



# ALAP 2020

IX Congreso de la Asociación  
Latinoamericana de Población



9 a 11 diciembre

EL ROL DE LOS ESTUDIOS DE POBLACIÓN TRAS LA PANDEMIA DE COVID-19 Y  
EL DESAFÍO DE LA IGUALDAD EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

Gonzalo De Armas, IESTA - FCEA - UDELAR, gonzalo.dearmas@iestra.edu.uy

AÑOS POTENCIALES DE VIDA PERDIDOS POR CAUSAS EXTERNAS  
Uruguay 1996-2018

## Resumen

En el contexto de la transición sanitaria se considera a las causas externas de muerte como parte de los nuevos riesgos asociados al cambio de patrón de mortalidad. Además, por ser una causa de muerte definida como evitable y por afectar particularmente a los jóvenes, se plantea estudiar los años potenciales de vida perdidos (APVP) por causas externas de muerte en el Uruguay para el período 1997-2018 a partir de los datos abiertos obtenidos del ministerio de salud pública (MSP), el Ministerio del Interior (MI) y la Unidad Nacional de Seguridad Vial (UNASEV). Se considera como objetivos específicos calcular los APVP para cada una las causas externas y en particular construir un intervalo de confianza que permita determinar cuáles causas tienen mayor prevalencia más allá de toda aleatoriedad en la cantidad y edad de los fallecidos. Se define como APVP a la cantidad de años, que, en promedio, se esperaba que una persona viviera de no haber fallecido por la causa en estudio. Operativamente se opta por plantear esta definición como la suma de los fallecidos a la edad  $x$ , multiplicado por la esperanza de vida a la edad  $x$ , dentro de un año calendario y estimar un intervalo de confianza de modo de incorporar la aleatoriedad en la cantidad y edad de los fallecidos, al tratarse de tasas muy chicas de fallecimientos se apela al uso de técnicas de estadística Bayesiana para modelar la aleatoriedad de la cantidad de fallecidos. La discrepancia de los datos entre el MSP y los demás organismos llevó a tener que realizar una imputación de datos mediante las técnicas de remuestreo a través de bootstrap no paramétrico de tal manera de cuantificar la importancia de estas discrepancias, si bien la cuantía de estos es importante en algunos años, la evaluación conceptual de los resultados no se ve alterada. Los resultados obtenidos, muestran que las muertes por causas externas presentan un perfil masculino y joven, en particular, el suicidio es la causa externa de muerte que presenta una mayor cantidad de APVP en los hombres, mientras que los homicidios se encuentran en fuerte crecimiento, equiparando en 2018 a los resultados de los suicidios. En cambio, en las mujeres, el suicidio y los siniestros de tránsito son las dos causas de muerte con mayor cantidad de APVP.

Palabras Clave: APVP, Causas externas, Intervalo de Confianza.

# 1. Introducción

Uno de los estudios que pueden hacerse para determinar las condiciones sanitarias existentes en un país o región se centra en los análisis de mortalidad y morbilidad, siendo el primero de estos el más habitual debido a la facilidad de disponer de datos. Dentro de este análisis de la mortalidad y según Murray *et al.* (1996) y Salomon y Murray (2002) en Di Cesare (2011) las causas de muerte frecuentemente se desagregan en tres grandes categorías: las enfermedades transmisibles, las no transmisibles y las causas externas. Y haciendo énfasis en las causas externas, estas a su vez pueden ser desagregadas entre aquellas que son intencionales como el suicidio<sup>1</sup> y el homicidio<sup>2</sup>, las no intencionales como los siniestros de tránsito<sup>3</sup> u otros accidentes y finalmente las de intención indeterminada (OPS, 1998) en (Dávila, Cervantes. Pardo Montaño AM., 2016).

Si bien estas causas, puede asumirse que son una cantidad en términos absolutos, no demasiado grande, por su naturaleza pueden considerarse como muertes evitables, con lo que resulta importante el reducirlas a una mínima expresión mediante la aplicación de políticas públicas apropiadas.

Por otra parte, al presentar estas tasas valores pequeños, mínimas variaciones en la cantidad de estos fallecimientos pueden provocar que las mismas aumenten excesivamente en términos relativos y generar preocupación, con lo que resulta importante poder modelar la presencia de aleatoriedad en la cantidad de muertes anuales y así determinar si las variantes en las tasas o cantidades, representan un cambio en el contexto que genera dichas muertes o son solo variantes debido a la mencionada aleatoriedad.

Con motivo entonces de poder analizar el problema descrito, se plantea la pregunta: ¿Cuál ha sido la evolución de los años potenciales de vida perdidos por mortalidad asociada a causas externas en Uruguay entre 1997-2018?

Partiendo de esta pregunta, la presente investigación propone cuantificar los años potenciales de vida perdidos (APVP) por causas externas en el Uruguay para el período 1997-2018, así como incorporar un componente aleatorio en la cantidad y edades de fallecimientos y por tanto en el total de APVP, que permita determinar si un aumento o disminución de los APVP son consecuencia de una variación aleatoria en la cantidad y edades de los fallecidos o si por el contrario, estas variaciones se deben a un cambio en las condiciones que generan estos fallecimientos (políticas públicas, costumbres de la población que cambie el grado de exposición al riesgo, situaciones coyunturales del país, etc.).

---

<sup>1</sup>También llamada en la clasificación CIE-10 como “Lesiones autoinflingidas intencionalmente”.

<sup>2</sup>También llamada en la clasificación CIE-10 como “Agresiones”.

<sup>3</sup>Típicamente llamados “Accidentes de tránsito” pero para UNASEV se los denomina “Siniestros” por que la negligencia suele ser un factor presente en los mismos.

## 2. Marco conceptual y Antecedentes

### 2.1. Marco Teórico

El planteo de que causas de muerte como ser: homicidios, suicidios y siniestros de tránsito sean incluidas en el análisis de riesgos como parte de los “nuevos riesgos” modernos, es producto de un proceso de transición en la variable mortalidad. Este proceso describe que en el pasado altas tasas de mortalidad y procesos infecciosos dominaban las causas de muerte, mientras que en el presente y debido a un proceso de modernización, industrialización y urbanismo, la mortalidad se encuentra en descenso y las causales principales de esta ya no son las enfermedades infecciosas. Esto se ve reflejado en el planteo de la transición demográfica, que describe la baja en la mortalidad y la transición sanitaria que describe los cambios en la morbimortalidad y los riesgos asociados a la misma. Es en el contexto de la primera transición demográfica, que estudiando el descenso de la mortalidad, Omran (1971) presenta la teoría de la *transición epidemiológica*, en la cual se describe un cambio en el patrón de la morbimortalidad, donde se manifiesta una disminución en la prevalencia de enfermedades transmisibles en favor de las no transmisibles. Este proceso es caracterizado en tres etapas, cada una de las cuales se centra en las causas más frecuentes de mortalidad observada en ella, esto lleva a una primera etapa de “pestilencias y hambrunas”, una segunda etapa de “descenso y desaparición de las pandemias” y una etapa final de “enfermedades degenerativas y producidas por el hombre”. Debe acotarse que Olshansky S.J. (1986) propone una cuarta etapa que se postula ante el aumento de la esperanza de vida y se caracteriza por la aparición de enfermedades degenerativas tardías. Como consecuencia de esta nueva transición las enfermedades no infecciosas sustituyen a las infecciosas como causales de muerte más habituales y la morbilidad comienza a recibir más atención que la mortalidad en si misma.

Sin embargo existen voces disonantes respecto a esta teoría, Riley (1989), citado en (Benavides *et al.*, 1996) indica que lo observado por Omran no es un cambio en la mortalidad, sino un cambio en la edad a la mortalidad y que esta supervivencia más extendida ha dado la oportunidad a que este tipo de enfermedades no transmisibles se presenten en las personas, a su vez indica que la teoría de la transición epidemiológica, en su postulado, solo considera la mortalidad y no la variación de la morbilidad. Además Mackenbach (1994) en (Benavides *et al.*, 1996) considera como un problema para dicha teoría la ausencia de un determinante de inicio y fin de esta transición.

Una evolución para esta transición epidemiológica es planteada por Caldwell (1993), buscando no solo explicar el cambio del patrón de la morbimortalidad, sino también ampliar esta transición, incluyendo en ella los cambios sociales y de comportamiento de la población que ocurren en paralelo, proponiendo así incorporar a la transición epidemiológica, la transición de la atención sanitaria y la transición en riesgos, este conjunto de elementos agregados conforma la denominada *transición sanitaria*.

Según Frenk, Julio and Bobadilla, J and Stern, C and Frejka, Tomas and Lozano, Rafael

(1991) la *transición en la atención sanitaria* se vincula al proceso de respuesta social a las condiciones de salud, los autores indican que las tasas de mortalidad se ven influenciadas por cambios en el acceso y la calidad de los servicios de salud, siendo la investigación médica y los avances tecnológicos quienes han afectado el diagnóstico y tratamiento tanto de enfermedades transmisibles como no transmisibles.

Finalmente la *transición en riesgos* plantea que los riesgos de muerte tradicionales, propios de las etapas preindustriales, vinculados a las primeras etapas de la transición demográfica, son reemplazados por riesgos modernos según señala Smith (1990) en (Benavides *et al.*, 1996) y Kuri-Morales (2011), entre estos riesgos modernos se incluye: el daño producto la contaminación atmosférica debido a los procesos de industrialización, los efectos en la salud del uso de pesticidas en la agricultura, el sedentarismo y las dietas inadecuadas producto de las mejoras en el nivel de vida y laborales, por otra parte también se incluye la violencia y siniestros de tránsito entre otros nuevos riesgos.

Acorde a esta propuesta de nuevos riesgos, el informe de la OMS (2002) sobre la salud en el mundo plantea que mediante la mejora en la nutrición y los avances en la salud pública y la medicina muchos riesgos en la salud han sido reducidos o directamente erradicados, como es el caso de numerosas enfermedades transmisibles citando a la viruela como ejemplo. Si bien existen aun pandemias con el VIH, paludismo, tuberculosis y actualmente el COVID19, gran parte de la población presenta una probabilidad reducida de padecer la mayoría de las enfermedades infecciosas. Los investigadores plantean cambios en el patrón de riesgos, asociados a la alimentación, junto a un aumento de la vida sedentaria, se vincula a un aumento de enfermedades como el cáncer, cardiopatías, diabetes y accidentes cerebrovasculares. Por otra parte, durante la Asamblea Mundial de la Salud de Ginebra de 2002, se determinó que los principales riesgos a los que se enfrentaban sus Estados Miembros incluían: alimentación poco equilibrada, alcohol, tabaco, obesidad, enfermedades crónicas y traumatismos debido a siniestros de transito.

Se considera entonces que la creciente urbanización, los cambios en la agricultura, la industrialización y el cambio tecnológico, generan nuevos tipos de riesgos, siendo estos cambios no siempre sinónimo de progreso, debido a que estos nuevos riesgos están asociados a un perjuicio al medio ambiente y a la aparición de otros tipos de accidentes laborales.

En consonancia con estos cambios en la actividad de las poblaciones, Simón Soria (2017) vincula la aparición de nuevos riesgos a los eventos asociados al cambio climático, en particular por temperatura y cantidad de precipitaciones, que puede generar un movimiento migratorio de animales huéspedes y reservorios de enfermedades infecciosas, dejando abierta la posibilidad de que la transición sanitaria se pueda convertir en una dinámica sanitaria al aparecer o nuevas enfermedades infecciosas o el aumento de brotes en enfermedades infecciosas aun no erradicadas.

En lo que respecta a esta dinámica Benavides *et al.* (1996) señala que para América Latina se ha propuesto un nuevo modelo de transición sanitaria, caracterizado por una superposición de etapas del modelo de transición epidemiológico donde coexisten las enfer-

medades infecciosas con las enfermedades degenerativas y/o crónicas, también se plantea la existencia de circunstancias donde se presenta un retroceso en estas etapas debido a la reaparición de enfermedades infecciosas y por último a la ocurrencia de una transición más prolongada.

## 2.2. Antecedentes

Para comenzar, los antecedentes más antiguos recopilados en este trabajo referido al cálculo de los APVP, son los presentados por Boleda y Arriaga (2000), donde se hace hincapié en causas de muerte que los autores consideran que no reciben la suficiente atención, indicando que los suicidios y homicidios tienen una mortalidad que no es despreciable. Se analizan los datos de Argentina, Chile, México y Uruguay entre finales de los años 80 y comienzos de los 90, recalando que son países con una mortalidad homogénea pero con distinto peso en las causales descritas.

En dicho trabajo se calcularon los APVP para muertes comprendidas entre 15 y 75 años, con datos provenientes del anuario de la OMS entre los años 87 y 95 con grupos decenales de edad. Se determina que, para todos los países y años de estudio, la cantidad de años perdidos por hombres son apreciablemente mayores que por las mujeres. Luego se compara para los distintos países, que proporción de años perdidos corresponden a causas violentas, obteniéndose el siguiente cuadro:

Cuadro 1: Distribución porcentual de los APVP respecto a la mortalidad general

País	1985	1985	1990	1990	92/93	92/93
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Argentina	16,9 %	7,7 %	18,1 %	8,3 %		
Uruguay	17,4 %	8,2 %	20,6 %	9,9 %		
Chile	29,4 %	9,1 %	29,9 %	9,5 %	31,2 %	10 %
México	35,9 %	11,3 %	32,9 %	9,3 %	31,6 %	8,5 %

Fuente: Elaboración de los autores con datos provenientes de la OMS.

Finalmente se comparan los APVP al comienzo del período estudio con el final del mismo, los autores concluyen que en Uruguay se presenta un desmejoramiento en los APVP, por el incremento en los accidentes, suicidios y homicidios, esto se verifica tanto en hombres como en mujeres, pero en el caso de los hombres, el impacto es mayor.

Más cercano en el tiempo, para el año 2008, se crea el *Grupo de trabajo Ad Hoc del Mercosur y país asociado*, para la vigilancia de las enfermedades no transmisibles y lesiones en el Mercosur, cuyo objetivo principal es “reducir la carga de las enfermedades crónicas como un resultado de los cambios en políticas de salud, programas y servicios, en base a la vigilancia de las ENT y lesiones en estados parte y asociados al Mercosur” (MIN-SAL, 2011). Dentro de ellas y debido tanto a su alta morbimortalidad, a las secuelas que

generan y al impacto económico, el grupo incluye a los siniestros de tránsito dentro del monitoreo, se indica que las lesiones por causas externas, son responsables de 1,2 millones de muertes anuales a nivel mundial y 50 millones de personas sufren lesiones por siniestros de tránsito (cifras de 2011).

En un estudio sobre la transición epidemiológica de este grupo, se publica por el Ministerio de Salud de Chile (MINSAL, 2011) el análisis de la carga de las enfermedades no transmisibles en la salud global. En este informe, se presenta la información obtenida por los países participantes, y para el cálculo de los APVP se toma una edad límite de 70 años, contando desde el primer año de edad cumplido.

Se determina que el factor humano está presente en el 98 % de los siniestros de tránsito, con una mortalidad (considerando un límite de 70 años) de 19 por 100 mil habitantes en Brasil y de 13,5 en Chile, mientras que las tasas de APVP (por 100 mil habitantes) son: 714,4 en Paraguay; 693,4 en Brasil; 424,2 en Chile; 408,6 en Uruguay y 380,5 en Argentina; constituyéndose en una de las más altas de casi todas las causas vigiladas.

Considerando a Uruguay, el reporte calcula que los APVP (siempre en valores cada 100 mil habitantes) por enfermedades crónicas en vías respiratorias bajas son de 81,7, para el cáncer de traquea-bronquios-pulmón presenta 236,8, cáncer cérvico-uterino 97,9, cáncer de mama 275,9, cáncer de Colon y Recto 103,3, cáncer de estomago 67, neoplasias malignas 1306,3, diabetes mellitus 63,1, enfermedades cerebro-vasculares 240,4 y la isquemia cardíaca 228,7. Con lo que los siniestros de tránsito, en Uruguay, ocupan el segundo lugar de las categorías analizadas.

Finalmente el informe concluye las ENT y las lesiones producen, para el conjunto de los países estudiados, la mayor cantidad de APVP en personas menores de 70 años, siendo los siniestros de tránsito los que presentan mayores tasas indicando que esta causa tienen un peso importante en muertes de personas jóvenes.

Considerando el análisis de los países de la OCDE (OCDE, 2007), se menciona que la mortalidad prematura ha descendido desde los años 70, en particular debido a la disminución de la mortalidad infantil, sin embargo la mayor cantidad de APVP en hombres (definiendo como “muerte prematura” a toda aquella ocurrida antes de los 70 años), son debido a causas externas, siendo los accidentes y la violencia un 29 % en los hombres, en cambio ocupan un segundo lugar en las mujeres con un 17 % del total de muertes prematuras. Sobre esta mortalidad prematura, se destaca a los EE.UU. donde los homicidios superan en 5 veces el promedio de la OCDE.

### **3. Fuentes y Metodología**

#### **3.1. Fuentes de datos**

Para poder obtener la cantidad de fallecimientos y calcular los APVP propuestos, se dispone de las siguientes fuentes de datos: (1) Tablas de mortalidad en edades simples

para los años 1996, 2004 y tablas de mortalidad en edades simples proyectadas por INE para el periodo 2011-2050. Obtenidas de (INE, 2005) e (INE, 2014). (2) Cantidad de fallecidos por causa (CIE-10) de muerte y edad para el periodo 1996-2018 publicados por el MSP, por contener a todo el periodo de estudio y que los datos se desagregan por edad y sexo del fallecido estos datos serán tomados como base para la investigación, obtenido de (MSP, 2018). (3) Informes del Ministerio del Interior con relación a la cantidad de homicidios, suicidios y siniestros de tránsito con consecuencias fatales, periodo 1997-2018, obtenidos de (MI, 2019). (4) Fallecimientos por siniestros de tránsito, periodo 2012-2018, obtenidos de UNASEV (2018). Todos estas bases de datos se presentan como datos abiertos y accesibles desde las paginas web de cada una de los organismos mencionados.

Considerando las múltiples fuentes de datos, se realizó un control de los mismos para verificar inconsistencias. Se observa que en los siniestros de tránsito se presenta una subestimación significativa de los datos del MSP respecto de los presentados por el MI y UNASEV. Se presume que esto es porque UNASEV y el MI registran y hacen un seguimiento de los casos a partir de denuncias policiales, mientras que el MSP lo hace a partir del acta de defunción, con lo que es posible que exista subregistro de fallecimientos cuyo origen es un siniestro de tránsito, que en la base de datos del MSP se asignaron otras causas de muerte, más vinculadas a la naturaleza de la lesión. Similar situación se observa en los datos de homicidios, hasta el año 2016, los datos obtenidos del MI presentan una mayor mortalidad por esta causa que los reportados por el MSP:

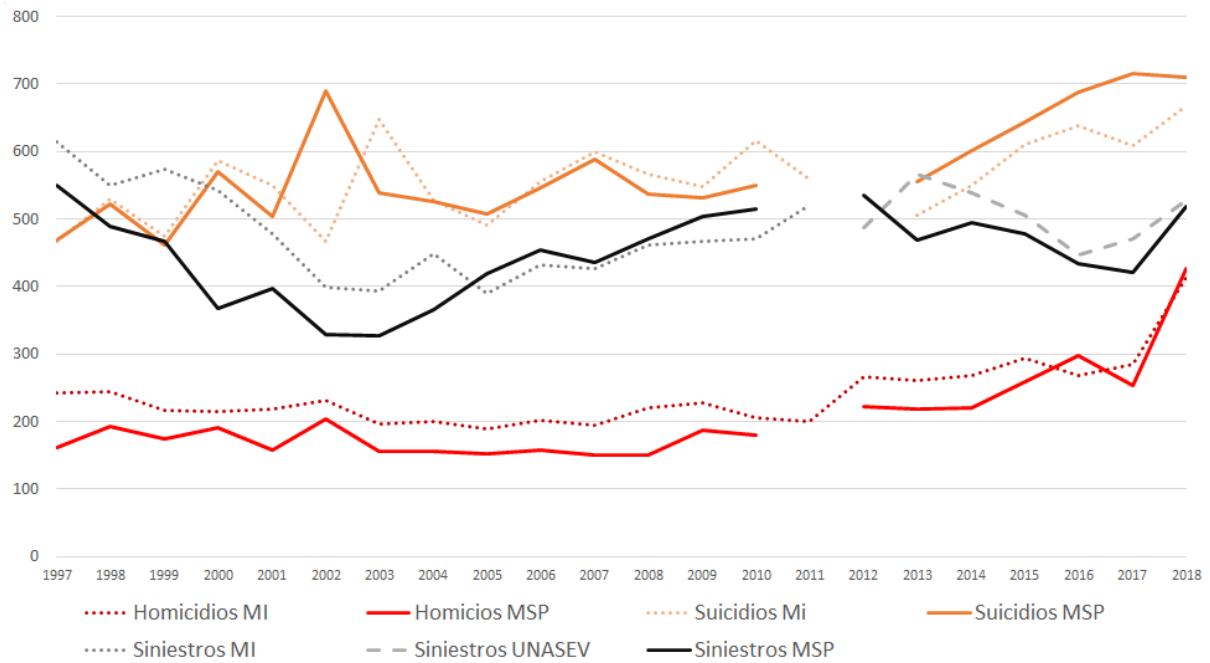


Figura 1: Cantidad de fallecimientos según la fuente

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del MSP, MI y UNASEV.

La cantidad de muertes observada en los datos obtenidos, no puede considerarse como el único parámetro para evaluar el impacto de cada causa en la población. Es posible que

existen causas de muerte que tienen una menor cuantía, pero afecten a personas jóvenes o por el contrario, que existan muertes que tienen mayor frecuencia, pero que afecten a personas cuya edad este próxima a la esperanza de vida. Es por esto que se propone calcular los APVP para hacer comparables a través de un único parámetro la cuantía de las muertes y la edad que está siendo afectada por la misma. En el presente trabajo se considera a las muertes ocurridas como el resultado de una realización del contexto social en que se encuentra una población y por ende se plantea incluir en las mismas un componente aleatorio resultante de este contexto.

### 3.2. Años Potenciales de Vida Perdidos

Los *Años Potenciales de Vida Perdidos* (APVP) utilizado por primera vez por Dempsey (1947) y también desarrollado por Arriaga (1996) describen la suma algebraica de los años de vida que potencialmente hubiesen vivido los individuos que fallecen por una cierta causa considerando una cierta edad límite  $L$  de supervivencia.

$$APVP = \sum_{x=0}^{L-1} (L - x) d_x \quad (1)$$

Siendo  $d_x$  la cantidad de fallecidos con  $x$  años cumplidos.

Eventualmente estos datos suelen ser presentados en su cantidad total, per capita o cada 100 mil habitantes.

Los APVP cuantifican cuantos años más podrían haber vivido las personas que fallecen. Como se desconoce los años que una persona viviría si no hubiese fallecido, es que se establecen tres posibles supuestos :

1. Aquellos que mueren, de no haber muerto, vivirían hasta la edad  $L$ .
2. Suponer que dentro de la edad máxima  $L$  elegida para el análisis , aquellos que mueren, de no haber muerto vivirían tantos años como el promedio de los que no murieron.
3. No limitar la edad superior del análisis a un valor fijo y suponer que aquellos que fallecen a la edad  $x$  habrían vivido tanto como el resto de la población que está con vida a la edad  $x$ . Esto implica usar la  $e_x$  (esperanza de vida a la edad  $x$ ) para cada edad  $x$ .

Debido a que las causas externas se consideran como muertes evitables sin importar la edad del fallecido, se propone utilizar el tercer supuesto planteado por Arriaga a través de la siguiente ecuación:

$$APVP = \sum_{x=0}^{\omega-1} e_x d_x \quad (2)$$

### 3.3. Imputación de Datos Faltantes (Bootstrap)

Ante las diferencias encontradas entre las bases de datos del MSP y del MI (siniestros y homicidios) o UNASEV (2012-2018), se opta por imputar los datos faltantes en la base de datos del MSP en homicidios y siniestros de tránsito, para realizar un análisis de sensibilidad de los resultados obtenidos. Esta imputación cuenta con la dificultad de que los datos que proporciona el MI no cuentan con desagregación por sexo y edad, con lo que se opta por dos estrategias para realizarla: en el caso del sexo, se mantiene la distribución de fallecimientos de hombres y mujeres presente en la base de datos del MSP, para la edad de fallecimiento se plantea hacer un remuestreo por bootstrap no paramétrico.

El bootstrap no paramétrico consiste en que, tomando como punto de partida a la base de datos del MSP, los fallecimientos registrados en ella son considerados como el resultante de obtener una muestra, de manera se puede construir la distribución empírica de la edad de fallecimiento para cada año y así obtener un vector de probabilidades:

$$p_X = \left( \frac{d_0}{D}, \frac{d_1}{D}, \frac{d_2}{D}, \dots, \frac{d_{\omega-1}}{D} \right)$$

Donde  $d_k$  es la cantidad de fallecimientos con edad  $k$  y  $D$  es el total de fallecimientos de la causa cuyos fallecimientos faltantes se desean imputar, por lo tanto, cada uno de los cocientes representa la probabilidad de que una persona fallecida por la causa estudiada, lo haya hecho con  $x$  años de edad. Estas probabilidades son construidas a partir de los  $D_{MSP}$  fallecimientos de la base de datos del MSP.

Para obtener las edades de los  $D_{MI/UNASEV} - D_{MSP}$  fallecimientos faltantes, el remuestreo sortea las edades de fallecimiento de los datos faltantes según las probabilidades contenidas en el vector  $p_X$  (a este procedimiento se lo denomina “bootstrap no paramétrico”)<sup>4</sup>. Como esta muestra presenta variabilidad en sus resultados producto del azar presente en la simulación, es que esta se debe repetir, generando nuevamente los fallecimientos faltantes, hasta que el cálculo de los APVP sea convergente<sup>5</sup>

En cuanto a en qué años realizar esta simulación se decide que la misma se realiza cuando el déficit de los datos del MSP sea superior al 10% respecto a los datos del MI o UNASEV.

### 3.4. Intervalo de Confianza de los APVP

Si se acepta que la cantidad de muertes ocurridas año a año por cualquiera de las causas en estudio, son una realización sujeta, entre muchas razones, a las características

<sup>4</sup>Cabe aclarar que este método de imputación de datos faltantes también puede aplicarse para el sexo, pero se optó por no aplicarlo en este caso, puesto que remuestrear las dos variables implica que el algoritmo pasa de ser de orden  $n$  a orden  $n^2$  (para cada una de las  $n$  simulaciones del sexo de los fallecidos en los datos faltantes, se debería simular  $n$  veces las edades de los fallecidos, con lo que se deben hacer  $n^2$  simulaciones)

<sup>5</sup>Se entiende por convergencia cuando la diferencia en los resultados, en media, no presenta grandes variaciones al aumentar el número de simulaciones.

de la población, políticas implementadas y leyes vigentes, sería esperable que exista una aleatoriedad que resulte en variaciones anuales de la cantidad de fallecimientos, sin que las condiciones que generaron estas cantidades hayan variado. Por lo tanto si se plantea la incorporación de esta aleatoriedad, (tanto en la cantidad de muertes como en las edades de los fallecimientos) es razonable la construcción de intervalos de confianza para los APVP calculados de manera de poder afirmar si hay o no, evidencia estadística de que las condiciones que generan los fallecimientos han cambiado o que determinada causa de muerte genera más APVP que las otras.

De manera de poder realizar los intervalos de confianza de los APVP, se define un procedimiento que en primera instancia construirá un intervalo de confianza de la proporción de fallecimientos, para a partir de los extremos de este intervalo obtener la cantidad de fallecimientos producto de esas proporciones y con ello estimar mediante bootstrap la cantidad de APVP resultante de esos fallecimientos. En detalle el procedimiento se realiza a través de los siguientes pasos:

Se estima mediante la ecuación (3) la proporción ( $\hat{p}$ ) de fallecimientos ( $D$ ) por cada causa en la población y se obtiene un intervalo de confianza para esta proporción.

$$\hat{p} = \frac{D}{N} \quad (3)$$

Como esta proporción es muy chica, no cumple los supuestos para construir un intervalo de confianza a través de la aproximación normal de tal manera que  $p$  se encuentre acotado entre los valores 0 y 1. En cambio es apropiado utilizar la distribución Beta ( $B(a, b)$ ) puesto que variando sus parámetros  $a$  y  $b$  pueden modelarse diferentes escenarios para este parámetro, la Figura ?? muestra tres ejemplos donde la variación de estos parámetros cambian el apuntalamiento de las densidades. Por esta razón se plantea utilizar una distribución Beta de manera de poder modelar la aleatoriedad del parámetro  $p$  y para ello se aplica la teoría de la estadística *bayesiana* de tal manera de modelar la cantidad de fallecidos mediante la variable aleatoria  $X$ , entonces:

$$X \sim Bin(N, P) \quad (4)$$

Siendo  $N$  el total de población y  $P$  la proporción de fallecidos, bajo la teoría de la estadística bayesiana, el parámetro  $P$  se transforma en una variable aleatoria, que a priori de considerar los datos se asume que se distribuye:

$$P \sim B(a, b) \quad (5)$$

Entonces aplicando el *teorema de Bayes* se obtiene una aproximación a la distribución a posteriori de  $P$

$$F(P/X) \propto F(X/P) \cdot F(P) \quad (6)$$

Este conjunto de distribuciones Beta-Binomial resulta en una distribución a posteriori Beta denominada *conjugada de Jeffrey* (Brown *et al.*, 2001):

$$P \propto B(X + a, N - X + b) \quad (7)$$

Cabe destacar que los parámetros obtenidos de la muestra ( $X$  y  $N$ ) son grandes comparados con los parámetros de la priori, por lo que tienen un peso superlativo en los parámetros resultantes en la distribución a posteriori de  $P$ . Esto provoca que eligiendo valores “razonables” para  $a$  y  $b$  los resultados no tendrán grandes discrepancias.

Empleando la distribución a priori de Jeffreys  $B(\frac{1}{2}, \frac{1}{2})$ , se puede construir el intervalo de confianza para  $P$  al  $(1 - \alpha)\%$ :

$$\hat{p}_{min}(X) \in B\left(\frac{\alpha}{2}; X + \frac{1}{2}, N - X + \frac{1}{2}\right) \quad (8)$$

$$\hat{p}_{max}(X) \in B\left(1 - \frac{\alpha}{2}; X + \frac{1}{2}, N - X + \frac{1}{2}\right) \quad (9)$$

Donde  $B(\alpha; m_1, m_2)$  indica el percentil de orden  $\alpha$  de una distribución  $Beta(m_1, m_2)$ . De estos intervalos de confianza para la proporción de fallecimientos en la población se obtiene la cantidad de fallecidos vinculados a los extremos del intervalo  $d_{min}$  y  $d_{max}$  a través de las ecuaciones (10) y (11).

$$d_{min} = p_{min} \times N \quad (10)$$

$$d_{max} = p_{max} \times N \quad (11)$$

Con la cantidad de defunciones mínima y máxima  $d_{min}$  y  $d_{max}$  estimadas en el intervalo para  $P$  se realizan los cálculos de los APVP mediante remuestreos bootstrap de manera obtener los extremos del intervalo de confianza, estos extremos, por ser obtenidos mediante un conjunto de simulaciones no son únicos y se opta por utilizar la mediana de estos APVP para cada uno de los extremos del intervalo.

## 4. Resultados

Si se plantea estudiar la mortalidad por causas externas en el Uruguay se debe contextualizar a las mismas dentro de la mortalidad general. Para ello, se comparan las tres grandes causas de muerte, tanto para hombres como para mujeres, de modo de poder observar el impacto de las mismas en las diferentes edades. Se analiza en primera instancia la distribución de la edad de muerte según las referidas grandes causas, para observar si la misma ha presentado diferencias dentro de los extremos del período de estudio. Se presenta a continuación una comparación describiendo la dispersión y mediana de la misma

en 1997 y 2018. En la Figura 2(a) se observa que la mediana de la edad de muerte por causas externas en 1997 fue netamente inferior a las misma en las otras causas, siendo la edad de fallecimiento del hombre inferior a la de las mujeres. En cuanto a la dispersión, las enfermedades no transmisibles son las que presentan menor dispersión en el 50 % central de las edades de muerte, con muchas observaciones atípicas hacia edades inferiores. La dispersión de la edad de muerte de las enfermedades transmisibles es, en términos generales, parecida a la de las causas externas, con excepción de las mujeres, donde en las muertes por causas externas presenta mayor dispersión en el 50 % central.

Si se comparan estos resultados con los de 2018, se observa en la Figura 2(b) pocas diferencias conceptuales, destacándose un envejecimiento en la edad de muerte por causas externas observadas en mujeres.

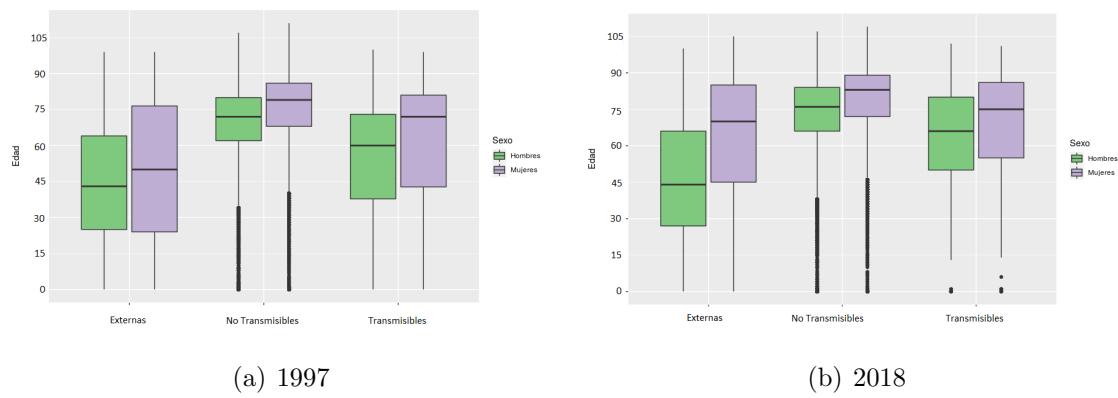


Figura 2: Dispersión de la edad de muerte para los principales causas externas

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del MSP

Estos resultados puede decirse que están dentro de lo esperable: las enfermedades no transmisibles tienden a tener más prevalencia a medida que las personas tienen una vida más larga y a la vez, un funcionamiento más deficiente del sistema inmune también genera una fuerte concentración de fallecimientos en edades avanzadas. Las causas externas por otra parte y como se citó en los antecedentes, se caracterizan por tener un impacto más fuerte entre los jóvenes y en particular, en los jóvenes del sexo masculino.

A continuación se presentan los resultados del estudio de mortalidad por causas externas en el Uruguay para el periodo 1997-2018. El análisis comienza estudiando las tasas específicas de fallecimiento por las causas externas de mayor impacto. Una vez terminado este análisis, se procede a calcular los APVP, para luego comparar las distintas causas externas de muerte, realizando una análisis de sensibilidad para estudiar si los resultados se ven conceptualmente influidos por la estrategia en el cálculo del los APVP, la imputación de los datos faltantes en la base de datos del MSP y la construcción de los intervalos de confianza.

Finalmente hace particular hincapié en los fallecimientos por siniestros de tránsito, desagregando el análisis según el vehículo siniestrado, los roles y la jurisdicción.

## 4.1. Causas externas de muerte

A partir de esta sección el estudio se enfoca en describir como evolucionan las tres principales causas externas de muerte (agresiones, suicidios y siniestros) entre diferentes edades y sexos.

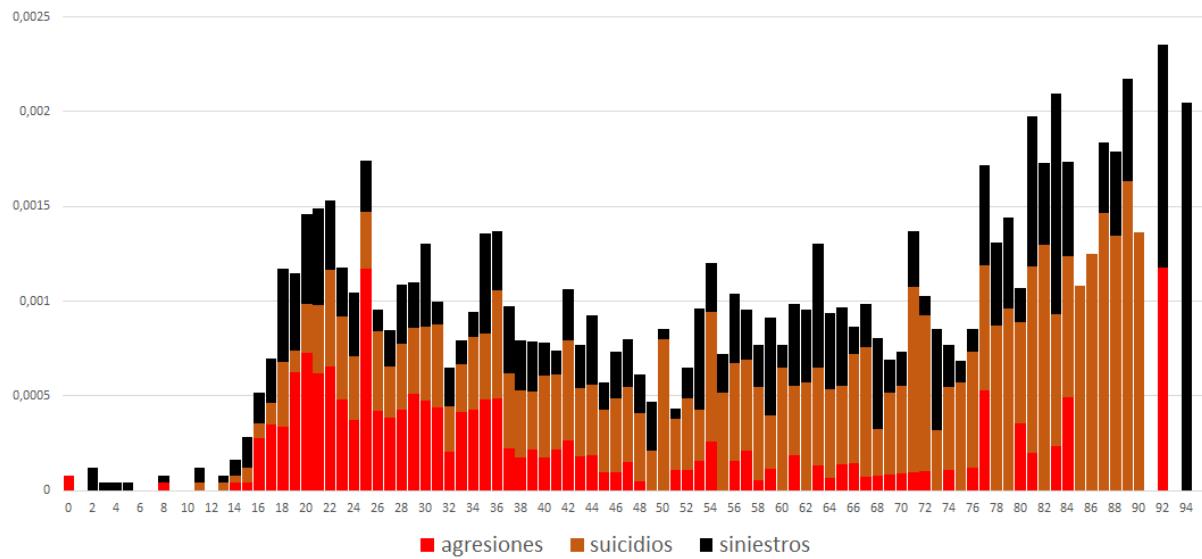


Figura 3: Mortalidad específica por causas externas en hombres para el año 2018.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del MSP.

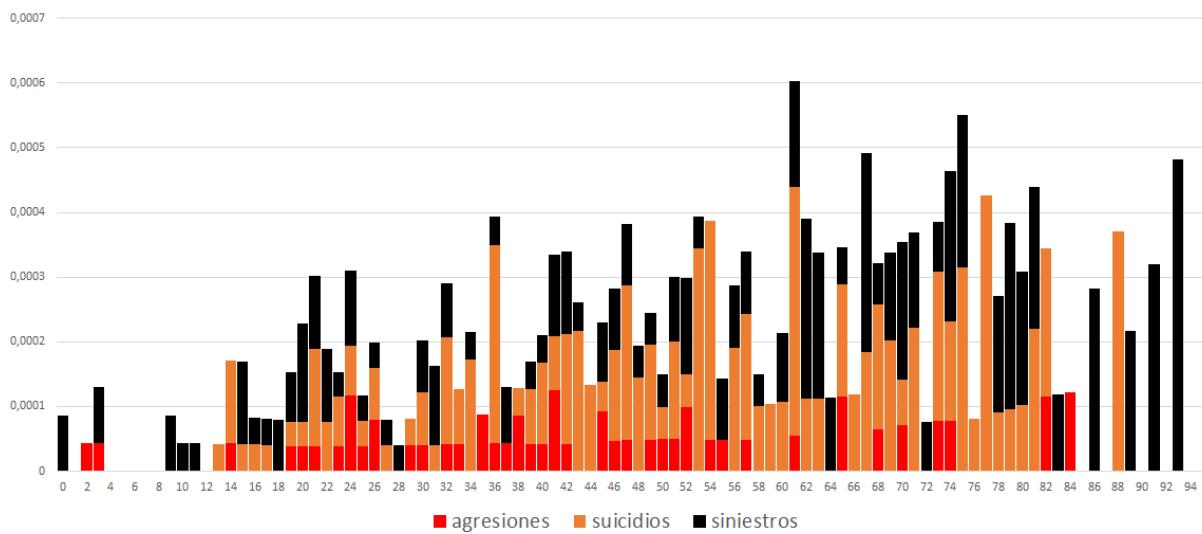


Figura 4: Mortalidad específica por causas externas en mujeres para el año 2018.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del MSP.

En primer lugar, observando las Figuras 3 y 4 no podemos afirmar que las causas externas tengan una tasa específica de mortalidad mayor en jóvenes que en adultos o adultos mayores, porque estas tasas no presentan una tendencia creciente o decreciente

fuerte en el total de las edades evaluadas, ni máximos mucho mayores en ciertos tramos etarios. Sin embargo y especial en los hombres, puede verse un cambio en la tendencia de la causa externa con mayor importancia según la etapa de vida analizada, mientras que los homicidios tienen un fuerte impacto en los jóvenes, estas tasas comienzan a decrecer con la edad adulta, con picos esporádicos en los adultos mayores, sin embargo, el suicidio que presenta tasas menores en jóvenes, crece en la edad adulta y se vuelve la causa dominante en adultos mayores; los siniestros de tránsito por otra parte, se presenta con tasas similares en todos los grandes grupos etarios.

Por otra parte, considerando la edad de muerte, se describe la dispersión de la misma para las tres principales causas externas de mortalidad, comparando los resultados del inicio y final del período de estudio.

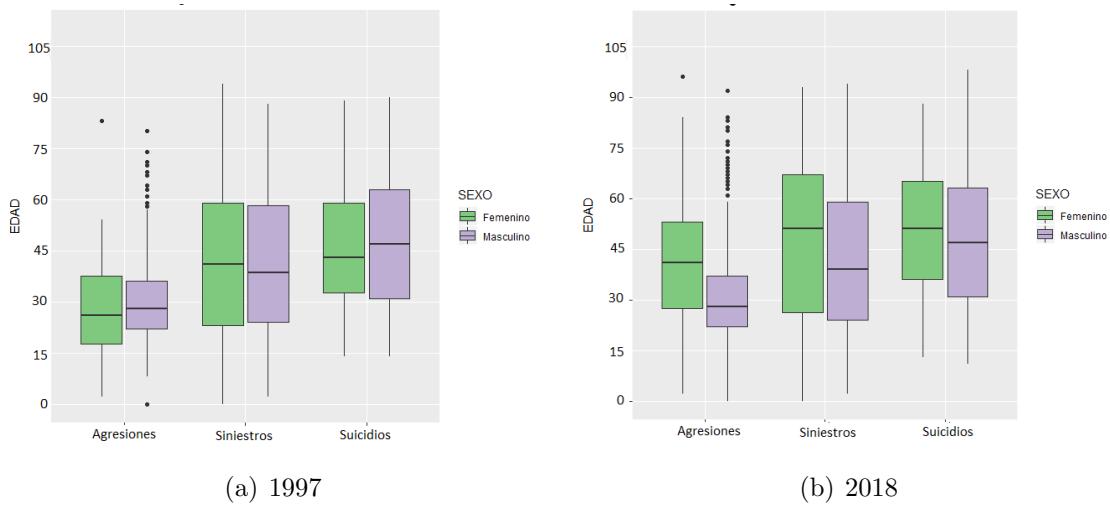


Figura 5: Dispersión de la edad de muerte para los principales causas externas

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del MSP

La Figura 5(a) presenta una relativa paridad entre los resultados obtenidos por sexo para las diferentes causales presentadas, siendo los homicidios los que presentan una mediana más baja, menor a los 30 años, y una menor dispersión del 50 % central de las edades de fallecimiento. Los siniestros de tránsito y los suicidios por su parte, presentan una dispersión muy superior a la de los homicidios y una edad mediana también más alta. Cabe destacar respecto a los homicidios en hombres, que si bien la mayor densidad de edades pertenece a jóvenes, existen varios casos donde la mortalidad se da a edades mucho más elevadas y son consideradas observaciones atípicas en esta distribución.

Si en cambio, se observa en la Figura 5(b) los mismos indicadores para el año 2018, se pueden apreciar varios cambios: en primer lugar, la edad mediana para las tres causas, es inferior en los hombres respecto a las mujeres. En los homicidios crece la edad mediana en las mujeres respecto al año 1997, manteniéndose estable en los hombres, esta diferencia hace que la edad mediana de los homicidios en hombres coincida con el primer cuartil de las mujeres. En el caso de los siniestros de tránsito, se observa también un rejuvenecimiento en la edad de fallecimiento de los hombres y un envejecimiento en la edad de las

mujeres. Finalmente en las muertes por suicidios, existe un ligero envejecimiento en las edades de muerte.

Estos resultados son consistentes con lo mencionado anteriormente: los homicidios son una causa externa de muerte con una fuerte concentración en los más jóvenes, esto se observa tanto al principio, como en el final del período de estudio, con la salvedad de que en la actualidad, en las mujeres se tiende a una paridad entre las causas externas de muerte en todos los tramos etarios. En los suicidios también se confirma lo ya planteado: ser una causa de muerte, que si bien tiene mayor dispersión en la edad de muerte, tiene un sesgo hacia los adultos mayores, posiblemente por situaciones de sentirse desamparados, perdida de familiares, exclusión social o por la presencia de enfermedades discapacitantes (Perez Barrero, 2012).

## 4.2. Años Potenciales de Vida Perdidos por Causas Externas

Sin embargo, como se planteó anteriormente, contar solo cantidad de fallecimientos o edad promedio (o mediana) de los fallecidos, puede ocultar información como mortalidad prematura o sobremortalidad en algunas causas de muerte, es por esto que se procede a calcular los APVP por causas externas, considerando como años potenciales perdidos a la diferencia entre la edad de muerte y la esperanza de vida a la edad  $x$  de la persona que fallece con  $x$  años cumplidos.

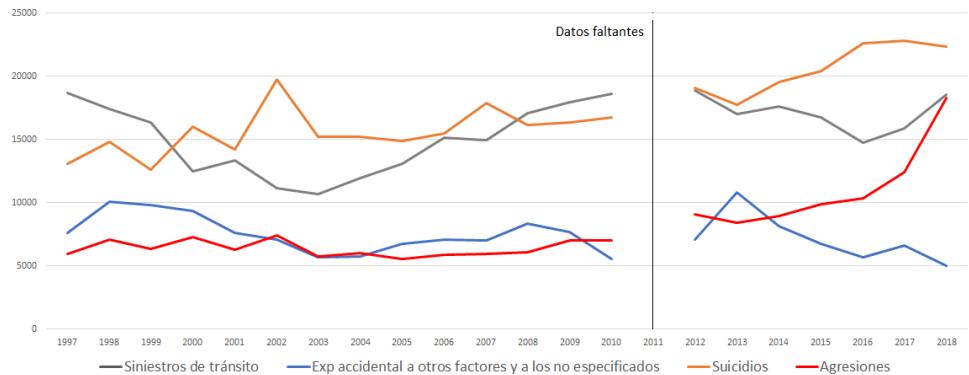


Figura 6: APVP por principales causas externas de muerte, 1998-2018

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del MSP

La Figura 6 muestra la evolución de los APVP en las principales causas externas de muerte, considerando todas las defunciones ocurridos en Uruguay. Los años perdidos por fallecimientos en homicidios, que ocupaban el 4to lugar en 1997, tienen un crecimiento importante a partir del año 2013, llegando a ocupar el segundo lugar en APVP junto a los siniestros de tránsito en 2018. Por otra parte los suicidios que ocupaban en segundo lugar en 1997, pasan al primer lugar en 2018, aunque se mantienen estables en los últimos tres años. Los siniestros de tránsito son los que a lo largo del tiempo se han mantenido estables en media, con una trayectoria oscilante.

Si se desagrega por sexo del fallecido, las Figura 7 indica que la mayor parte de la contribución a los APVP totales, se genera a partir de los APVP de los hombres. Mientras que las mujeres apenas superan los 5000 APVP, los hombres alcanzan valores cuatro veces mayores en sus principales causas externas de muerte. Comparando los resultados de los APVP en hombres respecto a los generales, se puede apreciar que los APVP de suicidios a lo largo del periodo de estudio, son muy superiores a los de homicidios, pero esta situación que paulatinamente habia comenzado a cambiar desde el 2014, cambia bruscamente en el 2018, donde los APVP por homicidios casi igualan los APVP por suicidios como principal causal de APVP en hombres. Los siniestros de tránsito por su parte, que durante el tiempo de estudio alternaban junto a los suicidios en ser la principal causal de APVP, tienen una serie más oscilante y descienden al tercer lugar de importancia en el último año.

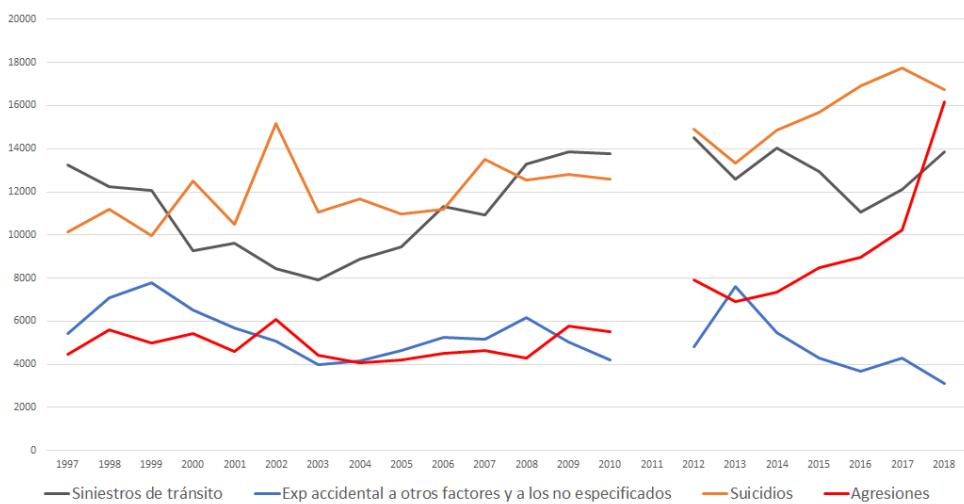


Figura 7: APVP por principales causas externas de muerte en Hombres, 1997-2018

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del MSP

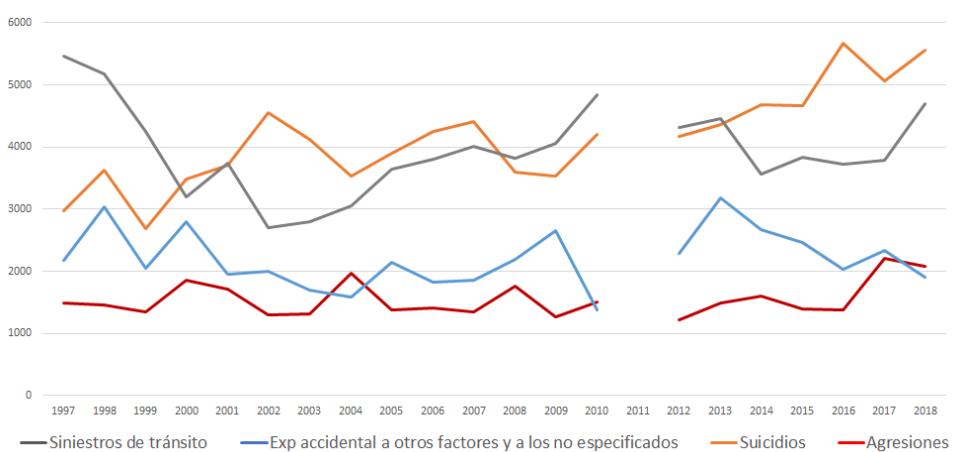


Figura 8: APVP por principales causas externas de muerte en Mujeres, 1997-2018

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del MSP

En el caso de las mujeres la Figura 8 indica que hay una mayor estabilidad en los APVP. Los siniestros de tránsito que eran la principal causa de APVP en las mujeres al principio del período, comienzan a alternar este primer lugar con los suicidios a partir del año 2000 y quedan en segundo lugar frente a estos ya en forma más sostenida a partir del 2013. Los homicidios por su parte, comparten el tercer y cuarto lugar en importancia junto a una causa aglomerante como es la “exposición a otros factores y a los no especificados”.

#### 4.3. Sensibilidad respecto a la imputación de datos faltantes

Como se mencionó en la sección 4.1, la base de datos del MSP, presenta, en general, subdeclaración de casos de defunciones por homicidios y siniestros de tránsito, es por esto que se plantea imputar los datos faltantes (considerando las bases de datos del MI y UNASEV) mediante remuestreo por bootstrap no paramétrico, para asegurar la convergencia de los resultados de los APVP, se realizan diferentes iteraciones de las simulaciones hasta encontrar una convergencia. Por razones pragmáticas, esta convergencia solo se analiza para el primer caso (homicidios de hombres en 1997) y se da por apropiada también para los demás años, causas y sexo.

Finalmente la Figura 9 presenta los APVP calculados con y sin imputación. Los únicos cambios conceptuales relevantes que se pueden observar es que los siniestros de tránsito mantienen el primer lugar en cantidad de APVP en hombres hasta el 2001 cuando con los datos sin imputar, esto sucede solo hasta 1999, esta misma observación se repite para el año 2003 y 2004. No se observa cambio conceptual en la cantidad de homicidios, que se mantienen en tercer lugar hasta el año 2017.

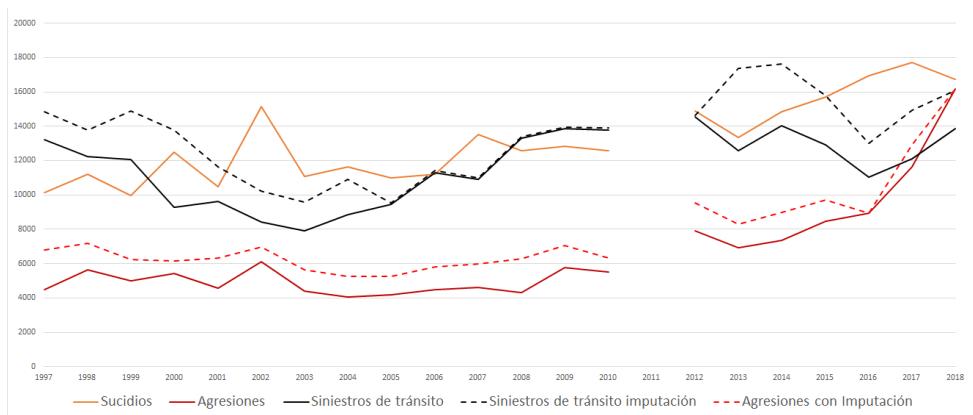


Figura 9: Comparación de los APVP en hombres con datos imputados

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del MSP, MI y UNASEV

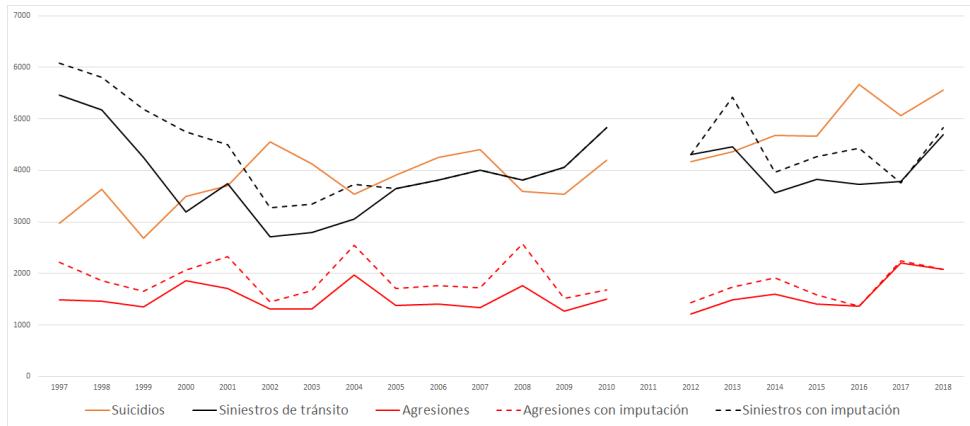


Figura 10: Comparación de los APVP en mujeres con datos imputados

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del MSP, MI y UNASEV.

#### 4.4. Intervalo de Confianza de los APVP

En esta sección se presentan los resultados de construir los intervalos de confianza al 95 % para cada una de las causas de muerte, año y sexo estudiados. Al igual que cuando se imputaron los datos faltantes en las bases de datos del MSP, este procedimiento implica utilizar la técnica de remuestreo por bootstrap, lo que implica realizar un conjunto de simulaciones que deben converger a un resultado estable para poder obtener conclusiones. El procedimiento que estima los intervalos de confianza es el resultante de la replicación de 1000 muestras bootstrap<sup>6</sup>, cada una de las cuales genera una pareja de extremos (inferior y superior) diferente para el intervalo al 95 %.

Habiéndose tomado la mediana de estos remuestreos como estimación de los diferentes intervalos de confianza, la Figura 11 compara las trayectorias de estos intervalos para las principales causas externas de muerte en hombres. Se observa que los homicidios siguen siendo la tercera causa hasta el año 2018, año en que el intervalo de confianza se solapa con los suicidios, siendo imposible tener evidencia estadística de cual causa provoca mayores defunciones.

Por otra parte, si comparamos los suicidios con los siniestros de tránsito, al no considerar los intervalos de confianza se observa que estas dos causas alternan en el tiempo ser la principal causa externa de muerte, pero si integramos la aleatoriedad de los APVP en el análisis, se observa que solo en los años 1997, 2002, 2003 y en el período 2015-18 no hay solapamiento de intervalos, en los restantes tiempos del período de estudio, la superposición de intervalos imposibilita deducir cual de las dos causas es la principal.

<sup>6</sup>Si bien la convergencia puede indicar que 500 simulaciones son suficientes, como la misma solo se estudio para una causa y un año, es que se opta por aumentar a 1000 la cantidad de simulaciones realizadas

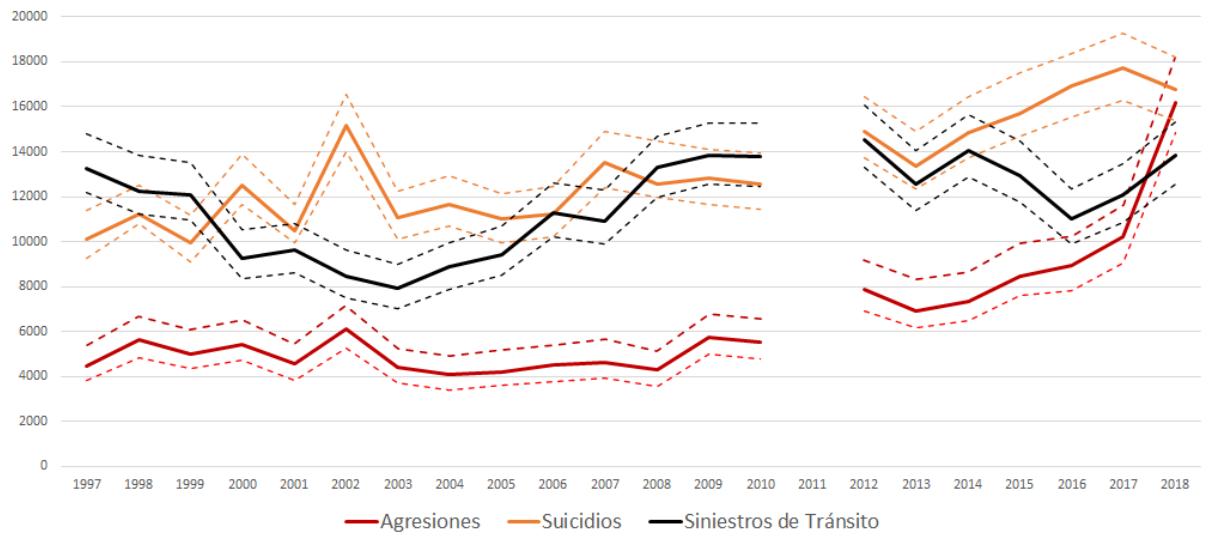


Figura 11: Intervalo de confianza para los APVP en hombres al 95 %

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del MSP

Para los APVP en mujeres, la Figura 12 llega a similares conclusiones en cuanto a la superposición de intervalos de los fallecimientos por suicidios y siniestros de tránsito, mientras que los homicidios se mantienen en tercer lugar en todos los años estudiados.

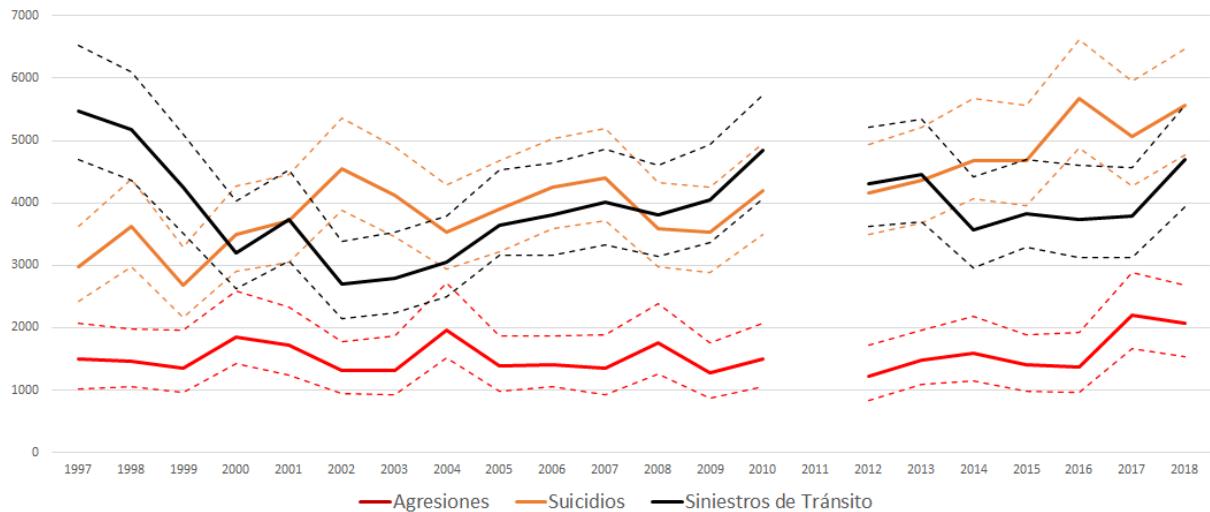


Figura 12: Intervalo de confianza para los APVP en mujeres al 95 %

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del MSP

## 5. Conclusiones

Estudiando la mortalidad por sus tres grandes causas y por las causas externas en particular, se observó que las estas últimas presentan una prevalencia muy alta en los hombres y en particular en los jóvenes, siendo el homicidio quien prevalece entre estas edades, mientras que las enfermedades no transmisibles tienen mayor prevalencia en las

siguientes etapas de la vida. Sin perjuicio de lo anterior, no puede decirse que las causas externas solo estén presente en los jóvenes, los adultos mayores también tienen una parte importante de fallecimientos por causas externas en términos de mortalidad específica, pero en este caso es debido a la alta prevalencia de suicidios.

Continuando el análisis de las causas externas de muerte, pero ahora a través de los APVP, se propuso usar intervalos de confianza para poder evaluar el crecimiento y el orden de las distintas causas para que las conclusiones planteadas consideren el componente aleatorio de la edad de muerte y de la cantidad de muertes, de los resultados observados se concluye que los suicidios y siniestros de tránsito han alternado el primer y segundo lugar dentro de las causas externas a lo largo del período estudiado, superponiéndose los intervalos de confianza en los años centrales del estudio, tanto en hombres como en mujeres. Los homicidios por otra parte presentan un comportamiento diferente, se mantienen como tercera causa de importancia durante todo el período y en ambos sexos, exceptuando el último año de estudio, donde un crecimiento en los APVP en los hombres los hace igualar a los suicidios como causa de mayor impacto en hombres.

Se concluye que para prevenir fallecimientos por causas externas, en los adultos mayores se debe enfocar en la prevención del suicidio, mientras que en el caso de los jóvenes se debe hacer énfasis en buscar estrategias de manera de disminuir el impacto de los homicidios y los siniestros de tránsito.

Por otra parte, desde el punto de vista metodológico, se plantea una forma de incorporar la aleatoriedad en la cantidad de defunciones y la edad de los fallecidos, mediante la técnica de remuestreo por bootstrap no paramétrico bajo simulación Monte Carlo, de tal manera que las conclusiones a las que se llegan, puedan discriminar si la variabilidad de los APVP son fruto de la aleatoriedad o si existe un cambio en las condiciones sanitarias del país que generan esta variabilidad.

## Referencias Bibliográficas

Arriaga, E. (1996). *Los años de vida perdidos: su utilización para medir el nivel y cambio de mortalidad*.

Benavides, F., González, E., y Bernabeu-Mestre, J. (1996). La transición sanitaria: Una revisión conceptual. *Revista de Demografía Histórica, ISSN 1696-702X, Vol. 14, Nº 1, 1996, pags. 117-142.*

Boleda, M. y Arriaga, E. (2000). *América Latina: Mortalidad por accidentes y por violencia contra las personas*. CEPAL-Notas de Poblacion - Vol 27 - No 70.

Brown, L. D., Cai, T. T., y DasGupta, A. (2001). Interval estimation for a binomial proportion. *Statistical Science, 16*(2):101–117.

Dávila, Cervantes. Pardo Montaño AM. (2016). Análisis de la tendencia e impacto de la mortalidad por causas externas: México, 2000-2013.

Dempsey, M. (1947). *Decline in tuberculosis: the death rate fails to tell the entire storyd.*

Di Cesare, M. (2011). El perfil epidemiológico de américa latina y el caribe: desafíos, límites y acciones.

Frenk, Julio and Bobadilla, J and Stern, C and Frejka, Tomas and Lozano, Rafael (1991). Elements for a theory of transition in health. *Salud pública de México, 33*:448–62.

INE (2005). Estimaciones y proyecciones de la población de Uruguay (1996-2050) y departamentos (1996-2025). Revisión 2005.

INE (2014). Estimaciones y proyecciones de la población de Uruguay: metodología y resultados. Revisión 2013.

Mackenbach, J. (1994). The epidemiologic transition theory. *Journal of Epidemiology and Community Health.*

MI (2019). Estadísticas del Ministerio del Interior.

MINSAL (2011). *Primer Reporte de Vigilancia de Enfermedades No Transmisibles*. Ministerio de Salud de Chile.

MSP (2018). Estadísticas Vitales.

Murray, C. J. L., Lopez, A. D., Organization, W. H., Bank, W., y of Public Health, H. S. (1996). The global burden of disease : a comprehensive assessment of mortality and disability from diseases, injuries, and risk factors in 1990 and projected to 2020 : summary / edited by christopher j. l. murray, alan d. lopez.

OCDE (2007). *Panorama de la salud 2007, los indicadores de la OCDE*.

Olshansky S.J., A. B. (1986). The fourth stage of the epidemiologic transition: the age of delayed degenerative diseases. *The Milbank Quarterly*, 64, 355-391.

Omran, A. (1971). The epidemiologic transition: a theory of the epidemiology of population changes. *The Milbank Memorial Fund Quarterly*, vol. 49, No 4.

OMS (2002). Informe sobre la salud en el mundo 2002 - reducir los riesgos y promover una vida sana.

OPS (1998). La salud en las Américas.

Pellegrino, A. (2003). Caracterización demográfica del Uruguay.

Pellegrino, A. (2013). Uruguay: cien años de transición demográfica. *Migración y desarrollo*, 11:186 – 207.

Perez Barrero, S. A. (2012). Factores de riesgo suicida en el anciano. *Cienc. saúde coletiva*, 17:2011 – 2016.

Riley, C. Alter, G. (1989). The epidemiologic transition and morbidity. *Population Institute for Research and Training Indiana University*.

Salomon, J. y Murray, C. (2002). The epidemiologic transition revisited: Compositional models for causes of death by age and sex. *Population and Development Review*, 28:205–228.

Simón Soria, F. (2017). Cambio global, poblaciones y riesgos sanitarios: una compleja relaciónen. *Rev. salud ambient.* 2017; 17(1):87-92.

Smith, K. (1990). The risk transition and global warning. *Journal of Energy Engineering*.

UNASEV (2018). Fallecidos por siniestros de tránsito, datos abiertos.