

Tesis de Maestría

Universidad Torcuato Di Tella - Maestría en Econometría

Alumna: Karen Raczkowski¹

Director de Tesis: Matias Cersosimo²

Director de la Maestría: Ph.D. Martín González Rozada

17 de junio de 2019

Aplicación del método de control sintético para evaluar la prevención de suicidios en Finlandia

Resumen

En el presente estudio se aplicó el método de control sintético para evaluar el efecto tratamiento de un plan de prevención de suicidios ligado al abuso de sustancias en Finlandia. Se probaron diferentes especificaciones cambiando el grupo de control y aplicando un algoritmo iterativo de optimización para la selección de variables explicativas. Los resultados mostraron ser muy sensibles a la especificación y la especificación óptima, a su vez, muy sensible a la selección de países dentro del grupo de control. Si bien el método de control sintético resulta beneficioso en el sentido de que reduce la discrecionalidad en la elección de las unidades de control y demuestra las afinidades entre las unidades tratadas y no tratadas a través de características observables y cuantificables, esta ventaja puede verse vulnerada si no se prueban diferentes configuraciones del grupo de control y de las variables explicativas utilizadas. Los resultados obtenidos a través de la aplicación del método de control sintético en el caso estudiado en este trabajo muestran la importancia de reportar diferentes resultados obtenidos a través de diversas especificaciones y grupos de control en todas las aplicaciones de dicho método.

¹karen.raczkowski@gmail.com

²mati_cersosimo@stanford.edu

Índice

1. Análisis de datos y motivación	5
1.1. Tasas de suicidio	5
1.2. Plan MIELI	11
1.2.1. Implementación del plan	12
2. Método de control sintético	13
2.1. Modelo general	14
2.2. Implementación	16
2.3. Inferencia	17
3. Implementación del MCS para la estimación de los efectos del plan MIELI	19
3.1. Datos	19
3.2. Problemas de selección de especificación	22
3.3. Modelos A: Selección cualitativa del grupo de control	22
3.4. Modelos B: Selección cuantitativa del grupo de control	26
3.5. Modelos C: Todos los controles disponibles	33
4. Resultados de las estimaciones	36
4.1. Modelos A: Selección cualitativa del grupo de control	36
4.2. Modelos B: Selección cuantitativa del grupo de control	40
4.3. Modelos C: Todos los controles disponibles	44
5. Inferencia	49
5.1. Pruebas placebo	49
5.1.1. Modelos A: Selección cualitativa del grupo de control	49
5.1.2. Modelos B: Selección cuantitativa del grupo de control	52
5.1.3. Modelos C: Todos los controles disponibles	54
5.2. Comparación de Modelos	58
6. Cuestiones metodológicas vinculadas a la optimización de los errores pre-intervención	60
6.1. Modelos A: Selección cualitativa del grupo de control	60
6.2. Modelos C: Todos los controles disponibles	62
7. Conclusiones	63

Introducción

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), cada año se suicidan aproximadamente 800.000 personas (una cada 40 segundos). Además, el informe de la OMS afirma que el suicidio fue la segunda causa de muerte entre los jóvenes de 15 a 29 años a nivel global en 2016 y que por cada suicidio hay al menos 20 intentos. A la luz de esto, el suicidio es un grave problema de salud pública; sin embargo, se puede prevenir con intervenciones oportunas basadas en la evidencia (OMS, 2014). A pesar de esto, según la OMS, falta una política de atención de salud mental en el 40 % de los países y el 25 % de los que tienen una política no asignan presupuesto para implementarla. Incluso cuando existe un presupuesto, es muy pequeño: el 36 % de los países dedica menos del 1 % de sus recursos totales de salud a la atención de salud mental.

Un primer análisis del promedio de las tasas de suicidio cada 100 mil habitantes por región³ en el periodo 1985-2015 indica que Europa es la región con los valores más altos. Sin embargo, también es la única región que muestra una fuerte tendencia a la baja. No obstante, el promedio de la tasa de suicidio en Europa en 2015 siguió siendo relativamente alta, asemejándose a los niveles más altos de la historia de Asia previo al 2010 y de América del Norte y representando más del doble de los niveles alcanzados en América Latina y Caribe, Medio Oriente y África del Norte, y África Sub-Sahariana.

La tendencia a la baja en las tasas de suicidio sugiere que las políticas de prevención aplicadas en ciertos países europeos (OMS) podrían haber sido efectivas. En particular, este continente alberga al país pionero en medidas preventivas a nivel nacional: Finlandia. Cuando se publicaron por primera vez las pautas para la formulación e implementación de estrategias nacionales de las Naciones Unidas, sólo Finlandia tenía una iniciativa sistemática patrocinada por el gobierno para desarrollar un marco y un programa nacional para la prevención del suicidio (OMS, 2014). Este país implementó un plan de prevención de suicidios entre los años 1992 y 1996 que parece haber sido exitoso en varios sentidos, pero no llegó a abarcar todos los aspectos necesarios para una prevención exhaustiva (Upanne, Hakanen y Rautava, 1999).

Con el objetivo de desarrollar servicios de salud mental poniendo énfasis en el abuso de sustancias, Finlandia implementó un plan nacional denominado MIELI (Mielenterveys- ja päihdesuunnitelma) entre los años 2009 y 2015. Ésta fue la primera vez en Finlandia que se aplicaba un plan con objetivos conjuntos de salud mental y abuso de sustancias a nivel nacional. Al observar las tasas de suicidio en Finlandia en el período 1985-2015, puede notarse que la tasa de suicidio para el total de la población bajó un 15.5 % desde el 1992 al 1996 y luego mantuvo una tendencia a la baja. Sin embargo, en el 2009 parece haber un quiebre en dicha tendencia, haciéndose aún más empinada. En particular, la tasa de suicidios bajó un 31.2 % entre el 2009 y el 2015. Si esta caída en la tasa de suicidio puede atribuirse al plan MIELI, Finlandia podría una vez más posicionarse como ejemplo para el resto de los países de Europa en términos de prevención del suicidio y cuidado de la salud mental. El propósito de este trabajo será entonces evaluar el impacto del plan MIELI sobre la tasa de suicidios en Finlandia.

Para unidades agregadas -como países- puede no existir una unidad no tratada que proporcione una aproximación razonable a las características de la unidad tratada (Finlandia). En estos casos, el método de control sintético (MCS) desarrollado por Abadie y Gardeazabal (2003), Abadie et al. (2010) y Abadie et al. (2015) brinda una solución a este problema. Similar a un diseño de diferencias en diferencias, el método de control sintético aprovecha las diferencias en las unidades tratadas y no tratadas en el caso a estudiar. Sin embargo, en contraste con un diseño de diferencias en diferencias, el método de control sintético no le da a todas las unidades no tratadas el mismo peso en la comparación. En esencia, este método usa un conjunto de variables para estimar un contrafactual como una combinación lineal de las

³Se tuvieron en cuenta las regiones definidas por el Banco Mundial. Detalles disponibles en: <https://datahelpdesk.worldbank.org/knowledgebase/articles/906519-world-bank-country-and-lending-groups>

potenciales unidades de control que no han sido tratadas de forma tal de imitar las características más relevantes de la unidad tratada en el período anterior a la intervención y mostrar la situación contrafactual después del tratamiento. La combinación ponderada de unidades no tratadas es conceptualizada como una unidad sintética que muestra un contrafactual apropiado cuando existe una limitación en el número de las unidades tratadas.

Este trabajo se basará en la aplicación del método de control sintético para Finlandia. En particular, se contará con un panel de datos para varios países de Europa, dentro de los cuales está incluida Finlandia y el resto se utilizarán como países de control. El mismo incluirá datos de tasas de suicidio cada 100 mil habitantes, que será la variable dependiente. A su vez, se usarán variables de control relacionadas a la calidad del sistema de salud, las condiciones macroeconómicas y el desempleo, el consumo de alcohol, la religiosidad, la cantidad de horas de luz solar anual y el porcentaje de población rural.

En la Sección 1 se lleva a cabo un análisis de datos para las tasas de suicidio a nivel global, regional y nacional, lo cual da lugar a la motivación principal del presente trabajo. Además, se detallan todas las medidas que conforman al plan MIELI.

En la Sección 2 se describen los detalles técnicos del MCS. En particular, se explica el modelo general presentado en Abadie et al. (2010), se discuten técnicas inferenciales y evaluaciones de robustez de las estimaciones que pueden encontrarse en trabajos como Abadie et al. (2010) y Abadie et al. (2015) y se explican los detalles que conciernen a la implementación de todos los procesos relacionados al MCS.

En la Sección 3 se explican los pasos llevados a cabo para la implementación del MCS para evaluar el efecto de dicho plan sobre la tasa de suicidio de Finlandia. Debido a los problemas de selección de especificación mencionados en Ferman, Pinto & Possebom (2017), se tienen en cuenta tres tipos de modelo posibles (denominados Modelos A, B y C) a lo largo del trabajo. En el primero se tiene en cuenta una selección del grupo de control de carácter cualitativo, donde el investigador selecciona países según cuáles cree que se asemejan más al país tratado (Finlandia). En cambio, para la selección de los Modelos B se lleva a cabo un análisis de componentes principales y se seleccionan aquellos países que tienen una distancia de Finlandia igual o menor a 1,5 unidades de las dos componentes obtenidas. Por último, para los Modelos C se utilizan todos los países disponibles en los datos.

Además, para la selección de las variables explicativas a incluir en las especificaciones finales de los Modelos A, B y C, se implementó un algoritmo iterativo de optimización que consiste de iteraciones de modelos que representan la totalidad de combinaciones posibles de variables explicativas⁴. Luego de implementar dicho algoritmo, existen varios criterios posibles para la selección final del modelo. En particular, se tuvieron en cuenta la minimización del error V (asociado a la optimización anidada descrita en la Sección 2), del error absoluto porcentual medio (MAPE, por sus siglas en inglés) y del error cuadrático medio (MSPE, por sus siglas en inglés) en el período pre-intervención como también en la totalidad del período disponible en los datos.

En la Sección 4 se presentan los resultados para todas las especificaciones finales obtenidas. Esto incluye tanto las estimaciones del efecto tratamiento del plan MIELI como también las estimaciones de las variables de control y la tasa de suicidio para Finlandia sintética. Para completar el análisis, en la Sección 5 se presentan los resultados obtenidos a partir de las técnicas inferenciales sugeridas en Abadie et al. (2010) y Abadie et al. (2015). Además, en la Sección 6 se desarrollan cuestiones relacionadas a la aplicación del algoritmo iterativo de optimización para la selección óptima de variables explicativas en el contexto del MCS.

Por último, en la Sección 7 se presentan las conclusiones.

⁴Debido al alto costo computacional que este proceso implica, se utilizó la plataforma de nube de Google.

1. Análisis de datos y motivación

1.1. Tasas de suicidio

El panel de datos se construyó con la base de datos de mortalidad de la OMS. Ésta es una recopilación de datos de mortalidad por edad, sexo y causa de muerte; según lo informado anualmente por los Estados miembros desde sus sistemas de registro civil. En particular, se extrajeron las tasas de suicidio cada 100 mil habitantes, disponibles del año 1985 al 2015 para 97 países. La Figura 1 muestra el promedio en la tasa de suicidio para cada país disponible en los datos. Puede notarse que, en ciertos continentes como África y Asia, la mayoría de los países no están incluidos en la base de datos.

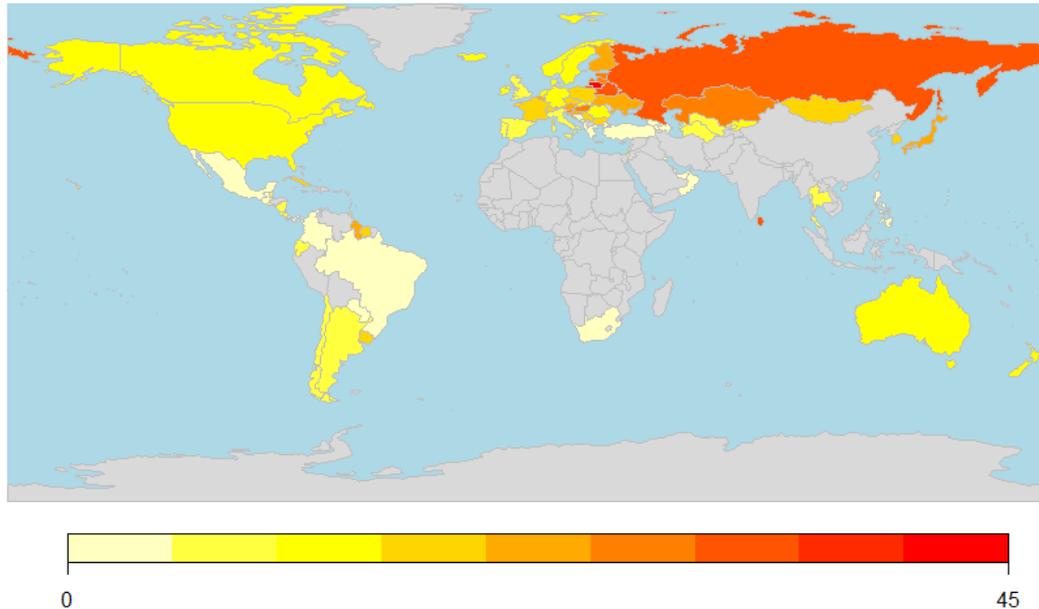


Figura 1: Tasas de suicidio promedio por país (1985-2015)

En los próximos análisis se agruparán los países según 7 regiones definidas por el Banco Mundial⁵. Además, se elimina Asia del Sur por falta de datos y se subdivide la región de Europa & Asia Central en Europa, por un lado, y Asia Central por el otro. Las regiones finales están conformadas por:

- Asia oriental y el Pacífico: Australia, Fiji, Japón, Kiribati, República de Corea, Mongolia, Nueva Zelanda, Filipinas, Singapur y Tailandia.
- Europa: Albania, Armenia, Austria, Azerbaiyán, Bielorrusia, Bélgica, Bosnia y Herzegovina, Bulgaria, Croacia, Chipre, República Checa, Dinamarca, Estonia, Finlandia, Francia, Georgia, Alemania, Grecia, Hungría, Islandia, Irlanda, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Montenegro, Países Bajos, Noruega, Polonia, Portugal, Rumania, Federación Rusa, San Marino, Serbia, Eslovaquia, Eslovenia, España, Suecia, Suiza, Turquía, Ucrania y Reino Unido.
- Asia Central: Kazajstán, República Kirguisa, Turkmenistán y Uzbekistán.
- América Latina y el Caribe: Antigua y Barbuda, Argentina, Aruba, Bahamas, Barbados, Belice, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Dominica, Ecuador, El Salvador, Granada, Guatemala, Guyana, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Puerto Rico, San Cristóbal y Nieves, Santa Lucía, Surinam, Trinidad y Tobago y Uruguay.

⁵<https://datahelpdesk.worldbank.org/knowledgebase/articles/906519-world-bank-country-and-lending-groups>

- Oriente Medio y Norte de África: Bahrein, Israel, Kuwait, Malta, Omán, Qatar y Emiratos Árabes Unidos.
- América del Norte: Canadá y Estados Unidos.
- África subsahariana: Cabo Verde, Mauricio, Seychelles y Sudáfrica.

En la Figura 2 se muestran las tasas de suicidio promedio cada 100 mil habitantes en el periodo 1985-2015 para cada región. Un primer análisis de éstas muestra que Europa es la región con los valores más altos.

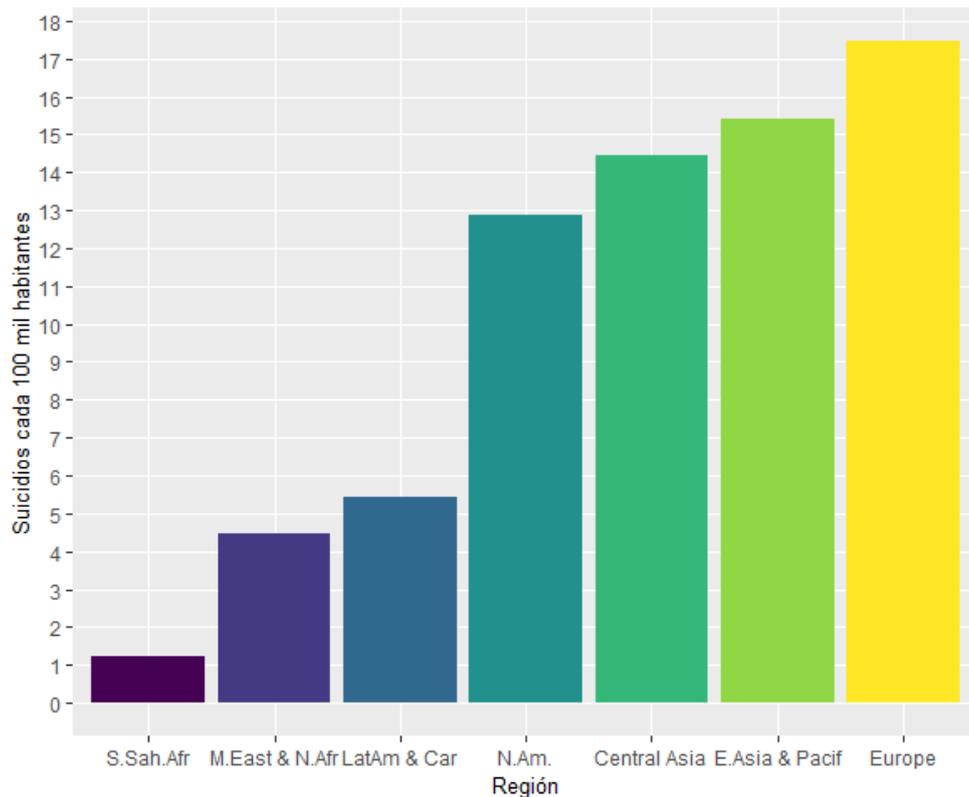


Figura 2: Tasas de suicidio promedio por región (1985-2015)

Además, la Figura 3 muestra la evolución a través de los años de las tasas de suicidio promedio cada 100 mil habitantes en el periodo 1985-2015 para cada región. A pesar de que, como se vio en la Figura 2, Europa muestra las tasas de suicidio promedio más altas para el período analizado, puede verse en la Figura 3 que también es la única región que muestra una fuerte tendencia a la baja. Cabe notar que las series de tiempo de África Sub-Sahariana y Asia Central se ven afectadas en los últimos años por falta de datos. No obstante, el promedio de la tasa de suicidio en Europa en 2015 siguió siendo relativamente alto, asemejándose a los niveles más altos de la historia de Asia previo al 2010 y de América del Norte y representando más del doble de los niveles alcanzados en América Latina y Caribe, Medio Oriente y África del Norte, y África Sub-Sahariana. Por otro lado, las tendencias evidenciadas en América Latina y América del Norte son las más preocupantes.

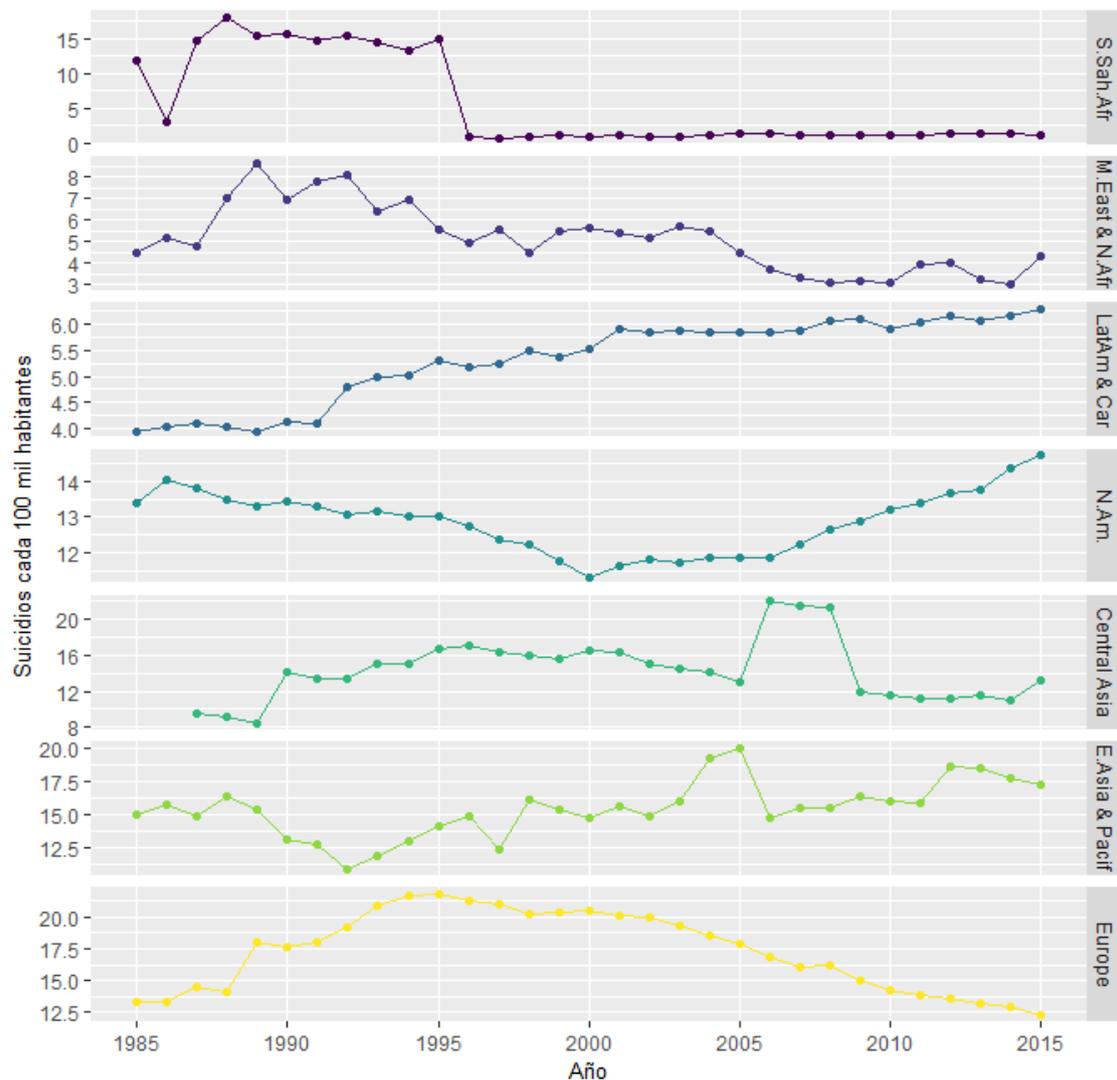


Figura 3: Evolución de las tasas de suicidio promedio por región (1985-2015)

Los países de Europa pueden también subdividirse en los siguientes grupos geográficos y culturales:

- Balcanes: Albania, Bosnia y Herzegovina, Bulgaria, Croacia, Chipre, Eslovenia, Grecia, Hungría, Montenegro, Rumania, Serbia y Turquía.
- Escandinavos: Dinamarca, Finlandia, Islandia, Noruega y Suecia.
- Eslavos que no formaron parte de la Unión Soviética: República Checa, Eslovaquia y Polonia.
- Germanos: Austria, Alemania, Bélgica, Irlanda, Luxemburgo, Países Bajos, Suiza y Reino Unido.
- Europa Latina: España, Francia, Italia, Portugal y San Marino.
- Postsoviéticos: Armenia, Azerbaiyán, Bielorrusia, Estonia, Georgia, Letonia, Lituania, Rusia y Ucrania.

La Figura 4 muestra la tasa de suicidio promedio para todo el período analizado por país y separado por sub-región. Puede notarse que Finlandia es el noveno país en Europa con mayor tasa de suicidio cada

100 mil habitantes y primero en su grupo. Además, es el tercero con mayor tasa de suicidio promedio en Europa si no se tienen en cuenta los Estados postsoviéticos (Lituania, Rusia, Bielorrusia, Letonia, Estonia y Ucrania), donde pueden influir efectos históricos y bélicos.

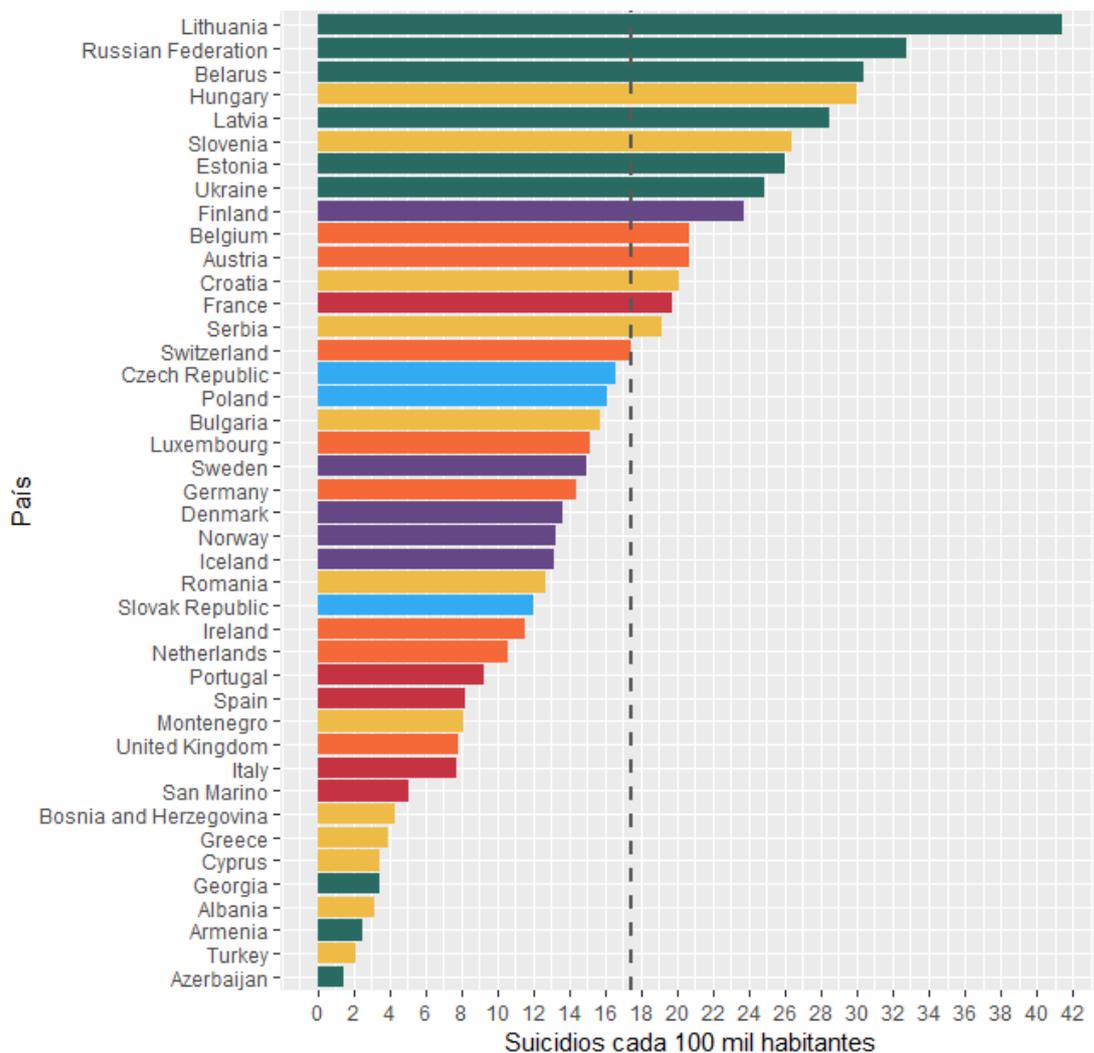


Figura 4: Evolución de las tasas de suicidio promedio por región (1985-2015)

Además, para analizar la evolución de las tasas de suicidio por país, se calculó una regresión para cada país contra los años para verificar la existencia de una tendencia. La Figura 5 muestra los resultados si se excluyen los países postsoviéticos y los países para los cuales la tendencia no es estadísticamente significativa al 5%. Puede notarse que Finlandia es uno de los países de la muestra donde más fuerte cayó la tasa de suicidio con el paso del tiempo.

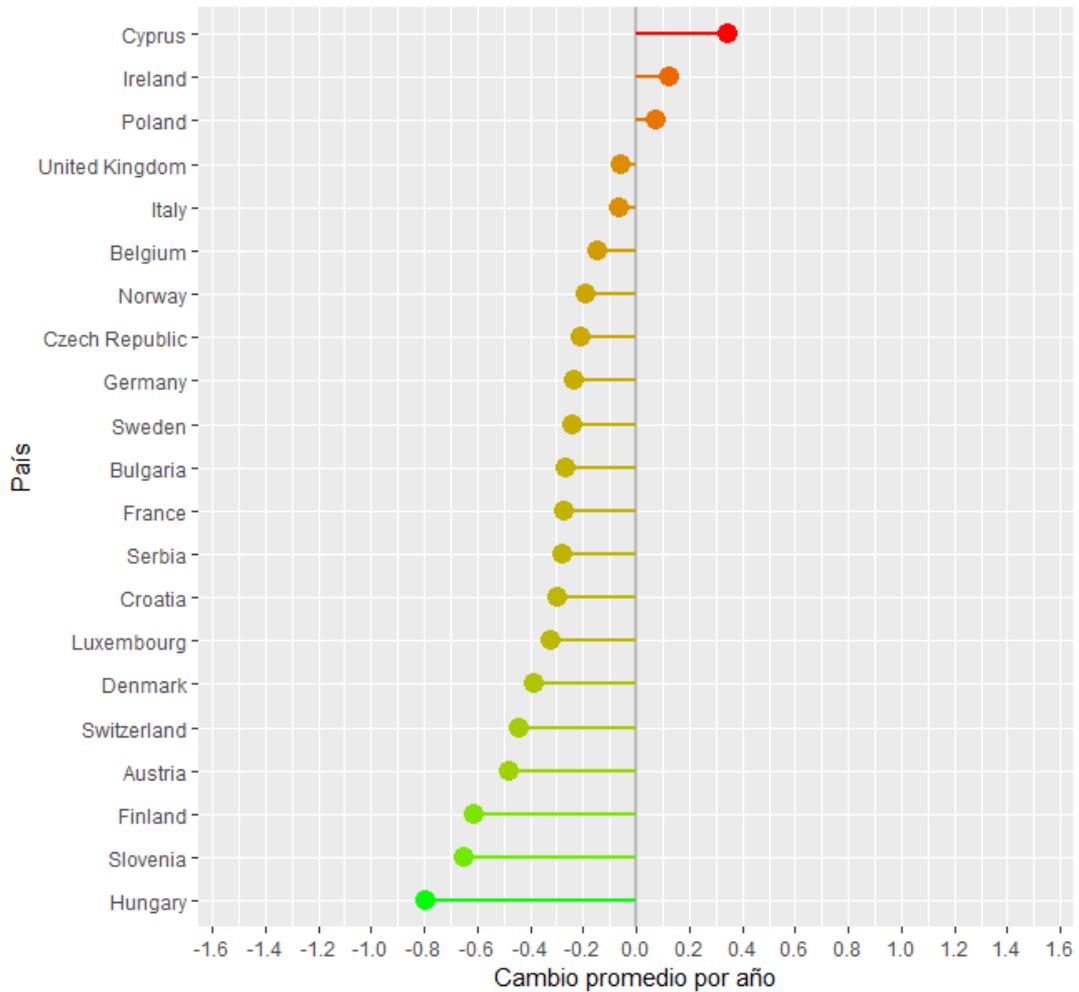


Figura 5: Cambio por año en la tasa de suicidio - países con tendencias significativas ($p < 0,05$)

La Figura 6 muestra la evolución de la tasa de suicidio promedio cada 100 mil habitantes en Finlandia. Puede notarse que existe una tendencia a la baja durante todo el período disponible. En particular, entre los años 1992 y 1996 se implementó un plan de prevención de suicidios que parece haber sido exitoso en varios sentidos, pero no fue necesariamente exhaustivo debido a que el suicidio es un fenómeno que abarca muchos frentes y, por ende, la necesidad de intervención es interminable (Upanne, Hakanen & Rautava, 1999). Con el objetivo de desarrollar servicios de salud mental poniendo énfasis en el abuso de sustancias, Finlandia implementó un plan nacional denominado MIELI (Mielenterveys- ja päihdesuunnitelma) entre los años 2009 y 2015. Ambos períodos están sombreados en la Figura 6.

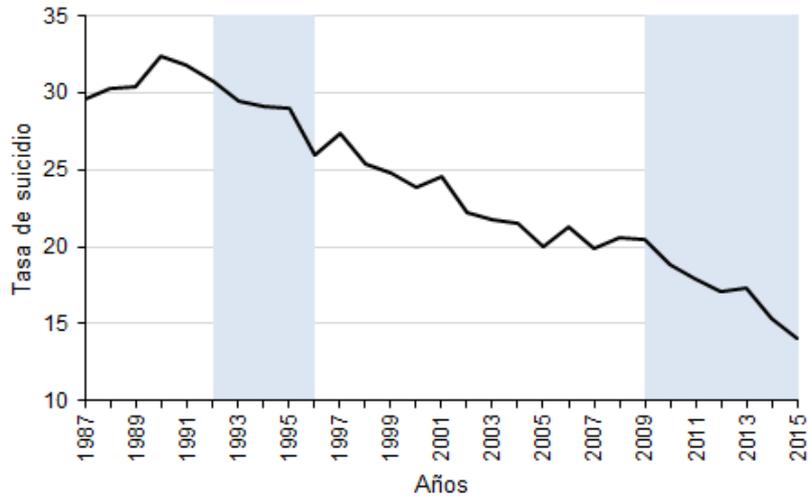


Figura 6: Evolución de la tasa de suicidio en Finlandia

Al observar las tasas de suicidio en Finlandia en el período 1987-2015, puede notarse que la misma para el total de la población bajó de 29.5 a 14.1 (52.5%). Sin embargo, luego del 1987, la tasa de suicidios fue al alza hasta alcanzar un pico de 32.3 en el año 1990. El nivel de la tasa de suicidio se ubicó por debajo del nivel del 1987 recién en 1993, un año después de la implementación del primer plan nacional de prevención de suicidios finlandés. En los años en los que se aplicó dicho plan (1992 al 1996), la tasa de suicidio bajó un 15.5% y luego mantuvo una tendencia a la baja. No obstante, entre los años 2003 y 2008 esta tendencia parece haberse moderado, siendo que entre estos años la tasa bajó solamente un 7.6%. Sin embargo, en el 2009 parece evidenciarse un quiebre en la tendencia, haciéndose ésta más empinada. En particular, la tasa de suicidio bajó de 20.5 a 14.1 (31.2%) entre los años 2009 y 2015.

La Figura 7 divide la serie de la Figura 6 en cinco períodos. Puede verse que los períodos con tendencia a la baja más fuertes son aquellos en los que se aplicaron planes de prevención de suicidios (1992-1996 y 2009-2015), con pendientes lineales de -0.9973 y -0.9628, respectivamente. Por otro lado, el período anterior al primer plan de prevención (1987-1991) muestra una tendencia al alza, con una pendiente lineal positiva de 0.6557. El período posterior al primer plan de prevención (1997-2002) muestra una tendencia a la baja más moderada que la del período de implementación del primer plan, mientras que el período siguiente a éste muestra una tendencia aún más moderada, con una pendiente de -0.2768.

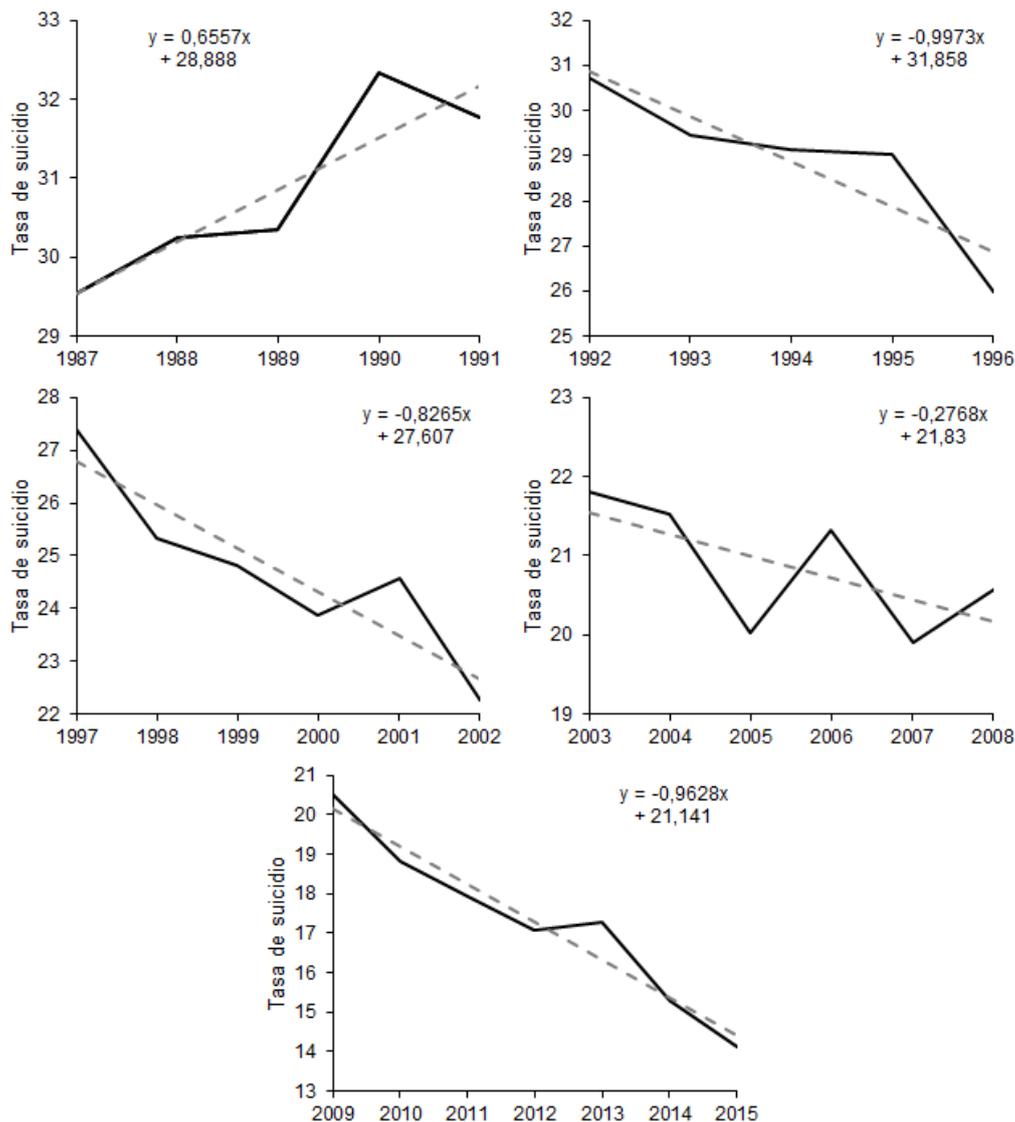


Figura 7: Tendencias en la tasa de suicidio en Finlandia

Si esta caída en la tasa de suicidio puede atribuirse al plan MIELI, Finlandia podría una vez más posicionarse como ejemplo para el resto de los países de Europa en términos de prevención del suicidio y cuidado de la salud mental. El propósito de este trabajo será evaluar el impacto del plan MIELI sobre la tasa de suicidios en Finlandia.

1.2. Plan MIELI

Durante los años 2009-2015, Finlandia implementó un plan nacional de salud mental y abuso de sustancias⁶. Éste fue publicado por el Ministerio de Asuntos Sociales y Salud de Finlandia (Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö – STM) e incluye las propuestas del grupo de trabajo MIELI 2009⁷ para desarrollar el plan de salud mental y abuso de sustancias hasta 2015.

El documento describe los principios básicos y las prioridades para el futuro del plan de salud mental y abuso de sustancias hasta 2015 a partir de la premisa de que estos temas desempeñan un papel importante en la salud pública. Por primera vez en Finlandia este plan estableció objetivos conjuntos para la salud

⁶<https://stm.fi/en/mental-health-services>

⁷Asociación Finlandesa para la Salud Mental – Suomen Mielenterveysseura (MIELI)

mental a nivel nacional⁸. El énfasis se puso en lograr que el Estado refuerce el servicio de atención a los usuarios, mediante la accesibilidad a los mismos y la igualdad en el trato, la promoción de la salud mental y la prevención del abuso de sustancias, la prevención y el tratamiento de los problemas y efectos adversos y el suministro de servicios a todos los grupos de edad. Las definiciones de políticas clave para el desarrollo del sistema de servicios incluyen el principio de puntos de entrada únicos de bajo umbral para el acceso al tratamiento en centros sociales y de salud y la introducción de atención comunitaria integrada para servicios de salud mental y abuso de sustancias. El plan se concluye con una presentación de las herramientas necesarias para la implementación.

1.2.1. Implementación del plan

El plan de implementación para 2009-2015 preparado por el Instituto Nacional de Salud y Bienestar (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos - THL) incluye varias funciones que incorporan aspectos del plan nacional de salud mental y abuso de sustancias e identifica proyectos principales en cada una de las cuatro áreas de enfoque. Los mismos se detallan a continuación.

1. Fortalecimiento del estado de los usuarios del servicio:

- Mejorar la igualdad.
- Desarrollar servicios de bajo umbral y fácil acceso.
- Aumentar la participación del paciente y el trabajo conjunto en la planificación y provisión del tratamiento.
- Aumentar la eficiencia de la atención primaria y comunitaria para personas con problemas de salud mental y abuso de sustancias mediante el aumento y el desarrollo de servicios de emergencia, móviles y de consulta.
- Integrar unidades de atención psiquiátrica y de abuso de sustancias, al mismo tiempo que se brinda tratamiento hospitalario psiquiátrico en hospitales generales en lugar de hospitales psiquiátricos separados.
- Mejorar la seguridad de ingresos.

2. Inversión en prevención y promoción:

- Aumentar los impuestos al alcohol.
- Prevenir las transmisiones intergeneracionales de problemas de salud mental y abuso de sustancias.
- Fortalecer la participación comunitaria.
- Fortalecer la estrategia y coordinación del trabajo en salud mental y abuso de sustancias.

3. Organización de los servicios de salud mental y abuso de sustancias en un conjunto de servicios que funcionen correctamente:

- Asegurar la organización y financiación eficiente de los servicios, así como la coordinación de los servicios públicos y del sector privado por parte del municipio responsable.
- Aumentar la eficiencia de la atención primaria y comunitaria.
- Mejorar la salud mental y el tratamiento de abuso de sustancias para niños y jóvenes en su propio entorno.
- Fortalecer el papel de la atención de salud ocupacional en los campos de la salud mental y el abuso de sustancias en la población en edad de trabajar.

⁸<http://www.mentalhealthpromotion.net/?i=promenpol.en.news.1089>

- Mejorar la empleabilidad de personas con problemas de salud mental y abuso de sustancias.
- Desarrollar servicios de salud mental y abuso de sustancias para la población de tercera edad.

4. Desarrollo de herramientas de dirección:

- Desarrollar educación y entrenamiento en salud mental y abuso de sustancias.
- Promover recomendaciones y buenas prácticas de salud mental y abuso de sustancias.
- Notar la perspectiva de salud mental y abuso de sustancias en todas las secciones administrativas.
- Fortalecer los recursos de salud mental y abuso de sustancias.
- Reformar la legislación.

2. Método de control sintético

En este caso de estudio, un modelo de diferencias en diferencias normalmente utilizado en los estudios de casos comparados no sería adecuado ya que no podemos estar seguros de que se cumple el supuesto de tendencias paralelas. En esencia, la estimación de diferencias en diferencias usa tanto el cambio en el tiempo del grupo no tratado como una estimación del contrafactual para el cambio en el tiempo del grupo tratado. El supuesto de tendencias paralelas es clave para este tipo de modelos y exige que, bajo la ausencia de la intervención, la tendencia hubiera sido igual en el grupo de tratados y en el grupo de control.

Similar al modelo de diferencias en diferencias, el método de control sintético (MCS) desarrollado por Abadie y Gardeazabal (2003), Abadie et al. (2010) y Abadie et al. (2015) aprovecha las diferencias en las unidades tratadas y no tratadas. Sin embargo, en lugar de utilizar las unidades no tratadas por igual o utilizar una sola, el MCS encuentra ponderaciones óptimas para construir un contrafactual. En definitiva, el MCS genera un promedio ponderado de las unidades no tratadas que coincide con la unidad tratada durante el período previo al tratamiento y lo usa como el contrafactual.

De esta manera, el MCS es una manera de estimar los efectos de tratamiento a través de datos para muestras pequeñas de estudios de casos comparativos. A través de este método se puede evaluar el impacto de una política o intervención mediante la comparación de los resultados entre las unidades que representan el caso de interés (en este caso Finlandia) y el grupo de comparación, que conforma el contrafactual del caso de interés en ausencia de la política bajo análisis.

Abadie et al. (2010) demuestra que, si se pueden encontrar las ponderaciones de manera que el contrafactual coincida bien con la unidad tratada en el período previo al tratamiento, entonces el efecto estimado será insesgado, incluso en presencia de factores de confusión (confounders) no observables que adopten una estructura factorial.

Por otro lado, la selección de las unidades de comparación es un paso de vital importancia en los estudios de casos comparativos, ya que el uso de comparaciones inadecuadas puede llevar a conclusiones erradas. Esto se debe a que si las unidades de control no son lo suficientemente similares a las unidades tratadas, no se puede determinar si las diferencias en los resultados post-tratamiento entre estos dos conjuntos de unidades se debe al efecto de la intervención o a las disparidades en sus características pre-tratamiento. El MCS también resulta beneficioso en este sentido ya que proporciona una manera sistemática para elegir unidades de control, lo cual reduce la discrecionalidad en la elección de éstas y demuestra las afinidades entre las unidades tratadas y no tratadas a través de características observables y cuantificables. Además, al especificar cómo se seleccionan las unidades para el grupo de comparación, este método permite realizar inferencia acerca del efecto de las intervenciones (Abadie et al., 2010).

Para la inferencia, Abadie et al. (2010) y Abadie et al. (2015) sugieren llevar a cabo una serie de pruebas placebo. Para cada una de las unidades no tratadas, se asume que fue intervenida al mismo

tiempo que el país tratado y se construye un control sintético para cada una utilizando el resto de las unidades no tratadas (incluido el país realmente tratado). Se reúnen los efectos del placebo (diferencias entre las unidades y sus controles sintéticos) para obtener una distribución con la que se puede medir el tamaño relativo del efecto principal. Para calcular el p-valor para cada efecto post-tratamiento, es necesario encontrar la proporción de efectos del placebo que son más grandes que el efecto principal.

A continuación se detallan las características técnicas del MCS aplicado a los estudios de casos comparativos de eventos agregados.

2.1. Modelo general

Suponemos $J + 1$ países. Sin pérdida de generalidad, suponemos que sólo el primer país es expuesto a una intervención de interés, de modo tal que los demás J países sirven como potenciales unidades de control. También sin pérdida de generalidad y para simplificar la notación se supone que el primer país es expuesto ininterrumpidamente a la intervención de interés luego de un período inicial de intervención.

El resultado que sería observado para el país i en el momento t en ausencia de la intervención viene dado por $Y_{i,t}^N$, donde $i = 1, \dots, J$ y $t = 1, \dots, T$. Además, T_0 es el número de períodos previos a la intervención, de forma tal que $1 \leq T_0 < T$. Por otro lado, $Y_{i,t}^I$ será el resultado que sería observado para el país i en el momento t si el país i fue expuesto a la intervención en los períodos $T_0 + 1$ a T . Se asume que la intervención no tiene efecto en el resultado antes del período de la implementación (por ejemplo, vía efectos de anticipación). En esos casos, T_0 puede redefinirse para ser el primer período en el que el resultado podría reaccionar a la intervención.

En esta notación y supuestos está implícito el supuesto de no interferencia entre unidades (detallado en Rosenbaum 2007). Es decir que se asume que los resultados en las unidades no tratadas no están afectados por la intervención implementada en la unidad tratada.

Entonces, el resultado observado en el país i para el momento t es:

$$Y_{i,t} = Y_{i,t}^N + \alpha_{i,t} D_{i,t}$$

donde $\alpha_{i,t} = Y_{i,t}^I - Y_{i,t}^N$ es el efecto de la intervención para el país i en el período t y $D_{i,t}$ es una variable indicadora que toma el valor de 1 cuando el país i es expuesto a la intervención en el período t y el valor de 0 cuando no.

Dado que sólo el primer país ($i = 1$) está expuesto a la intervención y esto ocurre sólo después del período T_0 (y $1 \leq T_0 < T$), se cumple que

$$D_{i,t} = \begin{cases} 1 & \text{si } i = 1 \text{ y } t > T_0 \\ 0 & \text{caso contrario} \end{cases}$$

Entonces, lo que se busca estimar es $(\alpha_{i,T_0+1}, \dots, \alpha_{i,T})$. En particular, para $t > T_0$ se cumple que:

$$\alpha_{1,t} = Y_{1,t}^I - Y_{1,t}^N = Y_{1,t} - Y_{1,t}^N$$

Dado que en este caso se observa $Y_{1,t}^I$, sólo hay que estimar $Y_{1,t}^N$. Suponemos que $Y_{i,t}^N$ sigue el siguiente modelo de factores:

$$Y_{i,t}^N = \delta_t + \theta_t \mathbf{M}_i + \lambda_t \mu_i + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

donde δ_t es un factor común desconocido con cargas factoriales constantes a través de las unidades, \mathbf{M}_i es un vector $r \times 1$ de covariables observables, θ_t es un vector $1 \times r$ de parámetros desconocidos, λ_t es un

vector $1 \times F$ de factores comunes no observados, μ_i es un vector $F \times 1$ de cargas factoriales desconocidas y el término de error $\varepsilon_{i,t}$ representa shocks transitorios no observables a nivel país con media cero.

Se considera un vector $J \times 1$ de ponderaciones $\mathbf{W} = (w_2, \dots, w_{J+1})'$ de forma tal que $w_j \geq 0$ para $j = 2, \dots, J$ y $w_2 + \dots + w_{J+1} = 1$. Cada valor particular del vector \mathbf{W} representa un potencial control sintético, es decir, un potencial promedio ponderado de países de control. El valor de la variable de resultado para cada control sintético indexado por \mathbf{W} viene dado por:

$$\sum_{j=2}^{J+1} w_j Y_{j,t} = \delta_t + \theta_t \sum_{j=2}^{J+1} w_j \mathbf{M}_j + \lambda_t \sum_{j=2}^{J+1} w_j \mu_j + \sum_{j=2}^{J+1} w_j \varepsilon_{j,t}$$

Suponemos que existen $(w_2^*, \dots, w_{J+1}^*)$ tal que

$$\sum_{j=2}^{J+1} w_j^* Y_{j,1} = Y_{1,1}, \sum_{j=2}^{J+1} w_j^* Y_{j,2} = Y_{1,2}, \dots, \sum_{j=2}^{J+1} w_j^* Y_{j,T_0} = Y_{1,T_0} \quad (2)$$

$$\sum_{j=2}^{J+1} w_j^* \mathbf{M}_j = \mathbf{M}_1 \quad (3)$$

Abadie et al. (2010) demuestra que, si $\sum_{t=1}^{T_0} \lambda_t' \lambda_t$ es no singular, se cumple:

$$Y_{1,t}^N - \sum_{j=2}^{J+1} w_j^* Y_{j,t} = \sum_{j=2}^{J+1} w_j^* \sum_{s=1}^{T_0} \lambda_t \left(\sum_{n=1}^{T_0} \lambda_n' \lambda_n \right)^{-1} \lambda_s' (\varepsilon_{j,s} - \varepsilon_{1,s}) - \sum_{j=2}^{J+1} w_j^* (\varepsilon_{j,t} - \varepsilon_{1,t}) \quad (4)$$

También demuestra que, bajo ciertas condiciones estándar, la media de la expresión del lado derecho de la ecuación (4) será cercana a cero si el número de períodos pre-intervención es grande en comparación a la magnitud de los shocks transitorios. Esto sugiere que se utilice la siguiente expresión en $t \in \{T_0 + 1, \dots, T\}$ como estimador de $\alpha_{1,t}$:

$$\hat{\alpha}_{1,t} = Y_{1,t} - \sum_{j=2}^{J+1} w_j^* Y_{j,t}$$

Por otro lado, si definimos:

$$A = (Y_{1,1}, \dots, Y_{1,T_0}, \mathbf{M}'_1)$$

$$B = \{(Y_{2,1}, \dots, Y_{2,T_0}, \mathbf{M}'_2), \dots, (Y_{J+1,1}, \dots, Y_{J+1,T_0}, \mathbf{M}'_{J+1})\},$$

las ecuaciones representadas por (2) y (3) se cumplen exactamente sólo si A pertenece a la envolvente convexa de B . En la práctica, no suele existir un vector de ponderaciones tal que eso ocurra. Entonces, el país de control sintético se selecciona de forma tal que (2) y (3) se cumplan aproximadamente. En algunos casos, incluso, puede no ser posible obtener una combinación ponderada de países no tratados de forma tal que se cumpla aproximadamente la ecuación (4). Éste sería el caso si A cae lejos de la envolvente convexa de B . Las magnitudes de las discrepancias pueden calcularse para cada aplicación, entonces se puede decidir si las características del país tratado son suficientemente emparejadas por el control sintético.

Incluso en el caso en el que el ajuste del control sintético sea bueno para las unidades tratadas, el sesgo de interpolación puede ser grande si el modelo de regresión no se mantiene para la totalidad del conjunto de unidades en cualquier muestra particular.

Por otro lado, nótese que la ecuación (1) representa una generalización del modelo de diferencias en

diferencias (efectos fijos), pudiendo obtenerse este último si se impone que λ_t es constante para todo t . Es decir que el modelo de diferencias en diferencias permite la presencia de factores de confusión (confounders) no observados, pero los restringe a ser constantes a través del tiempo para que puedan ser eliminados al tomar diferencias temporales. Esta restricción no existe en el modelo de factores presentado en esta sección. Entonces, tomar diferencias temporales no elimina los factores de confusión no observados (μ_j). No obstante, un control sintético que cumpla con:

$$\sum_{j=2}^{J+1} w_j^* \mathbf{M}_j = \mathbf{M}_1 \quad (5)$$

$$\sum_{j=2}^{J+1} w_j^* \mu_j = \mu_1 \quad (6)$$

proporcionaría un estimador insesgado de $Y_{1,t}^N$. Sin embargo, elegir un control sintético usando ese criterio no es posible dado que μ_1, \dots, μ_{J+1} no es observable.

Bajo ciertas condiciones estándar, el modelo especificado en la ecuación (1) implica que un control sintético puede ajustar \mathbf{M}_1 y varios resultados pre-intervención, $Y_{1,1}, \dots, Y_{1,T_0}$, únicamente en la medida en que ajuste \mathbf{M}_1 y μ_1 de forma tal que las ecuaciones (5) y (6) se sostienen aproximadamente.

2.2. Implementación

En este trabajo se utilizará el paquete de R *Synth* desarrollado por J. Hainmueller y A. Diamond. En esta Sección se describen los detalles a tener en cuenta en la implementación de la metodología.

La variable de interés se observa durante T períodos, siendo $t = 1, \dots, T$, para la unidad afectada por la intervención ($Y_{1,t}$) y para las unidades no afectadas ($Y_{j,t}$), donde $j = 2, \dots, J + 1$. El vector $\mathbf{K} = (k_1, \dots, k_{T_0})'$ de dimensión $T_0 \times 1$ define una combinación lineal de resultados pre-intervención:

$$\bar{Y}_i^{\mathbf{K}} = \sum_{s=1}^{T_0} k_s Y_{i,s}$$

Por ejemplo, si $k_1 = \dots = k_{T_0} = \frac{1}{T_0}$, $\bar{Y}_i^{\mathbf{K}}$ queda definido como el promedio simple de la variable de interés en todos los períodos pre-intervención:

$$\bar{Y}_i^{\mathbf{K}} = T_0^{-1} \sum_{s=1}^{T_0} Y_{i,s}$$

Se consideran Q diferentes combinaciones lineales definidas por los vectores $\mathbf{K}_1, \dots, \mathbf{K}_M$. Además, $\mathbf{X}_1 = (\mathbf{M}_1, \bar{Y}_1^{\mathbf{K}_1}, \dots, \bar{Y}_1^{\mathbf{K}_M})'$ es un vector $k \times 1$ de características pre-intervención para la unidad tratada, siendo $k = r + Q$. Análogamente, \mathbf{X}_0 es una matriz de dimensión $k \times J$ que contiene las mismas variables para las unidades no afectadas por la intervención. El vector \mathbf{W}^* se elige de forma tal de minimizar la distancia $\| \mathbf{X}_1 - \mathbf{X}_0 \mathbf{W} \|$ sujeto a $w_2 \geq 0, \dots, w_{J+1} \geq 0, w_2 + \dots + w_{J+1} = 1$. En particular, la función `synth()` define esta distancia como:

$$\| \mathbf{X}_1 - \mathbf{X}_0 \mathbf{W} \|_{\mathbf{V}} = \sqrt{(\mathbf{X}_1 - \mathbf{X}_0 \mathbf{W})' \mathbf{V} (\mathbf{X}_1 - \mathbf{X}_0 \mathbf{W})} \quad (7)$$

donde \mathbf{V} es una matriz $k \times k$ simétrica y semidefinida positiva que permite diferentes ponderaciones de las variables en \mathbf{X}_0 y \mathbf{X}_1 dependiendo de su respectivo poder predictivo en la variable de respuesta.

Es necesario tener en cuenta que, si la relación entre la variable de interés y los regresores en las matrices \mathbf{X}_0 y \mathbf{X}_1 es altamente no lineal, puede haber sesgos de interpolación severos. En ese caso, se

pueden incorporar términos de penalización como funciones crecientes de las distancias entre \mathbf{X}_1 y los valores correspondientes a las unidades de control con ponderaciones positivas en \mathbf{W} al problema de optimización. Como alternativa, los sesgos de interpolación se pueden reducir si se restringe el grupo de control a unidades que son similares a las unidades afectadas por la intervención en términos de los valores en \mathbf{X}_1 .

Por otro lado, la elección de \mathbf{V} influncia al error cuadrático medio del estimador. Una elección óptima de \mathbf{V} asigna ponderaciones a las combinaciones lineales de las variables en \mathbf{X}_0 y \mathbf{X}_1 de forma tal de minimizar el error cuadrático medio del estimador del control sintético. Esta elección puede basarse en análisis subjetivos del poder predictivo de las variables en \mathbf{X}_0 y \mathbf{X}_1 , como también puede basarse en los datos. Una opción es elegir \mathbf{V} de forma tal que el control sintético obtenido aproxime la trayectoria de la variable de interés en los períodos pre-intervención.

En particular, la función `synth()` tiene un procedimiento por default para escoger el \mathbf{V} óptimo (\mathbf{V}^*). La función elige \mathbf{V}^* entre todas las matrices diagonales definidas positivas tal que se minimiza el error cuadrático medio de la variable de resultado sobre un conjunto de períodos pre-intervención. Específicamente, se resuelve la siguiente optimización:

$$\arg \min_{\mathbf{V} \in \mathcal{V}} (\mathbf{Z}_1 - \mathbf{Z}_0 \mathbf{W}^*(\mathbf{V}))' (\mathbf{Z}_1 - \mathbf{Z}_0 \mathbf{W}^*(\mathbf{V})) \quad (8)$$

donde \mathbf{Z}_1 es el vector $T_p \times 1$ que contiene los valores de la variable de respuesta para la unidad tratada para algún conjunto de períodos pre-intervención y \mathbf{Z}_0 es la matriz análoga de dimensión $T_p \times J$ para las unidades de control, siendo T_p la cantidad de períodos pre-intervención sobre los cuales se lleva a cabo la minimización y $1 \leq T_p \leq T_0$. Además, \mathcal{V} es el conjunto de todas las matrices diagonales definidas positivas y \mathbf{W}^* representa todas las ponderaciones para el control sintético. `synth()` resuelve la optimización anidada que minimiza el problema en (8) para $\mathbf{W}^*(\mathbf{V})$ dada la ecuación (7).

Una limitación importante del MCS es que no provee una orientación clara con respecto a la selección de variables predictivas y de unidades de control usadas en la estimación del control sintético. Esto da lugar a problemas de búsqueda de especificación. Teniendo en cuenta seis tipos de especificaciones que suelen usarse en la literatura, Ferman, Pinto & Possebom (2017) llevan a cabo una serie de simulaciones de Monte Carlo para calcular la probabilidad de encontrar resultados estadísticamente significativos al 5% en por lo menos una especificación. Sus resultados muestran que, con 12 períodos pre-intervención, esta probabilidad llega a 13% (23% con un nivel de significatividad del 10%) y cae lentamente en la medida en que se agregan más períodos pre-intervención. Sin embargo, con 230 períodos pre-intervención (lo cual implica 20 años de datos mensuales), esa probabilidad seguía en 10% (18% con un nivel de significatividad del 10%). Por lo tanto, concluyen que la mayoría de las aplicaciones más comunes del MCS son susceptibles a problemas de selección de especificación.

2.3. Inferencia

Los desvíos estándar presentados comúnmente en los estudios de casos comparados basados en modelos de regresión cuantifican la incertidumbre asociada al uso de datos agregados, que en el caso de este trabajo produciría desvíos estándar iguales a cero dado que son los datos agregados los que se utilizan para la estimación. Sin embargo, no toda la incertidumbre sobre el valor de los parámetros estimados surge de un desconocimiento de los datos a nivel agregado. En estudios de casos comparados existe una fuente adicional de incertidumbre que está asociada al desconocimiento de la habilidad del grupo de control de reproducir el contrafactual que refleja cómo la unidad tratada hubiera evolucionado bajo la ausencia del tratamiento.

Por otro lado, las técnicas de inferencia en muestras grandes no son adecuadas para los estudios

de casos comparados cuando la cantidad de unidades en el grupo de control es pequeña. Abadie & Gardeazabal (2003) y Abadie et al. (2010) sugieren el uso de técnicas inferenciales exactas, similares a las pruebas de permutación, para realizar inferencias en estudios de casos comparados. Éstas no requieren de un gran número de unidades en el grupo de control. En esencia, el método consiste en aplicar las mismas técnicas de control sintético a países pertenecientes al grupo de control.

Abadie et al. (2010) extiende la idea de evaluaciones placebo para producir inferencia cuantitativa en estudios de casos comparados. La idea base de esta evaluación es afín al marco teórico clásico de inferencia por permutación, donde la distribución de un estadístico de evaluación es computada a través de permutaciones aleatorias de la asignación de las unidades muestrales a los grupos de tratamiento y de control. De forma análoga, en este trabajo se aplica el método de control sintético a todos los países del grupo de control. Esto permite evaluar si el efecto estimado por el control sintético para el país tratado es grande relativo al efecto estimado en los países pertenecientes al grupo de control. Según Abadie et al. (2010), este ejercicio inferencial es exacto en el sentido de que, independientemente del número de países de comparación disponibles, de los períodos de tiempo disponibles y de si los datos son individuales o agregados, siempre es posible calcular la distribución exacta del efecto estimado de las intervenciones placebo.

Por otro lado, Abadie et al. (2015) propone un procedimiento de inferencia que también consiste de una evaluación de permutaciones. Se permuta el país tratado y se estima, para cada $j = \{2, \dots, J + 1\}$ y $t = \{1, \dots, T\}$. Luego, se computa el estadístico RMSPE (ratio de los errores cuadráticos medios):

$$RMSPE_j := \frac{\sum_{t=T_0+1}^T (Y_{j,t} - \hat{Y}_{j,t}^N)^2 / (T - T_0)}{\sum_{t=1}^{T_0} (Y_{j,t} - \hat{Y}_{j,t}^N)^2 / T_0} \quad (9)$$

Además, sugieren calcular el siguiente p-valor:

$$p := \frac{\sum_{j=1}^{J+1} \mathbb{I}[RMSPE_j \geq RMSPE_1]}{J + 1} \quad (10)$$

donde $\mathbb{I}[\cdot]$ es una variable indicadora que toma el valor de 1 si el RMSPE de cada país de control es mayor o igual al del país tratado (Finlandia) y donde se rechaza la hipótesis nula de ausencia de efecto tratamiento si p es menor a algún nivel de significancia preestablecido.

Abadie et al. (2010) reconoce que los supuestos de aleatoriedad relacionados a la inferencia son muy restrictivos en un contexto de aplicación del MCS ya que el tratamiento en sí en general no es asignado aleatoriamente. En ausencia de una asignación aleatoria del tratamiento, los autores interpretan a p como la probabilidad de obtener un valor estimado del RMSPE tan grande como el obtenido para el país tratado, como si la intervención hubiera sido asignada aleatoriamente en los datos.

Además, Abadie et al. (2010) y Abadie et al. (2015) ponen énfasis en que los estimadores obtenidos a través del MCS sólo deberían ser utilizados en situaciones en las que se observa un buen ajuste pre-intervención. Ferman et al. (2017) considera la siguiente medida de bondad del ajuste:

$$\tilde{R}^2 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^{T_0} (Y_{1,t} - \hat{Y}_{1,t}^N)^2}{\sum_{t=1}^{T_0} (Y_{1,t} - \bar{Y}_1)^2} \quad (11)$$

donde $\bar{Y}_1 = \frac{1}{T_0} \sum_{t=1}^{T_0} Y_{1,t}$. Al igual que la interpretación de un R^2 para una regresión lineal, cuanto más cercano a 1 sea el valor de \tilde{R}^2 , mejor el ajuste del modelo.

Por otro lado, Abadie et al. (2010) y Abadie et al. (2015) también sugieren varios métodos para evaluar la robustez para aplicaciones del MCS:

- Evaluaciones placebo *in-time*: Consiste en asignar el tratamiento a un período más temprano, es decir, a uno dentro del período pre-intervención original y buscar un efecto tratamiento antes de T_0 . Si existe uno, hay evidencia de que el efecto estimado en el modelo original no está causado por el tratamiento bajo análisis.
- Evaluaciones *leave-one-out* en la dimensión de los países de control: Consiste en dejar afuera algunas unidades a las cuales se les asignó una ponderación positiva en \mathbf{W}^* y reestimar el efecto tratamiento. El objetivo es verificar la influencia de la unidad particular en el resultado estimado.
- Unidad de control sintética restringida: Para evitar el sobreajuste (over-fitting), este método fuera al MCS a asignar ponderaciones positivas solamente a un número fijo de unidades de control, imitando al estimador de *n-nearest neighbours matching*.
- Reducción del grupo de control: Este método fue adoptado en trabajos como Ando (2015), Barone & Mocetti (2014), Kreif et al. (2015) y Mideksa (2013). En el presente trabajo se tienen en cuenta tres diferentes configuraciones del grupo de control.

3. Implementación del MCS para la estimación de los efectos del plan MIELI

3.1. Datos

Dado que el paquete *Synth* requiere contar con un panel balanceado, se eliminaron del panel de datos de Europa los países con series de tiempo de tasas de suicidio incompletas. Se optó por usar el período 1995-2015 para mantener la máxima cantidad posible de países. El mapa en la Figura 8 a continuación muestra los países tenidos en cuenta para la selección de los grupos de control, ordenados por color según sus tasas de suicidio promedio para el período pre-intervención (1995-2008).

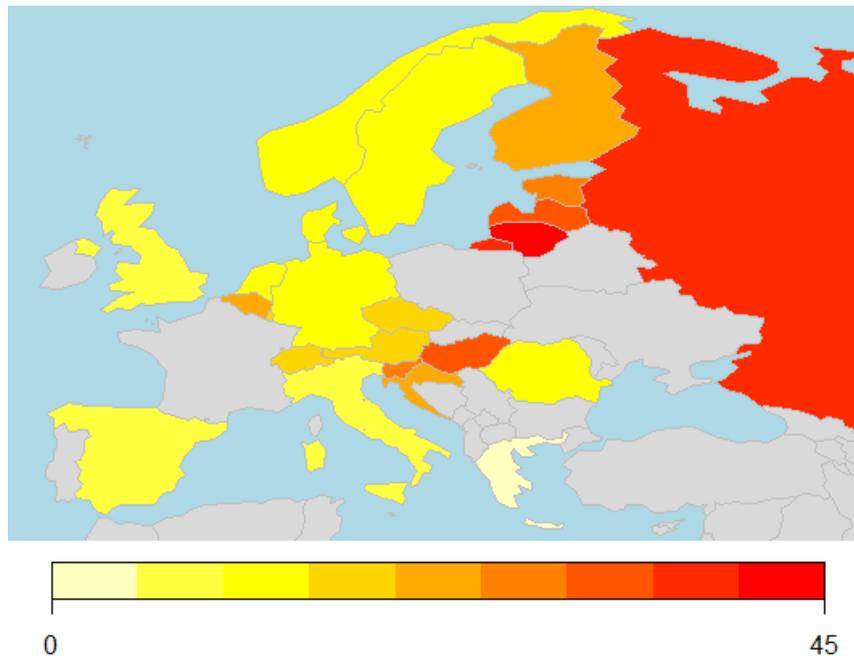


Figura 8: Tasas de suicidio promedio para los países disponibles en el período pre-intervención

Por otro lado, las variables de control se seleccionaron siguiendo investigaciones relacionadas a las causas

y correlaciones de las tasas de suicidio. Siguiendo las conclusiones de trabajos como Berk, Dodd & Henry (2006), Blakely, Collings & Atkinson (2003), Luo, Florence, Quispe-Agnoli, Ouyang & Crosby (2011) y Tella, MacCulloch & Oswald (2003), que indican que existe una correlación entre las condiciones macroeconómicas de un país y su tasa de suicidio, se incorporaron las siguientes variables al panel de datos:

- **Desempleo**, total (% de la población activa total): Proporción de la población activa que no tiene trabajo pero que busca trabajo y está disponible para realizarlo. Las definiciones de población activa y desempleo difieren según el país. Fuente: Organización Internacional del Trabajo, base de datos sobre estadísticas de la OIT (ILOSTAT).
- **PBI per cápita** (US\$ a precios actuales): PBI en US\$ a precios actuales dividido por la población a mitad de año. Se calcula sin hacer deducciones por depreciación de bienes manufacturados o por agotamiento y degradación de recursos naturales. Fuente: Datos sobre las cuentas nacionales del Banco Mundial y archivos de datos sobre cuentas nacionales de la OCDE.
- **PBI** (US\$ a precios actuales): Se calcula sin hacer deducciones por depreciación de bienes manufacturados o por agotamiento y degradación de recursos naturales. Los datos se expresan en moneda local a precios corrientes. Fuente: Datos sobre las cuentas nacionales del Banco Mundial y archivos de datos sobre cuentas nacionales de la OCDE.
- **Inflación**, índice de deflación del PBI (% anual): La inflación, medida según la tasa de crecimiento anual del deflactor implícito del PBI, muestra la tasa de variación de precios en la economía en general. El deflactor implícito del PBI es el cociente entre el PBI en moneda local a precios corrientes y el PBI en moneda local a precios constantes. Fuente: Datos sobre las cuentas nacionales del Banco Mundial y archivos de datos sobre cuentas nacionales de la OCDE.
- **Empleo vulnerable** (% del total de empleo): se refiere a los trabajadores familiares no remunerados y a los trabajadores autónomos como porcentaje del empleo total. Fuente: Organización Internacional del Trabajo, base de datos de Indicadores principales sobre el mercado laboral.

Además, se tuvieron en cuenta las siguientes variables de control relacionadas al sistema de salud de los países:

- **Esperanza de vida al nacer**, total (años): Indica la cantidad de años que viviría un recién nacido si los patrones de mortalidad vigentes al momento de su nacimiento no cambian a lo largo de la vida del infante. Fuente: Banco Mundial.
- **Tasa de mortalidad materna** (estimado mediante modelo, por cada 100.000 nacidos vivos): La tasa de mortalidad materna es la cantidad de mujeres que mueren durante el embarazo y el parto por cada 100.000 nacidos vivos. Los datos se estiman según un modelo de regresión que usa información sobre fertilidad, asistentes para el parto y prevalencia del VIH. Fuente: Tendencias en la mortalidad materna: 1990-2015. Estimaciones desarrolladas por la OMS, UNICEF, UNFPA y el Banco Mundial.
- **Tasa de mortalidad, menores de 5 años** (por cada 1.000): Menores de cinco años la tasa de mortalidad es la probabilidad por cada 1.000 que un recién nacido muera antes de cumplir cinco años de edad, si está sujeto a las tasas de mortalidad específicas por edad del año especificado.

Fuente: Estimaciones elaboradas por el Grupo Interinstitucional para las Estimaciones sobre Mortalidad Infantil de las Naciones Unidas (Unicef, OMS, Banco Mundial, División de Población del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas)⁹.

- **Tasa de mortalidad neonatal** (por cada 1.000 nacidos vivos): Número de recién nacidos que mueren antes de alcanzar los 28 días de edad, por cada 1.000 nacidos vivos en un año determinado. Fuente: Estimaciones elaboradas por el Grupo Interinstitucional para las Estimaciones sobre Mortalidad Infantil de las Naciones Unidas¹⁰.
- **Gasto corriente en salud** (% del PBI): Nivel de gasto corriente en salud expresado como porcentaje del PBI. Las estimaciones de los gastos actuales en salud incluyen los bienes y servicios de salud que se consumen durante cada año. Este indicador no incluye los gastos de capital en salud, tales como edificios, maquinaria, tecnología de la información y existencias de vacunas para emergencias o brotes. Fuente: Base de datos de gastos mundiales de salud de la Organización Mundial de la Salud¹¹. Este dato están disponible para los años 2000-2015.

Asimismo, se incluye la siguiente variable de control, siguiendo trabajos como Brady (2006), Lester (1995), Mäkelä (1996), Razvodovsky (2011) y Sher (2005):

- **Consumo de alcohol per cápita**: Corresponde a los litros de alcohol puro registrado para la población mayor de 15 años. Las estimaciones globales se calculan como un promedio ponderado de la población de los datos de los países. Fuente: OMS¹².

Por otro lado, la religiosidad de los países puede también influenciar en sus tasas de suicidio. Esta correlación está estudiada en trabajos como Gearing & Lizardi (2009), Neeleman & Lewis (1999), Neeleman (1998), Pescosolido & Georgianna (1989), Stack & Lester (1991), Stack (1983) y VanderWeele, Li, Tsai & Kawachi (2016). Para controlar por religiosidad, se incorporaron las siguientes variables al análisis:

- **Porcentajes de cristianos, musulmanes y no creyentes**: La base de datos fue creada por Zeev Maoz (Universidad de California-Davis) y Errol Henderson (Universidad Estatal de Pennsylvania) y fue publicada por el Correlates of War Project¹³.

Además, varios estudios como Jagodic, Agius & Pregelj (2012), Lee, Lin, Tsai, Li, Chen & Huang (2006), Neumayer (2003), Petridou, Papadopoulou, Frangakis, Skalkidou & Trichopoulos (2002), Ruuhela, Hiltunen, Venäläinen, Pirinen & Partonen (2009), Vyssoki, Kapusta, Praschak-Rieder, Dorffner & Willeit (2014) y Vyssoki, Praschak-Rieder, Sonneck, Blüml, Willeit, Kasper & Kapusta (2012) sugieren que existe una correlación significativa entre la cantidad de horas de luz solar y las tasas de suicidio. Por lo tanto, se incorpora la siguiente variable de control al panel de datos:

- **Horas de luz solar**: Promedio de horas de luz solar anual. El promedio corresponde a diferentes estaciones meteorológicas dentro de cada país en el período 1961-1990. Se asume que, en el período

⁹ childmortality.org

¹⁰ childmortality.org

¹¹ apps.who.int/nha/database

¹² <https://apps.who.int/gho/data>

¹³ <http://www.correlatesofwar.org/data-sets/world-religion-data>

a analizar, las horas de luz solar se mantienen aproximadamente constantes para cada país. Fuente: Organización Meteorológica Mundial¹⁴. Irlanda: Información climatológica para Merrion Square, Irlanda. European Climate Assessment & Dataset¹⁵.

Por último, la OMS (2003, 2014) afirma que la mayoría de los suicidios en el mundo se produce en contextos rurales. Por lo tanto, se tiene en cuenta la siguiente variable:

- **Población rural** (% de la población total): Población rural se refiere a las personas que viven en zonas rurales según la definición de la oficina nacional de estadísticas. Se calcula como la diferencia entre la población total y la población urbana. Fuente: Estimaciones de personal del Banco Mundial sobre la base de las Perspectivas de la urbanización mundial de las Naciones Unidas.

3.2. Problemas de selección de especificación

Teniendo en cuenta los problemas de selección de especificación del MCS explicadas en la Sección 2.2, existen dos dimensiones para la selección de la especificación final para la estimación del control sintético: países dentro del grupo de control y variables explicativas.

Para la selección de países en el grupo de control se optó por tres estrategias diferentes. La primera, utilizada en los Modelos A, consiste en elegir países de forma cualitativa y subjetiva. Se eligen los países que el investigador considera que se asemejan más al país tratado. Por otro lado, en los Modelos B se seleccionaron los países más similares a Finlandia en términos de los resultados de un análisis de componentes principales, detallado en la Sección 3.4. Por último, para estimar los Modelos C se usarán todos los países disponibles en el panel de datos (Figura 8).

Por otro lado, para seleccionar las variables de control se implementó un algoritmo iterativo de optimización que consiste en iterar todas las posibles combinaciones de variables independientes y seleccionar especificaciones de acuerdo a cuatro criterios: minimización del error V asociado a la optimización anidada descrita en la Sección 2.1 (o error cuadrático medio -MSPE- pre-intervención), minimización del MSPE para todo el período (incluido pre y post-intervención) y minimización del error absoluto porcentual medio (MAPE, por sus siglas en inglés) tanto en el período total como en el período pre-intervención¹⁶.

En todos los casos mencionados anteriormente, los modelos serán estimados usando la media de las variables explicativas en todo el período pre-intervención. Otras opciones, como se menciona en Ferman, Pinto & Possebom (2017), son utilizar diferentes partes del período pre-intervención, tanto tomando la media de las variables como tomando todos los valores de las series de tiempo. En particular, para cada grupo de control seleccionado, también se tendrán en cuenta una serie de modelos que, en lugar de optimizar la selección de variables explicativas exógenas, utilizarán la tasa de suicidio rezagada un período como variable explicativa.

3.3. Modelos A: Selección cualitativa del grupo de control

En los Modelos A se tuvo en cuenta una selección cualitativa de los países de control. Se mantuvieron en la muestra a los países con mayor cercanía cultural y geográfica a Finlandia para evitar el sesgo de interpolación mencionado en Abadie et al. (2010). El mapa en la Figura 9 muestra los países en el grupo

¹⁴http://www.wmo.int/datastat/wmodata_en.html

¹⁵<https://www.ecad.eu/>

¹⁶Debido al alto costo computacional que este proceso implica, se utilizó la plataforma de nube de Google.

de control usado en la estimación final, ordenados por color según sus tasas de suicidio promedio para el período pre-intervención (1995-2008).

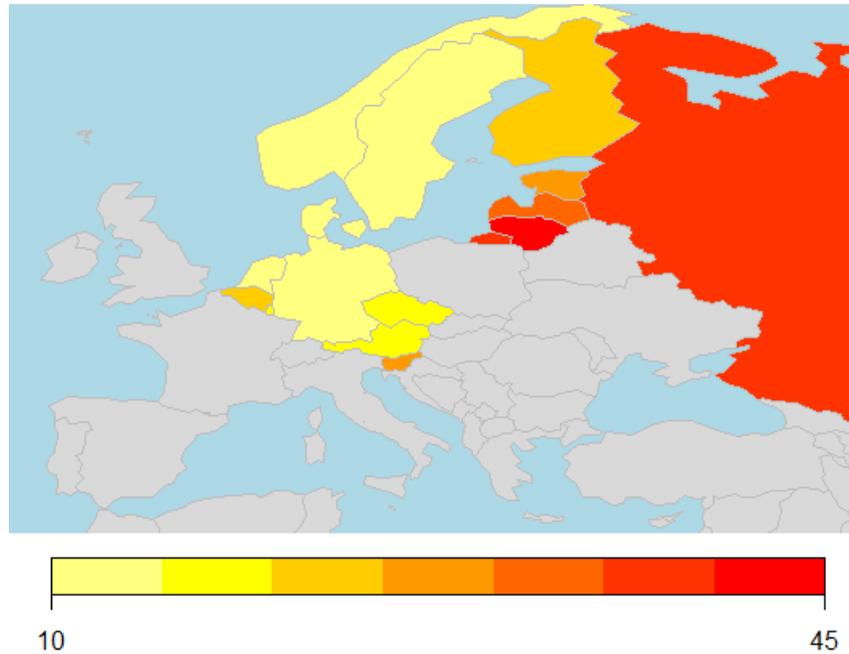


Figura 9: Tasas de suicidio promedio en el período pre-intervención - Modelos A

Se usa un panel constituido por 16 unidades (países): 1 tratado (Finlandia) y 15 de control (Austria, Bélgica, República Checa, Dinamarca, Estonia, Alemania, Islandia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Países Bajos, Noruega, Rusia, Eslovenia y Suecia). Se consideran 16 variables explicativas y 21 períodos de tiempo (1995-2015), de los cuales 14 son pre-intervención (1995-2008). La muestra empieza desde 1995 dado que es a partir de ese año que los datos estaban disponibles para todos los países de control y para todos los años. El detalle de las variables independientes consideradas está incluido en la Sección 3.1.

Para la selección de la especificación final, se iteraron 65535 modelos que representan la totalidad de combinaciones posibles de las 16 variables de control. Se seleccionaron los modelos que minimizaban cuatro criterios: error V asociado a la optimización del MCS (o MSPE pre-intervención), MSPE para el período 1995-2015, MAPE pre-intervención y MAPE para el período 1995-2015. El Cuadro 1 muestra los primeros tres modelos seleccionados bajo cada criterio. Puede notarse que el modelo # 17515 fue seleccionado como primer candidato bajo tres de los cuatro criterios (1, 3 y 4) y que muchas iteraciones se repiten a través del top 3 obtenido con cada criterio (por ejemplo, el modelo # 7477 es segundo tanto bajo el criterio 3 como bajo el criterio 4 y el modelo # 15319 quedó tercero en los criterios 1 y 4). Además, la mayoría de los modelos seleccionados contiene 7 de las 16 variables de control consideradas. Esto se analizará con mayor detalle en la Sección 6.

Puesto	Iter.	Especificación	# vars.
Criterio 1 (Minimización del error V o MSPE pre-intervención)			
1	17515	Desempleo, PBI, porcentaje de cristianos, porcentaje de no creyentes, horas de luz solar, población rural y consumo de alcohol	7
2	7092	Desempleo, PBI per cápita, PBI, horas de luz solar, población rural y consumo de alcohol	6
3	15319	Desempleo, PBI per cápita, PBI, porcentaje de musulmanes, horas de luz solar, población rural y consumo de alcohol	7
Criterio 2 (Minimización del MAPE pre-intervención)			
1	16659	Desempleo, PBI per cápita, porcentaje de no creyentes, horas de luz solar, población rural, trabajo vulnerable y consumo de alcohol	7
2	17515	Desempleo, PBI, porcentaje de cristianos, porcentaje de no creyentes, horas de luz solar, población rural y consumo de alcohol	7
3	27274	Desempleo, PBI per cápita, PBI, porcentaje de musulmanes, horas de luz solar, mortalidad materna, trabajo vulnerable y gasto en salud	8
Criterio 3 (Minimización del MSPE total)			
1	17515	Desempleo, PBI, porcentaje de cristianos, porcentaje de no creyentes, horas de luz solar, población rural y consumo de alcohol	7
2	7477	Desempleo, PBI per cápita, porcentaje de cristianos, horas de luz solar, población rural y consumo de alcohol	6
3	1073	Desempleo, horas de luz solar, población rural y consumo de alcohol	4
Criterio 4 (Minimización del MAPE total)			
1	17515	Desempleo, PBI, porcentaje de cristianos, porcentaje de no creyentes, horas de luz solar, población rural y consumo de alcohol	7
2	7477	Desempleo, PBI per cápita, porcentaje de cristianos, horas de luz solar, población rural y consumo de alcohol	6
3	15319	Desempleo, PBI per cápita, PBI, porcentaje de musulmanes, horas de luz solar, población rural y consumo de alcohol	7

Cuadro 1: Mejores tres modelos seleccionados bajo cuatro criterios - Modelos A

Por otro lado, el Cuadro 2 muestra el porcentaje de apariciones de cada una de las variables explicativas en los ocho modelos que fueron seleccionados como tres mejores en todos los criterios. Puede notarse que el desempleo, las horas de luz solar, la población rural, el consumo de alcohol, el PBI y el PBI per cápita se usan en la mayoría de los modelos seleccionados. En particular, el desempleo y el promedio de horas de luz solar se usan en la totalidad de los modelos.

Variable	Participación
Desempleo	100 %
Horas de luz solar	100 %
Población rural	88 %
Consumo de alcohol	88 %
PBI	63 %
PBI per cápita	63 %
Porcentaje de cristianos	38 %
Porcentaje de no creyentes	38 %
Porcentaje de musulmanes	25 %
Trabajo vulnerable	25 %
Mortalidad materna	13 %
Gasto en salud	13 %

Cuadro 2: Participación de variables explicativas en los tres mejores modelos - Modelos A

Los modelos a analizar serán los primeros para todos los criterios, es decir, el modelo # 17515 (que se denominará Modelo A.1) y el modelo # 16659 (que se denominará Modelo A.2). En ambos casos, los modelos seleccionados generan Finlandias sintéticas usando 7 variables de control. Además, se tendrá en cuenta una tercera especificación (Modelo A.3) que usa como variable explicativa a la tasa de suicidio rezagada un período.

Para la implementación del método de control sintético, es necesario definir las matrices \mathbf{M}_1 , \mathbf{M}_0 , \mathbf{Z}_1 y \mathbf{Z}_0 que se usan en el proceso de construcción de la unidad de control sintético. En los Modelos A.1 y A.2, estas matrices vienen dadas por:

- \mathbf{M}_1 : vector de dimensión 7×1 de regresores para Finlandia.
- \mathbf{M}_0 : matriz de dimensión 7×15 de regresores para los 15 países en el grupo de control.
- \mathbf{Z}_1 : vector de dimensión 14×1 que contiene las tasas de suicidio pre-intervención en Finlandia.
- \mathbf{Z}_0 : matriz de dimensión 14×15 que contiene las tasas de suicidio pre-intervención para los 15 países en el grupo de control.

En el Modelo A.3, las matrices vienen dadas por:

- \mathbf{M}_1 : vector de dimensión 13×1 de 13 tasas de suicidio rezagadas para Finlandia.
- \mathbf{M}_0 : matriz de dimensión 13×15 de 13 tasas de suicidio rezagadas para los 15 países en el grupo de control.
- \mathbf{Z}_1 : vector de dimensión 14×1 que contiene las tasas de suicidio pre-intervención en Finlandia.
- \mathbf{Z}_0 : matriz de dimensión 14×15 que contiene las tasas de suicidio pre-intervención para los 15 países en el grupo de control.

A partir de dichas matrices y utilizando los métodos descritos en la Sección 2, se construirá una Finlandia sintética que refleja los valores de los predictores de la tasa de suicidio en Finlandia antes de la implementación del plan MIELI. Se estimarán los efectos del plan MIELI como la diferencia en las tasas de suicidio entre Finlandia y su versión sintética durante los años de la implementación (2009 a 2015). Los resultados se presentan en la Sección 4.

3.4. Modelos B: Selección cuantitativa del grupo de control

En lugar de seleccionar los países de control de forma cualitativa, también se probó usar los más similares en términos de los resultados obtenidos en un análisis de componentes principales para el período pre-intervención para todos los países con datos disponibles en dicho período.

El análisis de componentes principales consiste en tratar de explicar la estructura de variabilidad a través de unas pocas variables artificiales construidas a partir de las originales. El objetivo es reducir la dimensión del problema en términos de variables explicativas e interpretar los resultados. Esto se logra transformando (mediante combinaciones lineales) un conjunto de variables en un nuevo conjunto de variables (componentes principales) que se caracterizan por estar incorrelacionadas entre sí y que, además, pueden ordenarse de acuerdo a la información que llevan incorporada. Esto se hace dado que, si el conjunto de datos está planteado en función de variables que están muy correlacionadas entre sí, es posible que exista una redundancia de información y que no se necesiten todas las variables para capturar la heterogeneidad que existe entre las observaciones. Como medida de la cantidad de información incorporada en una componente se usa su varianza: cuanto mayor sea su varianza, mayor es la cantidad de información que lleva incorporada dicha componente. Si las variables originales estuvieran completamente incorrelacionadas entre sí, el análisis de componentes principales carecería por completo de interés, ya que en ese caso las componentes principales coincidirían con las variables originales.

Generalmente existe alguna variable que domina al resto en términos de varianza. Cuando se usa la matriz de varianzas y covarianzas sin estandarizar para este análisis, el método de componentes principales le da mucho peso a dicha variable dado que con ella logra explicar más varianza de la que explicaría si todas tuviesen el mismo peso. En muchos casos, esto hace que la primera componente principal explique un porcentaje de varianza mayor que si el análisis estuviese basado en la matriz de correlaciones. Para evitar esto, es necesario aplicar el análisis sobre variables expresadas en desviaciones respecto a la media. Esto es equivalente a trabajar con la matriz de correlaciones, donde todos los elementos diagonales tienen el mismo peso.

El Cuadro 3 muestra los autovalores y la varianza explicada asociada a cada componente obtenido a partir de la matriz de correlaciones. En este caso, la primera componente principal explica sólo 41,60 % de la varianza total. Si se agrega la segunda componente se explica el 58,18 % de la variabilidad. Es posible explicar aproximadamente 90 % de la variabilidad total utilizando 6 componentes principales. Intuitivamente, lo que esto podría estar indicando es que si bien la matriz de datos contiene 17 variables, en realidad existen menos dimensiones del problema.

Componentes principales/correlación # Países = 24
 # Comp = 17
 Traza = 17
 Rho = 1

Componente	Autovalor	Diferencia	Proporción	Acumulado
Comp1	7,0720	4,2530	0,4160	0,4160
Comp2	2,8189	0,7831	0,1658	0,5818
Comp3	2,0358	0,5640	0,1198	0,7016
Comp4	1,4718	0,4582	0,0866	0,7881
Comp5	1,0136	0,1947	0,0596	0,8478
Comp6	0,8190	0,2662	0,0482	0,8959
Comp7	0,5528	0,0448	0,0325	0,9285
Comp8	0,5080	0,2255	0,0299	0,9583
Comp9	0,2825	0,1122	0,0166	0,9750
Comp10	0,1703	0,0791	0,0100	0,9850
Comp11	0,0911	0,0127	0,0054	0,9903
Comp12	0,0785	0,0291	0,0046	0,9950
Comp13	0,0494	0,0284	0,0029	0,9979
Comp14	0,0209	0,0116	0,0012	0,9991
Comp15	0,0093	0,0042	0,0005	0,9996
Comp16	0,0051	0,0041	0,0003	0,9999
Comp17	0,0011	-	0,0001	1,0000

Cuadro 3: Análisis de componentes principales - Matriz de correlaciones

Existen varios métodos para seleccionar la cantidad de componentes principales con las cuales trabajar. Es posible seleccionar componentes hasta cubrir cierta proporción determinada de varianza explicada. También se puede optar por analizar un gráfico de autovalores para seleccionar componentes hasta que los autovalores asociados a las restantes tengan valores parecidos. La Figura 10 muestra el gráfico recién mencionado, basado en la matriz de correlaciones. Puede observarse que se forma un codo en el segundo autovalor, lo que sugiere trabajar con 2 o 3 componentes.

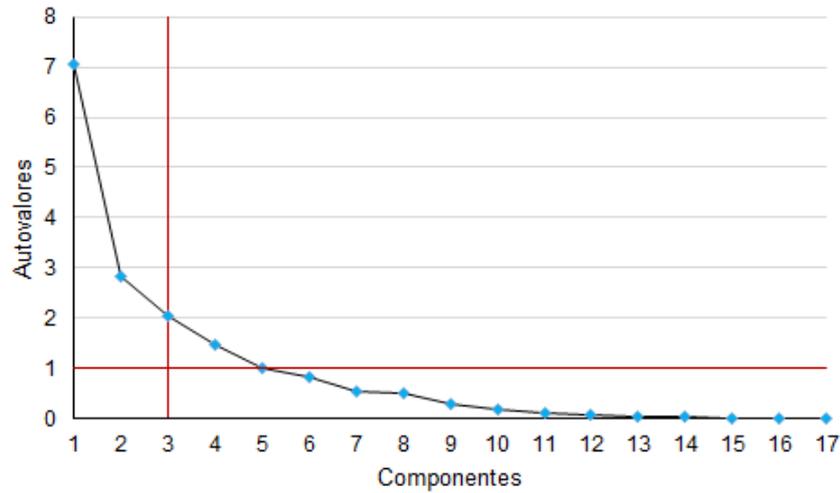


Figura 10: Autovalores

El Cuadro 4 muestra los coeficientes correspondientes al análisis de las primeras dos componentes principales basado en la matriz de correlaciones, como también los coeficientes de correlación entre cada variable y las componentes.

Variable	Autovalores		Correlaciones	
	Comp1	Comp2	Comp1	Comp2
Desempleo	0.1754	0.1101	0.4665	0.1849
PBI per cápita	-0.3163	-0.0434	-0.8412	-0.0729
PBI	-0.0891	-0.0279	-0.2369	-0.0468
Esperanza de vida	-0.3575	0.1209	-0.9506	0.2030
Cristianos (%)	-0.1573	0.4657	-0.4182	0.7818
Musulmanes (%)	0.0504	-0.1265	0.1339	-0.2124
No creyentes (%)	0.1572	-0.4413	0.4180	-0.7410
Horas de luz solar	0.1249	0.3603	0.3320	0.6049
Población rural	0.2131	0.1940	0.5666	0.3258
Mortalidad maternal	0.3315	-0.0094	0.8815	-0.0158
Inflación	0.3072	0.1171	0.8170	0.1966
Mortalidad sub5	0.3478	0.0870	0.9249	0.1461
Trabajo vulnerable	0.1202	0.5009	0.3197	0.8409
Mortalidad neonatal	0.3451	0.1114	0.9177	0.1870
Consumo de alcohol	0.1162	-0.1785	0.3091	-0.2998
Gasto en salud	-0.3113	0.0549	-0.8278	0.0922
Tasa de suicidio	0.2265	-0.2366	0.6023	-0.3972

Cuadro 4: Autovalores y correlaciones de las primeras dos componentes principales

El Cuadro 5 muestra los valores de las dos primeras componentes principales para cada uno de los países.

País	Comp1	Comp2
Austria	-1,30	-0,13
Bélgica	-1,53	-0,81
Croacia	1,57	1,82
Rep. Checa	0,85	-3,06
Dinamarca	-1,86	-0,48
Estonia	3,19	-2,74
Finlandia	-1,29	-0,04
Alemania	-1,74	-1,07
Grecia	-0,74	3,61
Hungría	1,95	-0,35
Islandia	-3,33	0,18
Italia	-1,19	1,86
Letonia	3,79	-1,10
Lituania	2,53	0,11
Luxemburgo	-2,19	-0,45
Países Bajos	-0,15	-1,03
Noruega	-2,76	-0,03
Rumania	5,73	4,10
Rusia	6,23	-1,77
Eslovenia	0,26	0,25
España	-0,74	1,70
Suecia	-2,41	0,19
Suiza	-2,33	0,02
Reino Unido	-1,23	-0,77

Cuadro 5: Valores de las componentes principales

La Figura 11 muestra una representación conjunta de las filas y columnas de la matriz de datos, donde Finlandia está resaltada en celeste. Deberían observarse los países con los peores y mejores resultados en términos de la dimensión que representa la primera componente en los diferentes extremos del eje de la primera componente. Del mismo modo, en los distintos extremos del eje de la segunda componente deberían ubicarse los países con resultados muy disímiles de la dimensión que representa la segunda componente principal. A partir de la Figura 11 se busca entender cómo se separan de izquierda a derecha y de arriba a abajo los países en función de las dimensiones representadas por las primeras dos componentes principales. Puede inferirse que los países que están cerca en el espacio son parecidos en términos de esas dos dimensiones.

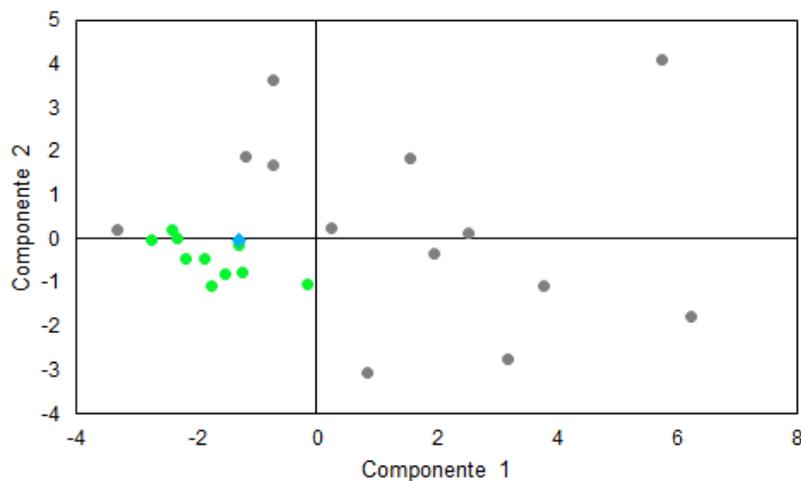


Figura 11: Representación gráfica de las primeras dos componentes

Para la implementación de los Modelos B, se seleccionaron los países cuya distancia con Finlandia fuera menor a un valor de 1,5¹⁷ para las dos componentes principales (marcados en verde en la Figura 11). Los países de control seleccionados bajo ese criterio son Austria, Bélgica, Dinamarca, Alemania, Luxemburgo, Países Bajos, Noruega, Suecia, Suiza y Reino Unido. El mapa en la Figura 12 a continuación muestra los países en el grupo de control usado en la estimación final, ordenados por color según sus tasas de suicidio promedio para el período pre-intervención (1995-2008).

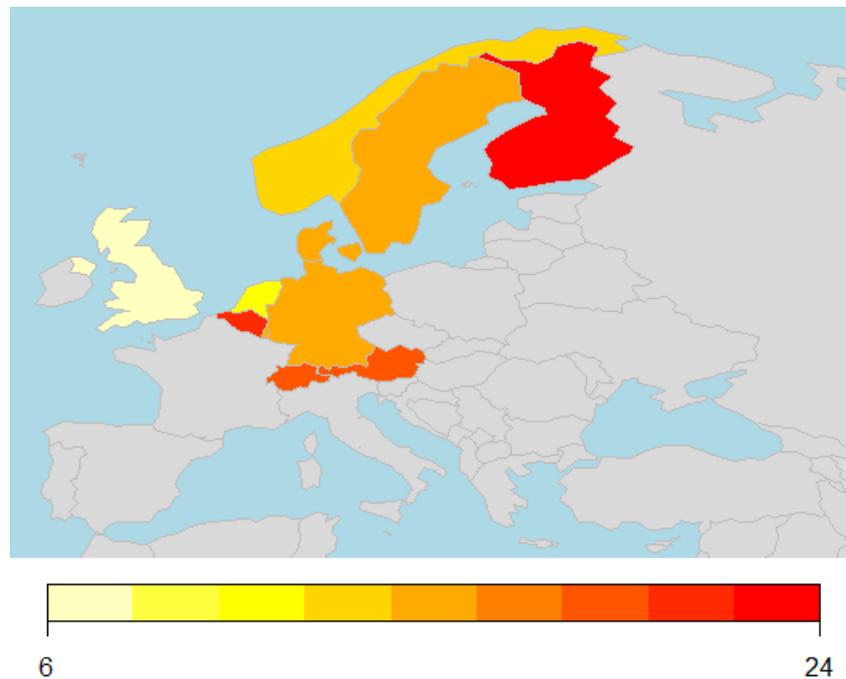


Figura 12: Tasas de suicidio promedio en el período pre-intervención - Modelos B

Se usa un panel constituido por 11 unidades (países): 1 tratado (Finlandia) y 10 de control (Austria, Bélgica, Dinamarca, Alemania, Luxemburgo, Países Bajos, Noruega, Suecia, Suiza y Reino Unido). Se consideran 16 variables explicativas y 21 períodos de tiempo (1995-2015), de los cuales 14 son pre-intervención (1995-2008). La muestra empieza desde 1995 dado que es a partir de ese año que los datos estaban disponibles para todos los países de control y para todos los años. El detalle de las variables independientes consideradas está incluido en la Sección 3.1.

Para la selección de la especificación final, se iteraron 65535 modelos que representan la totalidad de combinaciones posibles de las 16 variables de control. Se seleccionaron los modelos que minimizaban cuatro criterios: error V asociado a la optimización del MCS (o MSPE pre-intervención), MSPE para el período 1995-2015, MAPE pre-intervención y MAPE para el período 1995-2015. El Cuadro 6 muestra los primeros tres modelos seleccionados bajo cada criterio. Puede notarse que los tres primeros modelos seleccionados bajo los criterios 1 y 2 son los mismos. Además, los modelos # 29353 y # 61040 se repiten en el top 3 bajo los criterios 3 y 4. A diferencia de los Modelos A, la cantidad de variables en las especificaciones seleccionadas difieren bastante.

¹⁷Se estableció un límite de 1,5 de unidades de distancia para no descartar países que pertenecen a un cuadrante diferente al de Finlandia pero de todos modos son cercanos en términos de los valores de las componentes.

Puesto	Iter.	Especificación	# vars.
Criterio 1 (Minimización del error V o MSPE pre-intervención)			
1	2571	Desempleo, PBI per cápita, PBI, población rural y mortalidad neonatal	5
2	160	Desempleo, PBI y trabajo vulnerable	3
3	159	Desempleo, PBI y mortalidad sub 5	3
Criterio 2 (Minimización del MAPE pre-intervención)			
1	2571	Desempleo, PBI per cápita, PBI, población rural y mortalidad neonatal	5
2	160	Desempleo, PBI y trabajo vulnerable	3
3	159	Desempleo, PBI y mortalidad sub 5	3
Criterio 3 (Minimización del MSPE total)			
1	29353	Desempleo, PBI, esperanza de vida, porcentaje de cristianos, de musulmanes y de no creyentes, mortalidad materna y trabajo vulnerable	8
2	58928	Desempleo, PBI per cápita, PBI, esperanza de vida, porcentaje de cristianos, porcentaje de no creyentes, horas de luz solar, población rural, mortalidad sub 5, trabajo vulnerable y mortalidad neonatal	11
3	61040	Desempleo, PBI, esperanza de vida, porcentaje de musulmanes, porcentaje de no creyentes, población rural, mortalidad materna, inflación, mortalidad sub 5, trabajo vulnerable y consumo de alcohol	11
Criterio 4 (Minimización del MAPE total)			
1	29353	Desempleo, PBI, esperanza de vida, porcentaje de cristianos, de musulmanes y de no creyentes, mortalidad materna y trabajo vulnerable	8
2	61040	Desempleo, PBI, esperanza de vida, porcentaje de musulmanes, porcentaje de no creyentes, población rural, mortalidad materna, inflación, mortalidad sub 5, trabajo vulnerable y consumo de alcohol	11
3	59217	Desempleo, PBI per cápita, PBI, esperanza de vida, porcentaje de musulmanes y de no creyentes, población rural, trabajo vulnerable, mortalidad neonatal, consumo de alcohol y gasto en salud	11

Cuadro 6: Top 3 modelos seleccionados bajo cuatro criterios - Modelos B

Por otro lado, el Cuadro 7 muestra el porcentaje de apariciones de cada una de las variables explicativas en los siete modelos que fueron seleccionados como tres mejores en todos los criterios. Puede notarse que el desempleo, el PBI, el trabajo vulnerable, el porcentaje de no creyentes, la población rural y la esperanza de vida se usan en la mayoría de los mejores modelos. En particular, el desempleo y el PBI se usan en la totalidad de los modelos bajo todos los criterios. A su vez, si se compara al Cuadro 7 con el Cuadro 2 (Modelos A), puede notarse que la selección de variables explicativas varía mucho dependiendo del grupo de control que se considere para la aplicación del MCS.

Variable	Participación
Desempleo	100 %
PBI	100 %
Trabajo vulnerable	71 %
Porcentaje de no creyentes	57 %
Población rural	57 %
Esperanza de vida	57 %
PBI per cápita	43 %
Porcentaje de musulmanes	43 %
Mortalidad neonatal	43 %
Mortalidad sub 5	43 %
Porcentaje de cristianos	29 %
Consumo de alcohol	29 %
Mortalidad materna	29 %
Horas de luz solar	14 %
Gasto en salud	14 %
Inflación	14 %

Cuadro 7: Participación de variables explicativas en tres mejores modelos - Modelos B

Los modelos a analizar serán los primeros para todos los criterios, es decir, el modelo # 2571 (que se denominará Modelo B.1) y el modelo # 29353 (que se denominará Modelo B.2). Además, se tendrá en cuenta una tercera especificación (Modelo B.3) que usa como variable explicativa a la tasa de suicidio rezagada un período.

Para la implementación del método de control sintético, es necesario definir las matrices \mathbf{M}_1 , \mathbf{M}_0 , \mathbf{Z}_1 y \mathbf{Z}_0 que se usan en el proceso de construcción de la unidad de control sintético. En el Modelo B.1, estas matrices vienen dadas por:

- \mathbf{M}_1 : vector de dimensión 5×1 de regresores para Finlandia.
- \mathbf{M}_0 : matriz de dimensión 5×10 de regresores para los 10 países en el grupo de control.
- \mathbf{Z}_1 : vector de dimensión 14×1 que contiene las tasas de suicidio pre-intervención en Finlandia.
- \mathbf{Z}_0 : matriz de dimensión 14×10 que contiene las tasas de suicidio pre-intervención para los 10 países en el grupo de control.

En el Modelo B.2, las matrices usadas en la estimación son:

- \mathbf{M}_1 : vector de dimensión 8×1 de regresores para Finlandia.
- \mathbf{M}_0 : matriz de dimensión 8×10 de regresores para los 10 países en el grupo de control.
- \mathbf{Z}_1 : vector de dimensión 14×1 que contiene las tasas de suicidio pre-intervención en Finlandia.

- \mathbf{Z}_0 : matriz de dimensión 14×10 que contiene las tasas de suicidio pre-intervención para los 10 países en el grupo de control.

En el Modelo B.3, las matrices vienen dadas por:

- \mathbf{M}_1 : vector de dimensión 13×1 de 13 tasas de suicidio rezagadas para Finlandia.
- \mathbf{M}_0 : matriz de dimensión 13×10 de 13 tasas de suicidio rezagadas para los 10 países en el grupo de control.
- \mathbf{Z}_1 : vector de dimensión 14×1 que contiene las tasas de suicidio pre-intervención en Finlandia.
- \mathbf{Z}_0 : matriz de dimensión 14×10 que contiene las tasas de suicidio pre-intervención para los 10 países en el grupo de control.

3.5. Modelos C: Todos los controles disponibles

Para los Modelos C se utilizaron todos los países disponibles (Figura 8). Para la selección de la especificación final, se iteraron 65535 modelos que representan la totalidad de combinaciones posibles de las 16 variables de control. Se seleccionaron los modelos que minimizaban cuatro criterios: error V asociado a la optimización del MCS (o MSPE pre-intervención), MSPE para el período 1995-2015, MAPE pre-intervención y MAPE para el período 1995-2015. El Cuadro 8 muestra los primeros tres modelos seleccionados bajo cada criterio.

Puesto	Iter.	Especificación	# vars.
Criterio 1 (Minimización del error V o MSPE pre-intervención)			
1	50926	Desempleo, PBI per cápita, PBI, esperanza de vida, porcentaje de cristianos y de no creyentes, población rural, inflación, mortalidad sub 5 y consumo de alcohol	10
2	27515	Desempleo, PBI per cápita, PBI, horas de luz solar, población rural, inflación, trabajo vulnerable y gasto en salud	8
3	59385	Desempleo, PBI per cápita, PBI, esperanza de vida, porcentaje de no creyentes, población, rural, mortalidad materna, inflación, trabajo vulnerable, mortalidad neonatal y consumo de alcohol	11
Criterio 2 (Minimización del MAPE pre-intervención)			
1	15547	Desempleo, PBI per cápita, PBI, población rural, mortalidad materna, trabajo vulnerable y mortalidad neonatal	7
2	7117	Desempleo, PBI per cápita, PBI, población rural, mortalidad materna y trabajo vulnerable	6
3	2568	Desempleo, PBI per cápita, PBI, población rural e inflación	5
Criterio 3 (Minimización del MSPE total)			
1	1063	Desempleo, porcentaje de no creyentes, trabajo vulnerable y consumo de alcohol	4
2	9718	Desempleo, porcentaje de no creyentes, población rural, mortalidad sub 5, trabajo vulnerable y consumo de alcohol	6
3	3754	Desempleo, porcentaje de no creyentes, trabajo vulnerable, consumo de alcohol y gasto en salud	5
Criterio 4 (Minimización del MAPE total)			
1	1063	Desempleo, porcentaje de no creyentes, trabajo vulnerable y consumo de alcohol	4
2	9718	Desempleo, porcentaje de no creyentes, población rural, mortalidad sub 5, trabajo vulnerable y consumo de alcohol	6
3	2792	Desempleo, PBI per cápita, porcentaje de no creyentes, trabajo vulnerable y consumo de alcohol	5

Cuadro 8: Top 3 modelos seleccionados bajo cuatro criterios - Modelos C

Por otro lado, el Cuadro 9 muestra el porcentaje de apariciones de cada una de las variables explicativas en los diez modelos que fueron seleccionados como tres mejores en todos los criterios. Puede notarse que el desempleo, el trabajo vulnerable, la población rural, el PBI per cápita, el PBI, el porcentaje de no creyentes y el consumo de alcohol se usan en la mayoría de los tres mejores modelos. En particular, el desempleo se usa en la totalidad de los modelos seleccionados.

Variable	Participación
Desempleo	100 %
Trabajo vulnerable	80 %
Población rural	70 %
PBI per cápita	70 %
PBI	60 %
Porcentaje de no creyentes	60 %
Consumo de alcohol	60 %
Inflación	40 %
Mortalidad materna	30 %
Esperanza de vida	20 %
Gasto en salud	20 %
Mortalidad neonatal	20 %
Mortalidad sub 5	20 %
Porcentaje de cristianos	10 %
Horas de luz solar	10 %

Cuadro 9: Participación de variables explicativas en tres mejores modelos - Modelos C

Los modelos a analizar serán los primeros para todos los criterios, es decir, el modelo # 50926 (que se denominará Modelo C.1), el modelo # 15547 (que se denominará Modelo C.2) y el modelo # 1063 (que se denominará Modelo C.3). Además, se tiene en cuenta una cuarta especificación (Modelo C.4) que usa como variable explicativa a la tasa de suicidio rezagada un período.

Para la implementación del método de control sintético, es necesario definir las matrices \mathbf{M}_1 , \mathbf{M}_0 , \mathbf{Z}_1 y \mathbf{Z}_0 que se usan en el proceso de construcción de la unidad de control sintético. En el Modelo C.1, estas matrices vienen dadas por:

- \mathbf{M}_1 : vector de dimensión 10×1 de regresores para Finlandia.
- \mathbf{M}_0 : matriz de dimensión 10×23 de regresores para los 23 países en el grupo de control.
- \mathbf{Z}_1 : vector de dimensión 14×1 que contiene las tasas de suicidio pre-intervención en Finlandia.
- \mathbf{Z}_0 : matriz de dimensión 14×23 que contiene las tasas de suicidio pre-intervención para los 23 países en el grupo de control.

En el Modelo C.2, las matrices usadas en la estimación son:

- \mathbf{M}_1 : vector de dimensión 7×1 de regresores para Finlandia.
- \mathbf{M}_0 : matriz de dimensión 7×23 de regresores para los 23 países en el grupo de control.
- \mathbf{Z}_1 : vector de dimensión 14×1 que contiene las tasas de suicidio pre-intervención en Finlandia.
- \mathbf{Z}_0 : matriz de dimensión 14×23 que contiene las tasas de suicidio pre-intervención para los 23 países en el grupo de control.

En el Modelo C.3, las matrices usadas en la estimación son:

- \mathbf{M}_1 : vector de dimensión 4×1 de regresores para Finlandia.
- \mathbf{M}_0 : matriz de dimensión 4×23 de regresores para los 23 países en el grupo de control.
- \mathbf{Z}_1 : vector de dimensión 14×1 que contiene las tasas de suicidio pre-intervención en Finlandia.
- \mathbf{Z}_0 : matriz de dimensión 14×23 que contiene las tasas de suicidio pre-intervención para los 23 países en el grupo de control.

En el Modelo C.4, las matrices vienen dadas por:

- \mathbf{M}_1 : vector de dimensión 13×1 de 13 tasas de suicidio rezagadas para Finlandia.
- \mathbf{M}_0 : matriz de dimensión 13×23 de 13 tasas de suicidio rezagadas para los 23 países en el grupo de control.
- \mathbf{Z}_1 : vector de dimensión 14×1 que contiene las tasas de suicidio pre-intervención en Finlandia.
- \mathbf{Z}_0 : matriz de dimensión 14×23 que contiene las tasas de suicidio pre-intervención para los 23 países en el grupo de control.

4. Resultados de las estimaciones

4.1. Modelos A: Selección cualitativa del grupo de control

La Figura 13 muestra las tasas de suicidio de Finlandia contra el promedio simple de las tasas de suicidio en los países de control. Puede notarse que el promedio simple del grupo de control no provee un grupo de comparación adecuado para estudiar los efectos del plan MIELI en la tasa de suicidio finlandesa. Los niveles y tendencias de las series difieren notablemente para todo el período. En particular, los niveles son significativamente diferentes durante el período pre-intervención, que corresponde a la muestra que se usa en la estimación del control sintético. Sin embargo, en el primer año de la implementación del plan MIELI, la tasa de suicidio en Finlandia era sólo un 0,02 % más alta que en el promedio simple de los países europeos que conforman el grupo de control. Luego de la implementación del plan MIELI, la tasa de suicidio de Finlandia bajó de forma más pronunciada que el promedio simple de los países de control. En el año 2015, la tasa de suicidio en Finlandia fue un 12,10 % más baja que el promedio simple del grupo de control. Para evaluar el efecto del plan MIELI en la tasa de suicidio finlandesa, la incógnita principal es cómo la tasa hubiera evolucionado en Finlandia después del 2009 si no se hubiese aplicado el plan de prevención de suicidios. El método de control sintético proporciona una forma sistemática de estimar dicho contrafáctico.

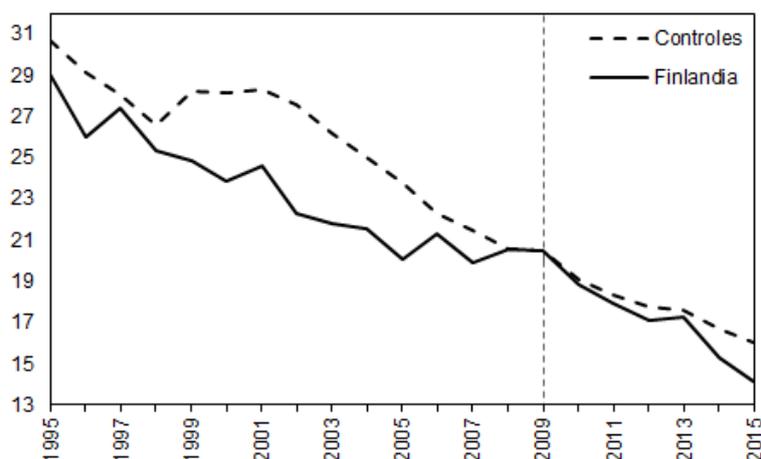


Figura 13: Tasa de suicidio en Finlandia y promedio simple de los países de control

Como se explicó en secciones anteriores, se construye una Finlandia sintética como una combinación convexa de los países de control que más se parecen a Finlandia en términos de las variables de control en los períodos pre-implementación. Las estimaciones de las variables explicativas obtenidas para Finlandia sintética con los Modelos A.1 y A.2 se presentan en el Cuadro 10, que compara la características pre-intervención de Finlandia real, Finlandia sintética y los países en el grupo de control. Puede notarse, una vez más, que el promedio de los países de control no representa una comparación válida pre-intervención. En contraste, los valores obtenidos para Finlandia sintética reproducen de forma más precisa los valores de las variables de control en Finlandia. Sin embargo, existen algunas excepciones, como los porcentajes de cristianos y de no creyentes estimados para Finlandia sintética con el Modelo A.1 (2 de 7 variables explicativas) y el PBI per cápita y el porcentaje de no creyentes obtenidos con el Modelo A.2 (2 de 7 variables explicativas). Todas las demás variables explicativas estimadas para Finlandia sintética a través del MCS son más cercanas a Finlandia real que las correspondientes al promedio del grupo de control.

Variables	Finlandia			Promedio de controles
	Real	Sintética A.1	Sintética A.2	
Desempleo	11,032	8,893	9,172	6,990
PBI (miles de millones)	170,328	252,061	-	356,178
PBI per cápita (miles)	34,614	-	25,633	29,474
Cristianos (%)	0,860	0,700	-	0,727
No creyentes (%)	0,131	0,246	0,238	0,215
Horas de luz solar	1664,440	1662,666	1652,846	1610,580
Población rural	17,702	17,831	17,830	24,173
Consumo de alcohol	9,643	9,643	9,638	10,462
Trabajo vulnerable	9,712	-	9,712	8,779

Cuadro 10: Características de Finlandia y Finlandia sintética - Modelos A.1 y A.2

El Cuadro 11 muestra las ponderaciones de cada país del grupo de control seleccionadas por el MCS. Éstas muestran que, en todos los Modelos A, la tasa de suicidio pre-intervención se reproduce óptimamente en su mayoría con los niveles de Bélgica, Letonia y Suecia. El Modelo A.3 también le asigna una ponderación relativamente alta a Estonia. Estos valores corresponden a las ponderaciones en \mathbf{W}^*

mencionadas en la Sección 2.1.

País de control	Ponderaciones (W^*)		
	Modelo A.1	Modelo A.2	Modelo A.3
Austria	0,003	0,001	0,000
Bélgica	0,307	0,314	0,507
República Checa	0,004	0,001	0,000
Dinamarca	0,007	0,004	0,000
Estonia	0,092	0,003	0,163
Alemania	0,002	0,009	0,000
Islandia	0,004	0,000	0,000
Letonia	0,208	0,321	0,118
Lituania	0,006	0,000	0,000
Luxemburgo	0,009	0,052	0,021
Países Bajos	0,004	0,001	0,000
Noruega	0,003	0,001	0,000
Rusia	0,087	0,075	0,010
Eslovenia	0,003	0,001	0,075
Suecia	0,261	0,218	0,105

Cuadro 11: Ponderaciones de los países de control - Modelos A

Las Figuras 14, 15 y 16 muestran la evolución de las tasas de suicidios en Finlandia y sus versiones sintética estimada con los Modelos A en el período 1995-2015. Puede verse que, en todos los casos, en el período pre-intervención las tasas de suicidio en ambas versiones de Finlandia se acompañan, pero luego del 2009 se separan. En particular, la tasa de suicidio en Finlandia sintética para el año 2015 es 19,40 %, 22,22 % y 22,87 % más alta que la que se observa para Finlandia real para los Modelos A.1, A.2 y A.3, respectivamente. Además, al momento de iniciar el plan MIELI, la tasa de suicidio en Finlandia sintética es sólo un 1,51 %, 0,71 % y 1,30 % más baja que la que se observa para Finlandia real para los Modelos A.1, A.2 y A.3, respectivamente.

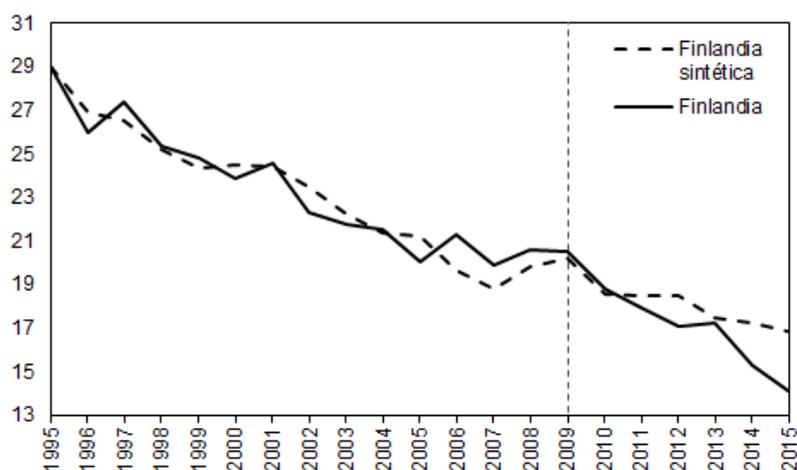


Figura 14: Tasa de suicidio en Finlandia y Finlandia sintética - Modelo A.1

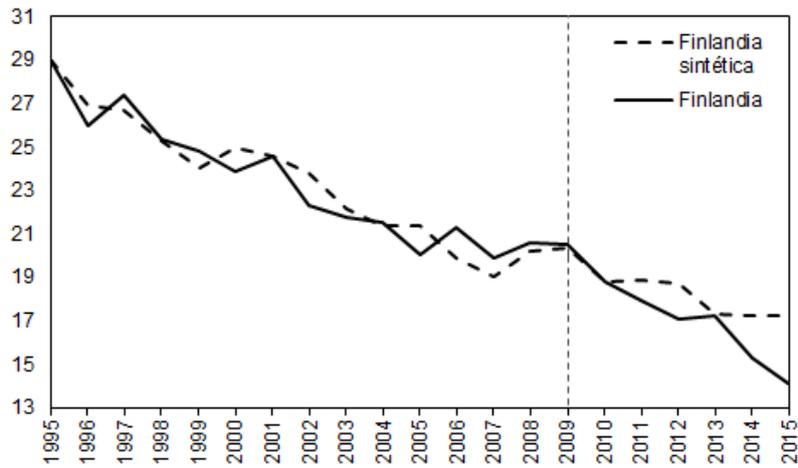


Figura 15: Tasa de suicidio en Finlandia y Finlandia sintética - Modelo A.2

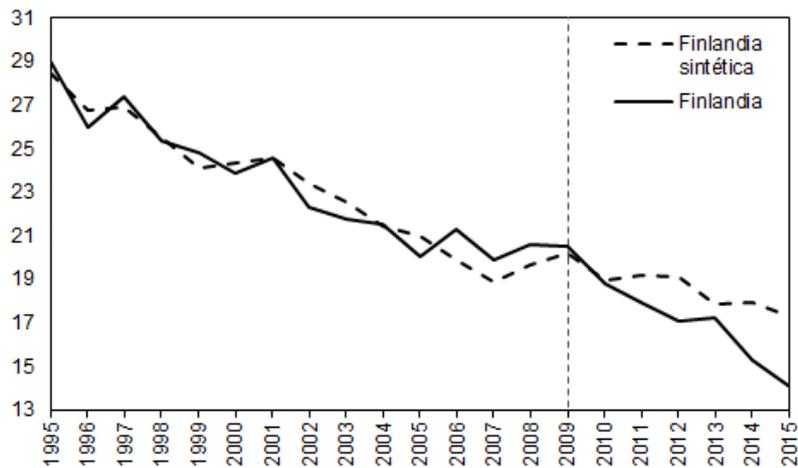


Figura 16: Tasa de suicidio en Finlandia y Finlandia sintética - Modelo A.3

La estimación del efecto del plan MIELI corresponde a la diferencia entre la tasa de suicidio en Finlandia y Finlandia sintética. La Figura 17 muestra las brechas entre Finlandia y su versión sintética estimada, es decir, las estimaciones anuales del impacto del plan MIELI para todos los Modelos A. Puede verse que el efecto aumenta con el paso de los años post-intervención. Los resultados sugieren que, para todo el período post-intervención (2010-2015), la tasa de suicidio se redujo 1,09, 1,29 y 1,66 puntos en promedio para los Modelos A.1, A.2 y A.3, respectivamente. Esto representa una caída de aproximadamente 7,15 %, 8,37 % y 10,58 %, respectivamente.

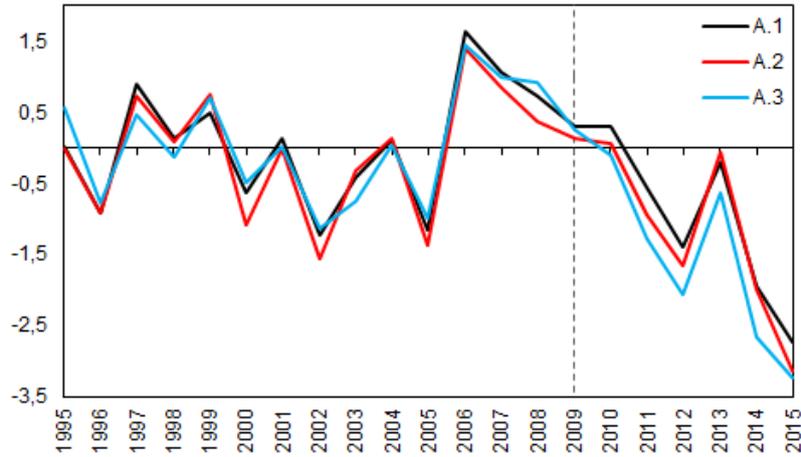


Figura 17: Brecha en la tasa de suicidio entre Finlandia y Finlandia sintética - Modelos A

El Cuadro 12 muestra las medidas de error obtenidas para los Modelos A. Puede notarse que el Modelo A.3, que usa la tasa de suicidio rezagada, consigue un ajuste considerablemente mejor que los Modelos A.1 y A.2. A su vez, el Modelo A.3 es también el que arroja un error post-intervención más alto, que está asociado a un efecto tratamiento absoluto estimado más grande. La significatividad de los efectos estimados se analizará en la Sección 5.

Modelo	MSPE			MAPE		
	Pre	Total	Post	Pre	Total	Post
A.1	0,6955	1,1193	1,9669	0,0306	0,0431	0,0681
A.2	0,7449	1,3268	2,4905	0,0306	0,0449	0,0735
A.3	0,6127	1,5389	3,3911	0,0299	0,0508	0,0925

Cuadro 12: Medidas de error pre y post-intervención - Modelos A

4.2. Modelos B: Selección cuantitativa del grupo de control

La Figura 18 muestra las tasas de suicidio de Finlandia contra el promedio simple de las tasas de suicidio en los países de control. Puede notarse que el promedio simple del grupo de control no provee un grupo de comparación adecuado para estudiar los efectos del plan MIELI en la tasa de suicidio finlandesa. Los niveles y tendencias de las series difieren notablemente para todo el período. En particular, los niveles son significativamente diferentes durante el período pre-intervención, que corresponde a la muestra que se usa en la estimación del control sintético. En el primer año de la implementación del plan MIELI, la tasa de suicidio en Finlandia eran un 81,21 % más alta que en el promedio simple de los países europeos que conforman el grupo de control. Luego de la implementación del plan MIELI, la tasa de suicidio de Finlandia bajó más rápido y terminó acercándose al promedio simple del grupo de control recién en el último año del plan (2015). Sin embargo, en ese año, la tasa de suicidio en Finlandia siguió siendo un 21,42 % más alta que el promedio simple del grupo de control. Para evaluar el efecto del plan MIELI en la tasa de suicidio finlandesa, la incógnita principal es cómo la tasa hubiera evolucionado en Finlandia después del 2009 si no se hubiese aplicado el plan de prevención de suicidios. El método de control sintético proporciona una forma sistemática de estimar dicho contrafáctico.

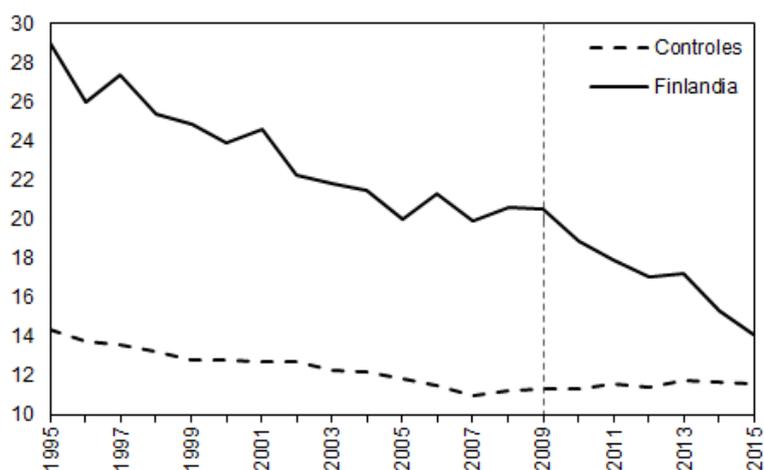


Figura 18: Tasa de suicidio en Finlandia y promedio simple de los países de control

Las estimaciones de las variables explicativas obtenidas para Finlandia sintética con los Modelos B.1 y B.2 se presentan en el Cuadro 13, que compara la características pre-intervención de Finlandia real, Finlandia sintética y los países en el grupo de control. Puede notarse, una vez más, que el promedio de los países de control no representa una comparación válida pre-intervención. En contraste, los valores obtenidos para Finlandia sintética reproducen de forma más precisa los valores de las variables de control en Finlandia. Sin embargo, existen algunas excepciones, como el trabajo vulnerable y los porcentajes de cristianos, no creyentes y musulmanes estimados para Finlandia sintética con el Modelo B.2 (4 de 8 variables explicativas) y la población rural y la esperanza de vida estimadas con el Modelo B.1 (2 de 5 variables explicativas). En este sentido, el ajuste de los Modelos B.1 y B.2 es peor que el de los Modelos A.1 y A.2. Todas las demás variables explicativas estimadas para Finlandia sintética a través del MCS son más cercanas a Finlandia real que las correspondientes al promedio del grupo de control.

Variables	Finlandia			Promedio de controles
	Real	Sintética B.1	Sintética B.2	
Desempleo	11,032	7,970	7,294	5,496
PBI (miles de millones)	170,328	325,619	313,074	693,639
PBI per cápita (miles)	34,614	33,211	-	43,553
Cristianos (%)	0,860	-	0,794	0,816
No creyentes (%)	0,131	-	0,144	0,130
Musulmanes (%)	0,003	-	0,038	0,032
Población rural	17,702	2,805	-	20,521
Trabajo vulnerable	9,712	-	11,504	7,976
Mortalidad neonatal	2,750	2,979	-	2,976
Mortalidad materna	4,357	-	7,801	8,536
Esperanza de vida	77,990	-	78,290	78,596

Cuadro 13: Características de Finlandia y Finlandia sintética - Modelos B.1 y B.2

El Cuadro 14 muestra las ponderaciones de cada país del grupo de control seleccionadas por el MCS. Éstas muestran que, en todos los Modelos B, la tasa de suicidio pre-intervención se reproduce óptimamente con los niveles de Bélgica y Austria. En particular, los Modelos B.1 y B.3 utilizan únicamente las tasas

de suicidio de Bélgica como Finlandia sintética. Estos valores corresponden a las ponderaciones en \mathbf{W}^* mencionadas en la Sección 2.1.

País de control	Ponderaciones (\mathbf{W}^*)		
	Modelo B.1	Modelo B.2	Modelo B.3
Austria	0,000	0,222	0,000
Bélgica	1,000	0,778	1,000
Dinamarca	0,000	0,000	0,000
Alemania	0,000	0,000	0,000
Luxemburgo	0,000	0,000	0,000
Países Bajos	0,000	0,000	0,000
Noruega	0,000	0,000	0,000
Suecia	0,000	0,000	0,000
Suiza	0,000	0,000	0,000
Reino Unido	0,000	0,000	0,000

Cuadro 14: Ponderaciones de los países de control - Modelos B

Las Figuras 19 y 20 muestran la evolución de las tasas de suicidios en Finlandia y sus versiones sintética estimada con los Modelos B en el período 1995-2015. En particular, las estimaciones de los Modelos B.1 y B.3 son las mismas ya que sólo usan las tasas de suicidio de Bélgica. Puede verse que, en todos los casos, las tasas pre-intervención estimadas son bastante distintas a las de Finlandia real. En particular, la tasa de suicidio en Finlandia sintética para el año 1995 es 22,08 % y 21,09 % más baja que la que se observa para Finlandia real para los Modelos B.1 (y B.3) y B.2, respectivamente. Por otro lado, la tasa de suicidio en Finlandia sintética para el año 2015 es 24,57 % y 20,85 % más alta que la que se observa para Finlandia real para los Modelos B.1 (y B.3) y B.2, respectivamente. Al momento de iniciar el plan MIELI, la tasa de suicidio en Finlandia sintética es 3,64 % y 8,14 % más baja que la que se observa para Finlandia real para los Modelos B.1 (y B.3) y B.2, respectivamente.

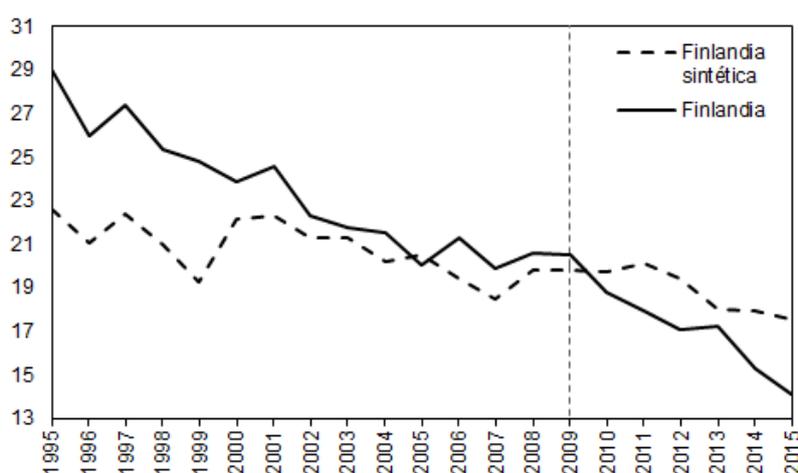


Figura 19: Tasa de suicidio en Finlandia y Finlandia sintética - Modelo B.1 y B.3

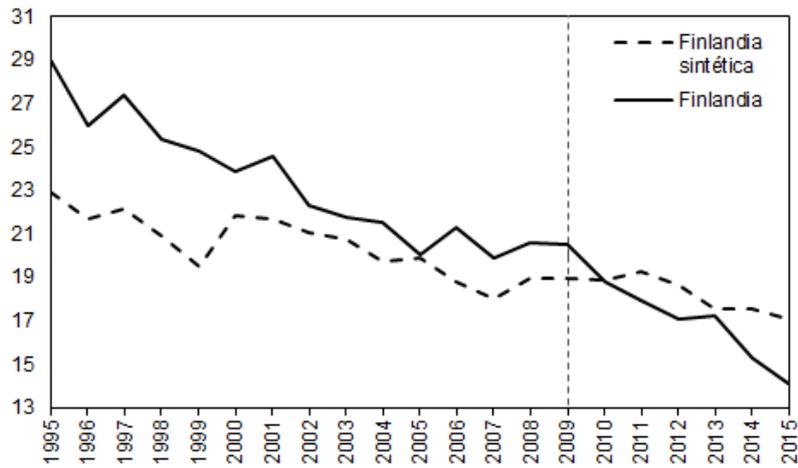


Figura 20: Tasa de suicidio en Finlandia y Finlandia sintética - Modelo B.2

La estimación del efecto del plan MIELI corresponde a la diferencia entre la tasa de suicidio en Finlandia y Finlandia sintética. La Figura 21 muestra las brechas entre Finlandia y su versión sintética estimada, es decir, las estimaciones anuales del impacto del plan MIELI para todos los Modelos B. Puede verse que el efecto aumenta con el paso de los años post-intervención, pero el ajuste pre-intervención es muy pobre. Los resultados sugieren que, para todo el período post-intervención (2010-2015), la tasa de suicidio se redujo 2,05 y 1,39 puntos en promedio para los Modelos B.1 (y B.3) y B.2, respectivamente. Esto representa una caída de aproximadamente 12,81 % y 8,95 %, respectivamente.

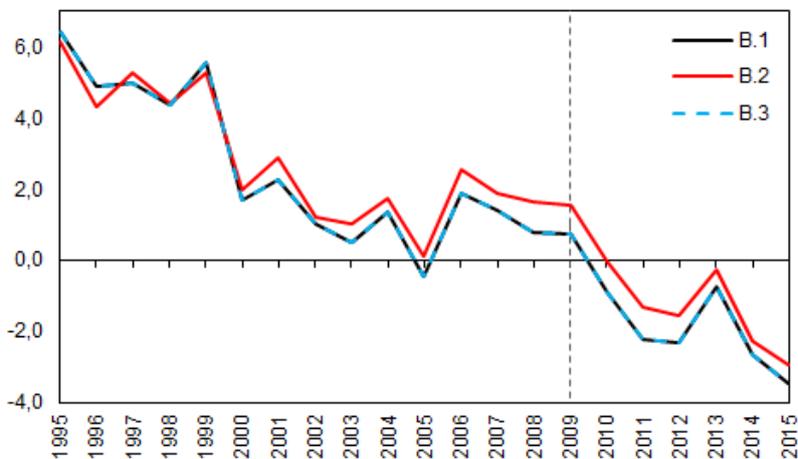


Figura 21: Brecha en la tasa de suicidio entre Finlandia y Finlandia sintética - Modelos B

El Cuadro 15 muestra las medidas de error obtenidas para los Modelos B. Puede notar que, en comparación a los Modelos A (Cuadro 12), el ajuste pre-intervención obtenido al usar un grupo de control distinto fue mucho peor. A su vez, los Modelos B muestran un ajuste post-intervención mejor que el pre-intervención. Esto se verá reflejado en los ratios de los errores cuadráticos medios que se analizarán en la Sección 5.

Modelo	MSPE			MAPE		
	Pre	Total	Post	Pre	Total	Post
B.1	11,2653	8,9987	4,4657	0,1073	0,1098	0,1148
B.2	11,5835	8,6908	2,9054	0,1174	0,1074	0,0875
B.3	11,2653	8,9987	4,4657	0,1073	0,1098	0,1148

Cuadro 15: Medidas de error pre y post-intervención - Modelos B

4.3. Modelos C: Todos los controles disponibles

La Figura 22 muestra las tasas de suicidio de Finlandia contra el promedio simple de las tasas de suicidio en los países de control. Puede notarse que el promedio simple del grupo de control no provee un grupo de comparación adecuado para estudiar los efectos del plan MIELI en la tasa de suicidio finlandesa. Los niveles y tendencias de las series difieren notablemente para todo el período. En particular, los niveles son significativamente diferentes durante el período pre-intervención, que corresponde a la muestra que se usa en la estimación del control sintético. En el primer año de la implementación del plan MIELI, la tasa de suicidio en Finlandia eran un 31,52 % más alta que en el promedio simple de los países europeos que conforman el grupo de control. Luego de la implementación del plan MIELI, la tasa de suicidio de Finlandia bajó más rápido y terminó asemejándose al promedio simple del grupo de control recién en el último año del plan (2015). Sin embargo, en ese año, la tasa de suicidio en Finlandia siguió siendo un 8,65 % más alta que el promedio simple del grupo de control. Para evaluar el efecto del plan MIELI en la tasa de suicidio finlandesa, la incógnita principal es cómo la tasa hubiera evolucionado en Finlandia después del 2009 si no se hubiese aplicado el plan de prevención de suicidios. El método de control sintético proporciona una forma sistemática de estimar dicho contrafáctico.

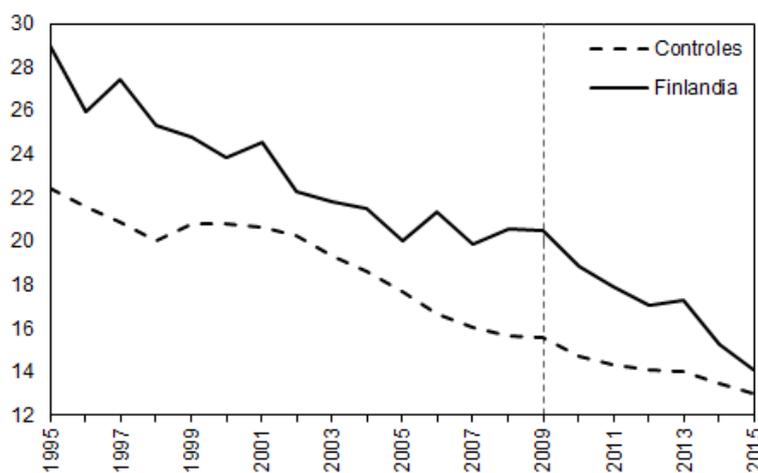


Figura 22: Tasa de suicidio en Finlandia y promedio simple de los países de control

Las estimaciones de las variables explicativas obtenidas para Finlandia sintética con los Modelos C.1, C.2 y C.3 se presentan en el Cuadro 16, que compara la características pre-intervención de Finlandia real, Finlandia sintética y los países en el grupo de control. Puede notarse, una vez más, que el promedio de los países de control no representa una comparación válida pre-intervención. En contraste, los valores obtenidos para Finlandia sintética reproducen de forma más precisa los valores de las variables de control en Finlandia. Sin embargo, existen algunas excepciones, como el PBI per cápita, la esperanza de vida, el porcentaje de cristianos y de no creyentes y la mortalidad de menores de 5 años obtenidos con el Modelo

C.1 (5 de 10 variables explicativas), la mortalidad materna del Modelo C.2 (1 de 7 variables explicativas) y el porcentaje de no creyentes del Modelo C.3 (1 de 4 variables explicativas). Todas las demás variables explicativas estimadas para Finlandia sintética a través del MCS son más cercanas a Finlandia real que las correspondientes al promedio del grupo de control.

Variables	Finlandia				Promedio de controles
	Real	Sintética C.1	Sintética C.2	Sintética C.3	
Desempleo	11,032	9,525	8,914	10,930	7,563
PBI (miles de millones)	170,328	178,991	192,855	-	458,414
PBI per cápita (miles)	34,614	25,494	26,953	-	26,912
Esperanza de vida	77,990	75,353	-	-	76,128
Cristianos (%)	0,860	0,732	-	-	0,775
No creyentes (%)	0,131	0,233	-	0,251	0,177
Población rural	17,702	17,755	17,901	-	26,947
Consumo de alcohol	9,643	10,231	-	9,646	10,600
Inflación	1,765	4,213	-	-	6,833
Mortalidad sub 5	4,171	8,384	-	-	7,538
Mortalidad materna	4,357	-	14,515	-	13,873
Mortalidad neonatal	2,750	-	3,910	-	4,036
Trabajo vulnerable	9,712	-	9,813	9,757	12,452

Cuadro 16: Características de Finlandia y Finlandia sintética - Modelos C.1, C.2 y C.3

El Cuadro 17 muestra las ponderaciones de cada país del grupo de control seleccionadas por el MCS. Éstas muestran que, en todos los Modelos C, la tasa de suicidio pre-intervención se reproduce óptimamente con países diferentes dependiendo de la especificación seleccionada. Estos valores corresponden a las ponderaciones en \mathbf{W}^* mencionadas en la Sección 2.1.

País de control	Ponderaciones (W^*)			
	Modelo C.1	Modelo C.2	Modelo C.3	Modelo C.4
Austria	0,000	0,000	0,001	0,000
Bélgica	0,422	0,299	0,001	0,476
Croacia	0,061	0,000	0,001	0,000
República Checa	0,000	0,000	0,001	0,000
Dinamarca	0,000	0,000	0,002	0,000
Estonia	0,000	0,103	0,000	0,180
Alemania	0,000	0,000	0,006	0,000
Grecia	0,000	0,000	0,001	0,000
Hungría	0,000	0,000	0,001	0,150
Islandia	0,000	0,000	0,001	0,000
Italia	0,000	0,000	0,001	0,000
Letonia	0,350	0,204	0,324	0,049
Lituania	0,000	0,070	0,002	0,000
Luxemburgo	0,071	0,057	0,001	0,022
Países Bajos	0,000	0,000	0,001	0,000
Noruega	0,000	0,000	0,000	0,000
Rumania	0,000	0,000	0,000	0,000
Rusia	0,000	0,000	0,213	0,000
Eslovenia	0,000	0,000	0,001	0,000
España	0,001	0,000	0,228	0,000
Suecia	0,095	0,267	0,214	0,122
Suiza	0,000	0,000	0,001	0,000
Reino Unido	0,000	0,000	0,001	0,000

Cuadro 17: Ponderaciones de los países de control - Modelos C

Las Figuras 23, 24, 25 y 26 muestran la evolución de las tasas de suicidios en Finlandia y sus versiones sintética estimada con los Modelos C en el período 1995-2015. Puede verse que, en todos los casos, en el período pre-intervención las tasas de suicidio en ambas versiones de Finlandia se acompañan, pero luego del 2009 se separan, excepto en el Modelo C.3. En particular, la tasa de suicidio en Finlandia sintética para el año 2015 es 26,51 %, 24,02 %, 10,53 % y 20,80 % más alta que la que se observa para Finlandia real para los Modelos C.1, C.2, C.3 y C.4, respectivamente. Además, al momento de iniciar el plan MIELI, la tasa de suicidio en Finlandia sintética es un 0,19 %, 0,97 %, 6,00 % y 0,75 % más baja que la que se observa para Finlandia real para los Modelos C.1, C.2, C.3 y C.4, respectivamente.

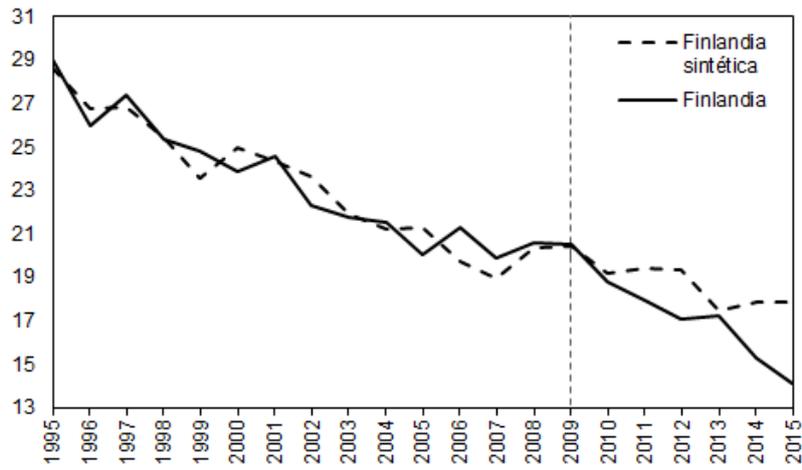


Figura 23: Tasa de suicidio en Finlandia y Finlandia sintética - Modelo C.1

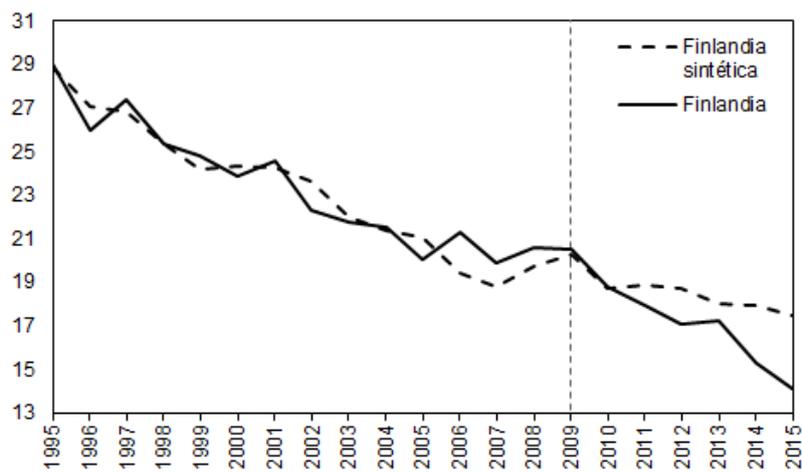


Figura 24: Tasa de suicidio en Finlandia y Finlandia sintética - Modelo C.2

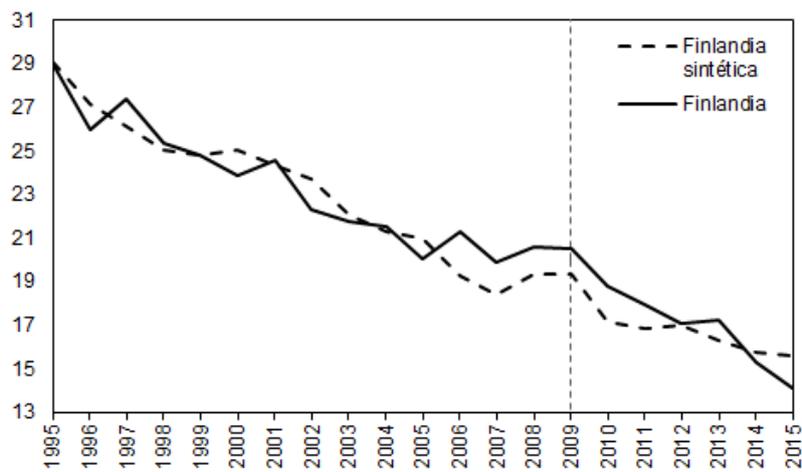


Figura 25: Tasa de suicidio en Finlandia y Finlandia sintética - Modelo C.3

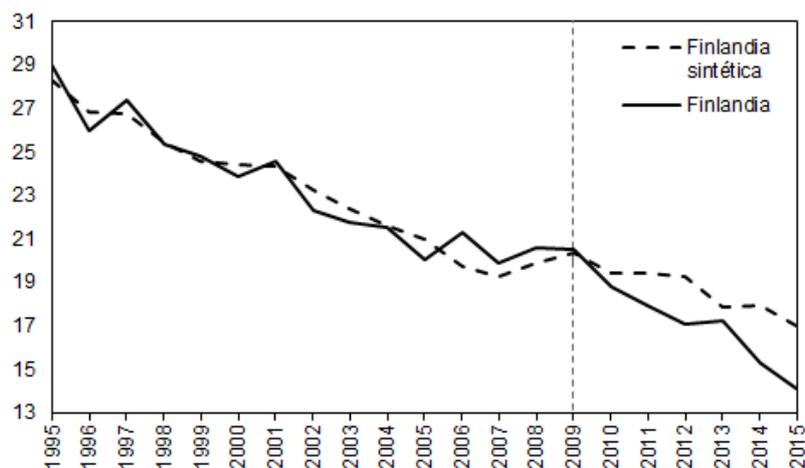


Figura 26: Tasa de suicidio en Finlandia y Finlandia sintética - Modelo C.4

La estimación del efecto del plan MIELI corresponde a la diferencia entre la tasa de suicidio en Finlandia y Finlandia sintética. La Figura 27 muestra las brechas entre Finlandia y su versión sintética estimada, es decir, las estimaciones anuales del impacto del plan MIELI para todos los Modelos C. Puede verse que el efecto aumenta con el paso de los años post-intervención, excepto en el Modelo C.3. Los resultados sugieren que, para todo el período post-intervención (2010-2015), la tasa de suicidio se redujo 1,77, 1,55 y 1,75 puntos en promedio para los Modelos C.1, C.2 y C.4, respectivamente. Esto representa una caída de aproximadamente 9,62 %, 8,61 % y 9,62 %, respectivamente. Por otro lado, los resultados del Modelo C.3 sugieren que, para el mismo período, la tasa de suicidio aumentó 0,30 puntos en promedio. Esto representa un aumento de aproximadamente 1,64 % durante todo el período 2009-2015.

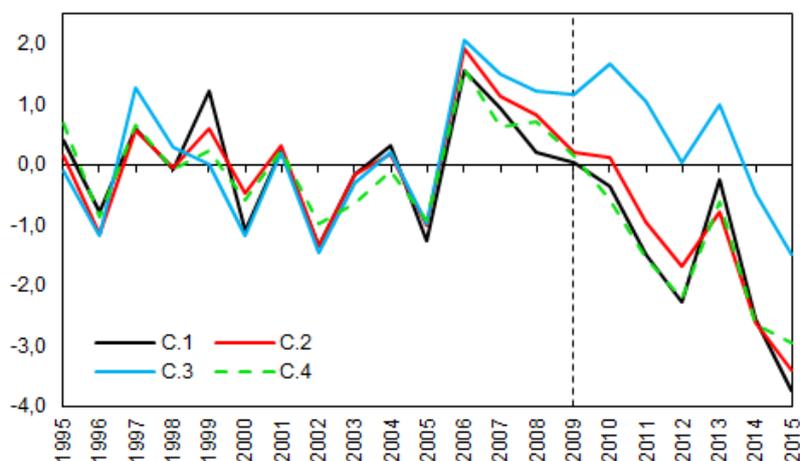


Figura 27: Brecha en la tasa de suicidio entre Finlandia y Finlandia sintética - Modelos C

El Cuadro 18 muestra las medidas de error obtenidas para los Modelos C. Puede notarse que el mejor ajuste de este grupo de modelos es el obtenido con el Modelo C.4, que usa la tasa de suicidio rezagada como variable explicativa. Por otro lado, el peor ajuste es el correspondiente al Modelo C.3, que a su vez es el que pronostica un aumento en la tasa de suicidio finlandesa durante el período de implementación del plan MIELI.

Por otro lado, en comparación a los Modelos A (Cuadro 12), el ajuste obtenido a través de la optimización de las combinaciones de las 16 variables explicativas (Modelos C.1, C.2, C.3) es peor. Sin embargo,

el ajuste obtenido con el Modelo C.4 es mejor que el Modelo A.3. Esto se debe enteramente a la elección del grupo de control, dado que ambos modelos usan la tasa de suicidio rezagada como variable explicativa.

Modelo	MSPE			MAPE		
	Pre	Total	Post	Pre	Total	Post
C.1	0,7607	1,8386	3,9943	0,0319	0,0537	0,0972
C.2	0,7773	1,5976	3,2382	0,0315	0,0507	0,0889
C.3	1,1224	1,1639	1,2468	0,0381	0,0445	0,0573
C.4	0,5511	1,4907	3,3699	0,02879	0,0505	0,0957

Cuadro 18: Medidas de error pre y post-intervención - Modelos C

5. Inferencia

Las técnicas inferenciales que se tienen en cuenta en esta sección corresponden a las desarrolladas en Abadie et al. (2010) y Abadie et al. (2015). Los detalles de ambas técnicas se encuentran en la Sección 2. Brevemente, Abadie et al. (2010) sugiere ejecutar permutaciones de los países dentro del grupo de control, asignándole el tratamiento a cada uno de ellos y comparando con los resultados obtenidos para el país que fue intervenido en la realidad. Por otro lado, Abadie et al. (2015) propone un procedimiento de inferencia que también consiste de una evaluación de permutaciones. Se permuta el país tratado y se estima, para cada $j = \{2, \dots, J + 1\}$ y $t = \{1, \dots, T\}$. Luego, se computa el estadístico RMSPE y se calculan sus correspondientes p-valores.

Cabe notar que la selección no aleatoria de los grupos de control A y B podría afectar a los resultados de las técnicas inferenciales sugeridas en Abadie et al. (2010) y Abadie et al. (2015). Esto se debe a que los países que conforman los grupos de control utilizados en los Modelos A y B se seleccionaron en base a sus semejanzas con Finlandia. La varianza asociada a esta selección no aleatoria de los grupos de control no está contemplada en la inferencia.

5.1. Pruebas placebo

En esta Sección se muestra un análisis visual de los efectos tratamiento estimados placebo para todos los modelos. Abadie et al. (2010) elimina placebos con MSPE pre-intervención 5 veces más altos que la unidad de control. En este trabajo se reproduce el mismo análisis y luego se eliminan aquellos con un MSPE pre-intervención 5 veces más alto que el de Finlandia.

Las figuras en las siguientes subsecciones muestran las brechas entre Finlandia y Finlandia sintética y las brechas entre cada país de cada grupo de control y sus versiones sintéticas. Las líneas grises representan las brechas de los países de control, mientras que la línea negra muestra la brecha de Finlandia.

5.1.1. Modelos A: Selección cualitativa del grupo de control

La Figura 28 muestra las brechas placebo y la brecha obtenida para Finlandia para el Modelo A.1. Si bien Finlandia tiene brechas negativas luego del 2009, muchos otros países del grupo de control también muestran esos resultados. Por otro lado, muchos de los países de control parecen tener un ajuste pre-intervención bastante malo, dado que sus brechas alejan mucho del cero entre 1995 y 2008.

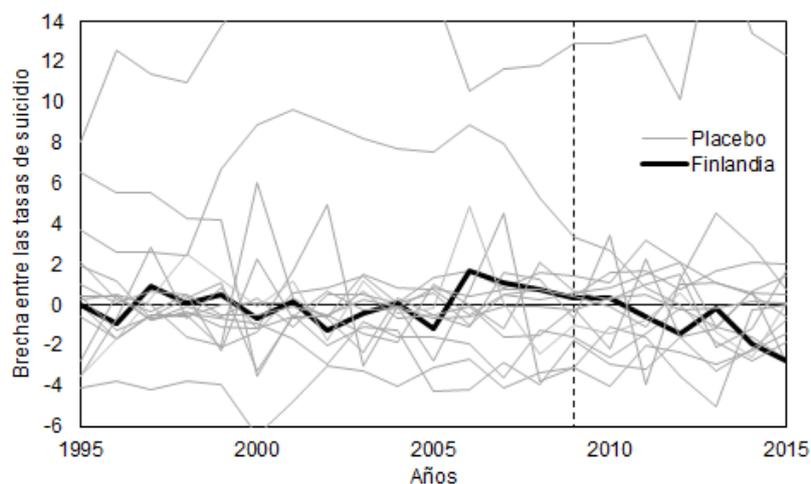


Figura 28: Brecha en la tasa de suicidio entre Finlandia y Finlandia sintética - Modelo A.1

La Figura 29 muestra las mismas brechas de la Figura 28 una vez que se eliminan 7 países que muestran unos MSPE pre-intervención 5 veces más altos que el de Finlandia. Puede verse que, cuando se compara Finlandia con los países con un ajuste pre-intervención relativamente bueno, si bien Finlandia tiene brechas negativas post-2009, muchos otros países de control también. En particular, Noruega, Dinamarca y Letonia muestran picos que alcanzan niveles más negativos que los de Finlandia. En términos del efecto tratamiento estimado promedio para la totalidad del período 2009-2015, Noruega, Finlandia y Dinamarca son los únicos países con una caída en la tasa de suicidio en comparación a sus versiones sintéticas. En este caso, Dinamarca (-1,60) y Noruega (-1,28) muestran una brecha promedio más grande que Finlandia (-1,09).

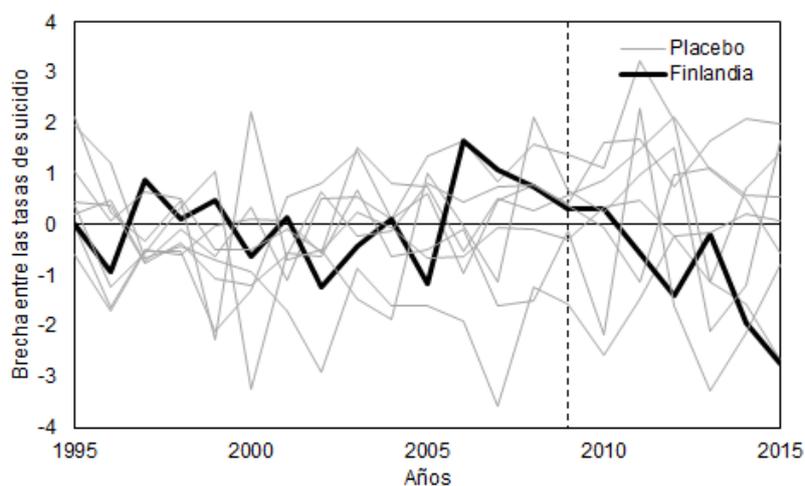


Figura 29: Brecha en la tasa de suicidio entre Finlandia y Finlandia sintética - Modelo A.1

La Figura 30 muestra las brechas placebo y la brecha obtenida para Finlandia para el Modelo A.2. En este caso, el efecto tratamiento estimado para Finlandia parece ser chico en comparación a otros países de control. Por otro lado, muchos de los países de control parecen tener un ajuste pre-intervención bastante pobre.

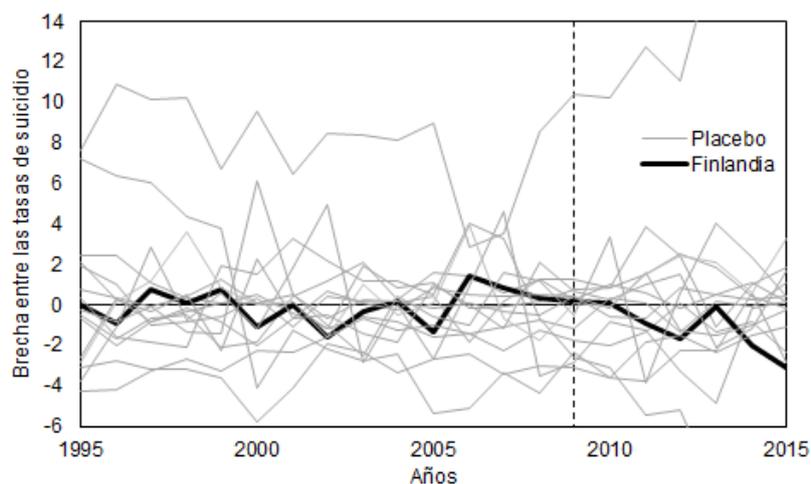


Figura 30: Brecha en la tasa de suicidio entre Finlandia y Finlandia sintética - Modelo A.2

La Figura 31 muestra las mismas brechas de la Figura 30 una vez que se eliminan 7 países que muestran unos MSPE pre-intervención 5 veces más altos que el de Finlandia. Puede verse que, además de Finlandia, otros países con buen ajuste pre-intervención también muestran brechas negativas post-intervención. Sin embargo, en términos del efecto tratamiento estimado para la totalidad del período 2009-2015, Noruega, Finlandia y Dinamarca son los únicos países con una caída en la tasa de suicidio en comparación a sus versiones sintéticas. En este caso, Dinamarca (-1,30) y Finlandia (-1,29) muestran unas brechas promedio casi idénticas y bastante más grandes que Noruega (-0,43).

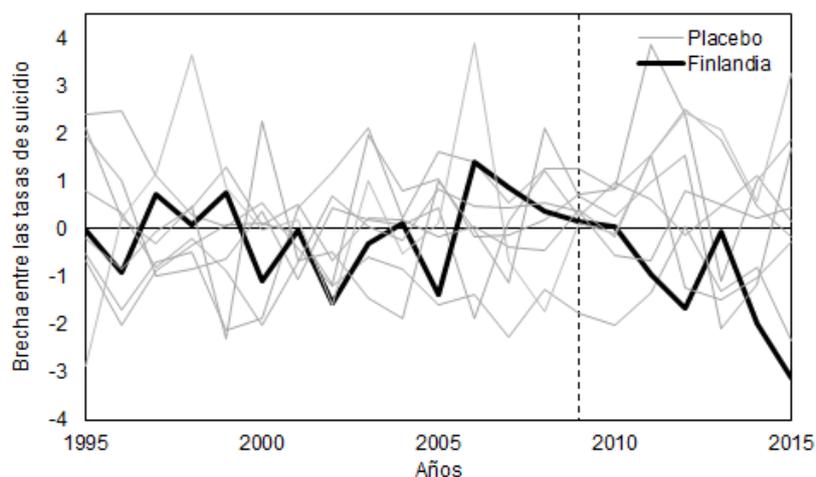


Figura 31: Brecha en la tasa de suicidio entre Finlandia y Finlandia sintética - Modelo A.2

La Figura 32 muestra las brechas placebo y la brecha obtenida para Finlandia para el Modelo A.3. En este caso, el efecto tratamiento estimado para Finlandia parece ser bastante chico en comparación al resto de los países dentro del grupo de control.

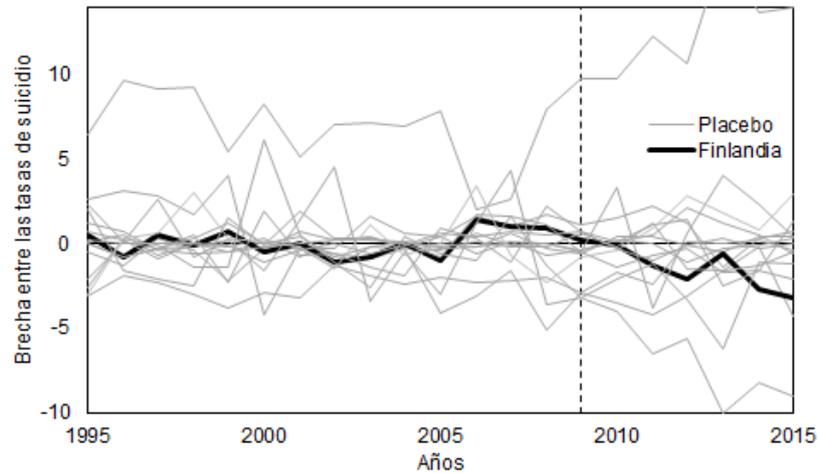


Figura 32: Brecha en la tasa de suicidio entre Finlandia y Finlandia sintética - Modelo A.3

La Figura 33 muestra las mismas brechas de la Figura 32 una vez que se eliminan 5 países que muestran unos MSPE pre-intervención 5 veces más altos que el de Finlandia. Llama la atención el efecto tratamiento estimado para Rusia, que parece ser más del doble del efecto estimado para Finlandia. En términos del efecto tratamiento estimado para la totalidad del período 2009-2015, Dinamarca, Finlandia, Alemania, Noruega, Rusia y Suecia muestran una caída en la tasa de suicidio en comparación a sus versiones sintéticas. La brecha negativa más alta corresponde a Rusia (-7,25), quedando Finlandia en segundo lugar (-1,64).

En la Sección 5.2 se amplía este análisis al evaluar los p-valores asociados al RMSPE que, como se explicó en la Sección 2.3, es una medida que tiene en cuenta el error post-intervención relativo al error pre-intervención de cada país.

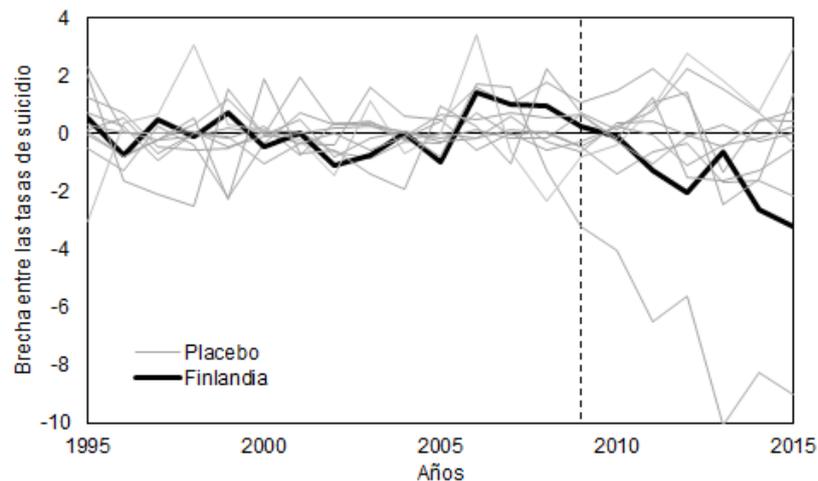


Figura 33: Brecha en la tasa de suicidio entre Finlandia y Finlandia sintética - Modelo A.3

5.1.2. Modelos B: Selección cuantitativa del grupo de control

La Figura 34 muestra las brechas placebo junto con la brecha obtenida para Finlandia. En este caso, ninguno de los países de control tiene un MSPE pre-intervención tan alto como Finlandia. Por lo tanto, la Figura 32 también corresponde a las brechas una vez que se eliminan los países con un MSPE pre-intervención 5 veces más alto que el de Finlandia. En términos del efecto tratamiento estimado para la totalidad del período 2009-2015, Dinamarca, Finlandia, Luxemburgo, Noruega y Reino Unido muestran

una caída en la tasa de suicidio en comparación a sus versiones sintéticas. Las brechas negativas más altas corresponden a Reino Unido (-3,44) y Luxemburgo (-2,52), quedando Finlandia en tercer lugar (-2,05).

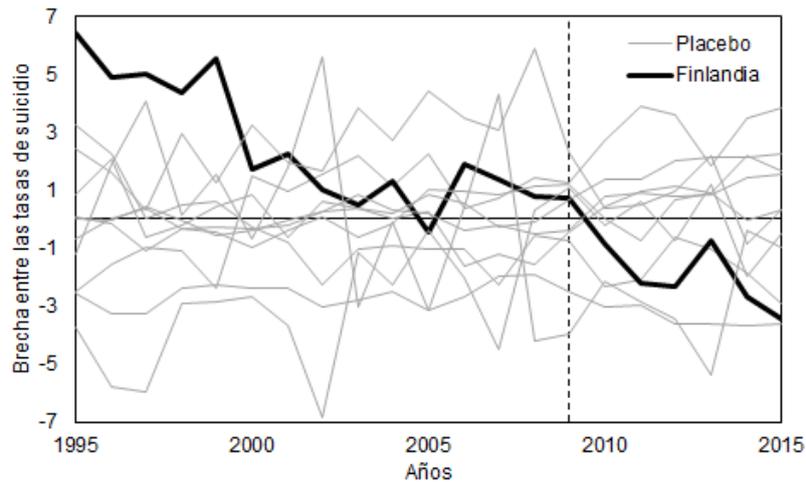


Figura 34: Brecha en la tasa de suicidio entre Finlandia y Finlandia sintética - Modelo B.1

La Figura 35 muestra las brechas placebo junto con la brecha obtenida para Finlandia. En este caso, ninguno de los países de control tiene un MSPE pre-intervención cinco veces más grande que el de Finlandia. En términos del efecto tratamiento estimado para la totalidad del período 2009-2015, Dinamarca, Finlandia, Luxemburgo, Noruega, Suiza y Reino Unido muestran una caída en la tasa de suicidio en comparación a sus versiones sintéticas. Las brechas negativas más altas corresponden a Reino Unido (-3,90) y Suiza (-2,89), quedando Finlandia en tercer lugar (-1,39).

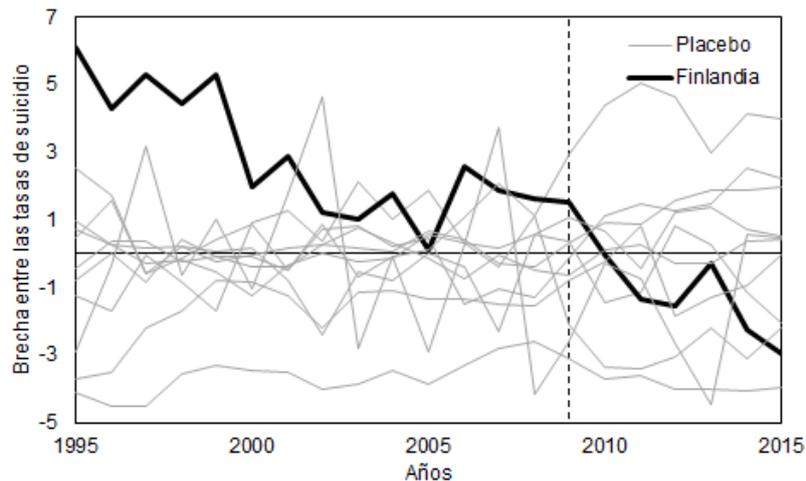


Figura 35: Brecha en la tasa de suicidio entre Finlandia y Finlandia sintética - Modelo B.2

La Figura 36 muestra las brechas placebo junto con la brecha obtenida para Finlandia. En este caso, ninguno de los países de control tiene un MSPE pre-intervención cinco veces más grande que el de Finlandia. En términos del efecto tratamiento estimado para la totalidad del período 2009-2015, Dinamarca, Finlandia, Luxemburgo, Suiza y Reino Unido muestran una caída en la tasa de suicidio en comparación a sus versiones sintéticas. Las brechas negativas más altas corresponden a Reino Unido (-3,44) y Suiza (-3,12), quedando Finlandia en tercer lugar (-2,05).

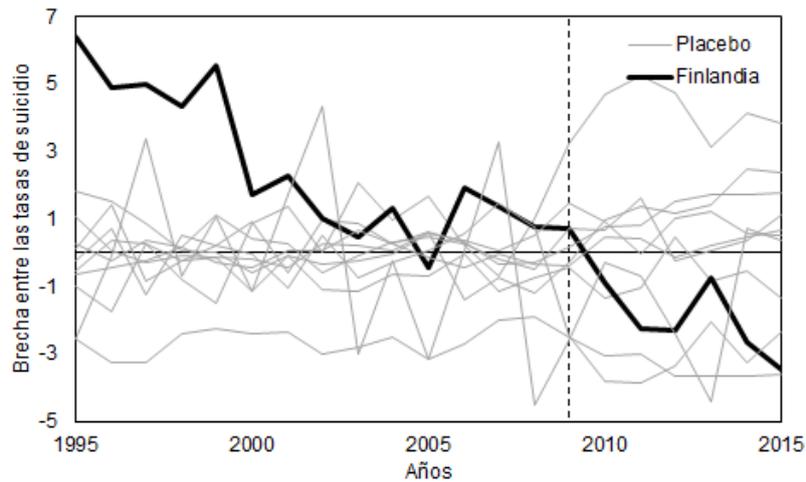


Figura 36: Brecha en la tasa de suicidio entre Finlandia y Finlandia sintética - Modelo B.3

5.1.3. Modelos C: Todos los controles disponibles

La Figura 37 muestra las brechas placebo y la brecha obtenida para Finlandia para el Modelo C.1. Puede notarse que el efecto tratamiento estimado para Finlandia no es el más bajo.

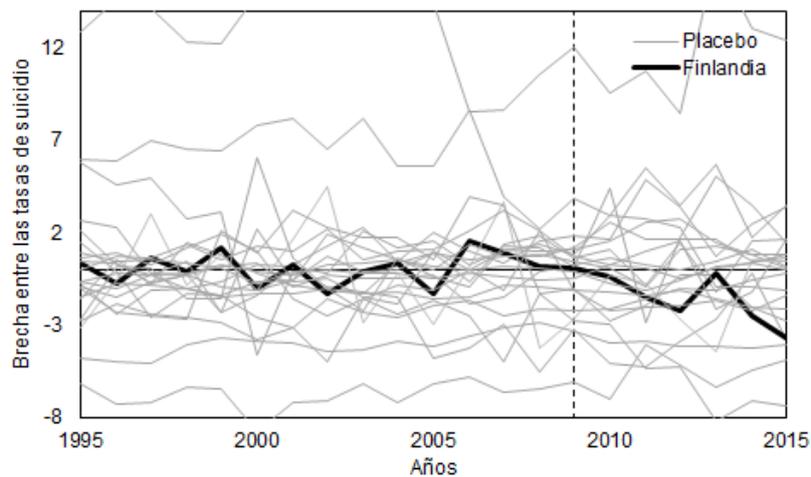


Figura 37: Brecha en la tasa de suicidio entre Finlandia y Finlandia sintética - Modelo C.1

La Figura 38 muestra las mismas brechas de la Figura 37 una vez que se eliminan 10 países que muestran unos MSPE pre-intervención 5 veces más altos que el de Finlandia. Puede notarse que las brechas de Finlandia son, en muchos años post-tratamiento, las más negativas. En términos del efecto tratamiento estimado para la totalidad del período 2009-2015, Finlandia, Italia, Noruega, España y Suiza muestran una caída en la tasa de suicidio en comparación a sus versiones sintéticas. La brecha negativa más alta corresponde a Suiza (-1,94), quedando Finlandia en segundo lugar (-1,77).

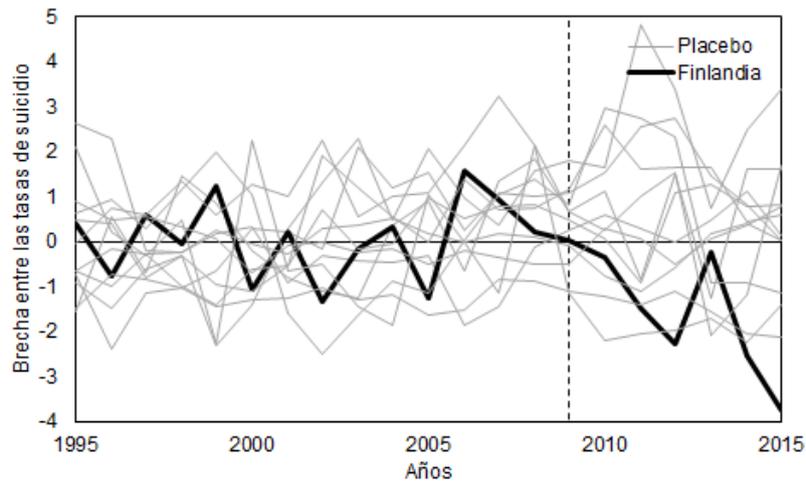


Figura 38: Brecha en la tasa de suicidio entre Finlandia y Finlandia sintética - Modelo C.1

La Figura 39 muestra las brechas placebo y la brecha obtenida para Finlandia para el Modelo C.2. Llama la atención el mal ajuste pre y post-intervención de Lituania.

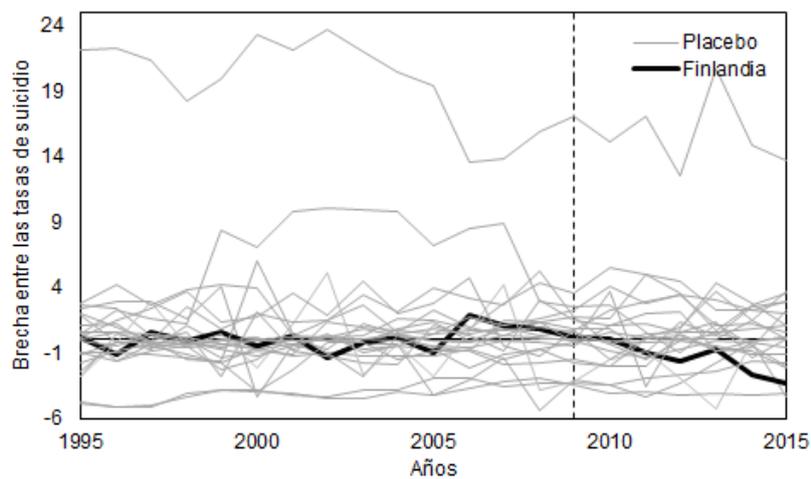


Figura 39: Brecha en la tasa de suicidio entre Finlandia y Finlandia sintética - Modelo C.2

La Figura 40 muestra las mismas brechas de la Figura 39 una vez que se eliminan 10 países que muestran unos MSPE pre-intervención 5 veces más altos que el de Finlandia. Una vez que se eliminan dichos países, el efecto tratamiento estimado para Finlandia parece ser el más negativo luego del 2012. En términos del efecto tratamiento estimado para la totalidad del período 2009-2015, Finlandia (-1,55) muestra la caída en la tasa de suicidio en comparación a su versión sintética más alta.

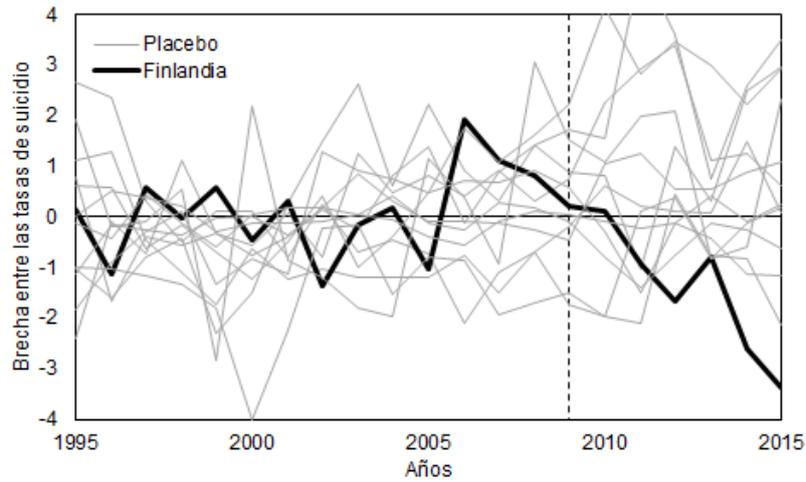


Figura 40: Brecha en la tasa de suicidio entre Finlandia y Finlandia sintética - Modelo C.2

La Figura 41 muestra las brechas placebo y la brecha obtenida para Finlandia para el Modelo C.3. En comparación a los demás Modelos C, éste parece ser el que peor ajuste muestra para los países de control.

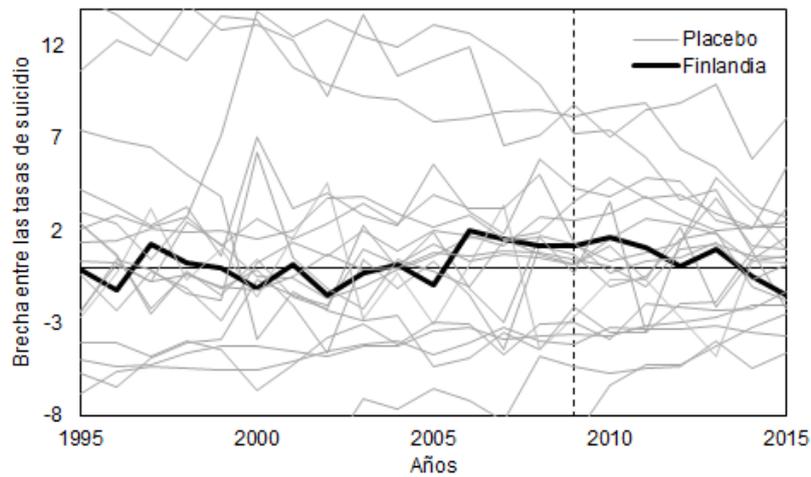


Figura 41: Brecha en la tasa de suicidio entre Finlandia y Finlandia sintética - Modelo C.3

La Figura 42 muestra las mismas brechas de la Figura 41 una vez que se eliminan 16 países que muestran unos MSPE pre-intervención 5 veces más altos que el de Finlandia. En este caso, luego de hacer esta exclusión, quedan sólo 7 de los 23 países de control. En términos del efecto tratamiento estimado para la totalidad del período 2009-2015, Dinamarca (-0,14) y Noruega (-1,36) son los únicos países que muestran una caída en la tasa de suicidio en comparación a sus versiones sintéticas.

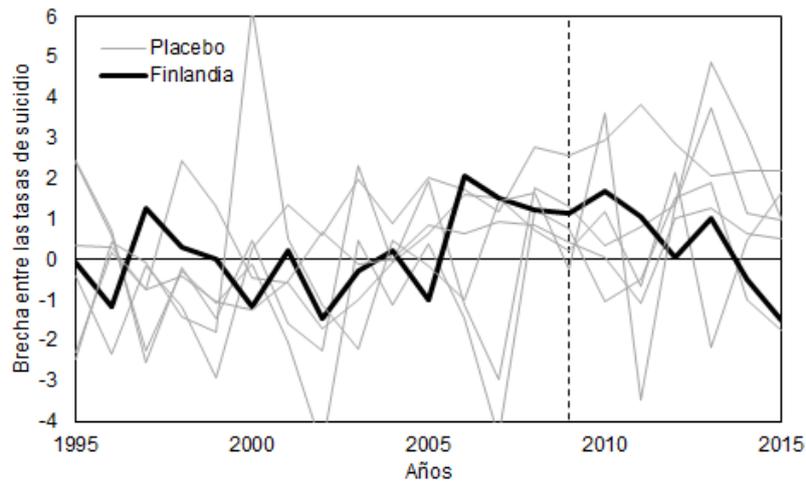


Figura 42: Brecha en la tasa de suicidio entre Finlandia y Finlandia sintética - Modelo C.3

La Figura 43 muestra las brechas placebo y la brecha obtenida para Finlandia para el Modelo C.4. En particular, Lituania muestra un ajuste pre-intervención muy malo y un efecto tratamiento placebo muy grande y positivo. También llama la atención la brecha negativa post-2009 de Rusia.

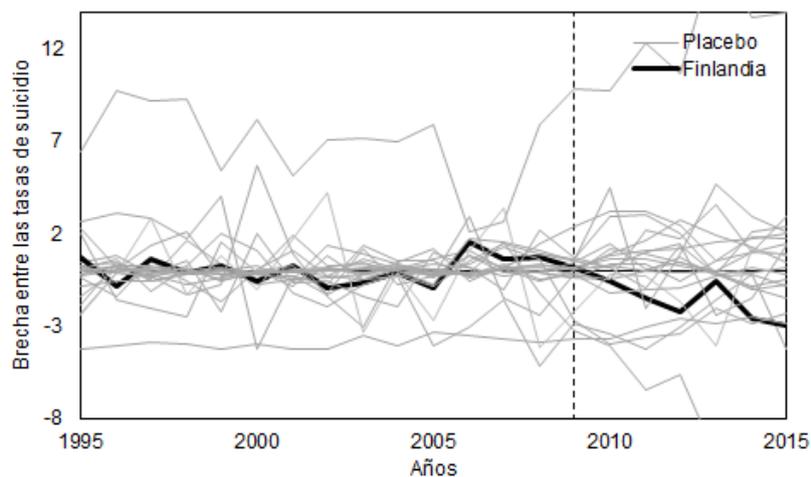


Figura 43: Brecha en la tasa de suicidio entre Finlandia y Finlandia sintética - Modelo C.4

La Figura 44 muestra las mismas brechas de la Figura 43 una vez que se eliminan 5 países que muestran unos MSPE pre-intervención 5 veces más altos que el de Finlandia. En términos del efecto tratamiento estimado para la totalidad del período 2009-2015, Dinamarca, Finlandia, Rusia, España y Suiza muestran una caída en la tasa de suicidio en comparación a sus versiones sintéticas. Las brechas negativas más altas corresponden a Rusia (-7,25) y Suiza (-3,04), quedando Finlandia en tercer lugar (-1,75).

En la Sección 5.2 se amplía este análisis al evaluar los p-valores asociados al RMSPE que, como se explicó en la Sección 2.3, es una medida que tiene en cuenta el error post-intervención relativo al error pre-intervención de cada país.

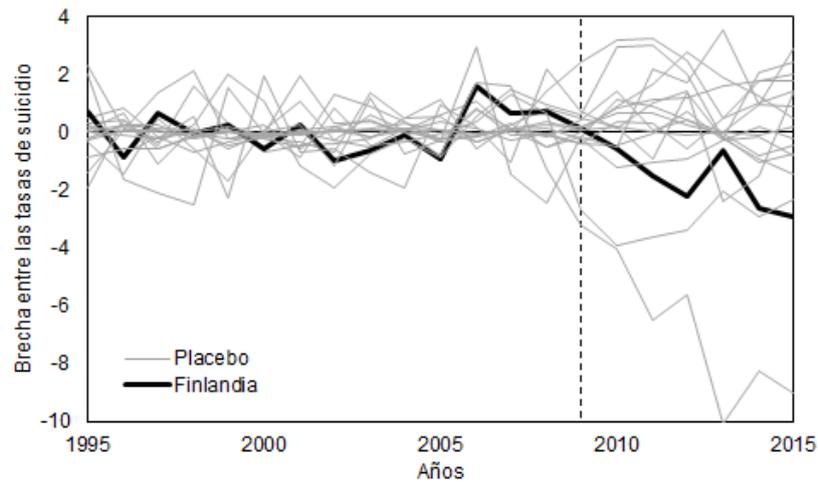


Figura 44: Brecha en la tasa de suicidio entre Finlandia y Finlandia sintética - Modelo C.4

5.2. Comparación de Modelos

Para evaluar la significatividad de las estimaciones, se analiza si los resultados podrían haberse producido enteramente por casualidad. En particular, la pregunta a responder es: ¿Cuán seguido se hubieran obtenido resultados de esta magnitud si se hubieran elegido los países al azar en lugar de analizar Finlandia? Como se explicó en secciones anteriores, se implementó un estudio placebo a través de la aplicación del MCS a todos los países en el grupo de control en el mismo período que la estimación para Finlandia. Si se observan efectos de magnitudes similares a los de Finlandia en el resto de los países de control, la interpretación entonces sería que este trabajo no genera evidencia significativa acerca del efecto del plan MIELI en la tasa de suicidio en Finlandia. Por otro lado, si la evaluación placebo muestra que la brecha entre los datos observados y los países de control sintéticos es relativamente pequeña comparada a la que se obtiene para Finlandia, entonces se interpreta que los resultados del trabajo generan suficiente evidencia estadística de un efecto significativo sobre la tasa de suicidio del plan de prevención en Finlandia.

Consecuentemente, se aplicó el mismo método de control sintético para el mismo período y con las mismas variables explicativas a todos los países en el grupo de control. En cada iteración del MCS, se reasigna el plan de prevención de suicidios a uno de los países de control, quedando Finlandia en los nuevos grupos de control. Es decir, se implementa el MCS como si cada uno de los países usados originalmente como control hubiera implementado el plan MIELI en 2009. Luego, se computan las estimaciones asociadas a cada una de las iteraciones placebo. Como indica Abadie et al. (2010), este proceso iterativo provee una distribución de brechas estimadas para los países donde no se implementó el plan MIELI.

El Cuadro 19 compara los p-valores (p) y los \tilde{R}^2 obtenidos para cada uno de los modelos estimados.

Modelo	p-valor	\tilde{R}^2
A.1	0,0625	0,9404
A.2	0,1250	0,9366
A.3	0,0625	0,9476
B.1	0,7273	0,0404
B.2	0,9091	0,0021
B.3	0,7273	0,0404
C.1	0,0833	0,9354
C.2	0,2083	0,9338
C.3	0,2917	0,8965
C.4	0,3333	0,9531

Cuadro 19: Significatividad del efecto tratamiento estimado y bondad de ajuste

En términos de la selección de países dentro del grupo de control, puede notarse que el ajuste de todos los modelos que se estimaron con un grupo de control seleccionado a través de un análisis de componentes principales (Modelos B) es muy pobre en comparación a los modelos que tuvieron en cuenta a todos los países disponibles (Modelos C) y a los modelos con un grupo de control seleccionado de forma cualitativa (Modelos A). Si bien en todos los Modelos B el efecto tratamiento estimado fue negativo, indicando que el plan MIELI llevó a una baja en la tasa de suicidio en Finlandia relativo a su versión sintética, los ajustes pre-intervención son tan bajos que, siguiendo la recomendación de Abadie et al. (2010), no se pueden tener en cuenta sus resultados. Por otro lado, el proceso inferencial sugerido por Abadie et al. (2015) para todos estos modelos arrojó p-valores que no permiten rechazar la hipótesis nula de ausencia de un efecto tratamiento del plan MIELI.

Además, los ajustes pre-intervención obtenidos para los Modelos A que usaron variables explicativas exógenas (A.1 y A.2) fueron mejores que los de los Modelos C que usaron el mismo algoritmo de selección de variables explicativas. Sin embargo, el Modelo del grupo C que usó la tasa de suicidio rezagada (C.4) mostró un ajuste mejor que el del grupo A (A.3).

En cada grupo de control, los modelos que utilizaron la tasa de suicidio rezagada como variable explicativa (A.3, B.3 y C.4) mostraron mejor ajuste que los modelos que usaron variables explicativas exógenas. El mejor de los 10 modelos presentados en términos del \tilde{R}^2 es el Modelo C.4, que usa todos los países disponibles en los datos como grupo de control y la tasa de suicidio rezagada como variable explicativa. Esto significó una ventaja en términos de ajuste pre-intervención, pero representó una pérdida de interpretabilidad en el sentido de que no se puede relacionar al suicidio con otras variables. Además, es importante tener en cuenta que el \tilde{R}^2 de un modelo de series de tiempo es por definición muy alto si la autocorrelación de la serie es alta¹⁸. Si el modelo muestra un ajuste pre-intervención muy bueno, es posible que la tasa de suicidio de las versiones sintéticas se parezca mucho a la tasa de suicidio real del país tratado post-intervención. En estos casos, se vería un efecto tratamiento estimado significativo si el efecto tratamiento real es muy grande. En cambio, dentro de los modelos que usan variables explicativas exógenas, el Modelo A.1 es el que se destaca en términos de ajuste.

Respecto del efecto tratamiento del plan MIELI estimado por cada modelo, puede verse que el p-valor es muy sensible a la especificación y la especificación óptima es, a su vez, muy sensible a la selección de países dentro del grupo de control. En particular, si se descartan los Modelos B debido a que tienen

¹⁸ En particular, la autocorrelación de orden 1 de la tasa de suicidio de Finlandia es de 0,76.

valores de \tilde{R}^2 muy bajos para tomar en cuenta sus p-valores bajo los términos que describe Ferman et al. (2017)¹⁹, 3 de los 7 modelos restantes tienen p-valores que implican rechazar la hipótesis nula de ausencia de efecto tratamiento a un nivel de significatividad del 10 %.

Dentro del grupo de Modelos A, los Modelos A.1 y A.3 tienen p-valores menores a 0,1 y son, a su vez, los modelos con mejor ajuste dentro de ese grupo. En particular, como se mencionó anteriormente, el Modelo A.1 es el modelo con variables explicativas exógenas con mejor ajuste. Sus resultados indican que se rechaza la hipótesis nula de una ausencia de efecto tratamiento del plan MIELI a un nivel de significatividad del 10 %. Específicamente, estos resultados muestran que la probabilidad de obtener un valor estimado del RMSPE tan grande como el obtenido para Finlandia, si la intervención hubiera sido asignada aleatoriamente en los datos, es tan baja como 0,06. Es decir que, controlando por variables como el desempleo, las horas de luz solar, la religiosidad y demás, el modelo óptimo dentro de todas las opciones condicionales al grupo de control A concluye que el plan MIELI fue efectivo en la reducción del suicidio. Además, esta conclusión se repite en el Modelo A.3, que se estimó usando la tasa de suicidio rezagada como variable explicativa. Por otro lado, el Modelo C.1 es el único con un p-valor menor a 0,1 dentro del grupo de Modelos C. Sin embargo, éste es el modelo con variables explicativas exógenas que muestra el mejor ajuste pre-intervención dentro del grupo C.

Estas conclusiones destacan la necesidad de presentar resultados de diversos modelos estimados con diferentes grupos de control como también con diferentes combinaciones de variables explicativas cuando se utiliza el MCS. Además, en la próxima Sección se describirá la importancia de, dentro de cada posibilidad de grupo de control, optimizar el error pre-intervención teniendo en cuenta todas las posibles combinaciones de variables explicativas.

6. Cuestiones metodológicas vinculadas a la optimización de los errores pre-intervención

En esta Sección se analizarán los errores pre y post-intervención obtenidos a través de la implementación del algoritmo iterativo utilizado para seleccionar los Modelos A y C. Se dejan de lado los Modelos B debido a su pobre ajuste pre-intervención (Secciones 4.2 y 5.2).

6.1. Modelos A: Selección cualitativa del grupo de control

Como se vio en la Sección 3.3, la mayoría de los modelos top 3 seleccionados bajo todos los criterios contiene 7 de las 16 variables de control consideradas. Con respecto a esto, la Figura 45 muestra el mínimo de cada criterio obtenido en los modelos de 1 a 16 variables explicativas. Puede notarse que, tanto para el MSPE y el MAPE pre-intervención (criterios 1 y 2), el mejor ajuste pre-intervención posible mejora drásticamente al usar 3 (4 en el caso del MAPE) o más variables explicativas. El mejor ajuste posible sigue mejorando en la medida en que se agregan variables hasta alcanzar el mejor modelo posible con 7 variables explicativas. Luego, el mejor ajuste posible pre-intervención empeora muy lentamente hacia la totalidad de las variables explicativas consideradas en el análisis. Por otro lado, el MSPE y el MAPE total (criterios 3 y 4) muestran un empeoramiento del mejor ajuste posible a los datos observados mucho más marcado al superar el óptimo de 7 variables. Esto sugiere que, si se seleccionara de forma subjetiva un modelo ubicado más allá de las 7 variables explicativas, en el mejor de los casos, se vería un efecto tratamiento (diferencia entre Finlandia estimada y Finlandia real) más grande que en el modelo óptimo y

¹⁹Ferman et al. (2017) trabajan con los límites $\tilde{R}^2 > 0,95$ y $\tilde{R}^2 > 0,8$, que son considerados buenos ajustes pre-intervención.

un ajuste pre-intervención razonablemente bajo como para no ser descartado. Esto refuerza la necesidad de seleccionar cuidadosamente la especificación utilizada para la aplicación del MCS.

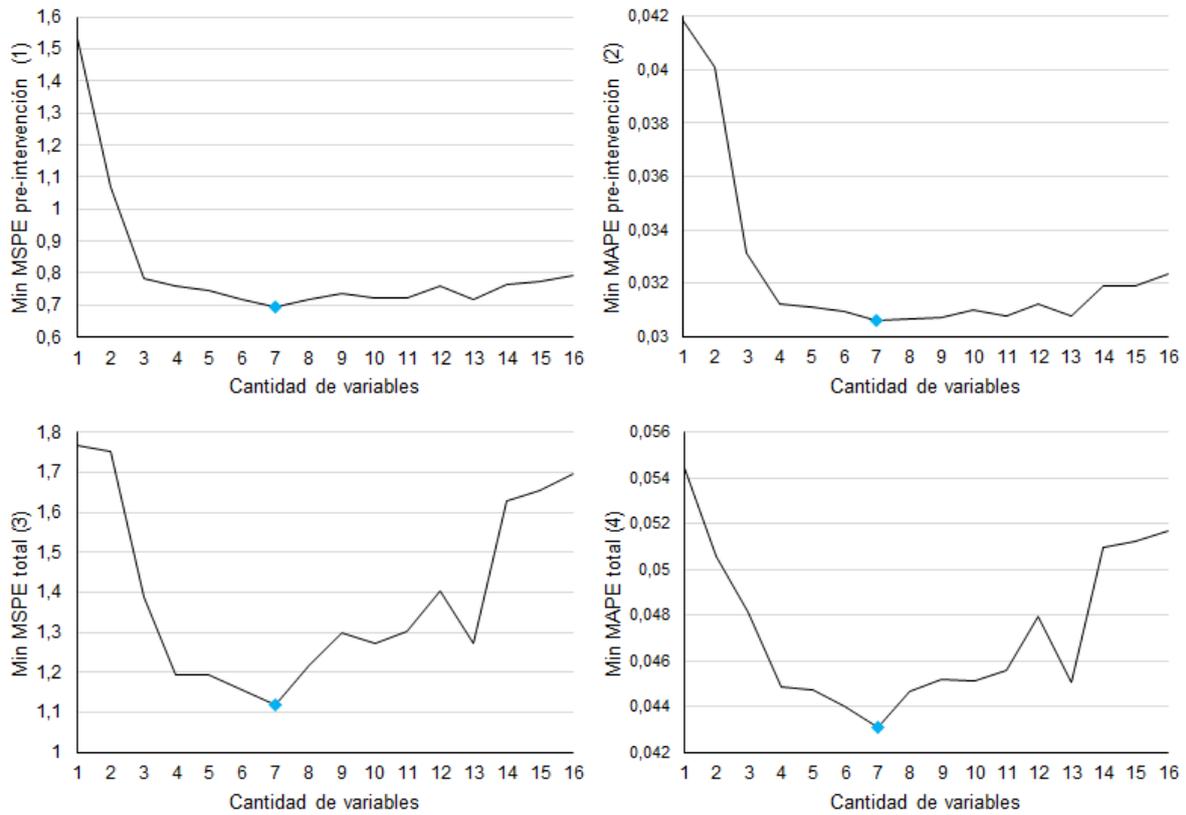


Figura 45: Mínimos de cada criterio para los modelos de 1 a 16 variables explicativas

La Figura 46 muestra el MSPE pre-intervención y el MSPE post-intervención para todas combinaciones posibles de las 16 variables explicativas tenidas en cuenta en el análisis que arrojaron un MSPE pre-intervención menor a 1. Los diferentes colores corresponden a diferentes cantidades de variables incluidas en cada una de las especificaciones. Puede notarse que algunos modelos con errores pre-intervención menores a 1 tienen errores post-intervención más de 2,5 veces el obtenido con la especificación óptima (Modelo A.1, que puede verse en el margen inferior izquierdo en la Figura 46). Esto representa un problema ya que un MSPE post-intervención más alto representa un efecto tratamiento estimado absoluto más grande que no necesariamente es correcto.

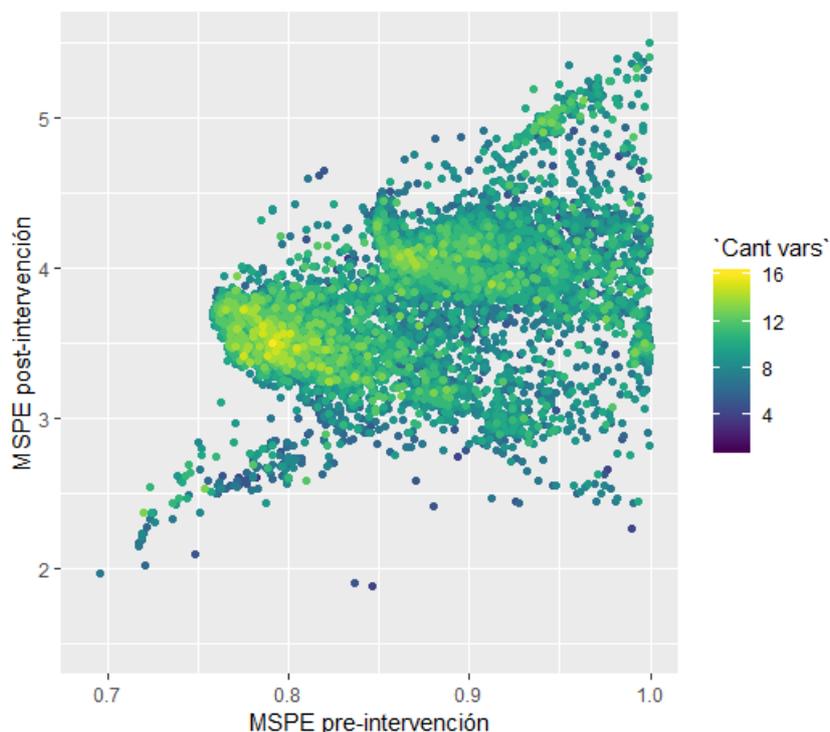


Figura 46: MSPE pre y post-intervención para todas las iteraciones - Modelos A

Si, por ejemplo, se seleccionara una especificación del grupo de modelos con un MSPE pre-intervención menor a 1, en particular la que contiene al desempleo, el PBI, el PBI per cápita y la inflación, se observaría un MSPE pre-intervención de 0,86 pero, a diferencia de los resultados obtenidos para los modelos A.1 y A.2, el p obtenido es de 0,000. Estos resultados indicarían que el efecto tratamiento del plan MIELI es significativo a un nivel del 1%. A su vez, el \tilde{R}^2 asociado a esta especificación tiene un valor de 0,9325, lo suficientemente bueno para no rechazar el modelo. El RMSPE más alto es el de Finlandia, siendo su valor más del doble del segundo RMSPE más alto de la muestra (Bélgica). Estos resultados indicarían que el efecto tratamiento del plan MIELI es estadísticamente significativo.

Asimismo, si el investigador optara por incluir todas las variables explicativas posibles al modelo, vería un MSPE pre-intervención de 0,79 pero, a diferencia de los resultados obtenidos para los Modelos A.1 y A.2, el p sería 0,000. Además, el \tilde{R}^2 de 0,9327 es lo suficientemente bueno para no rechazar el modelo. En ambos casos, el efecto tratamiento del plan MIELI parece estar siendo sobreestimado respecto de la especificación óptima del Modelo A.1.

6.2. Modelos C: Todos los controles disponibles

Cuando se utilizan todos los países disponibles para formar el grupo de control, sucede algo similar a lo visto anteriormente para los Modelos A. Sin embargo, en este caso, como puede verse en la Figura 47, el modelo con el MSPE pre-intervención óptimo no es aquel con el MSPE post-intervención más bajo. De todos modos, para valores muy similares de MSPE pre-intervención, existen MSPE post-intervención de más de 1 punto de diferencia que el obtenido con el modelo que optimiza el MSPE pre-intervención.

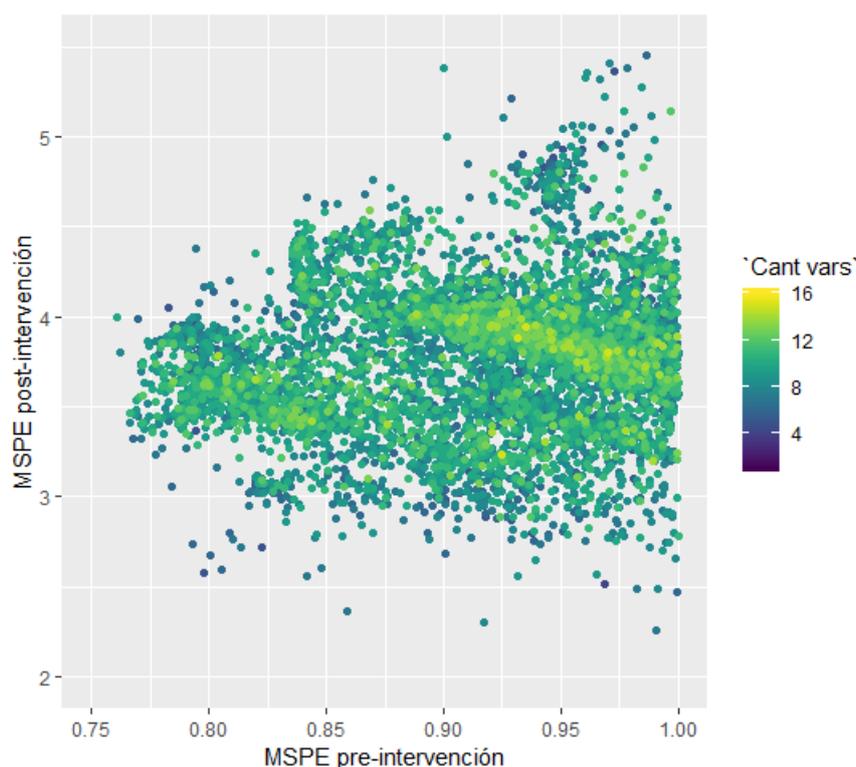


Figura 47: MSPE pre y post-intervención para todas las iteraciones - Modelos C

7. Conclusiones

El presente trabajo mostró el proceso de implementación del MCS al plan MIELI en Finlandia que culminó en la selección y el cálculo de resultados de diez Modelos óptimos. Éstos fueron obtenidos para tres grupos de control distintos a través de la optimización de la selección de variables explicativas teniendo en cuenta cuatro criterios diferentes y a través de la utilización de la tasa de suicidio rezagada como variable explicativa.

Independientemente del grupo de control seleccionado y del criterio de selección de variables explicativas, el desempleo apareció en la totalidad de los mejores modelos seleccionados para replicar la tasa de suicidio en Finlandia. Por otro lado, la mayoría de los Modelos asignaron las ponderaciones óptimas más altas a Bélgica, Letonia y Suecia.

En la Sección 5 se concluyó que el p-valor obtenido a través de los métodos inferenciales sugeridos por Abadie et al. (2015) es muy sensible a la especificación elegida y ésta es, a su vez, muy sensible a la selección de países dentro del grupo de control.

En términos de la selección de grupos de control, el MCS aplicado al plan MIELI mostró que las estimaciones finales pueden variar mucho si se cambian los países que lo conforman. En particular, los Modelos B, que utilizaron un grupo de control seleccionado a través de un análisis de componentes principales, mostraron ajustes pre-intervención muy pobres en comparación a los Modelos A y C. Además, al utilizar el grupo de control del grupo A se obtuvieron mejores ajustes pre-intervención que con el grupo C en los modelos que usaron variables explicativas exógenas. Por el contrario, cuando se utilizó la tasa de suicidio rezagada un período, el grupo C obtuvo el mejor ajuste (Modelo C.4). Sin embargo, es importante tener en cuenta que, por definición, los modelos de series de tiempo muestran ajustes buenos cuando la autocorrelación es alta. Si el modelo muestra un ajuste pre-intervención muy bueno, es posible que la tasa de suicidio de las versiones sintéticas se parezca mucho a la tasa de suicidio real del país tratado post-

intervención. En estos casos, se vería un efecto tratamiento estimado significativo si el efecto tratamiento real es muy grande. En cambio, dentro de los modelos que usan variables explicativas exógenas, el Modelo A.1 es el que se destaca en términos de ajuste. Las estimaciones obtenidas con este modelo indican que el plan MIELI produjo un efecto tratamiento significativo al 10 %.

En términos de la selección óptima de variables explicativas, en la Sección 6 se mostró que, con el grupo de control de los Modelos A, la optimización del MSPE pre-intervención asociado a todas las posibles configuraciones de variables explicativas no fue un paso trivial. Esto se desprende de que muchos modelos con MSPE pre-intervención cercanos al óptimo vienen asociados a efectos tratamiento absolutos estimados más de 2 veces más grandes que en el modelo óptimo. Como ejemplo, se probaron 2 casos de dichos modelos: uno con 4 variables explicativas y otro asumiendo que se utilizan todas las 16 variables explicativas tenidas en cuenta en el trabajo. Ambos mostraron p-valores de 0. En el caso en el que se usó el grupo de control de los Modelos C, los modelos con MSPE pre-intervención cercanos al óptimo venían asociados a efectos tratamiento absolutos estimados aproximadamente 25 % más grandes y 35 % más chicos.

Como se explicó en la Sección 2, el MCS resulta beneficioso en el sentido de que proporciona una manera sistemática para elegir unidades de control, lo cual reduce la discrecionalidad en la elección de las unidades de control y demuestra las afinidades entre las unidades tratadas y no tratadas a través de características observables y cuantificables. No obstante, esta ventaja puede verse vulnerada si no se prueban diferentes configuraciones del grupo de control y de las variables explicativas utilizadas. Es recomendable que para todas las aplicaciones del método de control sintético se reporten diferentes resultados obtenidos a través de diversas especificaciones y grupos de control.

Referencias

- Abadie, A., & Gardeazabal, J. (2003). The economic costs of conflict: A case study of the Basque Country. *American economic review*, 93(1), 113-132.
- Abadie, A., Diamond, A., & Hainmueller, J. (2010). Synthetic control methods for comparative case studies: Estimating the effect of California's tobacco control program. *Journal of the American statistical Association*, 105(490), 493-505.
- Abadie, A., Diamond, A., & Hainmueller, J. (2011). Synth: An R package for synthetic control methods in comparative case studies. *Journal of Statistical Software*, 42(13).
- Abadie, A., Diamond, A., & Hainmueller, J. (2015). Comparative politics and the synthetic control method. *American Journal of Political Science*, 59(2), 495-510.
- Ando, M. (2015). Dreams of urbanization: Quantitative case studies on the local impacts of nuclear power facilities using the synthetic control method. *Journal of Urban Economics*, 85, 68-85.
- Barone, G., & Mocetti, S. (2014). Natural disasters, growth and institutions: a tale of two earthquakes. *Journal of Urban Economics*, 84, 52-66.
- Becker, M., Klößner, S., & Pfeifer, G. (2017). Cross-validating synthetic controls.
- Berk, M., Dodd, S., & Henry, M. (2006). The effect of macroeconomic variables on suicide. *Psychological medicine*, 36(2), 181-189.
- Blakely, T. A., Collings, S. C., & Atkinson, J. (2003). Unemployment and suicide. Evidence for a causal association?. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 57(8), 594-600.
- Brady, J. (2006). The association between alcohol misuse and suicidal behaviour. *Alcohol and Alcoholism*, 41(5), 473-478.
- Ferman, B., & Pinto, C. (2016). Revisiting the synthetic control estimator.
- Ferman, B., & Pinto, C. (2017). Placebo tests for synthetic controls.
- Ferman, B., Pinto, C., & Possebom, V. (2017). Cherry picking with synthetic controls.
- Gearing, R. E., & Lizardi, D. (2009). Religion and suicide. *Journal of religion and health*, 48(3), 332-341.
- Imbens, G. W., & Wooldridge, J. M. (2009). Recent developments in the econometrics of program evaluation. *Journal of economic literature*, 47(1), 5-86.
- Jagodich, H. K., Agius, M., & Pregelj, P. (2012). Inter-regional variations in suicide rates. *Psychiatr Danub*, 24(Suppl 1), S82-5.

- Kaul, A., Klößner, S., Pfeifer, G., & Schieler, M. (2015). Synthetic control methods: Never use all pre-intervention outcomes together with covariates.
- Knox, K. L., Conwell, Y., & Caine, E. D. (2004). If suicide is a public health problem, what are we doing to prevent it?. *American Journal of Public Health*, 94(1), 37-45.
- Kreif, N., Grieve, R., Hangartner, D., Turner, A. J., Nikolova, S., & Sutton, M. (2016). Examination of the synthetic control method for evaluating health policies with multiple treated units. *Health economics*, 25(12), 1514-1528.
- Lee, H. C., Lin, H. C., Tsai, S. Y., Li, C. Y., Chen, C. C., & Huang, C. C. (2006). Suicide rates and the association with climate: a population-based study. *Journal of affective disorders*, 92(2-3), 221-226.
- Lester, D. (1995). The association between alcohol consumption and suicide and homicide rates: a study of 13 nations. *Alcohol and alcoholism*, 30(4), 465-468.
- Luo, F., Florence, C. S., Quispe-Agnoli, M., Ouyang, L., & Crosby, A. E. (2011). Impact of business cycles on US suicide rates, 1928–2007. *American journal of public health*, 101(6), 1139-1146.
- Mäkelä, P. (1996). Alcohol consumption and suicide mortality by age among Finnish men, 1950–1991. *Addiction*, 91(1), 101-112.
- McClelland, R., & Gault, S. (2017). The synthetic control method as a tool to understand state policy. Washington, DC: Urban-Brookings Tax Policy Center.
- Mideksa, T. K. (2013). The economic impact of natural resources. *Journal of Environmental Economics and Management*, 65(2), 277-289.
- Ministry of Social Affairs and Health. (2009). Plan for mental health and substance abuse work. Proposals of the Mieli 2009 working group to develop mental health and substance abuse work until 2015. Reports of the Ministry of Social Affairs and Health, 2009, 3.
- Neeleman, J. (1998). Regional suicide rates in the Netherlands: does religion still play a role?. *International Journal of Epidemiology*, 27(3), 466-472.
- Neeleman, J., & Lewis, G. (1999). Suicide, religion, and socioeconomic conditions. An ecological study in 26 countries, 1990. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 53(4), 204-210.
- Neumayer, E. (2003). Are socioeconomic factors valid determinants of suicide? Controlling for national cultures of suicide with fixed-effects estimation. *Cross-cultural research*, 37(3), 307-329.
- Pescosolido, B. A., & Georgianna, S. (1989). Durkheim, suicide, and religion: Toward a network theory of suicide. *American sociological review*, 33-48.
- Petridou, E., Papadopoulos, F. C., Frangakis, C. E., Skalkidou, A., & Trichopoulos, D. (2002). A role of sunshine in the triggering of suicide. *Epidemiology*, 13(1), 106-109.

- Razvodovsky, Y. E. (2011). Alcohol consumption and suicide rates in Russia. *Suicidology online*, 2, 67-74.
- Ruuhela, R., Hiltunen, L., Venäläinen, A., Pirinen, P., & Partonen, T. (2009). Climate impact on suicide rates in Finland from 1971 to 2003. *International journal of biometeorology*, 53(2), 167.
- Sher, L. (2005). Alcohol consumption and suicide. *Qjm*, 99(1), 57-61.
- Stack, S. (1983). The effect of religious commitment on suicide: A cross-national analysis. *Journal of Health and Social Behavior*, 362-374.
- Stack, S., & Lester, D. (1991). The effect of religion on suicide ideation. *Social psychiatry and psychiatric epidemiology*, 26(4), 168-170.
- Tella, R. D., MacCulloch, R. J., & Oswald, A. J. (2003). The macroeconomics of happiness. *Review of Economics and Statistics*, 85(4), 809-827.
- Upanne, M., Hakanen, J., & Rautava, M. (1999). Can suicide be prevented?: The Suicide Project in Finland 1992-1996: goals, implementation and evaluation. *Stakes*.
- VanderWeele, T. J., Li, S., Tsai, A. C., & Kawachi, I. (2016). Association between religious service attendance and lower suicide rates among US women. *JAMA psychiatry*, 73(8), 845-851.
- Vyssoki, B., Kapusta, N. D., Praschak-Rieder, N., Dorffner, G., & Willeit, M. (2014). Direct effect of sunshine on suicide. *JAMA psychiatry*, 71(11), 1231-1237.
- Vyssoki, B., Praschak-Rieder, N., Sonneck, G., Blüml, V., Willeit, M., Kasper, S., & Kapusta, N. D. (2012). Effects of sunshine on suicide rates. *Comprehensive psychiatry*, 53(5), 535-539.
- World Health Organization. (2003). *The world health report 2003: shaping the future*.
- World Health Organization. (2014). *Preventing suicide: A global imperative*.
- Zeev Maoz and Errol A. Henderson. 2013. "The World Religion Dataset, 1945-2010: Logic, Estimates, and Trends." *International Interactions*, 39: 265-291.