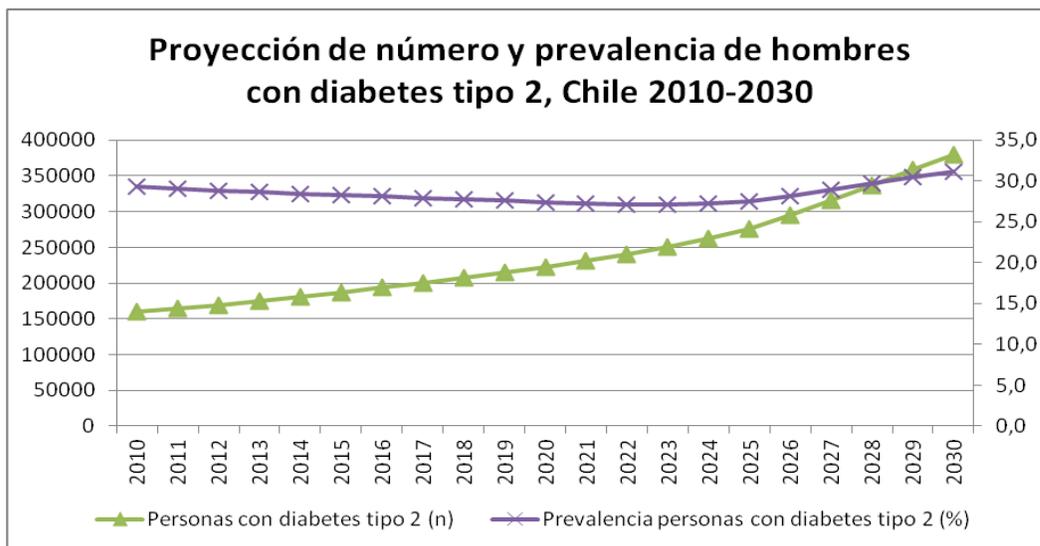
Las incidencias estimadas utilizando el software DisMod II se presentan en el apéndice 3 (tablas 4 y 5).

Considerando las características de la información disponible para las proyecciones de población (en que la probabilidad de morir para el grupo de 80 y más años de edad es 1), el modelo subestimó la población de 80 años y más de edad, tanto para población total como para diabéticos. Dada la magnitud de la subestimación, este grupo se excluyó de los análisis, reportándose resultados para el grupo de 65 a 79 años de edad.

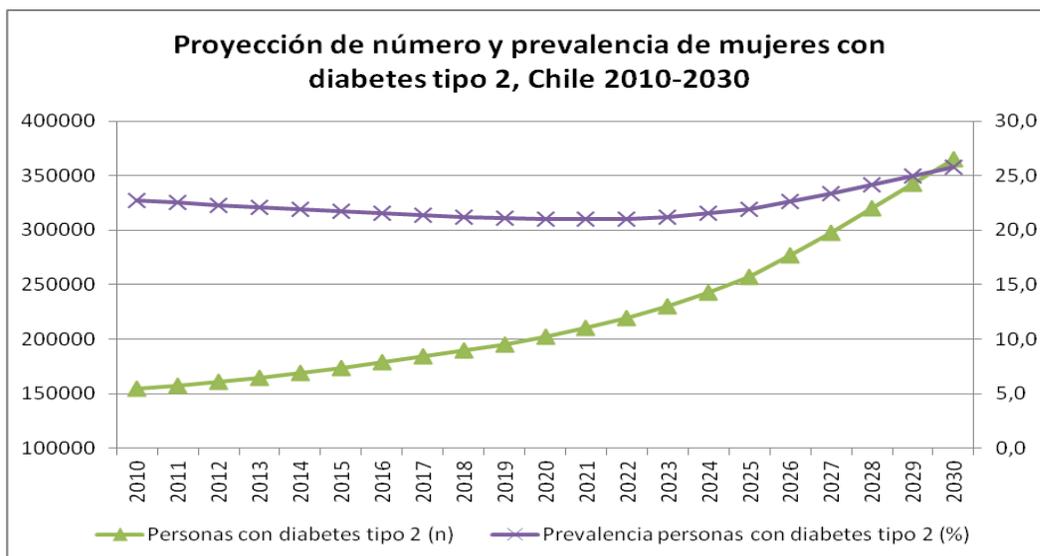
Las proyecciones estimadas por el modelo para adultos mayores, usando los RR reportados por Gu, por año calendario y sexo, se presentan en la figura 1 (1a,1b).

Figura 1: Proyección de número de personas con DT2 y prevalencia, Chile 2010-2030, por sexo.

1a: Proyección de número de personas con DT2 y prevalencia, Chile 2010-2030, hombres.



1b: Proyección de número de personas con DT2 y prevalencia, Chile 2010-2030, mujeres



El modelo estima que, al año 2030, la población de 65 a 79 años de edad con DT2 aumentará en 136,9%, desde 314.627 a 745.310 personas, proyectándose un incremento en la prevalencia desde 25,7% en 2010 a 28,3% en 2030, lo que representa un incremento de 10% sobre la prevalencia basal 2010 en un período de 20 años (tabla 1).

La prevalencia cruda de DT2 para el total de la población de 0 a 79 años de edad aumentará de 6,6% a 9%, con una prevalencia proyectada en hombres de 8,5% y en mujeres de 9,6%.

Al ajustar las prevalencias obtenidas en los años 2010 y 2030 por edad, el incremento de 10% en la prevalencia del grupo de adultos de 65 a 79 años de edad se mantuvo, lo que indica que la estructura de esta población es similar entre 2010 y 2030, por lo que este porcentaje no estaría explicado por el cambio demográfico, sino por otras variables incorporadas en el modelo, como son la prevalencia, la incidencia y la mortalidad.

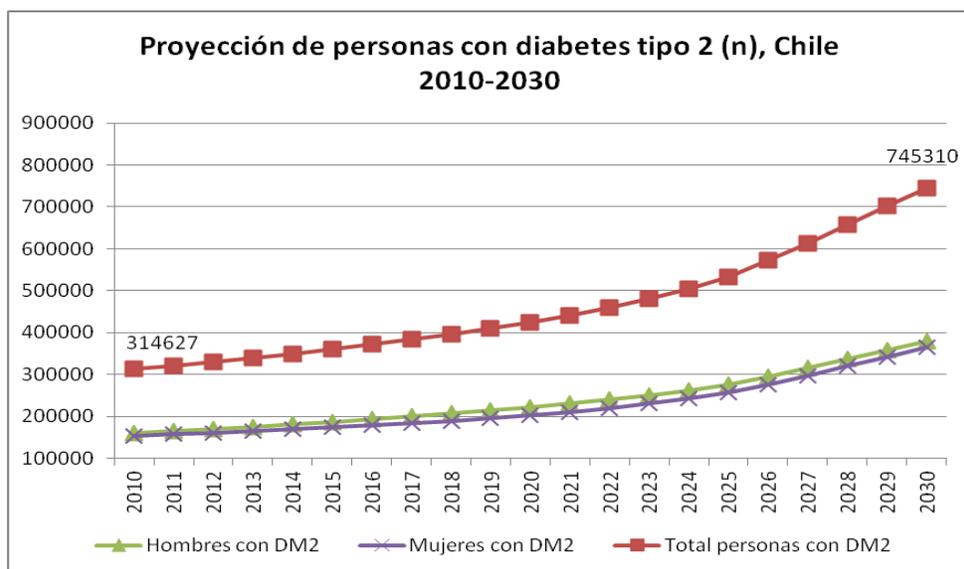
Tabla 1: Prevalencia de diabetes tipo 2 en adultos mayores por sexo y total, años 2010 y 2030

Adultos mayores de 65 a 79 años de edad			
2010	Hombres	Mujeres	Total
Número de personas con diabetes	160.224	154.403	314.627
Población	545.351	678.395	1.223.746
Prevalencia cruda (%)	29,4	22,8	25,7
2030	Hombres	Mujeres	Total
Número de personas con diabetes	380.000	365.310	745.310
Población	1.217.837	1.414.597	2.632.434
Prevalencia cruda (%)	31,1	25,8	28,3

El mayor aumento en la prevalencia de diabetes en los adultos de 65 a 79 años de edad se registra en las mujeres (13,5% de incremento respecto de 6% en

hombres); sin embargo, en números absolutos el mayor crecimiento se registra en los hombres (137,2% versus 136,6% en mujeres). Para ambos sexos el número de personas con DT2 aumenta constantemente (figura 2).

Figura 2: Número de personas con DT2, proyección Chile 2010-2030



En el segundo escenario, en que se utilizaron los RR del estudio escocés, no hubo variaciones importantes respecto a la estimación de prevalencia en el grupo de 65 a 79 años de edad. Ésta al año 2030 se proyectó en 28,1%. Las prevalencias proyectadas se mantuvieron para el grupo de adultos de 0 a 79 años de edad con estos RR (9% total, 8,5% para hombres y 9,6% para mujeres).

Discusión

El modelo permitió proyectar la población de adultos mayores entre 65 y 79 años de edad con DT2, utilizando estimaciones de prevalencia, incidencia y mortalidad generadas en base a los datos de la ENS 2009-2010, las proyecciones de población y mortalidad del INE, el software DisMod y la revisión de la literatura. Las incidencias estimadas con el software DisMod, si bien se relacionan con las prevalencias de diabetes para Chile y debieran ser propias de cada país según su

situación epidemiológica, fueron consistentes con datos reportados en la literatura, en especial con los datos reportados en el estudio canadiense de Ontario (33), cuyas prevalencias de sobrepeso y obesidad son similares a Chile.

Los resultados del modelo son consistentes con las estimaciones de población del INE para el grupo de edad en estudio y con los datos reportados internacionalmente respecto al aumento de la prevalencia de DT2. Cabe señalar que, aunque el incremento de la prevalencia es menor (10%), el aumento en el número absoluto de personas es alarmante. En efecto, la población de entre 65 y 79 años de edad con DT2 aumentaría desde 314.627 a 745.310, esto es 2,4 veces más. Las implicancias del punto de vista de la capacidad de atención de esta población son formidables, aún en un escenario conservador. Un estudio canadiense estimó un aumento en la prevalencia cruda de diabetes de adultos mayores de 20 años de 81,6% entre los años 1995 y 2005 (33); sin embargo, a diferencia de Chile, su prevalencia al año base era de 4,9%, aumentando a 8,9%, que es cercano a la estimación actual para nuestro país (9,4%). Aún así, el incremento en el número de personas con diabetes en ese estudio fue de 113% para todas las edades y para los mayores de 50 y más años de edad (33), lo que es consistente con el hallazgo de esta investigación. Un estudio inglés(34) realizado en sujetos de entre 10 y 79 años de edad mostró también un incremento en la prevalencia de diabetes (ambos tipos), esta vez de 58% en un período de 10 años, pero también las prevalencias basales (incremento desde 2,5% en 1996 a 3,9% en 2005) eran menores que las chilenas. Para Estados Unidos, el incremento crudo entre los años 1990 y 2012 en la prevalencia de diabetes (ambos tipos) fue de 137%, desde una prevalencia de 3,5 a 8,3% (35). Aunque las prevalencias estimadas para estos países fueron menores que las estimadas en Chile al año 2010, los incrementos en ellas fueron acompañados de aumentos en la incidencia de hasta 66% en diez años (34), aún cuando la prevalencia de sobrepeso y obesidad en mayores de 15 años era superior a 50% en los años de inicio de los estudios (59% en Canadá, 54% en Inglaterra y 56% en Estados Unidos) (36), mientras que la de Chile es actualmente de 64,5% (3). Con estos antecedentes, el hecho de que bajo el supuesto de incidencia estable el

incremento basal de la prevalencia en Chile al 2030 ya sea de 10% es preocupante, pues éste podría ser mucho mayor al modelar con incidencias variables crecientes. Al contrario, intervenciones efectivas podrían llevar a escenarios de reducción de la incidencia, considerando que existe evidencia de que al eliminar la obesidad de una población la incidencia de DT2 podría reducirse en 38% en hombres y 47% en mujeres (37).

Las brechas de información disponible en Chile constituyen la principal limitación de esta investigación. Con excepción de las bases de mortalidad y la ENS que cuentan con datos de representatividad nacional, los datos epidemiológicos de DT2 disponibles en nuestro país se encuentran limitados a investigaciones o a registros específicos que sólo representan datos de poblaciones seleccionadas o de usuarios del sistema público de salud. Por otro lado, las bases de mortalidad nacionales al no contar con registro de causa múltiple, subestiman la diabetes como causa de muerte, y las bases de datos de egresos hospitalarios publicadas no permiten diferenciar si los casos pertenecen o no al mismo sujeto –pudiendo también sub o sobreestimar la enfermedad por el número limitado de campos diagnósticos establecidos en el registro-, por lo que tampoco permiten realizar estimaciones de incidencia o prevalencia a nivel nacional.

La información de población necesaria para iniciar el modelo también es limitada. En esta investigación se ha utilizado la proyección de población para el período 2020-2050, no pudiendo utilizarse la actualización realizada al año 2014, pues ésta sólo se reajustó hasta el 2020 (8). Las proyecciones para el período 1950-2050 por edades simples sólo se estimaron hasta 2020, para continuar con proyecciones al 2050 sólo por grupos quinquenales y hasta el grupo de 80 y más años, por lo que sobre esa edad no se cuenta con datos desagregados, lo que explica que el modelo subestimara las poblaciones proyectadas de ese grupo y a su vez podría subestimar la prevalencia para el grupo de adultos mayores, ya que ella tiene una relación directa con la edad (5,7). Por otro lado, la mortalidad también es proyectada por grupos quinquenales y sexo en base a años previos y

un año límite (2048), realizándose interpolaciones lineales para estimar los períodos intercurrentes (20). Las migraciones no son proyectadas por edades y sexo, sino que se estiman los saldos migratorios netos (SMN) de un período quinquenal (20). Si se utilizara la información disponible para estimar el número de personas que se incorporan al modelo en el período producto de las migraciones (distribuyendo los SMN de los quinquenios 2005 a 2050 de acuerdo a las frecuencias relativas por edad de esos saldos estimados en los años 1990-2000 y dividiéndolos por cinco para tener los casos anuales), el número de personas a incluir en el modelo en cada quinquenio de edad fluctuaría entre 8 y 90 hasta al año 2015, para luego ser cero, pues los SMN en el período 2020-2050 se proyectan en cero (20). Sin embargo, la actualización 2014 estableció que este saldo para el mismo período sería de 41.037 migrantes con una tasa de migración de 2,17 por mil habitantes (8), lo que podría implicar cambios en las estimaciones de prevalencia de diabetes a futuro según las características de la población migrante.

El uso de RR de mortalidad internacionales en el modelo, así como para estimar las tasas de incidencia a través del software DisMod, es otra limitación del estudio. Asumiendo que el efecto de la edad se aísla al reportar los RR por grupo etario, igualmente el número de muertes puede variar de acuerdo al acceso a atención de los sistemas de salud propios de cada país, como también en relación a la prevalencia de factores de riesgo que condicionen la muerte. Considerando el escenario epidemiológico actual de Chile y la mejor capacidad de respuesta del sistema de salud en los países OCDE, posiblemente los RR utilizados subestimen nuestra mortalidad por diabetes. No obstante, hay que tener en consideración que Chile cuenta con un Programa Cardiovascular de larga data en el sistema público que absorbe el mayor porcentaje de la población nacional-, así como la incorporación de la DT2 y varias de sus complicaciones en las GES (38,39). Por otro lado, estudios internacionales han mostrado que la mortalidad por diabetes aumentaría con la duración de la enfermedad, independientemente de los factores de riesgo cardiovascular (28). Asimismo, estudios en otros países OCDE han

mostrado una tendencia a la baja en la mortalidad por diabetes (33,40), por lo que uno podría suponer que Chile, dado su grado de avance hacia el desarrollo y las medidas implementadas para enfrentar la diabetes y sus complicaciones también debiera ir en esa dirección. Aun así, realizar estimaciones con el otro escenario de RR no modificó los resultados en forma relevante.

El desconocer la incidencia de la DT2 en Chile es la principal limitación de este estudio, pues dado los datos internacionales reportados, es esperable que en nuestro país ella siga aumentando, considerando los factores de riesgo preponderantes en nuestra población, como el exceso de peso y el sedentarismo(3).

Chile presenta situaciones ventajosas respecto a otros países menos desarrollados en relación al diagnóstico y tratamiento de la diabetes: cuenta con un Programa de Salud Cardiovascular desde el año 2002 que incorpora a la diabetes como factor de riesgo (41), enfermedad que además ha sido incluida en el sistema GES (15) y en el Plan Nacional de Salud 2011-2020 (16); posee datos de prevalencia de representatividad nacional y regional, destacando un alto conocimiento de la enfermedad entre la población encuestada-78,5%- (3), mayor incluso al de algunos países desarrollados como España (50%) (10). Sin embargo, la información relativa a diabetes sigue siendo limitada: a pesar de que ella ha sido incluida como problema de salud en vigilancia en las Normas Técnicas del Departamento de Epidemiología del Ministerio de Salud (42), Chile no ha adherido al Marco Mundial de Vigilancia Integral para la prevención y el control de las ENT que cuenta con información relevante para diabetes (43). Por otro lado, el fuerte incremento en el número de personas diabéticas generará una presión en los programas ya implementados que debe ser planificada anticipadamente, en especial si consideramos que la mayor incidencia de complicaciones (44) de la diabetes se concentra en el grupo de adultos mayores, y que la mortalidad en ese grupo etario genera un costo mayor en el sistema de salud per se además del costo propio del envejecimiento no saludable (45). Contar con datos propios y

confiables puede mejorar la precisión de éste y otros modelos, así como avanzar hacia otros diseños que pudieran incorporar datos epidemiológicos sobre las complicaciones micro y macrovasculares de la diabetes, así como los factores de riesgo que conducen a aumentar su prevalencia.

En ese sentido, aún cuando el modelo presentado en esta investigación cuenta con la limitación propia de las fuentes de información señaladas, esto permite evidenciar la necesidad de información y motivar la priorización de los sistemas de vigilancia de ENT chilenos, para mejorarlos. Asimismo, el modelo se constituye en una herramienta que permite disminuir la incertidumbre de las proyecciones de la población con diabetes para planificar adecuadamente las acciones a realizar frente al inminente escenario que ella y otras ENT nos proponen.

Referencias

1. World Health Organization. Noncommunicable Diseases Country Profiles 2014. Geneva; 2014 p. 210.
2. Departamento de Estadísticas e Información de Salud. Indicadores Básicos de Salud Chile 2013 [Internet]. Ministerio de Salud, Departamento de Estadísticas e Información de Salud. 2013 [cited 2014 Apr 7]. Available from: <http://www.deis.cl/wp-content/uploads/2013/12/IBS-2013.pdf>
3. Ministerio de Salud. División de Planificación Sanitaria. Departamento de Epidemiología. Encuesta Nacional de Salud ENS Chile 2009-2010. Capítulo V. Resultados [Internet]. Ministerio de Salud; 2011. p. 802. Available from: http://epi.minsal.cl/wp-content/uploads/2012/07/Informe-ENS-2009-2010.-CAP-5_FINALv1juliocepi.pdf
4. Ministerio de Salud de Chile. Informe final estudio de carga de enfermedad y carga atribuible [Internet]. 2008 p. 101. Available from: http://epi.minsal.cl/epi/html/invest/cargaenf2008/Informe_final_carga_Enf_2007.pdf
5. International Diabetes Federation. Atlas de la Diabetes de la FID [Internet]. 6ª ed. Brussels, Belgium: International Diabetes Federation; 2013. Available from: <http://www.idf.org/diabetesatlas>

6. Winell K, Reunanen A. Diabetes Barometer 2005. Tampere, Finland: Finnish Diabetes Association; 2006.
7. Sund R, Koski S. FinDM II. On the register-based measurement of the prevalence and incidence of diabetes and its long-term complications. A technical report. Tampere, Finland; 2009 p. 24.
8. Instituto Nacional de Estadísticas. Demograficas y Vitales | Instituto Nacional de Estadísticas| INE 2014 [Internet]. Actualización de población 2000-2012 y proyecciones 2013-2020. 2014 [cited 2014 Nov 20]. Available from: http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/familias/demograficas_vitales.php
9. Grupo del Banco Mundial. Chile [Internet]. El país en datos. 2014 [cited 2014 Dec 10]. Available from: <http://www.bancomundial.org/es/country/chile>
10. OECD. Health at a Glance 2013: OECD Indicators. [Internet]. OECD Publishing; 2013. Available from: http://dx.doi.org/10.1787/health_glance-2013-en
11. Ministerio de Salud de Chile. Estudio Verificación del Costo Esperado Individual Promedio por Beneficiario del Conjunto Priorizado de Problemas de Salud con Garantías Explícitas 2012. 2013 p. 61.
12. De la Maisonneuve C, Oliveira M J. Public spending on health and long-term care: a new set of projections. OECD Econ Policy Pap. 2013;(06).
13. United Nations. Department of Economic and Social Affairs. World economic and social survey, 2007: development in an ageing world [Internet]. United Nat. Choice Reviews Online. New York; 2007. Available from: <http://www.cro3.org/cgi/doi/10.5860/CHOICE.45-2157>
14. Ministerio de Salud. Los Objetivos Sanitarios para la Década 2000-2010. [Internet]. Santiago; 2002 p. 272. Available from: http://epi.minsal.cl/epi/html/sdesalud/OS/OS2000_2010.htm
15. Ministerio de Salud. Garantías Explícitas en Salud del Régimen General de Garantías en Salud. Decreto N°170. 2004 p. 1–53.
16. Gobierno de Chile. Estrategia Nacional de Salud para el cumplimiento de los Objetivos Sanitarios de la Década 2011-2020. [Internet]. Available from: <http://web.minsal.cl/portal/url/item/c4034eddbc96ca6de0400101640159b8.pdf>
17. Briggs A, Claxton K, Sculpher M. Decision modelling for health economic evaluation. 1st ed. Oxford: Oxford University Press; 2006.

18. Brinks R, Tamayo T, Kowall B, Rathmann W. Prevalence of type 2 diabetes in Germany in 2040: estimates from an epidemiological model. *Eur J Epidemiol* [Internet]. 2012 Oct [cited 2014 Mar 27];27(10):791–7. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22878939>
19. Departamento de Epidemiología Ministerio de Salud. Criterios usados para la validación de base de datos Encuesta Nacional de Salud 2009-2010. 2012. p. 1–15.
20. Instituto Nacional de Estadísticas, Comisión Económica para América Latina y El Caribe. Chile: Proyecciones y Estimaciones de Población. Total País 1950-2050 [Internet]. Cepal. Santiago de Chile: CEPAL; p. 103. Available from: http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/demografia_y_vitales/proyecciones/Informes/Microsoft Word - InforP_T.pdf
21. Ministerio de Salud. División de Planificación Sanitaria. Departamento de Epidemiología. Encuesta Nacional de Salud Chile 2009-2010. Capítulo III. Metodología [Internet]. Ministerio de Salud; 2011. p. 143. Available from: epi.minsal.cl
22. Servizo de Epidemioloxía de la Dirección Xeral de Innovación e Xestión da Saúde Pública de la Consellería de Sanidade (Xunta de Galicia)., (OPS-OMS). OP de la S. Epidat 4: Ayuda de demografía. 2012. p. 155.
23. Ministerio de Salud. Defunciones y Mortalidad por causas - DEIS [Internet]. Mortalidad por algunas causas según regiones 2000 a 2011. Mortalidad por causas según sexo, Chile 2000-2011. [cited 2014 Aug 12]. Available from: <http://www.deis.cl/?p=2541>
24. Thomason MJ, Biddulph JP, Cull C a, Holman RR. Reporting of diabetes on death certificates using data from the UK Prospective Diabetes Study. *Diabet Med* [Internet]. 2005 Aug [cited 2014 Nov 24];22(8):1031–6. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16026369>
25. Cheng WS, Wingard DL, Kritz-silverstein D, Barrett-connor E. Sensitivity and Specificity of Death Certificates for Diabetes: As Good as it Gets? *Diabetes Care*. 2008;31(2):279–84.
26. Honeycutt AA, Boyle JP, Broglio KR, Thompson TJ, Hoerger TJ, Geiss LS, et al. A Dynamic Markov Model for Forecasting Diabetes Prevalence in the United States through 2050. *Health Care Manag Sci*. 2003;6(3):155–64.
27. Gu K, Cowie C, Harris M. Mortality in adults with and without diabetes in a national cohort of the U.S. population, 1971-1993. *Diabetes Care*. 1998;21(7):1138–45.

28. Barnett KN, Ogston S a, McMurdo MET, Morris a D, Evans JMM. A 12-year follow-up study of all-cause and cardiovascular mortality among 10,532 people newly diagnosed with Type 2 diabetes in Tayside, Scotland. *Diabet Med* [Internet]. 2010 Oct [cited 2014 Nov 24];27(10):1124–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20854379>
29. World Health Organization. WHO | Software tools [Internet]. World Health Organization; 2014 [cited 2014 Nov 24]. Available from: http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/tools_software/en/
30. Mathers C, Vos T, López A, Salomon J, Ezzati M, editors. *National Burden of Disease Studies: A Practical Guide*. Edition 2.0. Global Program on Evidence for Health Policy. Geneva: World Health Organization; 2001.
31. Barendregt JJ, Oortmarssen GJ Van, Vos T, Murray CJL. A generic model for the assessment of disease epidemiology: the computational basis of DisMod II. *Popul Health Metr*. 2003;8:1–8.
32. Ministerio de Salud. División de Planificación Sanitaria. Departamento de Epidemiología. Encuesta Nacional de Salud 2009-2010 - EPI [Internet]. Encuesta Nacional de Salud. 2012 [cited 2014 Nov 27]. Available from: <http://epi.minsal.cl/estudios-y-encuestas-poblacionales/encuestas-poblacionales/descarga-ens/>
33. Lipscombe LL, Hux JE. Trends in diabetes prevalence, incidence, and mortality in Ontario, Canada 1995-2005: a population-based study. *Lancet* [Internet]. 2007 Mar 3;369(9563):750–6. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17336651>
34. González ELM, Johansson S, Wallander M, Rodríguez L a G. Trends in the prevalence and incidence of diabetes in the UK: 1996-2005. *J Epidemiol Community Health* [Internet]. 2009 Apr [cited 2014 Nov 5];63(4):332–6. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19240084>
35. Geiss LS, Wang J, Cheng YJ, Thompson TJ, Barker L, Li Y, et al. Prevalence and incidence trends for diagnosed diabetes among adults aged 20 to 79 years, United States, 1980-2012. *Jama* [Internet]. 2014 Sep 24 [cited 2015 Jan 22];312(12):1218–26. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25247518>
36. OECD. OECD (2015), Overweight or obese population (indicator). Doi: 10.1787/86583552-en. Date accessed: 21 January 2015.
37. Baker IDI Heart and Diabetes Institute. *Diabetes : the silent pandemic and its impact on Australia*. 2012. p. 27.

38. Ministerio de Salud. Implementación del enfoque de riesgo en el Programa de Salud Cardiovascular [Internet]. p. 46. Available from: <http://web.minsal.cl/portal/url/item/787e4765248bc9e0e04001011f0172b5.pdf>
39. Ministerio de Salud. Decreto 4 Aprueba Garantías Explícitas en Salud del Régimen General de Garantías en Salud [Internet]. Chile: Biblioteca del Congreso Nacional.; 2013. Available from: <http://www.leychile.cl/N?i=1049111&f=2013-09-30&p=>
40. Gregg EW, Cheng YJ, Saydah S, Cowie C, Garfield S, Geiss L, et al. Trends in death rates among U.S. adults with and without diabetes between 1997 and 2006: findings from the National Health Interview Survey. *Diabetes Care* [Internet]. 2012 Jun [cited 2015 Jan 15];35(6):1252–7. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3357247&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
41. Ministerio de Salud. Implementación del enfoque de riesgo en el Programa de Salud Cardiovascular [Internet]. p. 46. Available from: <http://web.minsal.cl/portal/url/item/787e4765248bc9e0e04001011f0172b5.pdf>
42. Ministerio de Salud. Norma técnica de vigilancia de enfermedades no transmisibles y sus factores de riesgo. Sant; 2011.
43. International Diabetes Federation. Global Diabetes Scorecard. Tracking progress for action. Brussels, Belgium; 2014 p. 150.
44. McAlpine RR, Morris a D, Emslie-Smith a, James P, Evans JMM. The annual incidence of diabetic complications in a population of patients with Type 1 and Type 2 diabetes. *Diabet Med* [Internet]. 2005 Mar [cited 2015 Jan 21];22(3):348–52. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15717888>
45. Mahal A, Berman P, NandaKumar AK. Health Expenditures and the Elderly : A Survey of Issues in Forecasting , Methods Used , and Relevance for Developing Countries. 2002 p. 41.

Apéndice 1: Fórmulas desarrolladas en el modelo

El modelo incluyó las siguientes fórmulas para llegar a estimar el número de personas con diabetes tipo 2 y sus prevalencias en cada año calendario y por cada edad simple hasta el grupo de 80 y más años de edad, entre los años 2010 y 2030:

$$(1) PoD_{it1} = (PoD_{it0} - MD_{it0}) + [(PoS_{it0} - MND_{it0}) * I_{it0}]$$

Donde:

PoD_{it1} = Población con diabetes tipo 2 en el tiempo 1 en el grupo de edad i

PoD_{it0} = Población con diabetes tipo 2 en el tiempo 0 en el grupo de edad i

MD_{it0} = Muertes en personas con diabetes tipo 2 en el tiempo 0 en el grupo de edad i

PoS_{it0} = Población susceptible en el tiempo 0 en el grupo de edad i

MND_{it0} = Muertes por otras causas (en personas sin diabetes tipo 2) en el tiempo 0 en el grupo de edad i

I_{it0} = Incidencia de diabetes tipo 2 en el tiempo 0 en el grupo de edad i

Para el año base la población se distribuyó de acuerdo a la prevalencia de diabetes tipo 2 del año base, es decir:

$$(2) Po_{it0} = (Po_{it0} * PD_{it0}) + (1 - PD_{it0}) * Po_{it0}$$

$$PoD_{it0} = (Po_{it0} * PD_{it0})$$

$$PoS_{it0} = (1 - PD_{it0}) * Po_{it0}$$

Donde:

Po_{it0} = población total en el tiempo 0 en el grupo de edad i

PD_{it0} = prevalencia de diabetes en el tiempo 0 en el grupo de edad i

$$(3) \text{PoS}_{it1} = (\text{PoS}_{it0} - \text{MND}_{it0}) - [(\text{PoS}_{it0} - \text{MND}_{it0}) * I_{it0}]$$

Donde:

PoS_{it1} = Población susceptible en el tiempo 1 en el grupo de edad i

$$(4) \text{MD}_{it1} = \text{PMD}_{i-1t0} * \text{PoD}_{it0}$$

Donde:

MD_{it1} = Muertes en personas con diabetes tipo 2 en el tiempo 1 en el grupo de edad i

PMD_{i-1t0} = probabilidad de morir teniendo diabetes tipo 2 en el grupo de edad i-1 en el tiempo 0

$$(5) \text{MND}_{it1} = \text{PMND}_{i-1t0} * \text{PoS}_{it0}$$

Donde:

MND_{it1} = Muertes por otras causas (personas sin diabetes tipo 2) en el tiempo 1 en el grupo de edad i

PMND_{i-1t0} = probabilidad de morir por otras causas (en personas sin diabetes tipo 2) en el grupo de edad i-1 en el tiempo 0

Apéndice 2: Metodología empleada por Honneycutt en sus proyecciones de prevalencia de diabetes al año 2050 (26).

Honneycutt et al descompusieron la mortalidad general en mortalidad para personas con diabetes y para personas sin diabetes, según las siguientes fórmulas:

$$M_{it} = \theta_{it} * M_{it}^D + (1 - \theta_{it}) * M_{it}^N$$

Donde:

M_{it} = mortalidad general para el subgrupo de edad i en el tiempo t

M_{it}^D = tasa de mortalidad por diabetes para el subgrupo de edad i en el tiempo t

M_{it}^N = tasa de mortalidad por no diabetes para el subgrupo de edad i en el tiempo t

Θ_{it} = Prevalencia de diabetes proyectada para el subgrupo de edad i en el tiempo t

Asumiendo que la mortalidad por diabetes es igual al riesgo relativo de morir por diabetes multiplicado por la mortalidad por no diabetes:

$$M_{it}^D = r_i * M_{it}^N$$

Donde:

r_i = riesgo relativo de morir de las personas con diabetes a la edad i

Se puede estimar la mortalidad para las personas sin diabetes mediante la fórmula:

$$M_{it}^N = \frac{M_{it}}{\theta_{it} * r_i - \theta_{it} + 1}$$

Apéndice 3: Riesgos relativos, prevalencia e incidencia utilizadas en el modelo

Tabla 1: Riesgos relativos de mortalidad en población con DT2 respecto a población general

Estudio	Grupo de edad (años)	Hombres		Mujeres	
		HR	95% CI	HR	95% CI
Barnett (28)	35-44	4,59	(1.59-13.28)	4.38	(1.36-14.08)
	45-54	2.19	(1.53-3.13)	3.2	(1.9-5.36)
	55-64	1.52	(1.27-1.83)	1.69	(1.32-2.14)
	65-74	1.33	(1.17-1.52)	1.32	(1.13-1.54)
	≥75	1.11	(0.97-1.26)	1.29	(1.15-1.45)
Gu (27)	25-44	4,9	no reportado	3,2	No reportado
	45-64	2	no reportado	2,7	no reportado
	65-74	1,4	no reportado	1,6	no reportado

Fuente: (27,28)

Tabla 2: Prevalencia de diabetes tipo 2 por grupos quinquenales de edad, en base a Encuesta Nacional de Salud 2009-2010

Grupo de edad	Hombres			Mujeres		
	Prevalencia (%)	ICS	ICI	Prevalencia (%)	ICS	ICI
15 a 19	0,00	0,00	0,00	0,57	2,98	0,11
20 a 24	0,40	1,85	0,09	0,59	4,11	0,08
25 a 29	0,10	0,73	0,01	0,17	0,69	0,04
30 a 34	4,90	10,66	2,17	3,35	8,63	1,26
35 a 39	1,94	6,21	0,58	0,85	2,77	0,26
40 a 44	7,41	18,61	2,72	9,29	17,98	4,57
45 a 49	9,31	17,51	4,73	9,45	16,86	5,10
50 a 54	6,80	15,40	2,90	18,20	26,70	12,00
55 a 59	22,60	34,10	14,10	15,70	25,50	9,20
60 a 64	23,00	36,60	13,50	30,60	42,50	20,80
65 a 69	45,40	65,60	26,60	24,80	35,30	16,60
70 a 74	30,90	50,40	16,50	24,50	38,30	14,40
75 a 79	19,90	38,70	8,90	17,70	30,20	9,60
80 y más	3,47	9,08	1,28	21,83	34,42	12,94

Fuente: estimaciones en base a Encuesta Nacional de Salud 2009-2010(32). *ICS: intervalo de confianza superior. ICI: intervalo de confianza inferior

Tabla 3: Prevalencia de diabetes tipo 2 por grupos de edad reportados en la Encuesta Nacional de Salud 2009-2010

	Hombres			Mujeres		
	Prevalencia (%)	ICI	ICS	Prevalencia (%)	ICI	ICS
15-24	0,2	0,0	0,8	0,6	0,2	2,1
25-44	2,9	1,4	5,7	4,4	2,5	7,7
45-64	14,3	10,6	19,0	17,3	13,6	21,6
65 y más	29,4	19,9	41,1	22,8	17,8	28,6
Total	8,4	6,6	10,6	10,4	8,7	12,5

Fuente: Estimaciones en base a Encuesta Nacional de Salud 2009-2010 (32)

Tabla 4: Valores de incidencia* estimados para Chile 2010 con software DisMod II, en base a datos de estudio de Gu (27) (Estados Unidos)

Edad	Hombres	Mujeres	Edad	Hombres	Mujeres
15	0,2	0,3	48	14,8	16,4
16	0,2	0,4	49	17	18,1
17	0,2	0,5	50	18,2	18,8
18	0,2	0,7	51	18,3	18,6
19	0,2	0,9	52	17,4	17,4
20	0,4	1,3	53	15,4	15,3
21	0,6	1,8	54	12,3	12,2
22	0,9	2,4	55	8,8	8,7
23	1,3	3,1	56	5,9	5,8
24	1,8	3,9	57	3,5	3,5
25	2,2	4,6	58	1,8	1,7
26	2,5	4,9	59	0,6	0,6
27	2,7	4,9	60	0	0
28	2,8	4,7	61	1,1	0,3
29	2,8	4,2	62	3,3	0,9
30	2,6	3,4	63	6,6	1,8
31	2,3	2,4	64	11	3
32	2,1	1,6	65	16,6	4,5
33	1,8	1	66	23,2	6,3
34	1,5	0,5	67	28,7	7,8
35	1,2	0,2	68	32	8,7
36	0,9	0	69	33,1	9
37	0,8	0,2	70	32	8,7
38	0,8	0,6	71	28,7	7,8
39	1	1,2	72	23,2	6,3
40	1,3	2	73	16,6	4,7
41	1,8	3	74	11,2	3,4
42	2,5	4,2	75	6,9	2,7
43	3,7	5,8	76	3,8	2,3
44	5,2	7,5	77	1,8	2,5
45	7,1	9,5	78	1	3
46	9,3	11,6	79	1,7	4
47	11,9	13,9	80+	22,6	16,9

*Incidencia anual de diabetes por 1000 personas

Tabla 5: Valores de incidencia* estimados para Chile 2010 con software DisMod II, en base a datos de estudio de Barnett (28) (Escocia)

Edad	Hombres	Mujeres	Edad	Hombres	Mujeres
15	0,2	0,3	48	14,9	16,5
16	0,2	0,4	49	17,1	18,2
17	0,2	0,5	50	18,3	18,9
18	0,2	0,7	51	18,4	18,6
19	0,2	0,9	52	17,5	17,4
20	0,4	1,3	53	15,5	15,3
21	0,6	1,8	54	12,4	12,2
22	0,9	2,4	55	8,9	8,7
23	1,3	3,1	56	5,9	5,8
24	1,8	3,9	57	3,5	3,5
25	2,2	4,6	58	1,8	1,7
26	2,5	4,9	59	0,6	0,6
27	2,7	4,9	60	0	0
28	2,8	4,7	61	1	0,2
29	2,8	4,2	62	3,1	0,6
30	2,6	3,4	63	6,2	1,3
31	2,3	2,4	64	10,4	2,1
32	2,1	1,6	65	15,6	3,2
33	1,8	1	66	21,8	4,4
34	1,5	0,5	67	26,9	5,5
35	1,2	0,2	68	30,1	6,1
36	0,9	0	69	31,1	6,3
37	0,8	0,2	70	30,1	6,1
38	0,8	0,6	71	26,9	5,5
39	1	1,2	72	21,8	4,4
40	1,3	2,1	73	15,6	3,2
41	1,8	3,1	74	10,4	2,2
42	2,5	4,3	75	6,2	1,5
43	3,6	5,9	76	3,1	1,1
44	5,2	7,7	77	1	0,9
45	7,1	9,7	78	0	0,9
46	9,3	11,8	79	0,1	1,3
47	11,9	14,1	80+	5,7	8,1

*Incidencia anual de diabetes por 1000 personas