

DINÁMICA DEL CONSUMO DE TABACO EN GALICIA (2007–2020). EVALUACIÓN EN DIFERENTES ESCENARIOS

Paula Raña¹, Rosa M. Crujeiras², M^a Isolina Santiago-Pérez³ y Mónica Pérez-Ríos^{3,4}

¹Departamento de Matemáticas, Universidade da Coruña.

²Departamento de Estadística e Investigación Operativa, Universidad de Santiago de Compostela.

³Servizo de Epidemioloxía, Dirección Xeral de Innovación e Xestión da Saúde Pública, Xunta de Galicia.

⁴Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública. Universidad de Santiago de Compostela. CIBER de Epidemiología y Salud Pública.

RESUMEN

En este trabajo se presenta un modelo de predicción de las prevalencias de consumo de tabaco basado en el modelo SimSmoke utilizando Cadenas de Markov. Este método se aplica sobre datos obtenidos de la población gallega y con el objetivo de predecir la prevalencia de fumadores en dicha población entre los años 2010 y 2020. Previamente se desarrolla un modelo de validación entre los años 2007 y 2010. Sobre las predicciones obtenidas se analiza el impacto e influencia de las leyes de control de tabaquismo implantadas en España en los últimos años, utilizando diferentes escenarios, para comprobar su impacto en la prevalencia de consumo de tabaco.

Palabras y frases clave: Cadena de Markov; Prevalencia; SimSmoke; Tabaco.

1. INTRODUCCIÓN A LA EPIDEMIA TABÁQUICA.

Actualmente el tabaquismo está considerado como el factor de riesgo susceptible de ser prevenido que más muertes causa en el mundo. El informe de la Organización Mundial de la Salud sobre la epidemia mundial de tabaquismo en 2011 estima que el tabaco causa cada año cerca de 6 millones de muertes y provoca también cuantiosas pérdidas económicas.

España es uno de los países europeos con mayor prevalencia de consumo de tabaco. La prevalencia de fumadores según el informe del grupo de trabajo en tabaquismo de la Sociedad Española de Epidemiología (2009) ha disminuído entre 1987 y 2006 en los hombres, mientras que en las mujeres se ha incrementado entre 1987 y 2001 para después también disminuir. Aún así, Banegas et al. (2011) estiman en más de 53000 las muertes causadas por el tabaco en España en 2006. Los datos de la última Encuesta Nacional de Salud 2011-2012, muestran que la prevalencia de fumadores en España era del 31 % para los hombres y del 23 % en mujeres. La prevalencia de consumo de tabaco es más alta entre los hombres debido a la baja prevalencia de mujeres fumadoras mayores de 54 años. Los datos para la comunidad gallega recogidos en esa misma encuesta la sitúan ligeramente por debajo de la media nacional en el caso de los hombres, con una prevalencia de fumadores del 30 % y un poco más diferenciada en mujeres con prevalencia de fumadoras del 19 %.

En España se han implementado diferentes leyes orientadas al control del tabaquismo. En los últimos siete años se aprobaron dos leyes diferentes. La primera de ellas, Ley 28/2005, estableció una prohibición parcial teniendo en cuenta la preservación de las áreas de fumadores en algunos locales públicos, especialmente en aquellos dedicados al ocio. Esta ley fue modificada y una regulación más restrictiva se introdujo en el año 2011, Ley 42/2010. La evaluación del impacto de la ley constata la reducción de la prevalencia autodeclarada de exposición al humo ambiental

del tabaco, aunque no se ha observado un impacto significativo de la Ley 28/2005 en la prevalencia de consumo de tabaco, como se puede ver en el informe del grupo de trabajo de tabaco de la SEE, (2009). Aunque la evaluación de la Ley 42/2010 estudiada por el mismo grupo en 2012 evidenció un impacto superior. Conocer el impacto que estas leyes tienen en la evolución de la epidemia tabáquica de Galicia es complicado, ya que la tendencia previa de la prevalencia dificulta observar el efecto directo que pudiesen producir las leyes en el consumo. Además, es difícil valorar el impacto de otras variables que puedan influir en la exposición como por ejemplo la crisis económica.

El objetivo de este trabajo es estudiar la evolución de la prevalencia de consumo de tabaco en la población residente en Galicia de 16 años y más, así como valorar el impacto que las leyes reguladoras del consumo tienen sobre estas prevalencias. Para ello se modeliza la dinámica del consumo de tabaco mediante las técnicas de Cadenas de Markov, que permiten hacer predicciones de las prevalencias.

El documento se organiza como sigue: en la Sección 2 se presentan las técnicas estadísticas necesarias para el desarrollo de los modelos en los que se utilizan Cadenas de Markov. La Sección 3, Material y Métodos, incluye la descripción de los datos utilizados en el estudio y de los dos métodos presentados, el de validación y el de predicción. En la Sección 4 se resumen los principales resultados obtenidos, seguidos de una discusión del modelo en la Sección 5. Por último, la Sección 6 incluye las conclusiones del trabajo.

2. INTRODUCCIÓN A LAS CADENAS DE MARKOV

El desarrollo de un modelo de predicción dinámico con el objetivo de estimar la evolución de la prevalencia de consumo de tabaco, teniendo en cuenta sexo y grupo de edad, se puede realizar con un modelo apropiado de transiciones entre diferentes estados de consumo de tabaco. Una Cadena de Markov puede ser utilizada para ese propósito, considerando tiempo discreto, con transiciones entre estados registradas en una base anual (ver Durrett (1999) y Kulkarni (1995) para una revisión completa en este tema).

Una Cadena de Markov en Tiempo Discreto (CMTD) es una sucesión de variables aleatorias $\{X_n, n \in \mathbb{N}\}$ que satisface:

1. Cada variable X_n toma valores en un conjunto finito o numerable E , que se denomina espacio de estados.
2. La sucesión de variables verifica la condición de Markov:

$$\mathbb{P}(X_{n+1} = i_{n+1} | X_0 = i_0, \dots, X_n = i_n) = \mathbb{P}(X_{n+1} = i_{n+1} | X_n = i_n),$$

donde $i_0, i_1, \dots, i_n \in E$ denotan los estados en los que se encuentra la cadena en cada etapa. Esta condición implica que la probabilidad de transición a un cierto estado en el instante $n+1$, depende solamente del estado inmediatamente anterior, esto es, solo depende del estado en el instante n . Además, para Cadenas de Markov homogéneas, el instante en el que ocurre la transición es irrelevante, con lo que la probabilidad de pasar del estado i al estado j viene dada por:

$$p_{ij} = \mathbb{P}(X_{n+1} = j | X_n = i) = \mathbb{P}(X_{m+1} = j | X_m = i), \quad \forall n, m \in \mathbb{N}, i, j \in E. \quad (1)$$

Una Cadena de Markov se caracteriza definiendo un espacio de estados, una matriz de transición compuesta por todas las probabilidades definidas en (1) y una distribución inicial en los posibles estados.

La matriz de transición incluye todas las probabilidades de transición entre estados de la cadena. La dimensión de la matriz es $k \times k$, cuyos elementos se definen como sigue:

$$\mathbb{P}(X_{n+1} = j | X_n = i) = p_{ij}, \quad i, j \in E, \quad \forall n \in \mathbb{N}$$

que indica la probabilidad de pasar del estado i al estado j en una etapa, en cualquier momento a lo largo de la evolución de la cadena. La matriz es de la forma:

$$P = \begin{pmatrix} p_{11} & \cdots & p_{1k} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{k1} & \cdots & p_{kk} \end{pmatrix}. \quad (2)$$

La matriz de transición (2) es una matriz estocástica, ya que satisface la siguiente condición: $p_{ij} \geq 0$, $\forall i, j \in E$ y $\sum_{j \in E} p_{ij} = 1$, $\forall i \in E$.

Finalmente, la distribución inicial es un vector de probabilidad de tamaño k . Cada uno de sus elementos es la probabilidad de que la cadena se encuentre en cada estado i en la etapa inicial. Se define como:

$$P^{(0)} = (p_1^{(0)}, \dots, p_i^{(0)}, \dots, p_k^{(0)}),$$

donde $p_i^{(0)} = \mathbb{P}(X_0 = i)$, $i \in E$.

Una vez que la Cadena de Markov está caracterizada, es posible calcular su distribución en cualquier etapa n , esto es, la probabilidad de estar en cada estado en una cierta etapa:

$$P^{(n)} = (p_1^{(n)}, p_2^{(n)}, \dots, p_i^{(n)}, \dots, p_k^{(n)}),$$

donde $p_i^{(n)} = \mathbb{P}(X_n = i)$.

Para obtener estas probabilidades, que forman la distribución marginal de la cadena, es necesario obtener la matriz de transición en n etapas. Esta matriz, formada por los elementos $p_{ij}^{(n)} = \mathbb{P}(X_{m+n} = j | X_m = i)$, es la potencia n -ésima de la matriz de transición (2). Esta propiedad es consecuencia de la ecuación de Chapman-Kolmogorov (véase Durrett (1999), Sección 1.2), con lo que finalmente la distribución marginal de la cadena se obtiene como: $P^{(n)} = P^{(0)} P^n$.

Por lo tanto, para poder calcular la distribución marginal, se deben obtener la matriz de transición y la distribución inicial. Sin embargo, en la práctica, las probabilidades involucradas en la caracterización de la Cadena de Markov deben ser estimadas a partir de las observaciones de cada transición de la cadena. Un estimador natural para las probabilidades de transición por Máxima Verosimilitud fue introducido por Anderson y Goodman (1956):

$$\hat{p}_{ij} = \frac{n_{ij}}{n_i^*}, \quad \text{donde} \quad n_i^* = \sum_{j \in E} n_{ij},$$

siendo n_{ij} es el número de individuos que pasan del estado i al estado j en una etapa.

La distribución asintótica de las estimaciones de las probabilidades de transición es:

$$\sqrt{n_i^*}(\hat{p}_{ij} - p_{ij}) \longrightarrow N(0, p_{ij}(1 - p_{ij})), \quad \forall i, j \in E,$$

cuando $n_i^* \longrightarrow \infty$.

Como consecuencia de su distribución asintótica, es posible obtener intervalos de confianza para cada probabilidad de transición. Para un nivel de confianza dado, $1 - \alpha$, el correspondiente intervalo de confianza para la probabilidad p_{ij} es:

$$\hat{p}_{ij} \pm z_{1-\alpha/2} \sqrt{\frac{(\hat{\Sigma}_P)_{(ij,ij)}}{n_i^*}} = \hat{p}_{ij} \pm z_{1-\alpha/2} \sqrt{\frac{\hat{p}_{ij}(1 - \hat{p}_{ij})}{n_i^*}}.$$

donde $(\hat{\Sigma}_P)_{(ij,kl)} = \delta_{ik}p_{ij}(\delta_{jl} - p_{il})$ es la matriz de covarianzas de las estimaciones de las probabilidades de transición y z el correspondiente cuantil normal.

Una alternativa no paramétrica para obtener intervalos de confianza para las probabilidades de transición se encuentra en la metodología Bootstrap, que permite también la construcción de intervalos de confianza para la distribución de la cadena en una cierta etapa. Para ello es necesario generar réplicas bootstrap de la cadena, $\{X_n^*, n \in \mathbb{N}\}$, a partir de la Cadena de Markov original $\{X_n, n \in \mathbb{N}\}$ con matriz de transición estimada por máxima verosimilitud.

Por lo tanto, con el objetivo de construir dichos intervalos de confianza se puede plantear el siguiente algoritmo (Tabla 1) para obtener muestras bootstrap de las observaciones de la Cadena de Markov:

- Obtener un cierto número B de muestras de la distribución inicial, para comenzar las cadenas bootstrap. Esto se puede hacer de forma sencilla viendo que la distribución inicial se puede interpretar como una distribución multinomial donde las probabilidades de cada suceso vienen dadas por las probabilidades de la distribución inicial de encontrarse en cada uno de los estados de la cadena.
- Para cada distribución inicial bootstrap, aplicar la matriz de transición para obtener una observación de la cadena en la siguiente etapa.
- Con cada observación del cambio, para cada remuestra, la matriz de transición se puede estimar por Máxima Verosimilitud. Así, se obtienen las B matrices de transición bootstrap.

Distr. inicial	Muestra inicial	Matriz de transición	Muestra en etapa siguiente	Matriz de transición bootstrap
$P^{(0)} \longrightarrow$	$X_0^{*(1)}$	$\hat{P} \longrightarrow$	$X_1^{*(1)}$	$\hat{P}^{*(1)}$
	$X_0^{*(2)}$	$\hat{P} \longrightarrow$	$X_1^{*(2)}$	$\hat{P}^{*(2)}$
	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
	$X_0^{*(B)}$	$\hat{P} \longrightarrow$	$X_1^{*(B)}$	$\hat{P}^{*(B)}$

Tabla 1: Esquema del procedimiento bootstrap.

A partir de estas matrices de transición bootstrap, se pueden construir los dos tipos de intervalos mencionados anteriormente (asintóticos y bootstrap) para las probabilidades de transición y para la distribución de la cadena en una cierta etapa. En primer lugar, se dispone de B valores para cada una de las probabilidades de transición. Utilizando los correspondientes cuantiles muestrales de orden adecuado se puede obtener un intervalo de confianza (ver Efron y Tibshirani (1993), Capítulo 13), proporcionando así una alternativa a los intervalos de confianza asintóticos. En segundo lugar, para cada matriz bootstrap, con el uso de la distribución inicial se puede obtener la distribución marginal en una cierta etapa. Se obtiene así, de forma análoga, un intervalo de confianza para la distribución marginal, utilizando los correspondientes cuantiles muestrales.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

En este trabajo se ha desarrollado un modelo basado en Cadenas de Markov en tiempo discreto con el objetivo de predecir la evolución de la prevalencia de fumadores. Los datos utilizados para este modelo, procedentes de una encuesta, tienen que permitir conocer cómo la población cambia o mantiene sus hábitos en relación con el consumo de tabaco, en el intervalo de tiempo de un año. Esto es posible teniendo en cuenta el estado de los individuos en el momento de la entrevista y su estado autodeclarado en el año anterior. Las principales variables involucradas en el estudio son la edad y sexo, estado en relación con el consumo de tabaco, año de inicio en el consumo de

tabaco para los fumadores, tiempo desde que dejaron de fumar los exfumadores y otras variables que permitan conocer las recaídas en el consumo de tabaco en exfumadores.

3.1. Fuente de datos

La principal fuente de información es el Sistema de Información sobre Conductas de Riesgo de Galicia (SICRI). Este sistema, puesto en marcha en Galicia en el 2005 por el Servicio de Epidemiología de la Dirección Xeral de Innovación e Xestión da Saúde Pública, se basa en la realización de encuestas telefónicas con periodicidad anual en mayores de 15 años residentes en Galicia. La muestra de cada SICRI se selecciona mediante muestreo aleatorio estratificado con 8 estratos definidos por sexo y grupo de edad. Dichos grupos de edad son: Grupo 1: [16, 25), Grupo 2: [25, 45), Grupo 3: [45, 65) y Grupo 4: [65, ∞). El tamaño muestral de cada año es de aproximadamente 8000 individuos con igual asignación por estratos.

El consumo de tabaco es un factor clave en los dos estudios utilizados en este análisis (SICRI-2007 y SICRI-2010), que se componen de varios bloques comunes según la temática (información sociodemográfica, consumo de tabaco, exposición al humo ambiental del tabaco, actividad física, etc.). En las encuestas, la relación con el tabaco se basa en información individual autodeclarada y se define un fumador como el individuo que fumaba en el momento de realizar la encuesta; un nunca fumador el individuo que no ha fumado nunca; un exfumador es un fumador que dejó de fumar durante el año anterior a la realización de la encuesta y un exfumador de larga duración es aquel que dejó de fumar desde hace más de un año.

La prevalencia de fumadores de 15 años se obtuvo de la encuesta SIX (Sistema de Información sobre Conductas de Riesgo en Jóvenes), que está dirigida a escolares gallegos de 4º de ESO (15-16 años). Esta prevalencia fue del 17 % en 2007. Proyecciones de la población de 15 años se tomaron del Instituto Galego de Estatística (IGE) y la población se introdujo en el modelo dividida entre fumadores y nunca fumadores, teniendo en cuenta la prevalencia de fumadores derivada del SIX.

La información sobre las tasas de recaída procede del concurso para dejar de fumar Quit and Win (Déixao e Gaña), desarrollado también en Galicia entre 1998 y 2010, siendo las tasas de recaída aplicadas del 50.2 % en el grupo de edad 25-44 y de 42.8 % en 45-64. Las tasas de mortalidad, por sexo y grupo de edad, para la población gallega se obtuvieron considerando la mortalidad atribuida al consumo de tabaco, resultando diferentes tasas para fumadores y para no fumadores.

El impacto estimado de las políticas de control del consumo de tabaco se calcula como un porcentaje de cambio estimado (PC) sobre las prevalencias de inicio y cese en el hábito, basado en estudios empíricos y en la opinión de un grupo de expertos. En este estudio se utilizan las estimaciones procedentes del módulo de políticas del modelo SimSmoke, considerando solo aquellas que actualmente están en vigor en España (Tabla 2). En todos los casos las estimaciones se generan en dos escenarios, el del efecto normal de las intervenciones (Ef. normal) y el del efecto máximo alcanzable sobre la población con cada una de las medidas (Ef. máx.). Además, dado que la población objetivo de cada medida puede variar, se consideran dos grupos de edad, menores de 25 años y el resto de la población adulta, sin diferenciar por sexos.

3.2. Cadena de Markov: diseño y validación

Antes de ajustar un modelo predictivo desde 2010 a 2020, se ajustó un modelo piloto y se validó con datos observados a nivel poblacional. Este modelo de validación se basa en una Cadena de Markov, con el objetivo de identificar el comportamiento de la población en relación al consumo de tabaco, es decir, su evolución desde nunca fumadores a fumadores y de fumadores a exfumadores. Las observaciones de la cadena se consideran a lo largo de un año, por lo que cada etapa del modelo corresponde con un año.

Política	PC en Grupo 1		PC en Grupos 2,3 y 4	
	Ef. normal	Ef. máx.	Ef. normal	Ef. máx.
<i>Impuestos sobre venta de tabaco</i>	0.3 %	0.6 %	0.2 %	0.3 %
<i>Campañas dirigidas a jóvenes</i>	2.5 %	25 %	–	–
<i>Advertencias globales sobre la salud</i>	1 %	6 %	1 %	2 %
<i>Políticas de aire limpio: trabajo</i>	–	–	6 %	6 %
<i>Políticas de aire limpio: ocio</i>	2 %	2 %	–	–
<i>Políticas de aire limpio: otros</i>	1 %	1 %	–	–

Tabla 2: Porcentaje de cambio (PC) en las probabilidades de empezar o dejar de fumar de cada grupo de edad, asociadas con las políticas de control de tabaquismo según el efecto normal (Ef. normal) y el efecto máximo alcanzable (Ef. máx.)

De la muestra de la población gallega obtenida del SICRI, se puede conocer la situación actual de cada individuo con respecto al consumo de tabaco, así como su estado en el año anterior. Con esas dos observaciones para cada persona de la muestra se construyen los elementos básicos en una Cadena de Markov (el espacio de estados, la distribución inicial y la matriz de transición). La muestra procedente del SICRI es una muestra compleja, obtenida mediante muestreo estratificado, por lo que las estimaciones vistas en la Sección 2 deben ser adaptadas a dicho muestreo.

El espacio de estados considerado en el modelo, formado por 13 estados basados tanto en consumo de tabaco como en grupo de edad, es el siguiente:

$$\{NF1, NF2, NF3, NF4, F1, F2, F3, F4, ExF2, ExF3, ExFL2, ExFL3, ExF4\}$$

donde NFi denota el estado de nunca fumadores del grupo de edad i correspondiente, $i = 1, \dots, 4$. Fi , $ExFi$ y $ExFLi$ son los estados de fumadores, exfumadores y exfumadores de larga duración del grupo de edad i . Las posibles transiciones entre estos estados se muestran en la Figura 1.

Además, a la hora de definir los estados y clasificar en ellos a la población de la muestra de estudio, hay que tener en cuenta las siguientes suposiciones:

- Un nunca fumador puede empezar a fumar hasta los 25 años, a partir de esa edad un nunca fumador permanece en ese estado hasta su muerte.
- Hasta los 25 años no existe el estado exfumador.
- Un exfumador de larga duración es un individuo que dejó de fumar hace un año o más. Un exfumador de larga duración permanece en ese estado hasta su muerte.
- Un fumador que ha dejado de fumar en el grupo de edad de 65 y más, independientemente del tiempo que lleve sin fumar, conservará su estado hasta su muerte.

Con las observaciones, para cada individuo de la muestra, del estado actual y previo en la etapa anterior se estiman las probabilidades de transición de la Cadena de Markov por Máxima Verosimilitud según se ha visto en la Sección 2, teniendo en cuenta el diseño muestral. Se utilizaron datos procedentes del SICRI 2007 para ajustar este modelo de validación del procedimiento. Para llevar a cabo la validación del modelo, se compararon los resultados de la cadena en el año 2010 con los correspondientes datos del estudio SICRI del mismo año. Dicha comparación se realizó mediante diferencias en las proporciones, estimando intervalos de confianza al 95 %.

Este modelo de validación debe tener en cuenta la evolución demográfica a través de nacimientos y muertes, ya que con él se realizarían predicciones sobre una población fija que, a largo plazo, serían engañosas. Para poder incluir la información demográfica necesaria se propone un nuevo modelo predictivo.

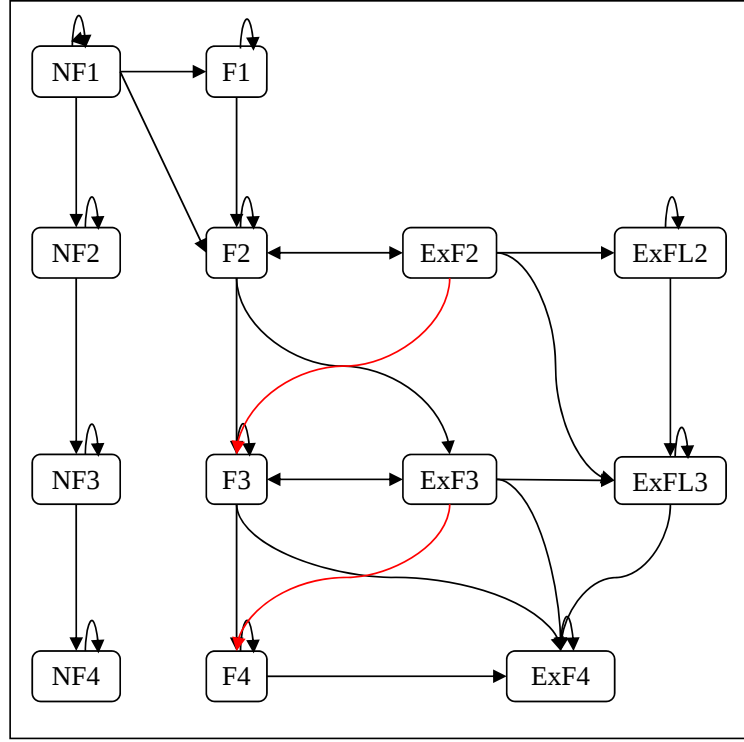


Figura 1: Transiciones posibles entre estados.

3.3. Modelo de predicción

Se presenta un modelo de predicción derivado del modelo de validación, en el que se tiene en cuenta la evolución demográfica. Las probabilidades de transición para este modelo se obtienen de la misma forma y con el mismo espacio de estados que en el modelo de validación propuesto en la Sección anterior. Para cada año a predecir, desde la etapa inicial, se introduce información de los nacimientos. Dado que el primer grupo de edad comienza en 16 años, solo se considera la población de esa edad (obtenida de la población de 15 años en la etapa previa). También se incluyen las tasas de mortalidad correspondientes, por grupo de edad y estado en relación al consumo de tabaco. Así, basándose en el modelo SimSmoke, se deriva una fórmula para predecir el año siguiente para cada etapa.

Para escribir con detalle las fórmulas de predicción se denota por $\mathbb{P}(i \rightarrow j)$ la correspondiente probabilidad de transición entre los estados i y j y por $M(i)$ la tasa de mortalidad para los individuos del estado i .

Nunca fumadores. Se consideran los años $t = 2010, \dots, 2020$. El número de nunca fumadores del Grupo 1, en el año $(t + 1)$ se corresponde con el número de nunca fumadores del mismo grupo de edad del año t que, durante esa transición no cambian de estado, a los que se añade el número de nunca fumadores de 15 años correspondiente. Nótese que las tasas de mortalidad para menores de 25 años (Grupo 1) se asume nula.

$$NF_1^{t+1} = NF_1^t \mathbb{P}(NF_1 \rightarrow NF_1) + NF_{15}^t.$$

Para los grupos de edad siguientes no se considera el comienzo en el hábito. Las únicas transiciones permitidas son las relacionadas con el envejecimiento y su transición entre grupos de edad.

$$NF_{i+1}^{t+1} = NF_{i+1}^t (1 - M(NF_{i+1})) \mathbb{P}(NF_{i+1} \rightarrow NF_{i+1}) + NF_i^t (1 - M(NF_i)) \mathbb{P}(NF_i \rightarrow NF_{i+1}).$$

De esta forma, para los grupos 2, 3 y 4, los nunca fumadores de un año se obtienen a partir de los nunca fumadores del año anterior, tanto del mismo grupo de edad como del anterior, que no han empezado a fumar. En todas las transiciones de los grupos 2, 3 y 4 se incorporan las tasas de mortalidad en función del grupo de edad.

Fumadores. Los fumadores del Grupo 1 en el año $(t + 1)$ proceden de los fumadores del año t que mantienen su estado y de los nunca fumadores del mismo grupo que han empezado a fumar durante esa transición. Se incorporan los fumadores de 15 años.

$$F_1^{t+1} = F_1^t \mathbb{P}(F_1 \rightarrow F_1) + NF_1^t \mathbb{P}(NF_1 \rightarrow F_1) + F_{15}^t.$$

En los grupos siguientes los fumadores proceden de fumadores que siguen fumando, tanto del mismo grupo de edad como del anterior, y de exfumadores que han recaído en el hábito. En cualquier caso se le aplican las tasas de mortalidad de cada grupo de edad.

$$F_2^{t+1} = F_2^t(1 - M(F_2))\mathbb{P}(F_2 \rightarrow F_2) + F_1^t \mathbb{P}(F_1 \rightarrow F_2) + \\ ExF_2^t(1 - M(NF_2))\mathbb{P}(ExF_2 \rightarrow F_2).$$

$$F_3^{t+1} = F_3^t(1 - M(F_3))\mathbb{P}(F_3 \rightarrow F_3) + F_2^t(1 - M(F_2))\mathbb{P}(F_2 \rightarrow F_3) + \\ ExF_3^t(1 - M(NF_3))\mathbb{P}(ExF_3 \rightarrow F_3) + ExF_2^t(1 - M(NF_2))\mathbb{P}(ExF_2 \rightarrow F_3).$$

$$F_4^{t+1} = F_4^t(1 - M(F_4))\mathbb{P}(F_4 \rightarrow F_4) + F_3^t(1 - M(F_3))\mathbb{P}(F_3 \rightarrow F_4) + \\ ExF_3^t(1 - M(NF_3))\mathbb{P}(ExF_3 \rightarrow F_4).$$

Exfumadores. Los exfumadores de corta duración de los grupos 2 y 3 proceden de los fumadores que han dejado de fumar durante esa transición y que no han muerto.

$$ExF_2^{t+1} = F_2^t(1 - M(F_2))\mathbb{P}(F_2 \rightarrow ExF_2).$$

$$ExF_3^{t+1} = F_3^t(1 - M(F_3))\mathbb{P}(F_3 \rightarrow ExF_3) + F_2^t(1 - M(F_2))\mathbb{P}(F_2 \rightarrow ExF_3).$$

Los exfumadores de larga duración de los grupos 2 y 3 proceden de exfumadores de corta duración que no han vuelto a fumar y de los exfumadores de larga duración del año anterior, que ya no cambian de estado en relación con el tabaco.

$$ExFL_2^{t+1} = ExF_2^t(1 - M(NF_2))\mathbb{P}(ExF_2 \rightarrow ExFL_2) + \\ + ExFL_2^t(1 - M(NF_2))\mathbb{P}(ExFL_2 \rightarrow ExFL_2).$$

$$ExFL_3^{t+1} = ExF_3^t(1 - M(NF_3))\mathbb{P}(ExF_3 \rightarrow ExFL_3) + \\ ExF_2^t(1 - M(NF_2))\mathbb{P}(ExF_2 \rightarrow ExFL_3) + \\ ExFL_3^t(1 - M(NF_3))\mathbb{P}(ExFL_3 \rightarrow ExFL_3) + \\ ExFL_2^t(1 - M(NF_2))\mathbb{P}(ExFL_2 \rightarrow ExFL_3).$$

Los exfumadores del Grupo 4, dado que es la única categoría de exfumadores de ese grupo, proceden de fumadores que dejan de fumar y exfumadores de distintas categorías que siguen sin fumar.

$$\begin{aligned} ExF_4^{t+1} = & ExF_4^t(1 - M(NF_4))\mathbb{P}(ExF_4 \rightarrow ExF_4) + \\ & ExFL_3^t(1 - M(NF_3))\mathbb{P}(ExFL_3 \rightarrow ExF_4) + \\ & ExF_3^t(1 - M(NF_3))\mathbb{P}(ExF_3 \rightarrow ExF_4) + \\ & F_4^t(1 - M(F_4))\mathbb{P}(F_4 \rightarrow ExF_4) + \\ & F_3^t(1 - M(F_3))\mathbb{P}(F_3 \rightarrow ExF_4). \end{aligned}$$

Para poder evaluar el efecto de las políticas de control de tabaquismo sobre las predicciones de la prevalencia, es necesario modificar las probabilidades de transición del modelo. Para cada política se aplica el porcentaje de cambio estimado (PC) presentado en la Tabla 2 sobre las probabilidades de transición de la siguiente forma:

$$\mathbb{P}(\text{inicio en el Grupo 1})(1 - PC_i).$$

$$\mathbb{P}(\text{cese en los grupos 2,3 y 4})(1 + PC_j).$$

Cuando se encuentra en vigor más de una política al mismo tiempo se considera un efecto multiplicativo. Para mantener las propiedades de la matriz de transición, donde las filas deben sumar uno, todos los cambios efectuados en sus valores tienen que ser compensados por los demás valores de la misma fila.

El modelo de predicción entre los años 2010 y 2020 se ha ajustado bajo tres posibles escenarios: sin efecto de las políticas, con el efecto normal y con el efecto máximo alcanzable según los datos presentados en la Tabla 2. En estos modelos, la matriz de transición se estimó a partir del SICRI 2010, correspondiente al último año antes de la entrada en vigor de la última ley antitabaco.

4. RESULTADOS

Todos los resultados obtenidos para los dos modelos, de validación y de predicción, se obtienen segregados por sexos. En primer lugar se muestran brevemente los resultados obtenidos en el modelo de validación para posteriormente ver los resultados de las predicciones en los tres escenarios considerados.

4.1. Resultados del Modelo de Validación

La distribución inicial de la cadena en el año 2007 indica que el porcentaje de nunca fumadores en la población de Galicia era de un 39.9 % en hombres y de un 70.3 % en mujeres. En cuanto a los fumadores, los porcentajes eran 31 % y 21 %, respectivamente.

En la Figura 2 se representan las diferencias en las probabilidades de cada estado entre la cadena y el SICRI en el año 2010, con intervalos de confianza del 95 %. Tanto en hombres como en mujeres hay algunas diferencias estadísticamente significativas, pero la magnitud no es relevante en ningún caso; si se excluyen las mujeres nunca fumadoras de 65 años y más (NF_4), la diferencia absoluta máxima es de 2.5 puntos porcentuales (Figura 2).

4.2. Resultados del Modelo de Predicción

A partir de las probabilidades de la matriz de transición se estima la probabilidad de inicio del hábito, entre los 16 y los 24 años, en un 8.9 % (6.8,10.9) en hombres y en un 7.9 % (6.0,9.8) en mujeres. En cuanto a la probabilidad de abandono después de los 25 años, los valores estimados

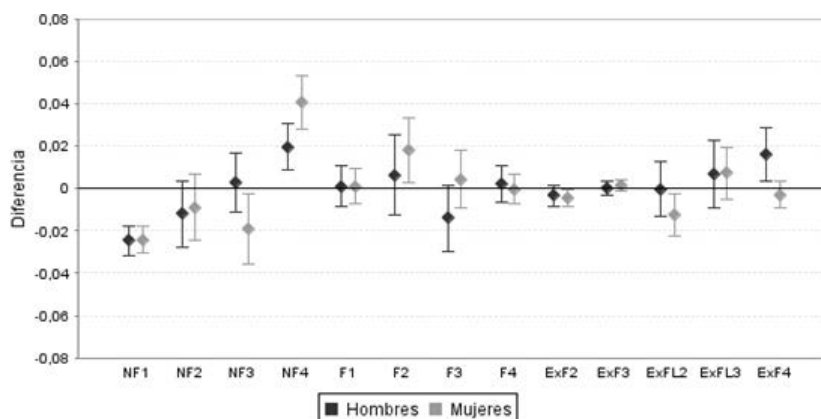


Figura 2: Diferencias entre la distribución marginal de la Cadena de Markov en 2010 y las probabilidades estimadas del SICRI 2010 con intervalos de confianza al 95 %

son 7.9 % (6.0,9.8) y 7.7 % (5.3,10.2), respectivamente.

En la Figura 3 se representa la evolución de las prevalencias de fumadores, exfumadores y nunca fumadores predichas por el modelo para el período 2010-2020 por sexo. La prevalencia de nunca fumadores se mantiene estable en los hombres (pasa de 39.9 % en 2010 a 40.8 % en 2020) y se reduce 5 puntos porcentuales en las mujeres (70.4 % en 2010 a 65.2 % en 2020). Con la prevalencia de fumadores sucede lo contrario: permanece constante en las mujeres, en torno al 18.5 %, pero tiene una tendencia levemente decreciente en hombres: pasa de 29.9 % en 2010 a 23.8 % en 2020. Por último, la prevalencia de exfumadores aumenta en los dos sexos unos 5 puntos porcentuales en los 10 años del período de predicción; en el caso de los hombres este aumento sucede a expensas de una reducción en los fumadores, mientras que en las mujeres se debe a que descienden las nunca fumadoras (Tabla 3).

En la Tabla 3 se observa que las distintas intervenciones asociadas a políticas de control de tabaquismo presentes en la Tabla 2 no tienen efectos destacables en las prevalencias globales, cuando no se tiene en cuenta la edad. La diferencia máxima entre las prevalencias predichas por el modelo sin intervención, y asumiendo un efecto máximo, se estima en 1.2 puntos porcentuales para nunca fumadores, 1.6 para fumadores y 0.5 para exfumadores.

Por grupos de edad sucede algo similar, excepto en el Grupo 1, al que afectan todas las políticas salvo la de aire limpio en lugares de trabajo, como se indica en la Tabla 2. En la Figura 4 se presenta la evolución de las prevalencias de nunca fumadores, fumadores y exfumadores por sexo y grupos de edad en el período 2010-2020. En esa figura se muestra el efecto de las intervenciones en la tendencia de las prevalencias en el Grupo 1, en el que en ambos sexos aumenta la prevalencia de fumadores y desciende la de nunca fumadores, pero en los hombres las dos líneas se cruzan a mitad del período, de forma que el porcentaje de fumadores supera al de nunca fumadores desde 2015. Con el efecto máximo de las intervenciones, los cambios son más suaves y las líneas no llegan a cruzarse. Los hombres y mujeres del Grupo 2 tienen una tendencia similar, pero en los otros dos grupos siguientes las prevalencias tienen un nivel y una evolución muy diferentes en hombres y en mujeres (Figura 4).

5. DISCUSIÓN

En este trabajo se presenta un método de predicción de la prevalencia de consumo de tabaco y se aplica a la población de Galicia. El estudio de la epidemia tabáquica es un importante campo de investigación en Epidemiología, siendo la metodología utilizada muy numerosa y variada en cuanto a técnicas empleadas. Se ha desarrollado un modelo predictivo utilizando Cadenas de Markov y fórmulas basadas en el modelo SimSmoke para predecir la tendencia de la prevalencia de consumo de tabaco y la influencia de las políticas de control de tabaquismo, teniendo en cuenta edad y sexo,

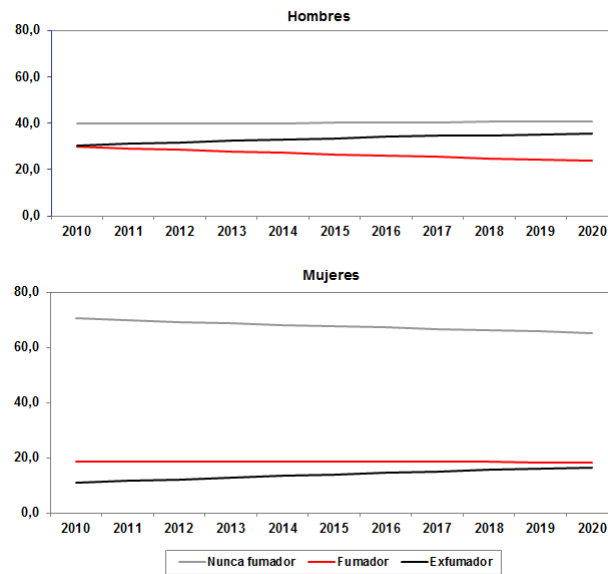


Figura 3: Tendencias de prevalencia predichas, en porcentaje, en el período 2010-2020 por sexo. Se muestran en el panel superior las predicciones para hombres y en el inferior para mujeres. En línea gris los nunca fumadores, en rojo los fumadores y en negro los exfumadores.

desde 2010 a 2020. Previamente, un modelo de validación entre 2007 y 2010 se llevó a cabo.

El modelo propuesto en este trabajo se basa en el uso de Cadenas de Markov para llevar a cabo las predicciones. Las Cadenas de Markov proporcionan una herramienta sencilla para llevar a cabo estudios en los que intervengan varias transiciones entre estados. Esto hace que su aplicación en el campo de la Epidemiología sea adecuada, ya que este tipo de estudios suele tener una gran complejidad a la hora de establecer diferentes estados o categorías y ver su evolución. Otros estudios en tabaco hacen uso de esta herramienta, como Killeen (2011), en el que se utiliza una Cadena de Markov de tres estados para construir funciones de supervivencia de las intervenciones para el abandono del tabaco. Yeh et al. (2012) utiliza también una Cadena de Markov para estudiar las transiciones entre los estados de fumadores, el abandono del tabaco y las recaídas.

Debido al objetivo de este estudio, el modelo más preciso es el SimSmoke, dado que la utilización de una Cadena de Markov en una población fija daría lugar a predicciones irreales a largo plazo. Por ello es importante combinar el funcionamiento de una Cadena de Markov y la evolución natural de la población a lo largo del tiempo. Este modelo es ampliamente utilizado en todo el mundo para simular y predecir la prevalencia y el efecto de las políticas de control del tabaquismo. El procedimiento incluye cuatro componentes, un modelo demográfico, un modelo de tabaco, un modelo de mortalidad atribuible al tabaco y un módulo de políticas. En el tema específico del efecto de las políticas, podemos encontrar ejemplos de simulación en diferentes países, como Brasil (Levy et al. (2012)), Corea (Levy et al. (2010)), Alemania (Levy et al. (2012)) y Holanda (Nagelhout et al. (2011)).

Haciendo una comparación entre nuestra propuesta y el modelo SimSmoke, podemos ver que este último incluye un estudio más profundo de la demografía, desarrollando sus propias predicciones de población con tasas de mortalidad y fecundidad, así como los datos actuales de la población. Para las tasas de prevalencia de consumo de tabaco permiten el uso de un mayor número de categorías de exfumadores, dependiendo de los años desde que se dejó de fumar y permite la recaída durante más años. El estudio de las muertes atribuibles al tabaquismo no está contemplado en nuestra propuesta. El módulo de políticas contempla un gran número de diferentes intervenciones de las cuales sólo las de la Tabla 2 se aplican en España. En resumen, nuestra propuesta es una

	2010		2015		2020	
Sin intervenciones	%	IC95 %	%	IC95 %	%	IC95 %
Hombres						
NF	39.9	(38.2, 41.5)	40.1	(39.4, 40.6)	40.8	(39.6, 41.8)
F	29.9	(28.4, 31.5)	26.5	(24.7, 28.3)	23.8	(21.2, 26.7)
ExF	30.2	(28.7, 31.6)	33.5	(31.8, 35.1)	35.4	(32.7, 38.0)
Mujeres						
NF	70.4	(68.9, 71.8)	67.6	(67.1, 68.1)	65.2	(64.2, 66.1)
F	18.6	(17.4, 19.8)	18.5	(16.9, 20)	18.3	(15.7, 20.9)
ExF	11.0	(10.0, 12.1)	13.9	(12.5, 15.4)	16.5	(14.0, 19.1)
Efecto normal	%	IC95 %	%	IC95 %	%	IC95 %
Hombres						
NF	39.9	(38.2, 41.5)	40.2	(39.6, 40.7)	41.0	(39.8, 42.0)
F	29.9	(28.4, 31.5)	26.0	(24.2, 27.9)	23.1	(20.4, 26.1)
ExF	30.2	(28.7, 31.6)	33.8	(32.0, 35.5)	35.9	(33.1, 38.5)
Mujeres						
NF	70.4	(68.9, 71.8)	67.7	(67.3, 68.2)	65.4	(64.4, 66.3)
F	18.6	(17.4, 19.8)	18.2	(16.6, 19.7)	17.8	(15.1, 20.4)
ExF	11.0	(10.0, 12.1)	14.1	(12.6, 15.7)	16.8	(14.2, 19.5)
Efecto máximo	%	IC95 %	%	IC95 %	%	IC95 %
Hombres						
NF	39.9	(38.2, 41.5)	40.8	(40.3, 41.2)	42.0	(41.0, 42.8)
F	29.9	(28.4, 31.5)	25.4	(23.6, 27.2)	22.1	(19.4, 25.1)
ExF	30.2	(28.7, 31.6)	33.8	(32.1, 35.5)	35.9	(33.1, 38.5)
Mujeres						
NF	70.4	(68.9, 71.8)	68.2	(67.9, 68.6)	66.3	(65.5, 67.0)
F	18.6	(17.4, 19.8)	17.7	(16.1, 19.1)	16.9	(14.4, 19.5)
ExF	11.0	(10.0, 12.1)	14.1	(12.6, 15.7)	16.8	(14.2, 19.5)

Tabla 3: Prevalencias predichas (en %) para nunca fumadores, fumadores y exfumadores con intervalos de confianza al 95 %, por sexos, bajo tres escenarios: sin efecto de intervenciones, con efecto normal y efecto máximo.

adaptación del modelo SimSmoke, con los datos disponibles en Galicia, dando como resultado un método más sencillo que preserva las cualidades principales del mismo.

Una de las ventajas del modelo propuesto es que es una forma sencilla de obtener predicciones para la prevalencia de consumo de tabaco en las que se refleja también la evolución demográfica, lo que permite la introducción de diferentes intervenciones en ellas, con diferentes niveles de impacto. En los resultados, se muestra el impacto de las leyes que están en vigor, pero también se pueden aplicar de forma individual para distinguir el efecto de cada intervención. También permite que el modelo se adapte a nuevas leyes u otras intervenciones que tengan lugar en el futuro. Métodos como este son necesarios para hacer predicciones y estudios sobre las leyes antes de su aplicación, con el fin de estimar de antemano su eficacia y permitir la adaptación de las medidas a la población objetivo. Otra ventaja del modelo es que puede ser fácilmente reproducido en otras poblaciones, adaptando los datos sobre el consumo de tabaco y la información demográfica. En el modelo se usan predicciones demográficas calculadas para la misma población de estudio, lo que produce resultados precisos.

El modelo presentado está limitado por los datos disponibles sobre el impacto de la ley en la prevalencia de consumo de tabaco en Galicia. Se aplican las estimaciones obtenidas del SimSmoke, lo que supone una limitación importante del estudio. Con datos más precisos, adaptados a la casuística española, el estudio mejoraría su ajuste a la situación real.

El efecto de las políticas de control de tabaquismo es un tema importante de investigación en los estudios de salud y además, debido a la reciente implementación de las leyes antitabaco, ha cobrado especial relevancia. Son varios los estudios que tratan de analizar el impacto de estas políticas sobre el consumo de tabaco. En concreto, con respecto a la primera ley de 2005, son varios los estudios que inciden en la importancia de desarrollar una nueva ley de prohibición total como la presentada en 2010. Es el caso de López et al. (2011) que se centra en la influencia sobre la exposición al humo ambiental, destacando el fracaso de esta ley parcial.

Con respecto a la Ley 42/2010 es posible encontrar estudios centrados en el efecto de dicha ley en la exposición al humo ambiental, como en Pérez-Ríos et al. (2013), que se sitúa en la población de Galicia y estudia la prevalencia de exposición al humo ambiental de tabaco desde 2005 hasta 2011, de forma que abarca la implantación de las dos leyes de control del tabaquismo. López et al. (2013) se centra en el efecto de la ley actual en locales de hostelería. El estudio de Romero et al. (2012) se llevó a cabo solo seis meses después de la entrada en vigor de la ley actual, centrándose en la población trabajadora.

Los resultados muestran un incremento en la prevalencia de exfumadores, al analizar las tendencias globales para ambos sexos, sin tener en cuenta las intervenciones. Basándose en estudios previos, los datos recogidos para el año 2010 no estaban afectados por la ley anterior (ver informe del grupo de trabajo de la Sociedad Española de Epidemiología (2009)). Esto permite explorar el efecto de la nueva ley, utilizando diferentes escenarios. La metodología propuesta, utilizando diferentes escenarios, permite la comparación entre las tendencias predichas sin intervención de las políticas antitabaco y las perturbaciones debidas a la ley. El uso de dos medidas de efecto permite también saber si las políticas son suficientes o si deben endurecerse para conseguir un impacto real y claro en la población. Cuando las tendencias predichas están afectadas por las intervenciones, los resultados son muy similares. El cambio máximo observado entre predicciones con y sin intervenciones está siempre por debajo de dos puntos porcentuales, lo que significa que el efecto de la ley es pequeño. Por grupos de edad, parece que el único grupo en el que se observa un cambio evidente provocado por la Ley 42/2010 es el Grupo 1. En los grupos de edad siguientes el cambio es casi inapreciable.

Los resultados obtenidos en este trabajo no se puede comparar, por el momento, con otros estudios ya que no hay estudios disponibles centrados en el efecto de las políticas de control de tabaquismo sobre la prevalencia en Galicia. Este es el primer estudio sobre el impacto de la Ley 42/2010 en la reducción de la prevalencia de consumo de tabaco llevado a cabo en España. Este tipo de estudios es necesario e importante en el campo de la epidemiología, ya que proporcionan una aproximación al efecto de las políticas sobre la población a lo largo de los años.

6. CONCLUSIONES

Se ha presentado en este trabajo un método de predicción de la prevalencia de consumo de tabaco. Dicho método se basa en el uso de Cadenas de Markov, basándose en el modelo SimSmoke para adaptarlo a la evolución demográfica. Se ha aplicado a la población de la comunidad gallega utilizando principalmente el estudio SICRI como fuente de datos. Tras un período de validación entre 2007 y 2010, se han llevado a cabo predicciones tomando como base el año 2010, previo a la entrada en vigor de la Ley 42/2010, y llegando hasta el 2020.

En este trabajo se ha llevado a cabo una comparación de las tendencias de la prevalencia en un plazo de diez años, en escenarios afectados o no por la ley. Los resultados de esta comparación muestran una ausencia de influencia en la población adulta. Sin embargo, los adolescentes reducen claramente la prevalencia de consumo de tabaco. En un estudio a largo plazo, la reducción de dicha prevalencia entre los adolescentes representará una reducción general en los grupos de mayor edad. En consecuencia, las políticas de control del tabaquismo deben reforzar la legislación en este grupo, en el que ya están actuando. Sin embargo, deben desarrollarse nuevos enfoques en la población adulta con el fin de ver un verdadero impacto en este grupo.

REFERENCIAS

- Anderson, T. W. y Goodman, L. A. (1956) Statistical Inference about Markov Chains. *The Annals of Mathematical Statistics*. Vol. 28, No. 1.
- Banegas, J. R., Díez Ganan, L., Bañuelos-Marco, B., González Enríquez, J., Villar Álvarez, F., Martín-Moreno, J. M. et al. (2011) Mortalidad atribuible al consumo de tabaco en España en 2006. *Medicina Clínica (Barcelona)*. Vol. 136(3): 97–102.
- Durrett, R. (1999) *Essentials of Stochastic Processes*. Springer, New York, USA.
- Efron, B. y Tibshirani, R. (1993) *An Introduction to the Bootstrap*. Chapman & Hall, New York, USA.
- Grupo de Trabajo en Tabaquismo de la Sociedad Española de Epidemiología. (2009). *Evaluación del impacto de la Ley de medidas sanitarias frente al tabaquismo*. Madrid.
- Grupo de Trabajo en Tabaquismo de la Sociedad Española de Epidemiología. (2012). *Evaluación del impacto de la Ley 42/2010 en la exposición al humo ambiental del tabaco en la hostelería*. Barcelona.
- Killeen, P. R. (2011) Markov model of smoking cessation *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. Vol. 108 (3): 15549–15556.
- Kulkarni, V. G. (1995) *Modeling and Analysis of Stochastic Systems*. Text in Statistical Science, Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, Florida.
- Levy, D. T., de Almeida, L. M. y Szklo, A. (2012) The Brazil SimSmoke Policy Simulation Model: The Effect of Strong Tobacco Control Policies on Smoking Prevalence and Smoking-Attributable Deaths in a Middle Income Nation. *PLoS Medicine*. Vol. 9(11): e1001336. doi: 10.1371/journal.pmed.1001336.
- Levy, D. T., Blackman, K., Currie, L. M. y Mons, U. (2012) Germany SimSmoke: the effect of tobacco control policies on future smoking prevalence and smoking-attributable deaths in Germany. *Nicotine & Tobacco Research*. Vol. 15, No. 2: 465–473.
- Levy, D. T., Cho, S., Kim, Y. M., Park, S., Suh, M. K. y Kam, S. (2010) SimSmoke Model Evaluation of the Effect of Tobacco Control Policies in Korea: The Unknown Success Story. *American Journal of Public Health*. Vol. 100, No. 7: 1267–1273.
- Ley 28/2005 de 26 de diciembre, de medidas sanitarias frente al tabaquismo y reguladora de la venta, el suministro, el consumo y la publicidad de los productos del tabaco (BOE n° 309, del martes 27 de diciembre de 2005).
- Ley 42/2010, de 30 de diciembre, por la que se modifica la Ley 28/2005, de 26 de diciembre, de medidas sanitarias frente al tabaquismo y reguladora de la venta, el suministro, el consumo y la publicidad de los productos del tabaco (BOE n° 318, del viernes 31 de diciembre de 2010).
- López, M. J., Nebot, M., Schiaffino, A., Pérez-Ríos, M., Fu, M., Ariza, C., Muñoz, G. y Fernández, E. (2011) Two-year impact of the Spanish smoking law on exposure to secondhand smoke: evidence of the failure of the “Spanish model”. *Tobacco Control*. doi:10.1136/tc.2010.042275.
- López, M. J., Fernández, E., Pérez-Ríos, M., Martínez-Sánchez, J. M., Schiaffino, A., Galán, I., Moncada, A., Fu, M., Montes, A., Saltó, E. y Nebot, M. (2013) Impact of the 2011 Spanish Smoking Ban in Hospitality Venues: Indoor Secondhand Smoke Exposure and Influence of Outdoor Smoking. *Nicotine & Tobacco Research*. Vol. 15, No. 5: 992–996.
- Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. *Encuesta Nacional de Salud 2011–2012*. Disponible en: <http://www.ine.es/>
- Nagelhout, G. E., Levy, D. T., Blackman, K., Currie, L., Clancy, L. y Willemsen, M. C. (2011) The effect of tobacco control policies on smoking prevalence and smoking-attributable deaths. Findings from the Netherlands SimSmoke Tobacco Control Policy Simulation Model. *Addiction*, Vol. 107: 407–416.
- Pacific Institute for Research and Evaluation. Cancer Intervention and Surveillance Modeling Network. Lung Cancer Model Profiles. SimSmoke. Disponible en: <http://cisnet.cancer.gov/lung/profiles.html>

- Pérez-Ríos, M., Santiago-Pérez, M. I., Malvar, A., García, M. J., Seoane, B., Suanzes, J. y Hervada, X. (2013) Impacto de las leyes de control del tabaquismo en la exposición al humo ambiental de tabaco en Galicia (2005–2011). *Gaceta Sanitaria*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaceta.2013.04.010> .
- Romero, C. C., Sainz Gutiérrez, J. C., Quevedo Aguado, L., Cortés Arcas, M. V., Pinto Blázquez, J. A., Gelpi Méndez, J. A., Calvo Bonacho, E. y González Quintela, A. (2012) Prevalencia de consumo de tabaco en población trabajadora tras la entrada en vigor de la ley 42/2010. *Revista Española de Salud Pública*. Vol. 86: 177–188.
- World Health Organization (2011). *WHO Report on the Global Tobacco Epidemic, 2011: Warning about the dangers of tobacco*. Geneva.
- Yeh, H. W., Ellerbeck, E. F. y Mahnken J. D. (2012) Simultaneous evaluation of abstinence and relapse using a Markov chain model in smokers enrolled in a two-year randomized trial. *BMC Medical Research Methodology 2012*. Vol. 12: 95.

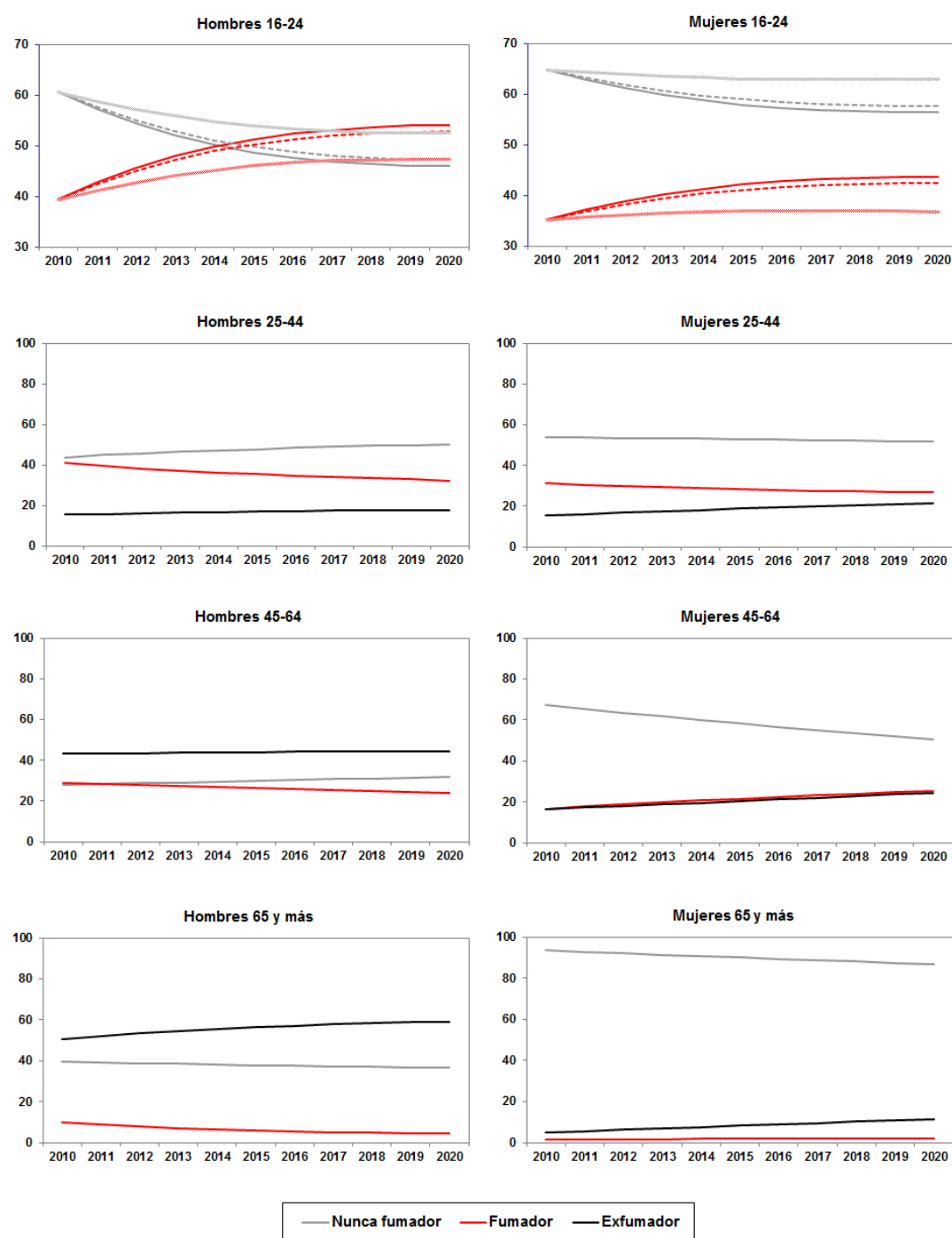


Figura 4: Tendencias en la prevalencia predicha (%) para nunca fumadores, fumadores y exfumadores entre 2010 y 2020, por sexo y grupo de edad. Se muestran los efectos de las intervenciones en el grupo de edad 1, de 16 a 24 años (línea sólida: sin efecto, línea de guiones: efecto normal, línea de puntos: efecto máximo alcanzable)